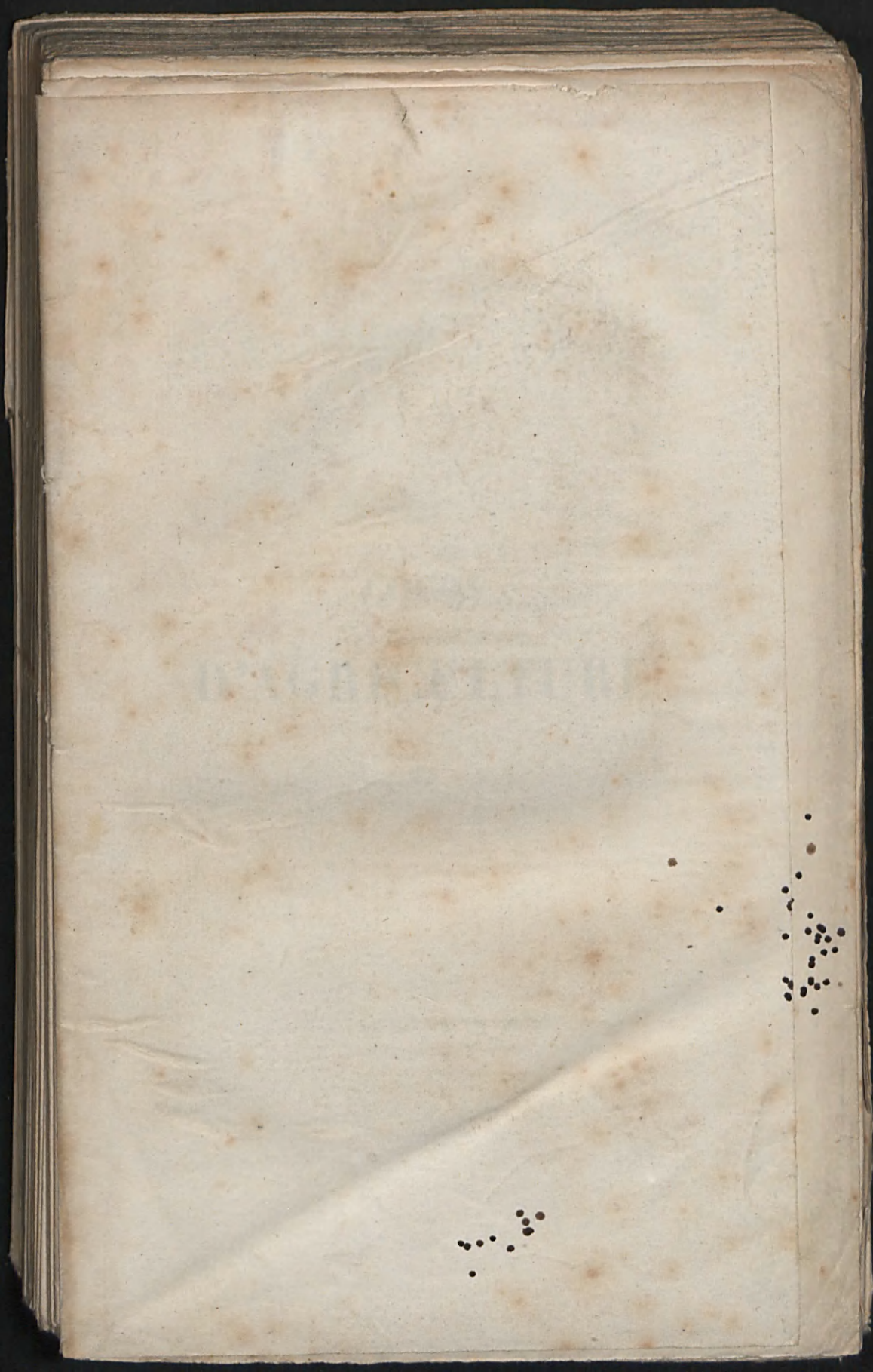
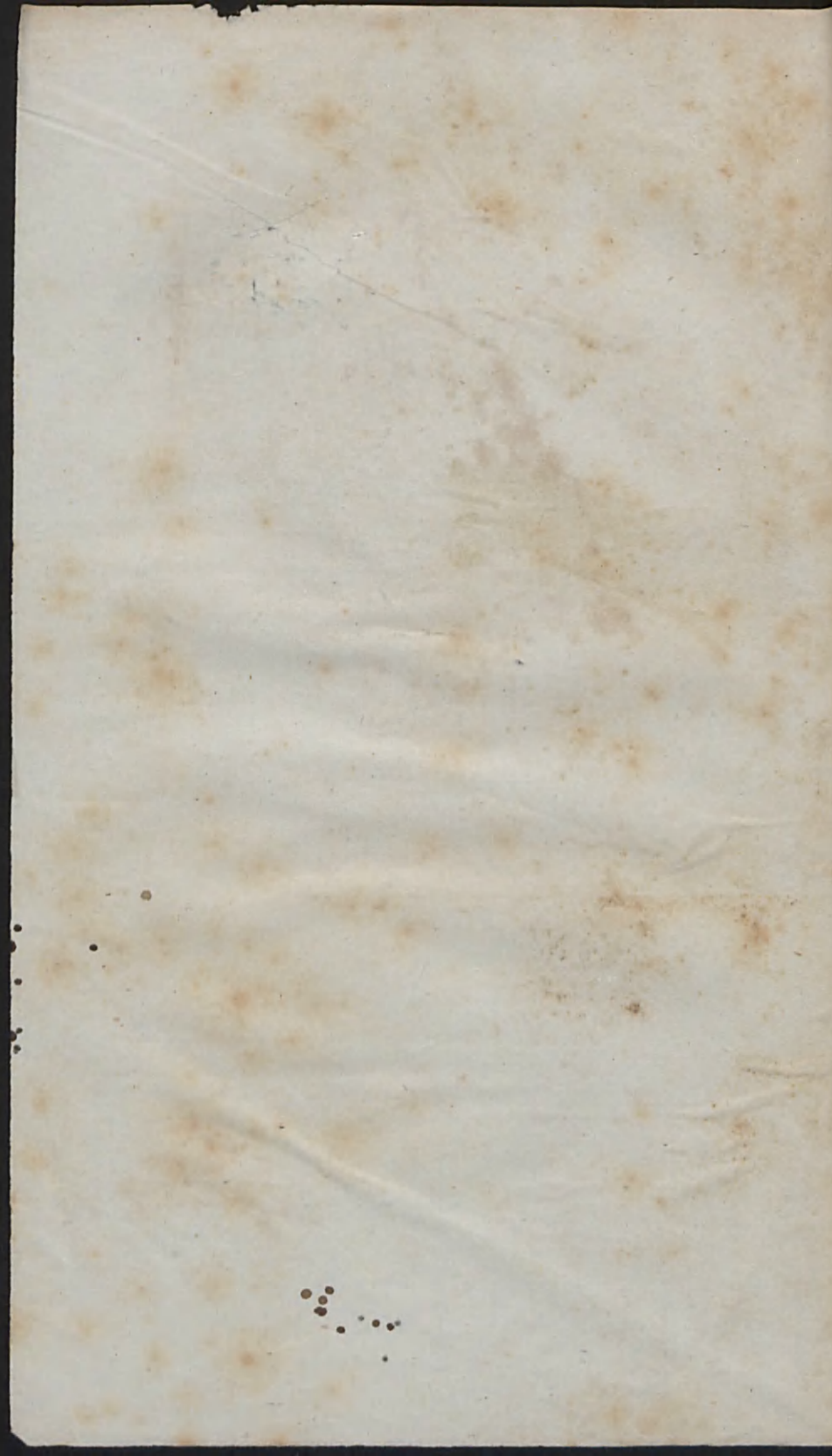






COURS
D'AGRICULTURE

I.

PARIS. — IMPRIMERIE D'E. DUVERGER

RUE DE VERNEUIL, N° 4.

COURS D'AGRICULTURE

308802

PAR

LE C^{te} DE GASPARIN

PAIR DE FRANCE,

MEMBRE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, DE LA SOCIÉTÉ CENTRALE D'AGRICULTURE, ETC.

SECONDE EDITION

TOME PREMIER

PARIS

A LA LIBRAIRIE AGRICOLE DE LA MAISON RUSTIQUE

RUE JACOB, N° 26

DANS LES DÉPARTEMENTS

Chez tous les Libraires et Correspondants du Comptoir central de la Librairie.

1846



2028082

62

INTRODUCTION

DE L'ÉTENDUE ET DES LIMITES DE LA SCIENCE DE L'AGRICULTURE ¹.

En me rendant à vos désirs et en consentant à vous faire un cours d'agriculture, j'ai dû d'abord examiner ce que vous attendiez de moi et le genre d'instruction qui pouvait convenir à votre position. Vous avez tous parcouru le cercle des études universitaires, ainsi vous possédez les principes des sciences physiques et naturelles ; propriétaires, vous désirez connaître non-seulement les procédés de l'art, mais encore les causes des modifications qu'ils apportent à la vie des végétaux, pour pouvoir vous rendre compte de la convenance de ces procédés et arriver à les perfectionner. L'enseignement qui vous convient n'est donc pas celui que l'on pourrait adresser à des jeunes gens qui, dépourvus de connaissances préliminaires assez fortes, voudraient se consacrer à la pratique de l'art. Il faudrait pour ceux-ci insister davantage sur les détails de la culture, et élaguer les explications théoriques qu'ils ne seraient pas en état de comprendre. Mais, avec vous, je puis exposer l'ensemble de nos connaissances agricoles, comme constituant un

(1) Ce discours est la leçon d'ouverture d'un cours d'études agricoles fait à de jeunes propriétaires qui se destinaient à diriger et à surveiller l'exploitation de leurs terres. Ces jeunes gens avaient suivi le cours entier des études universitaires, et quelques-uns même se distinguent déjà dans les sciences physiques et naturelles.

Nous avons cru devoir lui conserver sa première forme ; elle avait été écrite *in extenso*, et il n'existait du reste du cours qu'un programme que nous remplissons aujourd'hui.

corps de doctrines scientifiques. L'agriculture n'est pas seulement pour vous une tâche dont vous êtes appelés à remplir une partie importante, ce n'est pas même seulement une occupation honorable qui porte avec elle la satisfaction de l'esprit et la santé du corps, c'est encore une source de développement pour l'intelligence, un des exercices les plus utiles et les plus variés que vous puissiez lui trouver, un sujet d'études qui présente à chaque pas une foule de problèmes où votre sagacité peut s'exercer et appliquer les connaissances que vous avez acquises dans votre éducation première. Enfin, c'est aussi la route qui peut vous conduire dans le sanctuaire de la science, si vous n'abandonnez jamais, dans le cours de votre carrière, cette voie de l'expérience et de l'observation éclairées et soutenues par les lumières des autres branches des sciences humaines. En m'admettant dans son sein, l'Académie a sans doute voulu présenter ce noble prix à l'émulation des jeunes gens qui, après avoir suivi les enseignements de ses savants professeurs, les appliqueront au perfectionnement de l'agriculture; elle a voulu ainsi encourager à la fois les bonnes études et l'art qui nourrit la France, bien plus que récompenser mes faibles efforts.

Pour bien définir une science aussi nouvelle que l'agriculture, il faut d'abord déterminer sa place dans l'ensemble de nos connaissances. Jusque-là on ne peut assigner exactement ses limites. En effet, il lui est arrivé ce qu'éprouvent toutes les sciences qui se forment; longtemps isolées, sans rapports avec les autres, elles vivent quelque temps de leur vie propre, et, comme ces peuples ignorants qui placent le centre du monde au milieu de leur pays, elles se croient le centre auquel toutes les connaissances aboutissent. Ce n'est qu'après avoir fait de grands progrès qu'elles finissent par reconnaître les droits et la fraternité des scien-

ces rivales qui s'élèvent à leurs côtés. La question qui nous occupe est donc loin d'être la première dans l'ordre chronologique, si elle l'est dans l'ordre logique de nos idées. De même que dans l'histoire d'une découverte, on la voit souvent prendre naissance dans un phénomène compliqué et n'arriver que plus tard au phénomène simple et primitif qui lui sert de base; de même, dans l'histoire des sciences, on voit qu'elles n'arrivent à s'interroger sur leurs rapports, leurs degrés d'affinité et leurs véritables limites qu'après avoir poussé de larges découvertes en avant, dans plusieurs directions excentriques, où, rencontrant les traces des sciences collatérales, elles doivent enfin régler entre elles l'étendue de leurs domaines respectifs et fixer la ligne de leurs frontières.

L'agriculture a suivi aussi cette marche, et elle semble arrivée aujourd'hui à ce point où, déjà en possession d'une assez grande masse de faits, elle cherche à se connaître elle-même, à se faire reconnaître des autres, à leur rendre ce qu'elle leur a pris et à réclamer ce qui lui appartient, à limiter exactement son étendue et à chercher la place qu'elle doit occuper dans la société des sciences.

Que l'on ne croie pas en effet que tout soit convenu à cet égard, que les nombreux auteurs qui ont écrit sur l'agriculture aient tous attaché à ce mot le même sens et la même étendue. Les anciens faisaient de l'agriculture une véritable encyclopédie; ils y comprenaient tout ce qui peut être utile à l'homme des champs, à l'homme privé de communication fréquente avec les villes et leurs arts, et qui devait se suffire à lui-même. Lisez Varron, Columelle, Palladius, et vous trouverez dans leurs traités, non-seulement les connaissances réellement agricoles, mais aussi l'arpentage, la pêche, la chasse, la cuisine, l'art vétérinaire. Ceux qui leur ont succédé jusque dans les temps plus modernes, Olivier

de Serre, les anciennes Maisons rustiques, le Dictionnaire d'agriculture de Rozier lui-même, ont suivi la même marche; la botanique et la médecine domestique entrent dans le vaste cadre de leurs travaux.

Depuis cette époque la philosophie des sciences a été mieux comprise; chacune d'elles a été l'objet de travaux spéciaux, et, sans avoir cherché à se rendre compte par l'analyse de la véritable nature de la science agricole, elle est à peu près rentrée dans ses véritables limites, par l'effet tout simple du développement des sciences qui lui étaient étrangères et qu'on lui avait réunies mal à propos. Arthur Young s'élève¹ contre le savoir excentrique de l'abbé Rozier, et, de son côté, il restreint outre mesure le champ de la science et semble ne plus connaître que son côté économique; toute sa partie phytologique lui devient pour ainsi dire étrangère. Soit que Thaër ait fait réellement pour son compte l'analyse dont nous allons nous occuper, soit que son instinct y ait suppléé, il se renferme assez exactement dans les bornes qui en sont le résultat. Ainsi, on peut dire que partout on les a pressenties, et qu'il s'agit bien moins aujourd'hui de distinguer ce qui appartient réellement au domaine de la science agricole que de le régulariser.

Mais, en vous parlant de science agricole, ne serai-je pas accusé de me servir d'un terme trop ambitieux par ceux qui ne veulent y voir qu'un art purement pratique? Que devons-nous entendre par une science? quel est le caractère qui la distingue d'un art? « Cette distinction est fondée, dit Ampère², sur ce que dans les sciences l'homme *connaît* seulement, et que dans les arts il *connaît et exécute*. Mais si le physicien connaît les propriétés de l'or, telles que sa

(1) *Voyage en France*, t. II, p. 98.

(2) *Essai sur la philosophie des sciences*, p. 5.

flexibilité, sa malléabilité, etc., il faut bien que l'orfèvre de son côté *connaisse* les moyens à employer pour le fondre, le battre en feuilles, le tirer en fil, etc., et dans les deux cas il y a également *connaissance*. Il n'y a donc réellement, quand il s'agit de classer toutes les vérités accessibles à l'esprit humain, aucune distinction à faire entre les arts et les sciences. Les premiers comme les secondes doivent entrer dans les classifications; seulement les arts n'y entrent que relativement à la connaissance des procédés et des moyens qu'ils emploient, abstraction faite de l'exécution pratique qui dépend de l'artiste, et non de l'instruction plus ou moins complète qu'il a acquise, suivant qu'il est plus ou moins *savant* dans son art. »

En effet, tous les corps naturels peuvent être étudiés en partant de deux points de vue : les connaître en eux-mêmes, les connaître dans leurs rapports d'utilité avec l'homme, d'où viennent deux grands embranchements dans l'arbre encyclopédique : les sciences naturelles et les sciences technologiques, ayant chacune leurs vérités propres, quoiqu'elles s'occupent des mêmes objets; les unes se proposant pour but de satisfaire la curiosité philosophique de l'homme, les autres de pourvoir à ses besoins, en mettant à sa disposition les forces et les corps organiques et inorganiques de la nature, en recherchant les moyens de les lui présenter sous les formes qui lui conviennent. Ainsi, d'un côté, il s'agit seulement de *connaître* : c'est le but des sciences pures; de l'autre, il s'agit aussi de *connaître* : c'est le but des sciences technologiques, mais aussi d'appliquer ces connaissances : c'est le but de l'art.

Prenons pour exemple la minéralogie, comme l'a fait plus haut M. Ampère. Elle nous apprend les propriétés que possède le fer en lui-même, ses caractères extérieurs, sa pesanteur spécifique, les substances auxquelles il est uni

dans la nature, les formes sous lesquelles il se présente, ses gisements, ses analogies avec les autres minéraux, le manganèse, par exemple ; enfin ses propriétés physiques, entre autres celle d'être attirable à l'aimant. Voilà ce que nous apprend la science naturelle que nous appelons minéralogie. Elle se propose de connaître seulement, elle s'adresse à l'intelligence, aux besoins de l'esprit ; son but, élevé au-dessus des intérêts matériels, n'a aucun besoin de savoir si plus tard on s'emparera de ces données pour en faire la base d'une exploitation. Son caractère propre, comme celui de toutes les sciences pures, c'est le désintéressement.

Puis vient la science technologique, la métallurgie. Celle-ci recherche, parmi ces minerais de force et de composition différentes, quels sont ceux que l'on doit employer de préférence pour la fabrication du fer ; quelle sera, non-seulement la quantité, mais aussi la qualité du métal que l'on en extraira, les difficultés que chacun d'eux offre au traitement, et les moyens de les vaincre. Elle examine les procédés divers que l'on peut mettre en usage pour extraire le fer de la mine, la forme des fourneaux, la manière d'organiser l'action du feu, de le diriger, de l'exciter ; et, ne se bornant pas à obtenir des solutions absolues, il faut qu'elle les mette en rapport avec la possibilité économique de livrer le métal ainsi fabriqué à la consommation. Elle doit donc rejeter quelquefois la méthode qui serait physiquement la meilleure, pour s'en tenir à celle qui présente des avantages économiques relativement plus grands. Jusque-là le métallurgiste n'a obtenu que des connaissances ; il a créé des principes scientifiques ; comme le minéralogiste, il a appelé à son aide la physique, la chimie, pour leur demander des solutions que la minéralogie pure ne pouvait lui fournir, mais qui devenaient indispensables au point de vue de l'utilité. Supposons maintenant que la

métallurgie ainsi formée ne soit jamais appliquée ; il n'en existe pas moins une nouvelle somme de connaissances qui se sont ajoutées à celles que la minéralogie nous avait données sur le fer. C'est une branche entière de notions qui sont encore presque entièrement minéralogiques, mais qui n'auront pour but que la pratique d'un art. Déniera-t-on le nom de science à cette nouvelle collection de vérités obtenues par les mêmes procédés que celle qui constitue la minéralogie, parce que, plus tard, il arrivera que, s'emparant de ces études préliminaires, quelqu'un construira des hauts-fourneaux et produira du fer à l'aide de ces connaissances scientifiques. On pourrait en dire autant d'une foule de sciences secondaires qui ne sont qu'un appendice, un développement devenu nécessaire pour le but d'application. Et demandez à mon excellent ami M. Chevreul si ses travaux pour régénérer l'art de la teinture n'ont pas un caractère aussi scientifique et n'exigent pas des recherches tout aussi difficiles que celles par lesquelles il a porté tant de lumières sur la chimie organique ?

Si nous appliquons à l'agriculture ce que nous venons de dire, ne trouvons-nous pas une parfaite similitude ? La physiologie végétale, qui est une branche de la phytologie, nous a appris que les plantes, pour se développer, ont besoin d'eau, de chaleur, de lumière, de carbone, d'oxygène, d'azote, et d'une base pour fixer et étendre leurs racines. La phytologie nous indique les conditions dans lesquelles chaque plante se présente sous tous ces rapports dans la nature. Voilà la science naturelle pure.

Mais l'agriculture, la science technologique des végétaux, a d'autres connaissances à ajouter à ces premières données. Quelles sont, parmi ces espèces végétales, celles qui peuvent être utilisées au profit de l'homme ? Parmi ces espèces, quelles sont les variétés qui sont les plus utiles ?

Quel est le moyen de se procurer, de créer, de propager ces variétés? Quels sont les moyens de faire croître ces plantes loin de leurs stations naturelles? Quel terrain doit-on choisir pour les y placer? Quelle préparation faut-il donner à ce terrain pour qu'elles y prennent tout leur développement, pour qu'elles y soient plus grandes, plus fortes, meilleures que dans la nature même? Comment se procurer la quantité d'eau qu'elles exigent, en les préservant de la surabondance de ce liquide? Quel abri leur devient nécessaire pour leur procurer artificiellement le degré de chaleur qui manque ou qui surabonde dans le climat où on les transporte? Comment les préserver d'une trop forte lumière et suppléer à celle qui leur manque à certaines époques de leur croissance? Enfin, par quel moyen leur procurer les sucs nutritifs contenant les matériaux de leur accroissement? Toutes ces questions, qui ne sont qu'un développement de la phytologie elle-même, mais qui n'ont pu être posées qu'à l'occasion d'un but spécial et pour un nombre limité de plantes, forment un appendice particulier de cette science et constituent une collection de vérités qui pourrait aussi exister sans jamais recevoir d'application.

Mais l'artiste succède au savant; il s'empare de ces vérités, et par leur secours féconde et enrichit nos campagnes.

Je pense qu'il est inutile d'entrer dans de plus grands développements de ces idées; elles indiquent suffisamment le rang que l'agriculture doit tenir dans l'arbre encyclopédique. C'est une science technologique, dépendant de la science qui traite des végétaux, et dont l'ensemble prend le nom de phytologie. Celle-ci fait partie du grand embranchement des sciences cosmologiques, qui comprend toutes celles qui s'occupent des grandeurs, des forces et des objets matériels, par opposition aux sciences noologiques, qui ont dans leur ressort tous les faits de l'intelligence; et dans ce

premier embranchement, divisé en quatre ordres : 1^o les sciences mathématiques, 2^o les sciences physiques, 3^o les sciences naturelles, 4^o les sciences médicales. La phytologie fait évidemment partie de la subdivision des sciences naturelles.

Après ce que nous venons de dire, la définition de l'agriculture, telle qu'elle résulte de cette analyse, se présente d'elle-même : c'est *la science qui recherche les moyens d'obtenir les produits des végétaux de la manière la plus parfaite et la plus économique.*

M. Cuvier ¹, en disant que l'agriculture n'était que l'art de faire en sorte qu'il y eût toujours, dans un espace donné, la plus grande quantité possible d'éléments combinés à la fois en substances vivantes, faisait trop évidemment abstraction de la partie économique de la science.

Ces limites, données à la science agricole par les déductions auxquelles nous nous sommes livrés, sont bien éloignées, comme vous voyez, d'être aussi étendues que l'imaginaient les anciens. Ceux-ci y comprenaient, outre la production des produits végétaux immédiats, les connaissances relatives à l'élevage des animaux qui s'en nourrissent; ils donnaient à ces produits diverses préparations, de manière à ce qu'ils pussent être consommés en sortant des mains de l'agriculteur; ils s'occupaient même du moyen d'utiliser et de rendre agréables les loisirs de la campagne. C'était l'état de l'industrie et les convenances de l'agriculture qui réglaient le champ de la science, et non pas un principe philosophique.

Or, conçue de cette manière, la science avait une étendue nécessairement variable; d'abord, quant aux préparations des matières premières, elle devait se restreindre chaque jour, à mesure que les industries diverses, dérivées

(1) *Éloge de Gilbert.*

d'autres sciences principales, prenaient de l'extension. Ainsi, s'agissait-il du blé, elle devait renoncer à la mouture et à la boulangerie, quand ces deux arts, appartenant à la mécanique et à la chimie, formèrent deux branches distinctes d'exploitation. On associait à la culture de la vigne, non-seulement la fabrication du vin, mais encore celle des vinaigres et la distillation de l'alcool; mais aujourd'hui ces deux dernières industries, appartenant aux sciences chimiques et physiques, sont livrées à des arts distincts; on a même commencé dans plusieurs pays, dans le mien, par exemple, à vendre le raisin à des personnes qui entreprennent pour leur compte la fabrication du vin, et l'on conçoit très bien un état de l'industrie où cette coutume deviendrait générale. Ainsi voilà la viniculture dépouillée de ses fabrications accessoires et réduite à la production de ses fruits.

La culture du mûrier suit la même marche. D'abord le planteur de mûriers étendait son industrie à toute la fabrication de la soie; peu à peu, le dévidage, puis la filature se sont détachés des attributions du cultivateur; enfin l'éducation des vers à soie en sort tous les jours, et presque partout dans le midi, l'homme qui cultive les mûriers est distinct de celui qui en achète les feuilles et élève les vers à soie. La culture de la betterave présente les mêmes faits, et dans les pays de fabriques de sucre, le cultivateur se distingue souvent du manufacturier. Ainsi, partout et dans toutes les branches de la culture, le progrès de l'industrie, en favorisant la division du travail, en spécialisant chacune de ses opérations, tend à introduire dans la pratique cette distinction que la logique nous avait fait trouver pour la science, et renferme le cultivateur dans le cercle de la production immédiate.

Il est donc évident que les convenances passagères de

celui-ci ne peuvent pas servir à fixer les limites permanentes de la science. Que dans un temps où la civilisation est peu avancée, un seul homme se voie forcé d'exercer plusieurs arts, c'est ce que nous voyons encore loin des grands centres de population; mais parce qu'un maître d'école y est à la fois sacristain, secrétaire de mairie, arpenteur, organiste et marchand, en conclura-t-on l'identité de ces professions? Ainsi, que le cultivateur, privé de tout moyen facile d'échange, soigne son troupeau, en tonde la laine, la lave, la file et la tisse lui-même, qu'il fasse de la bière avec son orge, de l'eau-de-vie avec son raisin, de la soie dévidée avec ses feuilles de mûrier, de la féculé avec ses pommes de terre, pour rendre ses produits d'un transport plus facile, tandis que dans d'autres temps il pourra vendre directement et à son plus grand avantage sa laine, son orge, son raisin, ses feuilles de mûrier et ses pommes de terre, que faut-il en conclure? Ces variations dans son industrie, subordonnées aux diversités des positions et des circonstances, démontrent évidemment que l'étendue variable de cette industrie ne peut devenir la base d'une distribution logique et nécessairement invariable des connaissances humaines, dont les données doivent être indépendantes des temps, des lieux, et partir d'une base toute rationnelle.

Sans doute, dans chacune de ces circonstances particulières on peut faire, pour le besoin de ceux qui s'y trouvent, un manuel de conduite renfermant la théorie et la pratique de plusieurs arts; on peut y comprendre des fragments de géométrie, de mécanique applicables à l'arpentage et aux forces diverses que l'on peut employer et à la forme des instruments aratoires, de chimie applicables à différents arts, comme la fabrication du sucre, la préparation des engrais, etc., sans que l'on soit en droit de dire que, par

cela même que toutes ces connaissances sont utiles à l'agriculteur placé dans une position particulière, elles constituent une seule et même science.

Mais non-seulement le procédé par lequel on limiterait le champ des sciences par les associations de ces sciences dans la pratique serait éminemment transitoire, de siècle en siècle, d'année en année, de pays à pays; non-seulement il serait semblable aux divisions politiques qui changent sans cesse sur la carte immuable de la géographie physique, mais encore il détruirait toute unité d'exposition dans la science que l'on constituerait de la sorte.

Un des caractères principaux qui font reconnaître la légitimité du domaine assigné à chaque science, qui prouve qu'elle est composée d'éléments homogènes, c'est la possibilité de la parcourir tout entière en partant des principes établis dès le début et suivant les mêmes méthodes d'exposition et de recherches; mais une science formée comme l'agriculture l'a été jusqu'ici manquerait entièrement de ce caractère d'unité et de simplicité. Ainsi, reprenant un des exemples que nous avons cités, l'art de cultiver la vigne a pour point de départ la phytologie qui l'accompagne jusqu'à la fructification; mais dès que le fruit est séparé de la plante, il cesse d'être sous l'empire des forces vitales et il entre sous celui des affinités chimiques qui régissent l'art de faire le vin, ou l'œnologie. Le vin étant produit, si l'on veut en séparer les divers principes et faire de l'alcool au moyen de la chaleur, c'est la physique qui servira de guide. A chaque nouveau pas que nous faisons, nous laissons derrière nous, nous abandonnons toutes les théories précédentes, nous avons recours à de nouveaux principes distincts de ceux que nous avons dû employer jusque-là. Il n'y a donc pas d'identité, il n'y a pas même de parenté entre les divers ordres de vérités que nous parcourons de la sorte, pas plus

qu'entre les spéculations du minéralogiste qui examine et classe le marbre et celles du sculpteur qui en fait une statue, quoique tous deux aient opéré sur une même substance.

Il sera plus facile maintenant de déterminer le point précis où s'arrête la science agricole. La culture des plantes reconnaît pour base la phytologie; tant que nous ne suivons dans nos déductions que des principes phytologiques, tant que nous nous occupons d'une plante pendant sa vie végétale, nous pourrons enchaîner toutes les vérités qui se présenteront sur notre route, parce qu'elles découleront toutes d'une théorie unique et qu'elles tendront toutes au même but. Mais, en sa qualité de science technologique, l'agriculture devra dès le début associer au principe phytologique le principe économique, celui de la production d'une richesse. Celui-ci ne rompt pas l'unité de l'exposition, car il juge les résultats obtenus par les moyens phytologiques, mais ne sert pas à les trouver; c'est le *criterium* entre plusieurs méthodes qui existent indépendamment de lui. Mais dès que la substance est privée de vie, dès que, cessant d'appartenir aux sciences naturelles, elle entre dans le domaine des sciences physiques, ce sont d'autres doctrines, d'autres principes tirés d'un autre système de connaissances, un autre ordre de vérités qui n'ont plus de rapport direct avec la science de la vie. Alors l'œuvre de l'agriculture, sinon celle des cultivateurs, est terminée, un autre art commence. Cet art aura beau être exécuté par les mêmes mains, il ne procédera pas des mêmes doctrines; celui qui l'accomplira pourra sans inconvénient ignorer si la substance qu'il traite est un produit de la culture, il lui suffira d'en connaître les propriétés en tant que substance morte, il sera encore technologue, il ne sera plus agriculteur.



202808z 1

J'ai réservé pour la dernière une difficulté qui se résout par les mêmes raisonnements, mais qui, ayant pour elle de nombreux préjugés et la force d'une habitude invétérée, exige quelques nouveaux développements. Il s'agit de résoudre cette question : L'éducation des animaux domestiques doit-elle être regardée comme une partie intégrante de la science agricole? On peut voir dans l'ouvrage de M. Ampère¹ que cet excellent esprit hésita longtemps avant d'adopter mes idées, mais que, pleinement éclairé par nos discussions, il finit par les admettre complètement.

A prendre à la rigueur les principes que nous venons d'établir, il semble que la séparation de ces deux branches de connaissances ne puisse être douteuse. En effet, quelque grands que soient les rapports qui unissent les corps organisés, on n'est point encore parvenu à ce degré de généralisation qui permet de traiter à la fois de la physiologie animale et de la physiologie végétale. La zoologie et la phytologie font bien partie du même groupe de sciences, mais elles forment deux sciences distinctes qui ont chacune leurs méthodes et leurs vérités à part; et quant aux sciences technologiques qui en dérivent, qui ne sent qu'il serait impossible de fondre ensemble l'exposition des principes concernant la culture des plantes et des principes relatifs aux soins à donner aux animaux, de manière à les faire découler les uns des autres? J'en appelle à tout homme habitué aux procédés scientifiques; chargé d'un tel enseignement, quel parti prendrait-il? Il s'occuperait d'abord des végétaux, décrirait leur mode de vivre, les circonstances naturelles qui favorisent leur croissance, les moyens de les faire naître ou d'y suppléer; puis, ayant accompli cette partie de sa tâche, il commencerait sur nouveaux frais, en partant de nouveaux principes et en suivant de nouvelles

(1) *Essai sur la philosophie des sciences*, p. xxxij et 126.

déductions, ce qui concerne la vie des animaux, leur nourriture, leur croissance, et les moyens de les diriger de la manière la plus favorable et la plus économique. On aurait donc réellement deux enseignements, deux cours réunis sous un seul nom, dont les vérités ne seraient liées que par une transition artificielle qui consisterait à dire que les animaux consomment les produits de l'agriculture et leur fournissent des engrais. Examinez, en effet, si ce n'est pas ainsi que Thaër, cet excellent esprit, a disposé son cours. Le traité des animaux n'est réellement que l'appendice de son ouvrage, appendice tout à fait indépendant du traité d'agriculture; de sorte que l'on pourrait indifféremment commencer l'étude de son livre par l'un ou par l'autre, et arriver par cette seule considération à se convaincre que l'on se trouve en présence de deux sciences distinctes, l'*agriculture* et la *zootechnie*.

Nous admettons, me dira-t-on, que, quoique la pratique unisse et lie intimement l'agriculture et la zootechnie, ce ne soit pas un motif suffisant pour en réunir les théories; un homme peut en effet exercer deux arts différents, découlant de deux sources distinctes; ces deux arts peuvent avoir un besoin mutuel l'un de l'autre, se servir d'instrument l'un à l'autre, sans qu'il en résulte nécessairement l'union des deux sciences. Ainsi, l'optique est distincte de l'astronomie, quoique celle-ci en fasse un usage continuel et qu'on ne puisse guère être astronome accompli sans être bon opticien; mais quand il y a union intime, association forcée, pénétration, pour ainsi dire, de deux arts, quand il est impossible de les concevoir l'un sans l'autre, la science ne saurait les séparer. Or, comment concevoir l'agriculture sans les animaux qui fournissent les forces et l'engrais? Il faut bien, dans ce cas, admettre une science double, ayant deux parties, l'une qui s'occupe des végétaux et l'autre des

animaux. Voilà l'objection dans toute sa force. En l'analysant, elle se réduit à deux points : 1^o impossibilité de concevoir l'agriculture sans animaux ; 2^o pénétration intime de la partie végétale et de la partie animale de l'agriculture, même sous les rapports scientifiques

Quant au premier point, quoique l'agriculture d'une partie de l'Europe soit en ce moment indissolublement liée à l'existence des animaux, il n'est pas vrai que l'on ne puisse concevoir un état agricole où ces deux notions soient complètement séparées et distinctes. Il en est ainsi dans l'enfance de l'art. Allez examiner la culture des nègres du Sénégal, celle même de la plupart de nos colonies ; vous trouverez des cultures riches, soignées même, et conduites absolument sans le secours des animaux. On retrouve ces faits encore dans les pays où l'art est le plus perfectionné ; à la Chine, par exemple, dans les provinces les plus peuplées, on ne nourrit pas d'animaux. Il en est de même dans plusieurs contrées du midi de l'Europe ; on trouvera en Provence un grand nombre de fermes où les bras de l'homme et des engrais achetés pourvoient à la culture la plus intelligente et la plus productive ; et, sans aller si loin, les jardins maraîchers des environs de Paris présentent le même phénomène. Dans une foule de situations les herbagers sont complètement distincts des nourrisseurs ; les uns fournissent le foin et les autres l'engrais. L'union n'est donc pas si intime qu'on ne puisse la trouver naturellement rompue, et qu'une très légère abstraction de l'esprit ne puisse ainsi faire concevoir la séparation, non-seulement des deux sciences, mais des deux arts. Ainsi l'analyse nous montre d'un côté l'éleveur de bestiaux qui dispose de leurs forces et de leurs engrais et achète les produits végétaux qui forment leur nourriture, et de l'autre le cultivateur qui vend ses produits végétaux, loue les forces et achète les engrais.

Or, qui ne voit reparaître ici la relation signalée plus haut entre l'optique et l'astronomie? qui ne voit que les produits animaux ne sont ici que les instruments, qui pourraient être suppléés par les forces de l'homme et celles de la nature (le vent, la vapeur), et par des engrais enlevés à l'atmosphère par les végétaux eux-mêmes, de même que la lunette serait imparfaitement suppléée par l'œil humain? Il y a de part et d'autre utilité, mais non pas nécessité. Constituer une science sur ces bases, c'est n'avoir fait qu'une science artificielle, de variable étendue selon les lieux et le temps, et non une science véritable, ayant des fondements logiques à l'épreuve de toutes les circonstances.

2^o On voit déjà par ce que je viens de dire qu'il me serait tout aussi facile de séparer les deux sciences que les deux arts; qu'en agriculture, en empruntant à la mécanique les notions des forces utiles, je puis faire abstraction de la source qui les produit; qu'ensuite, à l'égard des engrais et en prenant à la science chimique ses combinaisons toutes formées, je n'aurai à m'occuper que de leurs effets, de leur valeur relative, sans avoir à tenir compte des matières premières qui les composent et que lui fournit la zootechnie. Cette dernière s'enquerra à son tour de la manière de produire ces machines, des bénéfices et des pertes de cette production combinée à celle des bestiaux, du lait, de la laine; mais l'agriculture n'aura à balancer que la valeur de l'engrais avec le prix de ses avoines, de ses foin, de ses forces. Et chaque cultivateur soigneux, tenant ses livres en partie double, n'établit-il pas chaque jour cette distinction entre ces éléments divers? La logique d'une comptabilité inflexible a précédé pour lui mon analyse; en examinant ses livres, il sait fort bien distinguer ce qu'il gagne comme cultivateur et comme éleveur de bestiaux, et pour lui ces notions sont tout aussi séparées dans l'art que dans la science.

Si l'on ajoute à toutes ces raisons l'intérêt des bonnes études agricoles et de l'exposition scientifique, on n'hésitera plus à séparer définitivement l'agriculture de la zootechnie, si faciles à distinguer, soit dans la théorie, soit dans la pratique.

Après avoir circonscrit aussi rigoureusement la science en elle-même, il est juste de dire que l'on serait un agriculteur fort incomplet si l'on ne possédait que la science de l'agriculture, de même que l'on serait un mauvais médecin si l'on n'empruntait à l'anatomie et à la physiologie, qui sont des sciences naturelles, les lumières nécessaires pour éclairer les sciences médicales proprement dites. Ainsi le cours des études agricoles devra comprendre plusieurs sciences accessoires que nous avons séparées de la science de l'agriculture, et comme c'est précisément ce cours d'études que vous exigez de moi, je ne dois pas terminer cette première leçon sans vous en tracer rapidement le tableau.

Rappelons-nous d'abord que l'agriculture est une science technologique dérivant de la phytologie et ayant, comme toutes les sciences technologiques, deux parties distinctes : celle qui tient à la phytologie et celle qui tient à l'économie sociale.

Considérée sous le premier rapport, nous avons dit que la vie de la plante exige une base qui ordinairement est la terre, plusieurs éléments minéraux et en outre de l'eau, de la chaleur, de la lumière, du carbone, de l'oxygène et de l'azote, à quoi il faudrait joindre l'électricité. En parcourant ces différents chefs, nous allons retrouver les sciences que leur parenté avec l'agriculture nous fait un devoir de faire entrer dans notre plan d'études.

1^o *La terre*.— Nous avons à examiner sa nature en rapport avec ses produits : c'est l'objet d'une science technolo-

gique dérivée de la minéralogie, et à laquelle nous donnerons le nom d'*agrologie*.

On a observé que les végétaux se plaisent dans une terre ameublie, c'est-à-dire rendue moins compacte par les labours; que, dans la nature, une très grande quantité de semences se perdent faute de pouvoir s'introduire dans le sein de la terre, dont la surface est durcie par une foule de causes; qu'enfin les plantes prospèrent d'autant mieux qu'elles sont plus isolées de leurs voisins et que la terre qui recouvre leurs racines est tenue dans un état de division qui permet l'accès à l'air et aux météores. Pour remplir ces différents buts d'une bonne culture, il faut : 1^o des instruments pour ouvrir et diviser la terre; 2^o des forces pour les mettre en mouvement. C'est la *mécanique agricole* qui nous fera connaître les moyens que nous devons employer.

2^o *L'eau*. — L'humidité que le sol contient, soit qu'elle provienne de la pluie, soit que, par l'effet de sa capillarité, il l'ait extraite des couches inférieures, ne suffit pas toujours aux plantes; il faut alors, si cela est possible, leur en procurer un supplément au moyen des irrigations entretenues soit par l'eau courante amenée par des canaux, soit par des machines qui en élèvent le niveau. D'autres fois il s'agira, au contraire, de délivrer la terre d'une humidité surabondante. Dans l'un et l'autre cas, c'est encore à la mécanique et à l'hydraulique que nous nous adressons pour remplir le but que nous nous proposons.

3^o *Chaleur, lumière*. — Procurer aux plantes une quantité de chaleur et de lumière plus grande ou plus faible que celle qui est propre au climat où on les cultive, c'est le moyen de pouvoir en étendre la culture, en les transportant dans des pays plus chauds ou plus froids que leur patrie originaire; c'est aussi le moyen de hâter et de prolonger

par l'art la durée des différentes périodes de leur existence, et de varier la saison de leur maturité. C'est ce que l'on obtient en créant des abris contre les impressions de l'air, contre la lumière ou la chaleur solaire, ou pour arrêter et réfléchir ou absorber cette lumière et cette chaleur. Ces procédés sont usités en grand dans certaines circonstances, mais en général ils appartiennent plutôt à cette branche de l'agriculture qui s'occupe des jardins et que l'on nomme *horticulture*.

4^o *Météores*. — Les plantes vivent dans deux milieux : la terre et l'atmosphère. Il faut donc aussi étudier la constitution de l'air, ses propriétés, les effets que leurs modifications produisent sur les plantes, la distribution des météores dans les années, les mois, les jours, pour connaître les époques de la végétation, pour choisir le genre de cultures qui s'adaptent à ces diverses circonstances, pour prévoir et prévenir, s'il est possible, les fâcheux effets qu'elles pourraient avoir. C'est l'objet d'une science qui dépend de la physique et que l'on désigne sous le nom de *météorologie agricole*.

Les moyens de préserver les plantes, les récoltes et les forces agricoles contre les intempéries de l'air conduisent à étudier une branche spéciale de l'architecture que l'on désigne sous le nom d'*architecture rurale*.

5^o *Carbone, oxygène, hydrogène, azote, etc.* — Les plantes puisent une partie de ces substances nutritives dans l'atmosphère ; mais cette alimentation aérienne ne leur suffirait pas pour se développer et fructifier, si elles ne recevaient aussi par leurs racines des solutions des corps qui contiennent ces gaz, soit que ces corps existent déjà à l'état soluble dans le terrain, soit qu'y étant à l'état insoluble on leur applique certains autres agents qui changent cet état et les rendent susceptibles d'être dissous dans l'eau, soit qu'on

les fournisse au terrain par l'addition des engrais. L'étude de ces substances supplémentaires propres à servir de nourriture aux végétaux et celle de leurs préparations constituent une science technologique qui tient à la chimie, et à laquelle on a donné le nom de science des engrais.

6^o L'étude de l'économie sociale et de quelques parties de la législation éclairera ensuite ce qui touche à la partie économique de nos études agricoles.

Telles sont les connaissances spéciales qui sont indispensables à celui qui veut approfondir ce qui tient à la culture des champs. Vos études vous ont préparés à ces travaux, et vous avez assez réfléchi sur la position du propriétaire pour comprendre qu'il ne peut se borner au rôle de simple créancier envers la terre constituée son débiteur, mais que son rôle est réellement celui d'un chef de manufacture, et que de son intelligence dépend, en partie, le succès plus ou moins heureux de l'entreprise. Vous ne vous bornerez pas longtemps à ces rapports matériels avec l'agriculture; vous ne pourrez contempler sans une vive curiosité et une sincère admiration ce foyer de transformations, de compositions, de décompositions, cette chimie vivante, ce vaste champ des plus curieuses expériences qui renferme tant de vérités ignorées qui n'attendent qu'un peu d'observation pour être mises au jour. Ces connaissances variées que vous allez acquérir sont autant de points de départ pour observer sous toutes ses faces la végétation artificielle de nos champs.

Il n'y a pas une seule des circonstances agricoles, un seul des procédés de l'art qui ne puisse devenir l'objet de recherches aussi curieuses qu'utiles, pas un où des efforts heureux ne puissent changer la face de l'industrie. Voyez ce qui s'est déjà opéré autour de nous par l'application de

la science à l'agriculture et aux sciences technologiques accessoires ! A-t-on trouvé le moyen d'extraire le sucre de la betterave, nos colonies ont été mises en péril, et, ne se bornant pas à l'appui de la fiscalité, elles ont dû se hâter de rechercher les moyens d'extraire plus complètement le sucre de leurs cannes ; leur capital va peut-être doubler par l'effet de cette terreur salubre ; l'extraction de la fécule de pomme de terre et ses applications, en rendant possible la conservation et le commerce de ce produit, a propagé la culture de cette plante et a rassuré nos populations contre la crainte des disettes ; le marnage, mieux connu et plus employé, a augmenté l'étendue des cultures de froment et réduit celle des grains inférieurs ; il a amélioré la nourriture de la nation ; l'usage de la chaux appliquée aux terres a eu un effet analogue ; appliqué aux semences, il en fait disparaître le végétal parasite qui dévorait leur substance ; l'étude des effets des fumiers a fait connaître la perte immense que cause le retard de leur emploi ; un grand nombre d'engrais, mettant à profit des substances jusqu'alors dédaignées, sont venus en aide à l'agriculture et ont considérablement augmenté la production ; l'observation attentive des insectes nuisibles aux plantes nous met sur la voie des moyens de défense à opposer aux armées innombrables de ces ennemis ; en un mot, aucun de nos procédés agricoles, aucune des circonstances de la végétation n'est interrogée sans qu'il en jaillisse un perfectionnement ou une découverte utile. Le temps de la moisson est venu ; hâtez-vous pendant qu'il en est temps encore, d'autres glaneront plus tard.

Je dépasserais de beaucoup les limites que j'ai dû m'imposer si j'énumérais ici toutes les questions importantes qui demandent une prompte solution ; ainsi, l'étude attentive des variétés de plantes peut en doubler le produit.

Plusieurs espèces de blé sont plus fécondes en grains et plus riches en substances nutritives ; ne faut-il pas les étudier, les connaître, savoir à quels terrains, à quels climats elles sont propres ? A-t-on constaté la convenance des variétés de vigne sur chaque terrain, sous chaque climat ? Sait-on celles qui produisent le plus d'alcool, celles qui donnent un goût plus agréable ? N'est-il pas possible qu'une telle étude conduise inopinément à trouver telle variété de vigne qui produise le double en alcool, le triple, le quadruple, le centuple en valeur commerciale provenant du développement du bouquet ? A-t-on suffisamment étudié les plantes propres à donner un engrais végétal ? Sait-on celles qui renferment les plus grandes quantités de cet azote que nous recherchons dans les engrais animaux, etc., etc. ? Je termine ici cette nomenclature qu'il serait si facile d'étendre.

Ce n'est donc pas une vaine étude que nous vous proposons de faire. L'agriculture, élevée au niveau des autres connaissances humaines, est une science sérieuse, réservée à de hautes destinées, et qui, commençant à peine à s'organiser, répand déjà ses lumières et sa vie sur le monde, qui attend d'elle la subsistance de cette population nouvelle que la paix et la civilisation font pulluler de toutes parts. Ce n'est plus cette science purement descriptive et historique, se bornant à raconter les procédés en usage parmi les cultivateurs les plus soigneux ; elle a aujourd'hui la juste ambition de les devancer, de leur expliquer leurs propres opérations, de les réduire à des valeurs numériques, d'en faire la critique, de les perfectionner, de leur en indiquer de nouvelles. Voilà sous quel point de vue je voudrais vous faire envisager l'étude que nous allons faire ; voilà la carrière que je voudrais vous ouvrir.

En vous la présentant dans toute l'étendue de ses vastes

proportions, je sais que ce n'est pas ainsi qu'elle doit être enseignée aux simples cultivateurs. Je vous l'ai dit en commençant : c'est aux savants et non aux artistes que je m'adresse aujourd'hui. A ceux-ci les déductions de la science, à ceux-là le manuel de l'art. Ces deux genres d'enseignement sont nécessaires à la fois, car l'agriculture pratique ne peut être le résultat d'une longue éducation scientifique, mais bien plutôt d'une pratique éclairée par les principes de la science, sans doute, mais où les résultats prennent la forme d'axiomes admis par la confiance de l'élève, et aussi par son adhésion intuitive. C'est ainsi que procèdent sir J. Sinclair et Schwerz. Thaër et Bürger sont déjà bien plus près de la science. En examinant plus tard le catalogue de notre richesse ou plutôt de notre pauvreté bibliographique, vous verrez que ce n'est que depuis peu de temps que des savants ont consenti à être agriculteurs et que des agriculteurs ont voulu être savants. Ceux qui sont étrangers à cette grande transformation arrivée de nos jours, ceux qui sont encore sous l'empire des préjugés et qui n'ont ouvert que les livres les plus futiles et malheureusement les plus répandus de notre littérature agricole, se font difficilement une idée des progrès qu'a faits l'esprit scientifique appliqué à cette science depuis une trentaine d'années. Le temps n'est pas loin où l'élan qu'elle prend partout en Europe, par le concours de plusieurs physiciens et chimistes qui sont à la tête de la science, et par celui des agriculteurs éclairés qui marchent devant eux en tenant la sonde et en signalant la route et les écueils, fixera définitivement la place qu'elle doit occuper.

Il ne me reste, pour terminer cette leçon, qu'à vous tracer le tableau du cours d'études agricoles, tel qu'il résulte de ce que je viens de vous dire et tel que nous chercherons à le parcourir ensemble.

TABLEAU DES ÉTUDES AGRICOLES.

A. SCIENCES ACCESSOIRES.

1^{re} Sciences cosmologiques.

OBJETS D'ÉTUDE.	NOM DE LA SCIENCE TECHNOLOGIQUE.	DÉRIVANT DE LA SCIENCE PURE DONT LE NOM SE TROUVE CI-DESSOUS.
La terre.	Ses propriétés relativement à la culture. Agrologie. Forces et instruments pour la travailler. Mécanique appliquée à l'agriculture.	Minéralogie. Mécanique.
Moyens de suppléer aux substances qui manquent à la terre pour la complète nutrition des végétaux.	Leur choix, leur combinaison, leur préparation, leur valeur relative, etc. Science des engrais. Les moyens de la mettre à portée des plantes pour suppléer à l'humidité naturelle; les moyens de se débarrasser de l'humidité superflue.	Chimie. Hydraulique appliquée à l'agriculture.
L'eau.	Hydraulique appliquée à l'agriculture.	Hydraulique.
Météores, chaleur, lumière, humidité des différents pays.	Leur étude en rapport avec la végétation. Moyens de soustraire les végétaux et les récoltes à leur action.	Météorologie agricole. Physique. Architecture rurale.
Les animaux dans leurs rapports avec l'agriculture.	Animaux utiles et nuisibles aux plantes. Animaux domestiques; leur éducation, leur éducation, leur usage.	Zoologie agricole. Zoologie. Zootechnie.

2^{re} Sciences zoologiques.

Lois de la production, de la répartition, de la consommation des produits agricoles.	Economie sociale appliquée à l'agriculture.	Economie sociale.
Rapport de l'agriculture avec la société.	Droit civil appliqué à l'agriculture.	Droit civil.

B. AGRICULTURE.

Phytologie.

1^{re} Les plantes considérées isolément.

TECHNIQUE DE L'AGRICULTURE.	1. Préparations mécaniques du sol.	Procédés généraux de culture considérés sous le double rapport de la bonne exécution et de l'économie.
	2. Application des substances nutritives au sol.	Amendement ou application de substances qui modifient les propriétés physiques du sol.
	3. Consommation d'eau.	Engrais divers; leur qualité et leur valeur relativement au sol.
	4. Histoire agricole des espèces et des variétés des plantes cultivées.	Irrigations.
		1. Les caractères distincts des plantes; 2. Leurs conditions climatiques; 3. Leur consommation d'eau; 4. Le sol qu'elles exigent; 5. La culture qui rapproche le plus le sol de ces conditions; 6. Leur consommation d'engrais; 7. Leur valeur économique.
	2 ^{re} Les plantes dans leurs rapports entre elles.	
	5. Influence des cultures successives des mêmes plantes et des plantes différentes. Assolements	Théorie des assolements. Assolements relativement au climat et au sol. Économie des assolements.

OBJETS D'ÉTUDE.

NOM DE LA SCIENCE TECHNOLOGIQUE.

3^e Entreprises agricoles considérées dans leurs rapports
avec les hommes.

- | | | | |
|-------------------------------------|---|--|----------------|
| ADMINISTRATION
DE L'AGRICULTURE. | { | 6. Direction de l'entreprise agricole. | |
| | | 7. Moyens de se procurer le terrain. | { Louage. |
| | | 8. Choix du sujet qui dirigera l'entreprise. | { Acquisition. |
| | | 9. Choix du système de culture à adopter, selon le terrain, le climat, les forces dont on dis-
pose, les débouchés | |
| | | 10. Choix des forces à employer. | |
| | | 11. Proportion entre les capitaux et les travaux. | |
| | | 12. Balancement des travaux entre les diverses saisons. | |
| | | 13. Moyen de se rendre compte du résultat économique des travaux. Comptabilité agricole,
dérivant des sciences mathématiques. | |

COURS D'AGRICULTURE

AGROLOGIE

GÉNÉRALITÉS.

L'étude de la physiologie végétale nous a fait connaître les substances dont les plantes étaient formées. C'est dans l'atmosphère et dans le sol qu'elles puisent ces substances, c'est donc là qu'il faut en rechercher l'existence.

Dans l'atmosphère, les plantes trouvent l'acide carbonique qu'elles décomposent en s'emparant de son carbone et dégageant son oxygène, l'eau à laquelle elles prennent son hydrogène, l'azote pur ou sous forme d'ammoniaque et d'acide nitrique. C'est par leurs parties vertes que les plantes s'assimilent les éléments de l'atmosphère.

Les racines des plantes absorbent de leur côté des éléments semblables dissous dans l'eau mêlée au terrain, et d'autres éléments fixes qui ne se trouvent que dans le sol. La variété de ces combinaisons, leur état complexe exigent une étude spéciale qui est une des principales bases de toute science agricole, et que nous allons faire ensemble.

Dès que les hommes se furent livrés à la culture, il ne leur fallut pas longtemps pour s'apercevoir que les terres n'avaient pas toutes la même fertilité, que toutes n'étaient pas aptes à produire les mêmes espèces de plantes¹; ils voulurent en chercher la cause, et alors naquit l'étude des terrains agricoles.

Elle se borna longtemps à l'observation des caractères extérieurs que présentait la terre; elle fut ce qu'elle est encore aujourd'hui pour nos ouvriers, toute locale, toute bornée à un cercle aussi peu étendu que leurs communications journalières. Ici l'on mettait au premier rang les terres noires, ailleurs les terres rougeâtres; ici les terres fortes, là les terres légères. Les objets de comparaison étaient trop peu nombreux pour que des caractères plus généraux, plus invariables pussent être reconnus. Aussi, dans les auteurs de l'antiquité qui avaient cherché à réunir ces observations et à les traduire en système, trouvait-on le vague qui résultait de l'imperfection de ces connaissances. Columelle personnifie la terre et disculpe cette mère de l'infécondité dont on l'accuse. Elle ne vient, dit-il, que de ce que son sein n'est plus ouvert par le soc couronné des lauriers du triomphateur; et, rappelant ainsi les temps où les dictateurs retournaient à leur charrue à la fin de leur magistrature, il cache la raison d'économie politique sous une métaphore poétique. Dans les temps modernes et après la renaissance des sciences, on a cherché à expliquer le problème de la fertilité du sol par des hypothèses nombreuses; les sels, les savons ont joué un grand rôle; puis le terreau (humus) a été regardé comme la seule substance qui fût assimilée par les plantes. Les progrès de la chimie et une observation plus exacte ont renversé tous ces systèmes, et l'on procède aujourd'hui sur des bases plus solides et avec plus de circonspection. Pour connaître les éléments de la terre qui passent dans la composition des plantes, il fallait analyser complètement celle-ci. Or, pendant

(1) *Nec verò terræ ferre omnes omnia possunt.*

longtemps, et les archives de l'Académie des Sciences en font foi, on s'était livré à d'immenses travaux qui se bornaient à distiller les plantes; cette méthode imparfaite d'analyse reproduisait pour toutes les mêmes résultats : une huile empyreumatique et du charbon. Les gaz n'étaient pas recueillis. Quand la chimie pneumatique fut introduite, de nouvelles recherches faites par deux de nos plus habiles chimistes, MM. Gay-Lussac et Thénard, n'eurent pour objet que de constater les proportions d'hydrogène et d'oxygène des plantes. Depuis peu de temps seulement et par l'introduction de méthodes plus parfaites dues à l'un d'eux, M. Gay-Lussac, l'emploi des oxydes de cuivre, la présence de l'azote dans les différentes parties des végétaux a été constatée. Il y a peu de temps encore que la présence de ce gaz était considérée comme un caractère de l'animalité, et les végétaux passaient pour ne le contenir que par exception, et seulement dans quelques organes spéciaux.

Mais c'était peu de connaître les parties élémentaires gazeuses des plantes, il fallait encore déterminer leurs éléments fixes. Th. de Saussure commença ce travail en incinérant un certain nombre de végétaux; Sprengel, Schübler, Berthier ont analysé un grand nombre de cendres végétales; M. Bous-singault vient d'y ajouter des travaux d'autant plus précieux qu'ils embrassent un grand nombre de plantes cultivées. Cette étude demande à être complétée par la comparaison des cendres des mêmes espèces crues sur différents terrains, afin de constater quels sont les éléments essentiels de ces espèces et ceux qui peuvent leur être substitués avec plus ou moins d'avantages. MM. Wiegmann et Polstorf ont publié des recherches intéressantes dans cette direction.

Quoi qu'il en soit, ces travaux ont déjà constaté que, parmi ces substances faisant partie du sol et regardées comme inertes et indifférentes, il en est bien peu qui ne soient nécessaires à l'organisation des plantes et susceptibles d'entrer dans leur

composition. La découverte de ces nouveaux rapports changeait la face de la science; elle rendait plus utile encore la connaissance des terrains, elle indiquait les nouvelles voies dans lesquelles il fallait marcher désormais, et avec le zèle et le talent de nos savants ces voies ne tardèrent pas à être parcourues. C'est donc d'une science nouvelle et encore en marche que nous allons traiter; il était nécessaire de bien préciser le point de départ et d'indiquer au début de ce cours les principes qui doivent y présider.

On a donné différents noms à la science qui s'occupe des terrains agricoles. Brard¹ la désigne sous celui de *géonomie*. Ce titre nous semble trop ambitieux; il semble indiquer une généralité dans l'étude des terrains qui ne s'applique pas purement au point de vue agricole. Thaër l'a appelée *agronomie* (loi des champs); mais outre que ce mot, usité depuis longtemps pour désigner la connaissance raisonnée de l'agriculture, a l'inconvénient de le détourner de sa signification reçue, il a aussi celui d'exprimer par son étymologie au delà de ce qu'on voudrait lui faire dire. Nous adopterons un mot nouveau qui, quoique ses racines grecques soient moins précises, peut renfermer notre sujet et ne renferme que lui, c'est le mot *agrologie* (discours sur les champs, sur les terrains agricoles), et nous le définissons : *la science qui a pour objet la connaissance des terrains dans leurs rapports avec l'agriculture*. Pour déterminer les limites de cette science, il ne faudra donc que se demander sous quels rapports l'agriculture a besoin de connaître les terrains.

Les terres remplissent deux fonctions par rapport aux plantes. Elles leur servent de point d'appui, de milieu dans lequel se développent et s'attachent leurs racines; elles servent de réservoir à l'humidité nécessaire pour la végétation, et à différentes substances propres à leur nutrition, à laquelle elles par-

(1) *Minéralogie appliquée aux arts*, t. I, p. 1.

icipent elles-mêmes par leurs propres éléments : d'où naissent deux points de vue différents. Le premier, tout mécanique, puisqu'il a pour objet de reconnaître le plus ou moins de facilité que les racines trouvent à s'étendre dans le sol, le plus ou moins de résistance que la terre présente aux instruments par le moyen desquels l'homme la pénètre, la divise, la prépare, en un mot pour que la plante puisse s'y développer dans les conditions les plus favorables ; le second point de vue se rapporte à la nutrition des plantes qui doivent tirer du sol une partie des éléments qui entrent dans leur composition, soit que la terre les reçoive et les aménage dans son sein, soit qu'ils fassent partie intégrante de sa constitution. L'on n'aura une connaissance parfaite des terrains qu'autant que, par leur étude approfondie, on aura reconnu et décrit les caractères auxquels ces différentes propriétés peuvent se reconnaître. Ainsi, il nous faudra rechercher par quels signes se manifestent la tenacité des sols, leur faculté de retenir l'eau et les substances qui y sont mêlées ; d'absorber, de conserver les gaz de l'atmosphère ; la manière dont elles se comportent avec la chaleur lumineuse et la chaleur diffuse ; leur rayonnement, les transformations qu'elles font subir dans leur sein, par l'effet des affinités chimiques, aux substances qu'elles renferment, et la nature de ces substances. C'est de la solution seule de ces nombreux et difficiles problèmes que peut résulter celle du problème final que se pose l'agrologie : l'appropriation et l'appréciation des terrains ; l'appropriation, c'est-à-dire la désignation précise des cultures auxquelles ils sont les plus propres sous un climat donné ; l'appréciation, c'est-à-dire leur valeur relative dans les diverses circonstances climatériques et économiques où l'on se trouve.

Mais que l'on ne croie pas trouver à la fin de ce traité la solution si désirée de ces grandes questions que l'on s'adresse depuis que l'on s'occupe d'agriculture. Quels que soient les

progrès de la science, nous sommes bien éloignés de la croire assez avancée pour que, par son moyen, on puisse déterminer *à priori* la valeur d'un terrain. Nous avons cherché à indiquer la marche à suivre pour arriver à ce résultat, mais on s'abuserait si on pensait qu'on y est parvenu. Il faudra encore de bien longues recherches pour éclaircir tous les points douteux de nos solutions; et quand tous les principes de l'agrologie seraient aussi certains qu'ils sont encore douteux sur un grand nombre de points, la complication de ces solutions, prise dans ce sens absolu en y faisant entrer les éléments du climat, nous mettrait toujours en garde contre les résultats d'un calcul qui pourrait être affecté de graves erreurs. Aussi nos essais pour résoudre la question seront-ils moins ambitieux, et, tout en les recommandant comme un objet d'étude plutôt que de pratique, n'avons-nous pensé qu'à arriver à des valeurs relatives et jamais à une valeur absolue. C'est par cette tentative d'application des principes renfermés dans ce cours que nous le terminerons, en demandant que l'on soit indulgent pour un premier essai et que l'on n'y ait que le degré de confiance attaché à l'incertitude d'un grand nombre de ces principes eux-mêmes.

Que penser donc de la prétention de quelques auteurs allemands et italiens qui ont cru pouvoir baser sur des données théoriques l'importante opération de la confection d'un cadastre, surtout quand on considère le petit nombre et l'isolement des principes dont ils se servent, et l'état de la science quand ils ont publié leurs ouvrages? Pendant longtemps les indications d'un expert local, ou les données historiques recueillies dans le pays sur les produits des terrains, seront préférables à ces solutions abstraites; mais on conçoit cependant un état de la science où ses principes, contrôlés par l'expérience et ramenés par elle au degré de certitude qu'ils n'acquiescent jamais dans les sciences d'application que par cette utile cri-

tique, pourraient finir par offrir des solutions précises. C'est à cette perfection idéale que nous devons tendre, et il serait peu philosophique d'abandonner la culture de la science elle-même parce qu'elle est encore éloignée de la perfection. Cherchons à connaître le point où elle est parvenue, faisons des efforts pour lui faire faire de nouveaux progrès, mais ne désespérons pas d'elle, et que ses progrès récents soient d'un heureux augure pour l'avenir.

D'ailleurs, dès à présent l'agrorologie est loin d'être une étude sans application. Si nous ne pouvons pas encore résoudre son problème final, elle nous donnera cependant les lumières les plus précieuses sur un grand nombre de points où la pratique hésite et ne se décide qu'après des expériences longues et coûteuses. Déjà elle peut prononcer sur l'appropriation de certaines cultures à certains sols, sur les résultats que l'on peut s'en promettre; elle nous apprend les engrais qui peuvent convenir à certains terrains; les sols qu'il faut amender par la chaux, les cendres, le plâtre, les os pulvérisés; ceux où ces amendements seraient dépensés en pure perte; elle nous fournit des méthodes pour évaluer les forces nécessaires à la culture, et sert ainsi d'introduction aux principes d'agriculture proprement dite; enfin, elle nous conduit à une classification rationnelle des terrains, et nous permet ainsi de juger et d'apprécier les récits des opérations agricoles. Les cultivateurs dont la pratique s'est renfermée dans l'étroite enceinte de leur territoire n'ont pas senti cette nécessité. Les qualités de leur sol, ils les connaissent par les récoltes qu'ils portent, par les travaux qu'ils exigent, par les effets qu'ils éprouvent des saisons et des intempéries; un petit nombre de différences bien tranchées leur suffit pour caractériser les terrains qui les entourent; ils ont leurs terres fortes et légères, leurs terres humides et sèches, leurs terres à blé et à seigle. Les mêmes expériences leur apprennent la valeur relative de ces terres. L'intuition a

tout comparé et tout compensé. Ainsi les grands problèmes de l'agrologie se trouvent résolus pour eux.

Mais ils ne le sont que d'une manière relative au cercle borné où s'est exercée leur observation. Les hommes qui veulent étudier la science agricole dans toute sa généralité ont d'autres besoins. Las d'un empirisme repoussé par tous les arts et qui ne peut plus suffire à l'agriculture, pensant que, si le hasard conduit quelquefois la routine à d'heureuses inventions, c'est la science seule qui les perfectionne et leur donne tout leur développement, ils sentent qu'ils ne peuvent s'expliquer les phénomènes agricoles qu'en se faisant une juste idée du milieu où ils se passent, qu'en ayant les moyens de comparer entre eux non-seulement les cultures et leurs résultats, mais encore les terrains divers où elles ont eu lieu ; que tant que les agriculteurs n'auront pas une langue commune dans laquelle ils puissent traduire leurs perceptions, chacun d'eux sera réduit à son expérience individuelle, et que les Arthur Young, les Schwerz, les Lullin de Châteauvieux, les Bürger, voyageront avec moins de fruit, si leurs descriptions agricoles ne sont pas rigoureusement comparables entre elles et ne peuvent pas s'appuyer sur la solide connaissance des terrains qu'ils parcourent et dont ils décrivent les cultures.

Ainsi l'étude de l'agrologie est non-seulement utile à la pratique agricole, elle promet pour l'avenir de nouveaux progrès à la théorie. Mais, pour atteindre le but que nous nous proposons, ce n'est pas trop que d'employer tous les moyens d'investigation qui nous sont offerts par les progrès des sciences.

L'agrologie n'est qu'un point de vue particulier de la minéralogie. Elle doit d'abord mettre en usage les procédés de la science dont elle dérive. Comme elle, elle cherche à connaître : 1^o les parties constituantes du sol ; 2^o leur mode d'agrégation, leurs mélanges ; 3^o les espèces minérales dont elles dérivent, et

le mode de désagrégation qui les a réduites à l'état pulvérulent ; 4^o elle cherchera à distinguer ensuite les différentes formations terreuses qui se succèdent à la surface des roches fondamentales des terrains : c'est une petite géologie spéciale dont on a trop souvent fait abstraction dans la géologie géographique, et dont MM. Élie de Beaumont et Dufresnoy ont senti l'importance et indiqué souvent les résultats dans leur belle description de la carte géologique de la France.

Après avoir étudié les terres en elles-mêmes, et avoir fait ainsi un supplément indispensable aux connaissances minéralogiques et géologiques, considérées sous le point de vue agricole, l'agrologie sentira le besoin de chercher dans les différents terrains qu'elle aura examinés et classés, les propriétés principales qui se rattachent à l'agriculture. Enfin, elle n'oubliera pas qu'elle est une science technologique, et que son but final est de chercher dans les notions diverses qu'elle aura rassemblées, les résultats économiques qui constituent son but d'utilité ; elle essaiera alors de les appliquer à l'appropriation et à l'appréciation des terrains.

Telle est l'idée que nous nous sommes faite de ce que doit être en ce moment un cours d'agrologie. Avant d'oser en tenter l'exécution, nous devons réclamer beaucoup d'indulgence. Malgré tout ce que l'on a écrit jusqu'à présent sur cette matière, la tâche est nouvelle autant qu'épineuse. Nous avons à proposer plus de problèmes que de solutions ; nous exposerons des doutes nombreux bien plus que des certitudes. Un pareil travail ne peut être encore, pour parler exactement, qu'un simple programme. Quand nous tenterons de résoudre quelques difficultés, nous ne le ferons qu'en hésitant et en appelant tous les amis de la science à vérifier, à contrôler des résultats qui auront pour principale utilité d'appeler la contradiction et le débat sur des points encore mal éclairés et négligés. Sous ce rapport, nous espérons faire une œuvre utile. Quelques

années de retard auraient sans doute contribué à la perfectionner et à nous mettre à l'abri de reproches que nous sentons bien devoir souvent mériter ; mais nous avons pensé que ce désir de perfection, cette sollicitude de l'amour-propre devait céder à l'intérêt de la science elle-même, qui, dans ce moment, réclame surtout que l'attention soit appelée sur ses besoins et qu'une discussion sérieuse s'établisse sur ses principes. Nous avons cru devoir céder à ces hautes considérations.

PREMIÈRE PARTIE.

DES PARTIES CONSTITUANTES DES TERRAINS AGRICOLES.

Formés de débris des roches qui constituent la masse du globe, les terrains agricoles qui les recouvrent sont composés des mêmes matériaux ; on peut les y trouver tous. Mais de même que certaines de ces roches sont plus abondantes et se rencontrent plus fréquemment que d'autres, de même aussi elles ont fourni un plus grand contingent à la formation des terres arables. Ce n'est donc pas toujours par l'étude de la roche qui supporte le terrain, que l'on peut juger de sa nature ; le mouvement des eaux à la surface a le plus souvent mélangé et confondu ses éléments avec ceux d'autres roches éloignées ; d'autres fois encore la décomposition de la roche n'a pu avoir lieu que par l'effet de changements chimiques dans sa nature et par la disparition de plusieurs de ses éléments constitutifs. Une carte géologique ne serait donc qu'une carte agrologique imparfaite. C'est à l'écorce de la terre elle-même que nous devons nous adresser pour connaître sa composition.

On peut sans doute discerner déjà cette composition par le simple examen de la terre fait à la loupe ou au microscope, et précédé d'une lévigation. On y distingue alors la plupart des minéraux simples ou des débris de roche qui par leur mélange concourent à former la terre ; cet examen suffit dans bien des cas aux hommes habitués à voir et à juger les terrains, mais il ne leur indique qu'imparfaitement les proportions de leurs éléments constitutifs, et enfin plusieurs substances importantes

s'y trouvent en trop petites quantités ou dans un état de combinaison trop intime pour qu'on puisse en reconnaître la présence. On ne peut donc parvenir à se former une idée complète d'une terre que par le moyen qu'emploient les minéralogistes; c'est-à-dire par l'analyse chimique.

Il y a peu de temps encore, l'on révoquait en doute l'importance agrologique attribuée à la composition minéralogique des terrains. On remarquait que, quelle que fût leur variété, la plupart des plantes y croissaient par la culture; mais l'on ne faisait pas attention qu'elles n'y acquéraient leur pleine vigueur que par des moyens artificiels et coûteux. Ainsi, dans les terrains siliceux, c'était à l'aide de la marne et de la chaux que l'on obtenait de pleines récoltes de froment ou de trèfle; dans les terrains dépourvus de sulfate de chaux, on n'obtenait de bons résultats des légumineuses qu'au moyen du plâtrage; il fallait aider par des cendres la pousse des prairies fauchées, dans les lieux où manquait la potasse; dans les sols calcaires qui contiennent souvent des sels nitreux et fécondants, l'argile et l'oxyde de fer fixaient l'ammoniaque de l'atmosphère et procuraient ainsi un engrais naturel; si les engrais animaux suppléaient en partie à ces substances, c'est qu'ils les contenaient toutes en dose plus ou moins convenable. Il n'était donc pas indifférent de connaître d'abord si la nature du terrain ne constituerait pas le cultivateur en frais par l'absence de quelques-unes de ces substances, ou si leur présence ne le dispenserait pas de ces frais.

L'importance de bonnes analyses est devenue encore plus évidente quand on a essayé de lier les propriétés physiques du sol à sa composition minérale, comme nous essaierons de le faire. Chaque nouveau progrès a rendu cette analyse plus indispensable, et les travaux des Saussure, des Berthier, des Sprengel, des Boussingault sur les cendres des plantes, en nous y faisant retrouver presque tous les éléments du sol, ont

uni par un lien indissoluble l'étude de ces éléments à celle des éléments végétaux, et doivent nous forcer à rechercher ceux qui manquent aux plantes souffrantes, pour nous assurer s'ils ne manquent pas aussi au sol et si l'on ne doit pas chercher à les lui procurer. Toute la théorie des engrais repose désormais sur cette double base; c'est dire assez qu'on ne peut plus négliger aujourd'hui l'étude des parties constituantes des terrains agricoles.

CHAPITRE I^{er}.

Analyse des terres.

SECTION I^{re}. — *Choix des échantillons de terre à analyser.*

On a fait une autre objection contre la prétention d'analyser une terre arable. Selon la critique, la surface d'un champ présente à chaque pas une composition différente; on aura donc l'analyse du centimètre cube que l'on met dans sa capsule, on n'aura pas celle du centimètre voisin. Un champ n'est pas un minéral cristallisé ayant son individualité propre, attestant son unité de composition par sa forme géométrique; c'est un mélange confus, fait au hasard par des agents comme l'eau, par exemple, qui transporte les matériaux avec un vitesse plus ou moins grande, luttant ici contre un obstacle, entraînée plus loin par une pente, laissant déposer avec inégalité les éléments qu'elle tient en suspension, et n'abandonnant que par l'évaporation ceux qu'elle tient en dissolution. Rien n'est plus vrai que cette critique, mais elle n'est vraie que si l'on voulait atteindre un degré d'exactitude absolue. Elle s'applique aussi à l'analyse des roches, et cependant on a trouvé utile de connaître la composition des feldspaths, des micas, des granits

eux-mêmes. Est-ce à dire, pour cela, que le fragment détaché à droite d'une masse de ces substances soit identiquement le même que celui qui est détaché à gauche? Nullement. On a voulu seulement avoir une idée moyenne de la composition de ces roches, sans prétendre arriver à ce degré de certitude qui n'existe pas.

Il en est de même des terrains agricoles, avec cette différence cependant que cette composition moyenne s'écartera davantage encore des extrêmes, dans les différentes parties des terrains. Après avoir ainsi réduit à sa juste valeur le degré de vérité que nous demandons à l'analyse, après être convenus qu'il sera d'autant moins grand que nous voudrions en appliquer les résultats à un plus vaste espace, nous comprendrons cependant que, s'il existe quelquefois des différences assez considérables dans les rapports de quantité des différentes substances, surtout dans les terrains en pente, cependant l'analyse indique encore leur présence, leur degré de subordination, et que ces différences ne sont pas de nature à influer gravement sur les qualités agricoles du sol, sans quoi l'œil seul aurait averti du point topographique qui limitait l'espace de terrain auquel l'analyse pouvait s'appliquer.

Ces prémisses posées, on procédera au choix des échantillons. On remarquera d'abord que le terrain est formé de plusieurs couches superposées qui ont toutes leur importance agricole : 1^o la couche supérieure, celle qui est atteinte par les labours, qui reçoit l'impression de l'atmosphère, et dans laquelle se passent les phénomènes de la végétation ; 2^o la seconde couche, simple continuation de la couche supérieure, mais qui, n'étant pas entamée par les labours, reste plus compacte et reçoit moins facilement les eaux chargées de sels solubles et les impressions de l'atmosphère ; 3^o une nouvelle couche plus profonde et d'une composition minérale différente. Nous traiterons plus au long dans une autre partie de cette division

importante. Mais, pour avoir une connaissance complète du sol, il est nécessaire de soumettre ces trois couches à une analyse distincte.

Quand on voyage et qu'on recueille des terres pour s'en former une idée générale et non dans un but de science ou d'utilité définie, il suffit de prendre des échantillons de quelques grammes des terres que l'on rencontre; mais quand on veut connaître complètement un sol, il faut suivre les règles suivantes :

1^o Les deux premiers échantillons, surtout celui de la couche arable, doivent être d'environ un kilogramme, pris dans toute la profondeur de cette couche; le troisième, du même poids, sera pris à la surface de la couche profonde.

2^o On évitera autant que possible de prendre le premier échantillon dans une partie de terre fraîchement fumée.

3^o Les échantillons, séchés autant que possible à l'air, seront enveloppés de plusieurs doubles de papier fort et bien ficelés, avec leurs étiquettes, à moins qu'on n'en veuille faire usage immédiatement.

4^o Si l'on ne se propose pas d'examiner un terrain spécial, mais que l'on veuille étudier les terrains en général, on choisira dans chaque pays les sols les mieux caractérisés, ceux qui forment un groupe naturel, reconnu pour tel dans la contrée, et dont les propriétés sont le plus généralement admises. A moins de quelque singularité remarquable, on rejettera ceux qui se présentent par petites masses et dont les propriétés agricoles pourraient être douteuses. On recherchera aussi de préférence les terres dont nous possédons des descriptions agronomiques, celles qui sont le siège de cultures modèles, et par conséquent dont toutes les qualités deviennent la matière d'observations nombreuses et de publications.

5^o A chaque échantillon correspondra une note répondant le mieux possible aux indications suivantes : 1^o le pays la

province (le département, l'arrondissement), le territoire (commune), le nom de la propriété et la situation précise du lieu où l'échantillon a été pris, de manière à ce qu'on puisse en retrouver la place. Ordinairement nous déterminerons cette place par des alignements pris au loin sur des objets naturels et fixes, et si ces objets saillants manquent, on indique la distance à un village, à un chemin, à une rivière, et la direction où l'on a recueilli l'échantillon; ou, enfin, on désigne la pièce de terre, quand elle porte un nom, et la partie de cette pièce où il a été pris. 2^o Le nom vulgaire de la variété de terre qui compose l'échantillon (marne, glaise, terre forte, cause, ségalas, varenne, boubène, etc.). 3^o Les renseignements que l'on pourra se procurer sur l'effet que cette terre éprouve des météores, des saisons (la gelée brise les mottes; la terre retient l'eau; elle est emportée par les vents forts; elle forme une croûte à sa surface avec les pluies, etc.). 4^o La profondeur de la couche végétale, semblable à celle de la surface, sans s'attacher à la profondeur des labours. 5^o La profondeur de l'eau dans les fossés et les puits, en été et en hiver. 6^o L'inclinaison du sol avec l'horizon. 7^o Les abris naturels du terrain. 8^o La hauteur approximative du sol au-dessus de la mer (cette donnée, l'*altitude*, se trouve, pour la France, sur les nouvelles cartes publiées par le dépôt de la guerre). 9^o La végétation naturelle du sol, les plantes adventices qui souillent les récoltes, la nature des arbres et leur venue. 10^o Le genre de culture, d'assolement et de rotation auquel est soumis le terrain.

Enfin on ajoutera beaucoup à l'intérêt que présente cet examen, si l'on peut joindre à cette note les renseignements suivants, relatifs à l'appréciation comparée des terres: 11^o Le prix vénal moyen de cette espèce de terre dans le pays. 12^o Son prix de fermage, soit en corps de ferme, soit en parcelles. 13^o Les mercuriales du prix des grains et des fourrages dans

le pays. 14^o Les débouchés des grains et l'éloignement des marchés exprimé en heures de marche pour une voiture chargée. 15^o Les impositions. 16^o Le salaire des valets de ferme. 17^o Le salaire des journaliers. 18^o Le prix des charrois. 19^o Le taux de l'intérêt de l'argent dans la ville voisine.

Il est rare que l'on puisse avoir une suite complète de réponses à ces questions. Bien peu de cultivateurs sauront y répondre avec certitude. Mais les hommes qui savent voir et interroger à propos n'en laisseront guère d'incomplètes après quelques heures de conversation avec les gens d'une ferme.

SECTION II. — *Procédés d'analyse.*

L'analyse d'une terre peut avoir plusieurs buts différents : 1^o ou l'on veut se faire une idée de sa richesse actuelle, et alors le dosage de l'azote suffit, il est inutile de la pousser plus loin; 2^o ou bien l'on cherche si la terre contient telle ou telle substance spéciale, par exemple si elle contient de la chaux pour apprécier la convenance d'un marnage, si elle contient du gypse, etc., et nous indiquerons à l'article de chacune de ces substances la méthode la plus courte et la plus directe pour s'assurer de leur présence; 3^o ou bien, enfin, on veut connaître l'ensemble des propriétés du sol, et alors il faut se livrer à une analyse complète. Celle-ci seule peut nous éclairer sur les phénomènes que présente la végétation, sur les facilités et les difficultés de la culture, sur les modifications que doivent subir les engrais; mais aussi c'est l'œuvre d'un chimiste habitué aux manipulations; et s'il est toujours possible à un cultivateur éclairé de parvenir à faire assez correctement l'analyse spéciale qui consiste à rechercher telle ou telle substance dans le sol, ce n'est que par un ensemble de connaissances chimiques et l'habitude d'opérer que l'on peut espérer de bien réussir à une analyse complète. Car, ne nous le dissimulons

pas, les formules que nous allons donner seront bien suffisantes dans le plus grand nombre des cas ; mais il arrive aussi quelquefois qu'un praticien aura occasion de les modifier, de les abrégér, de les changer, avec grand profit pour son temps et les résultats qu'il obtiendra ; enfin, ces analyses exigent un attirail d'instruments et de réactifs qu'il ne conviendrait pas à un cultivateur de se procurer pour traiter quelques terres seulement dont il veut connaître la composition. Il devra alors s'adresser à quelqu'un qui en ait l'habitude, et le nombre de ces personnes s'accroît chaque jour dans nos départements. Les ingénieurs des mines, les professeurs des facultés et des collèges, beaucoup de pharmaciens, ont à leur disposition des laboratoires où les analyses peuvent se faire, et généralement ils s'empressent de mettre leur science à la disposition de ceux qui veulent l'utiliser.

Mais si ces procédés ne peuvent passer dans la pratique agricole habituelle, ils seront un objet d'instruction et de délassement que nous ne saurions trop recommander à nos jeunes agriculteurs que de bonnes études ont familiarisés avec les sciences naturelles. Ils y trouveront une occasion de les cultiver au profit de leur nouvelle profession, et elle leur fournira les moyens de se rendre compte des phénomènes si variés et si curieux qui se passent journellement sous leurs yeux, et qui sont muets pour ceux qui ne prennent pas l'habitude d'interroger la nature et de se rendre compte de son action. Nous ne saurions trop les engager à se livrer à des études qui ne nous ont jamais laissé un moment de vide dans la solitude des champs, et qui ne s'appliqueront pas seulement à l'analyse des terres, mais encore à une foule d'autres opérations agricoles.

Nous diviserons en trois parties l'analyse d'une terre : 1° le dosage de l'azote contenu dans la terre ; 2° la recherche des principes solubles dans l'eau ; 3° celle des principes fixes, insolubles.

§ 1^{er}. — Dosage de l'azote.

Nous verrons dans la suite de ce cours que les principes ammoniacaux que renferme le sol sont une des causes les plus importantes de sa fertilité, et celle qui est le plus sujette à manquer ou à disparaître. La valeur relative des engrais est en grande partie, et sous les modifications dont nous parlerons plus tard, proportionnelle à l'azote qui entre dans leur composition ; la richesse actuelle des terres peut aussi être appréciée par cette proportion. On comprendra donc de quelle importance il est de rechercher d'abord cet élément précieux, un des signes principaux de la fécondité de la terre.

Si l'on veut se borner à connaître cette richesse pour le moment actuel et à l'époque où l'on se trouve d'une rotation, le dosage de l'azote sera un excellent indice de la convenance d'appliquer immédiatement de nouveaux engrais au sol, ou de la possibilité de différer la fumure, d'exiger de lui des récoltes épuisantes, ou de ne lui confier que des plantes moins exigeantes. Mais quand on veut apprécier la valeur intrinsèque du sol, sa faculté de retenir avec tenacité une plus ou moins grande quantité de principes azotés, c'est sur les portions du terrain qui n'ont pas reçu d'engrais depuis longtemps qu'il faut opérer. Cette distinction est importante et nécessiterait peut-être que l'on répâtât l'analyse sur le même terrain à ces deux états différents. La première analyse apprendrait l'état actuel de la terre, aidée par les fumiers et la culture, et c'est celle qui doit servir de base à l'appréciation ; la seconde indiquerait jusqu'à quel degré une culture négligée pourrait faire descendre le terrain : ce degré dépend de la composition minérale du sol ; et en faisant cette analyse on s'apercevra qu'il est des terrains très difficiles à épuiser complètement, tandis que

d'autres abandonnent tous leurs principes fertilisants avec une grande facilité. On trouvera plus loin des détails nombreux sur ces phénomènes.

Quand on veut se borner à constater la présence de l'azote dans une substance ou dans une terre sans en déterminer la quantité, on prend un tube de 2 à 3 centimètres de diamètre et de 12 centimètres de longueur ; on fait tomber au fond un petit morceau de *potassium* ayant à peu près la grosseur d'un grain de millet, on le tasse avec une tige de platine, puis on ajoute la matière à essayer. Saisissant alors le tube à l'aide d'une pince, on le chauffe dans la flamme d'une lampe d'alcool à la température du rouge naissant, jusqu'à ce que l'excès de potassium se soit dégagé en vapeurs en passant au travers de la matière organique carbonisée.

Après le refroidissement on coupe en deux le tube au moyen d'une entaille faite d'un coup de lime, on détache la substance charbonneuse, on la fait tomber dans une petite capsule de porcelaine contenant de quatre à six gouttes d'eau ; on verse dans la capsule une goutte de solution de sulfate de fer : alors l'addition d'une goutte d'acide chlorhydrique fait apparaître la coloration bleue, propre aux cyanures de fer, si la substance contient une combinaison azotée. Dans le cas contraire, le précipité verdâtre se redissoudrait sans développer de couleur bleue. Cette couleur est d'autant plus intense que la substance est plus azotée ; mais cette réaction n'a pas lieu par les nitrates.

Cette épreuve facile peut dispenser de l'analyse quantitative quand on reconnaît que la terre ou la substance ne contient pas d'azote ; on fera donc bien de la tenter préalablement à cette analyse.

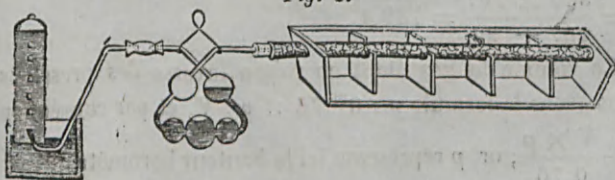
Pour procéder au dosage de l'azote contenu dans le sol, on prend un tube de verre de 0^m,015 de diamètre et de 0^m,80 à 0^m,90 de longueur. Il est fermé et étiré en pointe à une de ses

extrémités. On met au fond de ce tube $0^m,12$ de longueur de bicarbonate de soude, puis $0^m,12$ de bi-oxyde de cuivre; on mêle ensuite bien exactement 10 grammes de la terre à analyser avec du bioxyde de cuivre en quantité suffisante pour que ce mélange occupe environ $0^m,12$ de longueur dans le tube; on le recouvre de $0^m,25$ du même bioxyde de cuivre, sur lequel on met environ $0^m,25$ de cuivre plané et bien exempt d'oxyde en petits morceaux. On recouvre ce tube d'une enveloppe de cuivre laminé, pour éviter sa flexion, dans le cas où le verre chauffé entrerait en fusion ou se ramollirait.

La matière doit être bien desséchée dans le vide sec que l'on fait par le moyen de la pompe pneumatique et le chlorure de chaux, et non avec l'acide sulfurique qui s'empare avec avidité des vapeurs ammoniacales.

On ferme exactement le tube avec un bouchon de liège entrant par force. Ce bouchon est percé d'un trou dans lequel entre à frottement le tube terminal de l'appareil à boules de Liebig, dans lequel on a mis une solution concentrée de potasse caustique; l'autre extrémité de ce petit appareil est mise en communication, à travers un autre bouchon, avec un tube recourbé, dont l'extrémité passe dans la cuve à eau sous une petite cloche destinée à recevoir le gaz qui s'échappe. Telle est la dernière simplification que l'on a donnée à cet appareil, pour lequel on peut ainsi se dispenser d'employer la cuve à mercure sans nuire à la sûreté des résultats.

Fig. 1.



Le tube contenant la matière étant posé sur le fourneau, on

place des charbons ardents seulement sur le fond qui contient le bicarbonate de soude. Il se dégage du gaz acide carbonique qui chasse l'air contenu dans le tube et dans la matière. Quand le bout du tube est bien échauffé, on saisit le moment où il cesse d'arriver de l'air dans la cloche; alors on la retire et on lui substitue une nouvelle cloche graduée. On cesse de chauffer la partie du tube qui contient le carbonate de soude, et l'on commence à chauffer la partie antérieure près du bouchon, en allant progressivement vers l'extrémité fermée et en maintenant toujours une chaleur rouge dans la partie antérieure qui contient le cuivre métallique, mais sans atteindre la partie qui contient le bicarbonate de soude. On continue à chauffer le reste du tube tant qu'il passe des gaz. Quand il ne s'en produit plus, on cesse de chauffer la partie qui contient les oxydes de cuivre, on recommence à chauffer faiblement le carbonate de soude, et quand la partie opposée du tube est refroidie, on dégage le bouchon qui le ferme, et l'on termine ainsi l'opération. On mesure alors, sur l'échelle de graduation de la cloche, le volume de gaz azote recueilli; on observe la température du thermomètre placé dans la cuve et la hauteur du baromètre pour ramener le volume du gaz à 0° de température et à la pression de 8^m,76. Pour faire cette réduction, on se sert de la

formule $v = \frac{V \times 267}{267 + x}$, où v est le volume réduit, V le vo-

lume observé, x la température de la cuve. Ainsi si l'on a mesuré 800 centimètres cubes de gaz à + 22°, on aura

$$v = \frac{800 \times 267}{267 + 22} = 739,1.$$

Le volume du gaz étant en raison inverse des pressions, nous avons la formule $p : 0^m,76 :: v : V$, et par conséquent

$$v = \frac{V \times p}{0,76}; \text{ or, } p \text{ représente ici la hauteur barométrique ob-}$$

servée; et si cette hauteur a été 0,755, nous aurons dans ce

$$\text{cas } v = \frac{739,1 \times 0,755}{0,76} = 734,2, \text{ à quoi se réduit le volume}$$

du gaz ramené à zéro de température et à $0^{\text{m}},76$ de pression.

La plus grande difficulté que puisse présenter cette opération dans les campagnes et les lieux éloignés des laboratoires où l'on prépare en grand le cuivre plané exempt d'oxydation, c'est de conserver ce cuivre dans cet état parfait de pureté, ou de le revivifier en faisant passer sur lui un courant d'hydrogène, dans un tube de porcelaine chauffé à blanc. Dans cette analyse, le cuivre est nécessaire, parce que dans la réduction de l'oxyde de cuivre mêlé aux matières azotées, il se forme de l'oxyde d'azote qui est réduit par le cuivre. Si nous supprimons le cuivre en diminuant de $0^{\text{m}},25$ la longueur du tube de combustion, cet oxyde d'azote passera dans la cloche avec l'azote, et comme il augmentera de volume, il altérera les résultats; mais on parviendra à ne garder que l'azote dans la cloche en brûlant l'oxygène de l'oxyde au moyen du phosphore. Il suffira de placer un morceau de phosphore dans la cloche et de l'y maintenir vingt-quatre heures à la température ordinaire, si l'on n'aime mieux hâter l'opération en chauffant la cloche.

Mais toute l'opération peut encore être simplifiée en employant la potasse et l'hydrate de protoxyde de fer, au moyen de l'instrument indiqué par M. Dupasquier¹.

On commence à chauffer la partie du tube qui contient le carbonate de soude, et l'on ne s'arrête que quand on a reçu dans une cloche environ un litre de gaz. Alors l'air atmosphérique étant chassé, on chauffe à partir de la partie antérieure du tube comme dans le procédé déjà décrit. On reçoit les gaz dans une cloche plus grande que dans ce procédé, parce qu'elle reçoit, outre l'azote, l'oxyde d'azote et l'acide carbonique : les boules de Liébig étant alors supprimées. Quand l'émission du gaz est arrêtée, on le fait passer dans une éprouvette graduée

(1) *Traité de chimie industrielle*, t. I, p. 183.

fermée par le haut. Celle-ci est usée à l'émeri, dans sa partie inférieure, pour pouvoir pénétrer dans un obturateur ou capsule en verre qui s'y adapte parfaitement. L'obturateur est long de 4 centimètres et profond de 3 centimètres, son diamètre intérieur est égal au diamètre extérieur de l'éprouvette.

On met un morceau de potasse dans l'obturateur, on le passe sous la cloche et on l'y adapte par un mouvement de torsion. On agite ensuite pendant 2 ou 3 minutes; on plonge dans l'eau l'extrémité du tube, on dégage l'obturateur et l'on note le point où l'eau remonte dans le tube, qui ne contient plus alors de gaz acide carbonique, mais seulement de l'oxyde d'azote et de l'azote. On introduit dans l'obturateur 2 grammes de potasse caustique et 5 grammes de protoxyde de fer; on le plonge dans l'eau pour faire dégager les bulles d'air adhérentes, puis on le fixe au tube; on retire l'appareil de l'eau, et on l'agite horizontalement pendant une demi-heure qui suffit pour que tout l'oxygène soit absorbé. On le replonge alors dans l'eau; on retire l'obturateur; on note le point où remonte l'eau, et l'on a ainsi la quantité d'azote restant.

C'est le dernier degré de simplification auquel soit arrivée cette opération.

Cette opération est assez facile quand il ne s'agit que de doser l'azote, sans se préoccuper des autres gaz comme dans notre supposition. Elle est fondamentale pour l'agriculture pratique, puisque c'est encore par son moyen que nous analyserons plus tard les engrais et que nous déterminerons leur valeur relative et leurs équivalents.

La méthode de MM. Warentrappe et Will qui dosent l'azote par le poids et non par le volume, en transformant ce gaz en ammoniacque par l'action de la potasse et de la chaux, et faisant passer l'ammoniacque à travers l'acide chlorhydrique qui l'absorbe et d'où on le précipite par le chlorure de platine, n'est pas applicable aux terres et aux engrais qui peuvent ren-

fermer des nitrates. D'ailleurs elle est plus longue, plus pénible, plus délicate que celle de la détermination de l'azote à l'état gazeux, telle que nous venons de la décrire.

§ II. — Analyse des substances solubles dans l'eau.

C'est seulement à l'état de solution que les substances qui se trouvent dans le sol peuvent passer dans la végétation et lui fournir les éléments qui doivent devenir les parties constituantes des plantes; nos recherches les plus importantes doivent donc tendre à nous faire découvrir la nature et la qualité de ces substances; ce n'est pas, au reste, qu'elle soit permanente et que l'on trouve toujours dans un même sol d'égales quantités de ces substances; elles sont susceptibles d'y augmenter et d'y diminuer par plusieurs causes: ainsi l'ammoniaque de l'atmosphère est entraînée sur la surface de la terre par la pluie; les pluies d'orage fournissent de l'acide nitrique qui, avec les bases alcalines et terreuses, forme des sels solubles; les eaux de pluie et les eaux courantes imprégnées d'acide carbonique sursaturent de cet acide les carbonates de chaux et de magnésie, et les rendent aussi solubles; les débris de la végétation et les engrais apportent de nouveaux principes au sol, et toutes ces substances solubles, provenant de tant de sources différentes, sont ensuite entraînées dans les profondeurs de la terre, ou même, si le terrain est en pente sur des parties plus basses, par les pluies abondantes ou les eaux d'irrigation. Ainsi l'on ne peut pas regarder comme stable la masse des substances solubles contenues dans un terrain, et d'autant moins qu'elles sont plus volatiles, comme les sels ammoniacaux, puisque ces substances peuvent en outre être enlevées du sol par la chaleur.

Les substances solubles contenues dans les terres arables sont toujours en assez petite quantité pour qu'il soit néces-

saire d'agir sur une masse un peu considérable de terre afin d'en obtenir une quantité suffisante pour pouvoir être analysée. On doit opérer au moins sur 5 hectogrammes ¹ que l'on fait digérer dans de l'eau distillée, en agitant de temps en temps pour mettre toutes les particules en contact avec l'eau. On laisse reposer, on coule ensuite, on filtre, et l'on a alors à analyser une véritable eau minérale pour laquelle on emploie les procédés indiqués.

1° On fait bouillir l'eau pour chasser l'acide carbonique en excès qui tient certaines bases en dissolution; ces bases se précipitent et l'on peut avoir de la chaux, de la magnésie, du fer, que l'on sépare par la décantation; le précipité est lavé jusqu'à épuisement et évaporé à sec. On le reprend par une petite quantité d'eau alcoolisée qui laisse à nu le sulfate de chaux que l'on dessèche et que l'on pèse.

2° On acidifie le résidu encore mêlé à une petite quantité d'eau avec l'acide nitrique; on précipite le fer par l'hydrosulfate d'ammoniaque. Le précipité est filtré, lavé, calciné et pesé.

3° L'eau de lavage (2°) est mêlée avec un excès d'oxalate d'ammoniaque qui précipite la chaux à l'état d'oxalate de chaux; on filtre, on lave, on calcine et l'on pèse; on a la chaux pure.

4° On traite la liqueur de filtration (3°) par un excès de carbonate de potasse, on évapore à sec et on reprend par l'eau bouillante, qui laisse la magnésie à l'état de carbonate. On calcine vivement et l'on a la magnésie.

5° On prend une portion déterminée des eaux de décantation (2°); on l'acidifie par l'acide chlorhydrique, on fait évaporer; le résidu, s'il y en a, est du chlorhydrate d'ammoniaque,

(1) Comme on obtient toujours une petite quantité de matières solubles, et que l'analyse exige alors beaucoup de délicatesse dans les pesées, il est bon d'opérer sur une grande masse de terre, 5 ou 6 kil. par exemple, quand on peut les obtenir facilement.

provenant de la composition du carbonate d'ammoniaque que contenait l'eau; on le sèche et son poids donne celui de ce carbonate.

6° On procède alors sur l'eau de décantation restante (5°) à un essai pour s'assurer si elle contient des nitrates. On met au fond d'une éprouvette de l'acide sulfurique pur et concentré; on verse sur l'acide quelques gouttes de l'eau à éprouver; on l'agite; quand le mélange est refroidi, on y verse goutte à goutte une solution concentrée de protosulfate de fer. Si la solution contient des nitrates, il se manifeste alors une couleur rose ou pourpre ¹.

7° Quand la solution contient des nitrates, on l'évapore à siccité; on pèse le résidu.

8° On le traite à plusieurs reprises par l'alcool chaud, on filtre, on lave le filtre avec de l'alcool, on évapore la liqueur alcoolique, on pèse le résidu. Il peut contenir des chlorures et des nitrates de chaux, de magnésie et de soude.

9° On dissout le résidu (8°) dans l'eau, et on verse dans la moitié de cette eau de l'oxalate d'ammoniaque en excès. La chaux se précipite; on filtre.

10° L'eau de filtration (9°) évaporée à siccité est calcinée. Il restera dans le creuset du chlorure de sodium et de la magnésie. On le sépare par l'eau qui dissout le sel et n'a point d'action sur la magnésie. On les sèche et on les pèse séparément.

11° Ayant ainsi obtenu les bases contenues dans la solution alcoolique, il reste à déterminer les acides. On prend l'autre

(1) Pour que ce procédé de M. Desbassins de Richemont soit concluant, il faut être bien sûr de la pureté de l'acide. On la constate en versant de la solution de protosulfate de fer dans l'acide lui-même, sans autre addition. Il est rare qu'il soit assez pur pour ne pas se colorer un peu, et l'on juge alors de la présence des nitrates dans les solutions essayées quand la coloration s'accroît sensiblement par leur addition.

moitié de l'eau (9°), on précipite par le nitrate d'argent on a du chlorure d'argent que l'on sèche, que l'on pèse, et en retranschant du chlore indiqué par la pesée celui qui appartient au chlorure de sodium trouvé (10°), on a celui qui était combiné avec la chaux et la magnésie.

12° Cette détermination nous donne le poids des bases qui étaient unies avec l'acide nitrique, et par conséquent celui de ce dernier.

13° On reprend alors par l'eau les matières qui n'ont pu se dissoudre dans l'alcool (8°) : ce sont les sulfates de chaux, de soude, d'ammoniaque, de fer; le nitrate de potasse, les chlorures de potassium et de sodium.

14° On partage la solution en deux parties; on traite la première par le nitrate de baryte qui précipite l'acide sulfurique, l'autre par le nitrate d'argent qui précipite le chlore des chlorures. On sèche, on lave les précipités, qui indiquent la quantité d'acides contenus dans la solution.

15° La première partie de la solution (14°) nous ayant donné la quantité de chlore des chlorures de sodium et de potassium par le poids des nitrates, on rapproche la solution, on y ajoute du chlorhydrate de platine qui précipite la potasse à l'état de chlorure double, qu'on lave avec de l'eau alcoolisée pour éviter sa dissolution, et donne la soude par la différence du poids de la potasse à celui des bases nécessaires pour saturer l'acide hydrochlorique qui existait dans la solution; ou bien on précipite la soude par l'antimoniate de potasse d'une moitié de la solution, et la potasse par le chlorhydrate de platine de l'autre moitié.

16° La seconde partie de la solution (14°) nous a donné la quantité d'acide sulfurique et a transformé les sels en chlorures. On les traite alors comme il sera indiqué à partir du n° 2, de la 3^e opération du § III, et l'on a ainsi toutes les bases et tous les acides contenus dans la solution aqueuse.

§ III. — Analyse de la partie insoluble dans l'eau.

Quoique cette partie de l'analyse n'ait pas pour la nutrition des plantes une importance aussi directe que celle des gaz et des substances solubles du sol; quoique ces raisons aient influé sur le jugement défavorable que plusieurs savants agriculteurs avaient porté sur les procédés chimiques appliqués à l'agriculture, quand ces procédés incomplets ne s'attaquaient qu'aux substances minérales les plus fixes du sol, cependant elle a encore une grande valeur pour celui qui réfléchit qu'il se trouve là plusieurs corps susceptibles de se décomposer naturellement et qui fournissent des éléments solubles à la plante; tels sont, par exemple, les silicates de potasse, les carbonates de chaux et de magnésie, etc.; quand on voit tous ces principes fixes faire partie du squelette des végétaux et témoigner ainsi de leur solubilité; quand enfin on reconnaît l'influence que quelques-uns d'entre eux, l'alumine, par exemple, ont sur les propriétés physiques de la terre, plus on aura d'analyses exactes et complètes comparées à la végétation du sol et à ses propriétés, et plus se réhabilitera parmi nous l'opinion de l'utilité de ces analyses. Parmi les procédés nombreux qui peuvent être employés et que le génie des chimistes habiles variera sans doute, selon les cas et leur inspiration, je vais en décrire un seul qui embrasse les substances qui font habituellement partie des terrains agricoles.

Quand on possède de bonnes balances d'essai, l'on peut opérer l'analyse sur 2 grammes de terre; mais pour peu que la balance ne trébuche pas au milligramme, on fera bien de porter le poids de la terre à 5 grammes.

Les opérations préalables consistent à cribler une certaine masse de terre à travers un crible dont les trous aient 1 millimètre de diamètre. On pèse séparément la partie qui a passé

par le crible et celle qui est restée sur le crible ; cette dernière est l'élément pierreux et graveleux de la terre, et le rapport des poids donne celui de cet élément à l'élément terreux.

C'est sur ce dernier que l'on opère ensuite, en le desséchant à 100 degrés, puis dans le vide, jusqu'à ce qu'il ne perde plus de son poids. On en pèse alors plusieurs lots de 2 ou de 5 grammes, selon la quantité que l'on veut analyser, et on les porphyrise exactement.

1^{re} Opération. Elle a pour but de déterminer la proportion de terreau qui se trouve dans la terre. Ce terreau présente des parties à différents états, les unes solubles dans l'eau, les autres dans les alcalis, les autres dans les acides ; d'autres enfin, et ce sont les matières charbonneuses pures, qui sont insolubles dans tous ces agents.

1° Pour obtenir d'un seul coup tout ce qui est soluble, on traite la terre par l'acide chlorhydrique ; on met ensuite à digérer sur elle, pendant vingt-quatre heures, de l'ammoniaque liquide qui dissout tout le terreau soluble. On filtre, on évapore et on pèse.

2° Si l'on se servait de la chaleur rouge pour brûler la partie charbonneuse du terreau, on risquerait de la confondre avec une partie d'eau qui s'évaporerait ; mais on obtiendra cette partie en chauffant la terre avec quatre fois son poids de litharge (oxyde de plomb) dans un creuset d'argile luté ; si la terre contient des matières combustibles, il se produit une quantité de plomb métallique dans la proportion de 35 pour une de ces matières. On retire le plomb par la lixiviation.

2^e Opération. Cette opération a pour but de déterminer les parties non combustibles de la terre.

1° On prend un nouveau lot de 2 à 5 grammes de terre que l'on dessèche. On le traite par l'eau bouillante pour dissoudre les matières solubles et le sulfate de chaux. On évapore l'eau filtrée jusqu'à siccité ; on lave le résidu avec de l'eau forte-

ment alcoolisée qui reprend les matières solubles, mais laisse le sulfate de chaux que l'on sèche et que l'on pèse.

2° On fait bouillir le résidu (1°) avec de l'acide acétique qui s'empare des bases des carbonates; on filtre. On précipite la chaux de l'eau de lavage par l'oxalate d'ammoniaque en excès; on filtre, on sèche, on pèse, et l'on a de l'oxalate de chaux que l'on réduit en carbonate par le calcul.

3° On verse dans l'eau de lavage (2°) une solution de phosphate de soude qui précipite la magnésie à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien. Ce sel contient 0,367, ou mieux, à cause des pertes, 0,40 de magnésie. On filtre, on sèche, on pèse : on a la magnésie.

4° On mêle bien exactement le résidu (3°) avec quatre fois son poids de carbonate de potasse chaud. On le place dans un creuset de platine, assez grand pour que la matière ne déborde pas dans son ébullition. On met ce creuset de platine dans un creuset d'argile, et l'on chauffe à rouge dans un fourneau à réverbère. Quand le creuset est refroidi, on détache le culot qui s'est formé, on le dissout dans l'acide chlorhydrique, on filtre et l'on recueille la silice sur le filtre; on la calcine et on la pèse.

5° On sature l'eau de lavage (4°) par l'ammoniaque, et l'on précipite les bases des silicates, l'alumine, le fer, le manganèse et les alcalis.

6° On enlève du filtre le précipité humide (5°), on le fait bouillir dans la lessive de potasse caustique, on étend d'eau et on filtre; le fer et le manganèse restent sur le filtre.

7° On précipite l'alumine de l'eau de filtration (6°) par l'ammoniaque. On lave, on sèche et on pèse.

8° Le résidu (6°) est traité par l'acide oxalique qui dissout le fer. Ce qui reste sur le filtre étant lavé, l'eau de lavage dépouille l'oxyde de manganèse des alcalis.

9° On sature par l'ammoniaque l'eau de lavage (8°), et l'on a le fer; on lave et l'on pèse.

3^e *Opération.* On a obtenu toute la silice par l'opération précédente, mais il est impossible de distinguer celle qui était à l'état de quartz et celle qui était combinée. Pour y parvenir, on traite un lot de terre par une dissolution de potasse caustique qui dissout la silice et la potasse combinées. On précipite l'alumine par l'ammoniaque, puis on acidifie l'eau de lavage; on réduit le liquide à son moindre volume; la silice se prend en gelée ferme; on la place sur un filtre, on lave, on dessèche et on calcine. On a le poids de la silice combinée, et en le soustrayant du poids total de la silice obtenue par la précédente opération, on a aussi celui de la silice libre. On reconnaît aussi par là l'état des matières organiques et leur disposition à se dissoudre par l'intermédiaire des alcalis.

4^e *Opération.* Dans les opérations précédentes, on s'était servi de différents réactifs contenant de la potasse qui ne permettait pas de doser les alcalis contenus dans la terre; pour les déterminer, on emploie le procédé suivant :

1^o On place une couche de 12 à 13 millimètres d'épaisseur de fluat de chaux pulvérisé dans une capsule de plomb; au milieu de cette capsule, une capsule de platine qui contient la terre à analyser est soutenue par un anneau de plomb; on humecte la terre. On verse de l'acide sulfurique sur le fluat de chaux et l'on couvre la capsule de plomb par un couvercle en plomb; on chauffe à une faible lampe à l'esprit de vin ou à un bain de sable. On remue la matière de temps en temps, et on l'humecte avec un peu d'eau. L'opération dure deux heures et doit être faite en plein air.

5^e *Opération.* Cette opération a pour but de déterminer l'acide phosphorique contenu dans la terre.

1^o On mêle un lot de terre avec $\frac{1}{10}$ de son poids de peroxyde de fer. On traite le mélange par l'acide chlorhydrique. On précipite les chlorures par l'ammoniaque, on lave, on sèche. Le précipité contient la totalité de l'acide phosphorique.

2° On lave le précipité (1°) avec de l'acide acétique allongé d'eau qui dissout la chaux, la magnésie, les oxydes de fer et l'alumine en excès. On filtre, et l'on a un résidu qui contient du phosphate de fer, du phosphate d'alumine et peut-être un peu de silice.

3° On redissout le précipité (2°) dans l'acide chlorhydrique, on évapore à siccité et l'on calcine le résidu pour rendre la silice insoluble. On reprend par l'acide chlorhydrique, on lave, on dessèche, on pèse; 100 parties du résidu calciné contiennent 50 parties d'acide phosphorique.

§ IV. — Résumé des résultats de l'analyse.

Dans la suite de procédés que nous venons de décrire, nous avons agi par différentes opérations sur différentes doses de terre. Il faut maintenant réduire tous les résultats à un dénominateur commun. A quelque dose que l'on ait opéré sur les substances solubles, on a obtenu séparément les acides et les bases, mais pour la plupart d'entre elles ce n'est que par conjecture que l'on peut assigner les sels que ces bases et ces acides constituent entre eux. Les carbonates que l'on précipite à part par l'ébullition donnent seuls un résultat certain, mais s'il se trouve plusieurs autres acides dans la solution, la manière de les répartir sur les bases devient un problème indéterminé dans lequel le tact de l'analyste supplée au petit nombre de règles positives que l'on peut indiquer. On sait que les sous-carbonates de soude et de potasse excluent les sulfates de magnésie, d'alumine, de fer. On procède donc par tâtonnement, en ayant égard aux probabilités de rencontrer tel ou tel sel dans la solution, et l'on s'arrête ensuite à la composition qui tient le mieux compte de toute la quantité de base et d'acide donnés par l'analyse, d'après les tables de nombres proportionnels. Mais il sera toujours convenable de conserver en tête de

l'analyse les résultats purs, indiquant séparément les acides et les bases, pour servir à la vérification des résultats conjecturaux qui indiquent la composition des sels. Tous ces nombres sont écrits en réduisant à l'unité de kilogramme la quantité de terre sur laquelle on a opéré.

A la suite des substances solubles, on écrit le poids du terreau charbonneux, réduit à la même unité; on en agit de même pour toutes les substances minérales fixes. On obtient ainsi tous les éléments qui constituent le terrain soumis à l'analyse, et c'est seulement sur des opérations aussi certaines que l'on pourra baser des raisonnements agronomiques. L'imperfection et l'incomplet des méthodes d'investigation usitées jusqu'à ce jour rendent suffisamment compte du mépris des meilleurs esprits pour l'examen chimique des terres, qui ne pouvait conduire qu'à des conclusions sans aucune valeur.

CHAPITRE II.

Histoire des éléments des terrains agricoles.

Après avoir décrit les moyens de constater par l'analyse et de séparer l'un de l'autre les divers éléments qui constituent nos terres arables, il faut examiner les propriétés agricoles de chacun d'eux, et ce ne sera qu'après les avoir ainsi parcourus un à un que nous pourrons les réunir et nous faire une juste idée de l'effet de leur mélange.

SECTION I^{re}. — *De la silice.*

La silice se trouve dans les terres en plusieurs états : 1^o sous forme de cristal de roche ou de quartz, insoluble dans l'eau et les acides, et ne pouvant être attaquée par eux qu'après sa

calcination avec un alcali, la potasse, la soude ou la chaux ; 2° sous forme d'une poudre blanche, très fine, provenant de la décomposition des silicates, soluble dans les acides forts et dans une solution alcaline, et même à l'état naissant au moment de sa séparation des bases avec lesquelles elle était combinée, soluble dans l'eau, comme le prouvent les résidus des eaux de certaines fontaines et des eaux minérales, parmi lesquelles on peut citer en première ligne les Geysers en Islande, qui déposent de la silice autour de leur cratère ; 3° enfin, à l'état de combinaison avec d'autres substances, formant des sels où elle joue le rôle d'acide, comme avec l'alumine, la potasse, la soude, le fer, la magnésie, etc.

A l'état de quartz, la silice, selon la grosseur de ses particules, modifie différemment les propriétés physiques du sol. Ainsi le sable siliceux à gros grains ne retient que 0,20 d'eau, tandis que le sable très fin en retient 0,30. Le sable grossier ne peut faire corps et manque totalement de ténacité, tandis que le sable fin employé à des moulages parvient à faire corps et acquiert une certaine ténacité. Le sable grossier humide n'a aucune cohésion, mais le sable très fin s'attache aux instruments. Plus le sable a de finesse, et plus il est mobile et sujet à être emporté par le vent. Costaz a constaté que les grains de quartz qui forment le sol des déserts de Libye ont environ 0,7 mill. de diamètre ¹. Ainsi l'abondance de la silice tend à rendre le sol facile à travailler, mais mobile, sujet à être déplacé par les grands vents qui mettent les racines des plantes à nu, et exposé aux sécheresses qui atteignent facilement ces racines ; ce sol ne s'emparant pas des substances solubles, mais les laissant filtrer quoique lentement, il lui faut des engrais souvent renouvelés, sans lesquels un terrain purement siliceux est complètement stérile.

Le moyen le plus court de doser le quartz est de faire bouillir

(1) *Mémoire de Costaz sur la descript. de l'Egypte*, t. II, p. 264.

la terre avec de l'acide chlorhydrique, qui dissout les autres substances, mais n'attaque pas le quartz.

La silice soluble provenant de la décomposition des silicates est intimement mêlée à la terre sous forme de poussière très fine. Quand on chauffe fortement cette silice, elle devient inattaquable aux acides et aux dissolutions alcalines.

Au moment de la décomposition des silicates, la silice à l'état naissant est soluble dans l'eau; cela explique comment elle peut passer dans les végétaux par l'absorption de leurs racines; pourquoi sa quantité proportionnelle augmente toujours avec l'âge des végétaux, son peu de solubilité ne permettant pas qu'elle se dissolve de nouveau et soit entraînée après avoir été déposée. Elle s'accumule surtout sur les feuilles et se manifeste ensuite dans le terreau qui résulte de leur décomposition et où elle se trouve en abondance. Elle forme les 0,43 des tiges du froment; les 0,63 de celles du seigle; les 0,69 de celles de l'orge; les 0,04 de celles des pommes de terre; les 0,37 de celles du trèfle, selon les analyses de Bergman et de Ruellert¹. La silice pure forme des concrétions aux nœuds des graminées; elle compose l'épiderme extérieur et luisant du bambou, et est un des éléments qui donnent aux végétaux leur solidité et constituent en grande partie leur squelette; mais son abondance dans la nature rend son rôle nutritif assez peu important, et elle doit être envisagée surtout sous le rapport mécanique.

La silice contenue dans la terre ne peut se doser que par les moyens analytiques que nous avons décrits dans le chapitre précédent.

SECTION II. — *Du feldspath.*

Le feldspath est un silicate d'alumine et de potasse, ayant

(1) *Bulletin des sciences agricoles*, t. III, p. 325.

la forme d'un prisme rhomboïdal, une apparence vitreuse qui devient terne à mesure qu'il se décompose. On en trouve des fragments dans toutes les terres qui proviennent des granits, ou dans les terrains d'alluvions venant des montagnes granitiques. Le feldspath ne se dissout pas plus que le quartz dans les acides. Tant qu'il est entier, il agit sur le sol à la manière du gravier et du gros sable. En se décomposant, il se change en argiles, qui se dépouillent graduellement de leur potasse par l'action de l'eau chargée d'acide carbonique. La propriété que possède cette eau de dissoudre les silicates alcalins explique la fertilité du sol arrosé par des sources qui sortent des terrains feldspathiques et qui sont chargées d'alcalis et d'un peu de silice. L'eau de pluie et surtout celle qui est en contact avec le terreau est par cela même très propre à attaquer les débris de feldspath qui sont mêlés aux argiles, à leur enlever la potasse et à la mettre à la disposition des plantes.

SECTION III. — *De l'argile.*

Il règne une si grande confusion sur ce que l'on a désigné sous le nom d'argile, qu'il faut commencer par s'en faire une idée bien nette, si l'on veut bannir définitivement le vague que des termes mal définis ont perpétué dans l'agrologie.

L'argile est une combinaison de cinquante-deux parties de silice, de trente-trois d'alumine et de quinze d'eau plastique. Elle a la propriété de faire une pâte liante avec l'eau, ce qui la rend difficile à travailler quand elle est mouillée. Elle durcit beaucoup et oppose une grande résistance aux instruments d'agriculture à l'état sec.

Il est une autre propriété de l'argile qui doit fixer aussi l'attention des agriculteurs, c'est la faculté de s'emparer des gaz ammoniacaux et de les retenir entre ses particules. Selon

Liebig, il se forme même de véritables sels alumineux dans lesquels l'ammoniaque joue le rôle de base ¹. Si l'on humecte une argile ou une terre argileuse avec une solution de potasse, il s'en élève une vapeur ammoniacale qui fait promptement passer au bleu le papier de tournesol rougi ². Ce dégagement dure quelquefois pendant plus de deux jours. Cette propriété coïncide toujours avec une odeur particulière que répandent les terres argileuses, quand elles sont humectées ; et en effet, c'est par son émanation plus ou moins forte que les agriculteurs jugent de la présence et de l'abondance de l'argile dans les terres.

M. Bérard a fait des expériences qui prouvent que l'argile brûlée absorbait avidement les gaz, et devenait ainsi un bon récepteur des gaz de l'atmosphère.

Les agriculteurs savent que quand ils mettent en valeur des terres argileuses, depuis longtemps épuisées, la première fumure paraît ne produire aucun effet ; l'argile s'en est emparée, elle retient dans son tissu les gaz ammoniacaux, et ce n'est quelquefois qu'après plusieurs fumures que la terre est saturée et paraît se ressentir de nouvelles doses d'engrais ; mais alors les terres amenées à cet état sont très fertiles. Si l'on continue à en tirer des récoltes sans les fumer, les produits baissent peu à peu, et quand l'humidité de la saison, en humectant fortement l'argile, met de l'eau surabondante à portée de l'ammoniaque contenue dans les pores de l'argile, cette eau s'empare de ce gaz et le transmet aux racines des plantes ; l'argile s'appauvrit ainsi de nouveau.

Il est assez facile à un praticien exercé, ou à un homme qui tient un compte exact de ses opérations, de juger si une terre argileuse se trouve dans cette position moyenne où l'engrais

(1) *Chimie organique*, introduct., p. cix.

(2) Voir une note de M. Bouis, *Annales de chimie*, t. XXXV, p. 333.

donne exactement des produits proportionnels à sa quantité. Si l'on analyse des terres dans cet état, on trouve qu'avant la fumure elles contiennent environ 0,015 d'azote pour chaque centième d'argile contenu dans le sol.

Cette donnée est de la plus grande importance : elle nous apprend que toute terre argileuse doit posséder un capital en fumier avant d'être portée à toute sa valeur ; que dans les années de sécheresse où la masse d'argile n'est pas pénétrée d'une humidité surabondante, ce capital reste improductif ; qu'il reparait en partie par l'effet des saisons plus humides ; mais que, dans tous les cas, son existence est nécessaire pour que le fumier ajouté produise tout son effet.

L'argile a encore la propriété de retenir une grande proportion d'eau (70 pour cent de son poids) et de ne la laisser filtrer que difficilement ; il en résulte que dans les saisons sèches les plantes s'y trouvent mieux, souffrent moins parce qu'elles absorbent alors une partie de l'eau du terrain, mais aussi que dans les saisons humides leurs racines, continuellement baignées d'une quantité surabondante d'eau, la transmettent à la plante dont la texture devient lâche et molle, et que même, par la prolongation de leur séjour dans un bain d'eau peu aérée, elles entrent en décomposition.

L'imperméabilité de l'argile quand une fois elle est saturée d'eau, qualité qui la rend si propre à la confection de bassins que l'on veut rendre étanches, empêche aussi les matières solubles contenues dans l'eau qu'elle absorbe de la traverser, de telle sorte que ces matières se déposent entre les molécules de l'argile, quand cette argile vient à se dessécher. C'est ainsi qu'on y rencontre, outre l'ammoniaque, de la potasse et différents autres sels. Ces matières solubles, une fois enfermées dans sa masse, ne peuvent en sortir que par les surfaces de l'argile mise à découvert. L'eau dissout alors la potasse et s'empare de l'ammoniaque. Le labour, en brisant ces particules et exposant

de nouvelles surfaces à l'action des agents extérieurs, met à nu les substances solubles qui peuvent ainsi entrer dans la végétation.

On voit donc quel rôle important remplit l'argile dans la culture, quoique ce rôle soit pour ainsi dire mécanique, car ses principes n'entrent qu'en faible quantité dans la végétation¹. L'incinération des végétaux y démontre un peu d'alumine; elle forme à peine un centième du poids des cendres. Schröder l'a trouvée à l'état de pureté dans les grains d'orge et d'avoine et dans la paille de seigle. Y était-elle arrivée sous forme de sel d'alumine et d'ammoniaque?

SECTION IV. — *Du carbonate de chaux.*

Le carbonate de chaux est une substance très abondante dans la nature; elle forme de grandes masses de montagnes; les courants diluviens et les alluvions l'ont répandue dans presque tous les terrains meubles; nous n'avons trouvé jusqu'ici aucun sol complètement dépourvu de toute trace de cette substance, mais nous en avons vu quelques-uns qui en étaient presque entièrement composés; tels sont les terrains que l'on a appelés *crayeux*.

Les terrains qui renferment une quantité sensible de calcaire ont des caractères agricoles qui leur sont propres. En les comparant aux terrains purement siliceux ou argileux, on y remarque l'absence de plusieurs plantes impropres à l'alimentation du bétail qui infestent ces derniers terrains, la petite oseille, la matricaire, les oxalis, qui y sont remplacés par le trèfle, les lotiers, la lupuline; les fourrages légumineux y croissent avec facilité; ils sont éminemment propres au froment, et ces qualités sont tellement inhérentes au principe calcaire, qu'il suffit d'en ajouter une très petite quantité aux terres qui n'en contiennent

(1) On n'a trouvé jusqu'ici l'alumine que dans le lycopode.

nent pas, un à deux centièmes par exemple, par le chaulage ou le marnage, pour que la végétation des bonnes plantes succède à celle des mauvaises; pour que le trèfle, la luzerne et le sainfoin y réussissent mieux; pour que les terres à seigle deviennent propres à porter le froment, et que celles qui portaient déjà du froment augmentent considérablement leur production; les tiges des plantes deviennent plus fermes et moins sujettes à verser. En même temps appliqué aux terres siliceuses, le principe calcaire leur donne de la consistance; il communique aux terres argileuses la propriété de se déliter par les changements atmosphériques, de se diviser par l'action de l'humidité, de laisser filtrer l'eau surabondante, et prévient son extrême durcissement lors des sécheresses. Toutes ces propriétés du sol calcaire ont été exposées avec habileté par M. Puvis, dans trois ouvrages dont nous recommandons la lecture et l'étude¹.

M. Th. de Saussure décrit d'une manière frappante² la différence qui existe entre les sols calcaires et ceux où manque la chaux. « Lorsqu'on passe, dit-il, des montagnes calcaires aux montagnes granitiques, on est frappé des différentes influences que ces deux sols ont sur la végétation. Le sol calcaire paraît l'emporter sur le sol granitique, non-seulement par la variété de plantes auxquelles il sert de support, mais encore par l'état de vigueur et de prospérité où elles s'y trouvent..... Lorsque j'ai dirigé mon attention sur les vertus nutritives des végétaux calcaires et des végétaux granitiques, j'ai vu que les animaux qui se nourrissent sur les granits étaient plus petits, plus maigres et fournissaient moins de lait que ceux qui se nourrissent sur les terrains calcaires, quoique les végétaux crus sur les deux sols

(1) *Essai sur la marne; De l'emploi de la chaux; De l'agriculture du Gatinais.*

(2) De l'influence du sol, *Journal de Physique*, 1800, t. II, p. 9.

« fussent les mêmes, et que les quantités de ces végétaux
« fournis aux animaux dans ces deux cas fussent égales. J'ai
« vu que le lait des montagnes granitiques était moins chargé
« de parties butyreuses et caséuses que celui des montagnes
« calcaires. Il n'est point de coureur de montagnes des contrées
« que j'habite, qui n'ait pu apercevoir la différence de consis-
« tance qu'a la crème sur le Jura, montagne calcaire, et sur
« les montagnes granitiques attenantes à la vallée de Cha-
« mounix. »

Les analyses auxquelles se livra cet habile chimiste pour reconnaître la composition des végétaux poussés sur ces deux natures de sol lui prouvèrent que les carbonates de chaux et de potasse venaient remplacer en partie la silice dans le squelette des plantes crues sur les terrains calcaires ; serait-ce par l'effet de cette substitution que les organes des plantes seraient mieux disposés à se charger de principes favorables à la nutrition ?

Nonobstant les faits que nous venons d'indiquer et que chacun peut constater, les fonctions que remplit la chaux dans la végétation ont été et sont encore le sujet d'opinions fort divergentes.

H. Davy ne considère le carbonate de chaux que comme un amendement propre à améliorer la texture du sol, à augmenter son hygroscopicité ; selon lui, ses effets sont tous mécaniques¹, mais la faiblesse de la dose à laquelle il produit des effets si saillants écarte d'avance toute idée qu'il n'ait pas un autre genre d'action, surtout quand on sait que l'argile et le sable appliqués comme amendement à des terres qui ont des propriétés physiques opposées aux leurs ne produisent quelque effet qu'à des doses énormes, qu'ils ne changent en rien la nature de la végétation et n'en accroissent pas la vigueur. Cette explication ne rend pas compte non plus de la nullité

(1) *Chimie agricole*, t. II, p. 52.

d'action des marnes les plus grasses et les plus hygroscopiques, employées à petite dose sur les terres sablonneuses qui possèdent déjà l'élément calcaire, tandis qu'elles fertilisent ces mêmes sables auxquels manque cet élément. Dans l'un et dans l'autre cas cependant, les propriétés physiques du sol devraient éprouver les mêmes modifications.

D'autres pensent ¹ que le principe calcaire de la marne réagit sur le terreau, le rend soluble et propre à passer dans la végétation en neutralisant un principe astringent analogue au tannin et en dégagant l'acide carbonique du carbonate de chaux. On ne peut nier le bon effet de la chaux sur les terrains qui recèlent un principe acide, mais ces terrains sont rares, appartiennent à des sols bien déterminés : les terres de bruyères, les bois défrichés, couverts de terreaux formés de la décomposition de feuilles contenant du tannin; or ce n'est pas seulement sur les terrains de cette espèce que la marne agit avec énergie, et tous les terrains où manque le calcaire, quoique n'offrant pas la moindre apparence d'acidité et d'astringence, éprouvent les mêmes effets.

On ne peut pas non plus admettre d'action directe du carbonate de chaux pour transformer la fibre ligneuse en *gêine* (extrait de terreau). Les pièces de bois engagées dans les constructions calcaires ne subissent pas cette altération, et si cette propriété existait, on ne devrait pas trouver trace de terreau dans les terres calcaires, où cependant il existe dans son état d'intégrité, de même que dans les sables et les argiles.

D'autres ont cru que la chaux, rencontrant dans le sol de l'acide ulmique tout formé, se combinait avec lui, produisait de l'ulmate de chaux, qui, quoique très peu soluble dans l'eau (2000 parties d'eau dissolvant seulement une partie de ce sel), ou plutôt à cause de son peu de solubilité, fournit aux végétaux la nourriture qui leur est la plus appropriée et dans la mesure

(1) M. Puvion, *Essai sur la marne*, p. 30.

convenable ¹. Selon Liebig ², l'existence de cet acide ulmique dans le sol serait une chimère. L'extrait de terreau dont nous parlerons plus loin ne se combine pas chimiquement avec la chaux, et la preuve que cet auteur en donne, c'est l'entière blancheur des stalactites formés par des filtrations, dans des caves surmontées d'un amas énorme de terreau et de terre calcaire.

Enfin, M. Monnier de Nancy a prétendu en dernier lieu ³ qu'un terrain épuisé n'était qu'un terrain rempli des excréments acides des plantes, se fondant sur l'observation de M. Becquerel, que dans l'acte de la végétation il se produisait toujours de l'acide acétique; l'embryon agissant comme le pôle négatif d'une pile qui retient les bases et repousse les acides. Selon cet auteur, l'addition de la chaux au sol fournirait la base nécessaire à la neutralisation des acides.

D'après cette hypothèse, qui ne voit que l'action des engrais animaux fournirait par son ammoniacque une base bien plus active encore à l'action des acides? et cependant voit-on qu'ils aient sur les terrains non calcaires les effets de la marne? changent-ils la nature de leur végétation? enfin explique-t-on ainsi le bon effet de la chaux caustique sur les terrains calcaires? Ceux-ci ne contiennent pas de principe acide libre, et cependant la chaux agit avec énergie en plusieurs cas. Ces observations, en détruisant l'absolu de cette hypothèse, ne nous empêchent pas d'admettre l'effet de la chaux sur les acides libres du sol; la présence de plantes acidules les y indique, et les réactifs confirment cette indication. Mais nous ne pouvons rien conclure d'un cas particulier et circonscrit pour établir une théorie générale.

Après avoir éliminé toutes ces explications des effets de la

(1) M. Puvion, *De l'emploi de la chaux*, p. 121 et suiv.

(2) Introduction, p. 122.

(3) *Mémoire sur les engrais*.

chaux dans les terrains, il fallait chercher ce principe d'action. Pour y parvenir, nous avons pris un grand nombre de terres de différentes natures, nous les avons fait digérer dans l'eau distillée, et après la filtration nous avons cherché les substances dissoutes dans les eaux de lavage. Traitées par l'oxalate d'ammoniaque, toutes celles qui contenaient de la chaux ont donné un précipité, dont la quantité allait jusqu'à 1 à 2 millièmes par chaque centième de carbonate de chaux contenu dans les terres. Elles renfermaient donc un sel de chaux soluble.

Nous avons alors recherché si ce sel était un sulfate en essayant les solutions par le nitrate de baryte, et, après avoir mis de côté celles qui donnaient un précipité et qui, par conséquent, contenaient du gypse, nous avons continué nos recherches sur celles qui nous restaient.

Ces mêmes eaux, traitées par le nitrate d'argent, ont donné des précipités de chlorure d'argent pour quelques terres déjà connues comme contenant des chlorures alcalins; elles ont été aussi mises à part. Celles qui ne donnaient pas de précipité ont été traitées par la méthode de M. Desbassyns de Richemont pour s'assurer si elles contenaient des nitrates¹. Les unes en contenaient, d'autres en étaient exemptes.

Ayant fait bouillir ces dernières eaux pendant quelque temps, il s'est formé un dépôt qui nous a prouvé que le sel calcaire qu'elles tenaient en dissolution était du bi-carbonate.

Reprenant alors toutes les terres calcaires essayées, nous en avons dosé l'azote; elles en contenaient toutes sensiblement; quelques marnes réputées pour leur activité et que l'on emploie en plus petite dose, en contenaient même une quantité assez notable, jusqu'à 0,00164; mais cette quantité était trop petite, comparativement à celle des engrais, pour expliquer l'effet de la chaux.

Ne pouvant trouver la raison de cet effet dans la quantité

(1) Cette méthode est décrite plus haut, ch. I, sect. II, § 2.

de substances solubles contenues dans ces terres, nous avons dû la chercher dans le principe de continuité d'action. Toutes les terres calcaires lessivées ont été exposées à l'air, à l'abri du vent, et humectées de temps en temps pendant six mois. Alors elles ont été soumises à un nouveau traitement, et toutes ont fourni de nouveau un précipité calcaire. Il se formait donc constamment dans ces terres un sel soluble à base de chaux, qui fournissait aux plantes un principe nécessaire, la chaux, et probablement aussi, dans bien des cas, un autre principe plus important encore, l'azote provenant de la décomposition des nitrates ; nitrates qui se reforment aussi constamment dans les terres qui en ont déjà fourni. Ce serait donc en passant à l'état soluble par sa transformation en nitrate et en bicarbonate que la présence de la chaux dans le sol favoriserait l'action de la végétation. Nous traiterons plus en détail de ces effets dans un des articles suivants.

La terre calcaire pure constitue un terrain froid à cause de sa couleur blanche. Ce terrain retient une grande quantité d'eau (jusqu'à 85 parties pour 100), et quand il est mouillé il se change en une bouillie qui n'offre aucun appui aux plantes ; dans l'état humide, s'il survient une gelée, il se soulève, et au dégel il retombe sur lui-même en déchaussant les racines ; il se sèche lentement ; quand il est sec, il laisse trop facilement pénétrer l'air jusqu'aux racines ; il devient pulvérulent et ne leur offre pas non plus un appui convenable ; son manque de ténacité le rend très facile à cultiver, ce qui explique comment un tel sol n'est pas abandonné et comment les cultivateurs suppléent par l'étendue à son peu de produit.

Parmi ces terrains purement calcaires, il faut distinguer ceux qui portent le nom de *craies* et qui possèdent, sous le rapport agricole, des qualités particulières, en raison de leur composition et de leur structure, dont nous parlerons plus loin.

Quand la chaux est mêlée avec le sable siliceux, le terrain

s'égoutte mieux; il acquiert du liant, offre un meilleur support aux plantes, et est susceptible d'un grand nombre de bonnes cultures s'il peut être arrosé en été; car pour peu que ce terrain soit coloré, il devient brûlant, et, s'il ne peut être arrosé, il n'est propre qu'aux récoltes qui mûrissent dès la fin du printemps.

Mêlé avec l'argile, le carbonate de chaux forme d'excellents sols qui ont toutes les qualités recherchées par les agriculteurs, surtout s'ils contiennent en outre une portion convenable de sable; il constitue alors des *loams*, un des genres de terrains les meilleurs et les plus recherchés. Les terrains qui contiennent beaucoup de chaux mêlée à l'argile et que l'on pourrait appeler marneux s'écaillent et se pulvérisent facilement à leur surface par les temps secs ou chaux. Ils perdent ainsi leur ténacité dans les couches supérieures.

SECTION V. — *De la marne.*

Quoique la marne ne soit qu'un mélange d'argile et de carbonate de chaux auxquels se joignent le plus souvent quelques autres substances, la silice, l'oxyde de fer, etc., nous ne pensons pas faire un double emploi en lui consacrant un article particulier. En effet, les deux éléments minéraux qui constituent la marne y sont mêlés d'une manière si intime qu'il est impossible de parvenir à imiter la nature par de simples procédés mécaniques, tellement ils sont juxtaposés molécule à molécule. Ainsi, quand on soumet la plus petite particule possible de marne à l'action d'un acide sous l'objectif du microscope, on voit l'attaque se faire par toutes ses faces et par tous ses angles, et l'argile qui reste se trouve composée d'une multitude d'autres particules d'une finesse telle qu'il est presque impossible de l'évaluer.

Quand on a voulu essayer de composer une marne artifi-

cielle par le mélange le plus exact possible, ce produit de l'art s'est trouvé avoir des propriétés tout à fait autres que celles de la marne naturelle formée des mêmes éléments. On s'aperçoit d'abord au microscope combien nos moyens mécaniques sont grossiers : même quand nous employons de l'argile le plus finement pulvérisée possible et mélangée avec du carbonate de chaux dans le même état, les particules de chaux sont agglomérées, séparées de celles de l'argile par d'assez grandes distances; l'hygroscopicité, la chaleur spécifique de cette marne artificielle sont tout autres que celles de la marne naturelle, et sa pesanteur spécifique est moindre.

De ce mélange intime et de cette structure de la marne résulte sa faculté de se diviser et de se réduire en poussière quand elle est mouillée ou qu'elle est exposée seulement aux variations hygrométriques de l'atmosphère, à cause du changement considérable de volume qu'acquiert l'argile imbibée d'eau.

On trouve des marnes très compactes, ayant l'aspect extérieur du marbre, et cependant se réduisant à l'air, et assez promptement, en une fine poussière homogène, sans laisser aucun nodus calcaire.

D'autres ont plutôt l'aspect d'un poudingue et sont de véritables mélanges de marne et de nodus de carbonate de chaux, qui ne se délitent pas.

Certaines marnes, ayant éprouvé les effets de l'humidité depuis leur formation, sont déjà délitées dans la minière, et se présentent sous un aspect pulvérulent, et sont mêlées quelquefois de plus ou moins de ces noyaux calcaires. Les unes sont grises, d'autres plus ou moins jaunes ou rougeâtres, colorées qu'elles sont par les oxydes de fer. Les variétés des marnes sont infinies, comme les circonstances qui ont pu leur donner naissance.

Le but de l'emploi de la marne est d'ajouter le principe calcaire aux terrains qui manquent de chaux, de le lui fournir sous une forme pulvérulente qui laisse beaucoup de prise aux

influences atmosphériques pour transformer le carbonate calcaire en sels solubles (nitrate et bicarbonate de chaux); ses effets sont ceux que nous avons indiqués comme signalant la présence de la chaux dans les terrains.

On avait cru longtemps que, pour apprécier les marnes, il suffisait de connaître la quantité de chaux qu'elles contenaient; mais on n'a pas tardé à revenir de cette erreur et à se convaincre qu'il y avait d'autres éléments d'appréciation qu'il fallait rechercher.

M. Lartet, bien connu par ses intéressants travaux de paléontologie, n'avait pas vu sans surprise la différence notable que manifestait l'action de diverses marnes sur la végétation, quoiqu'elles parussent à peu près de même composition minérale, à en juger par les analyses chimiques. Vingt-cinq voitures d'une de ces marnes produisaient un effet égal à celui de deux cents voitures d'autres marnes. Ce savant s'étant adressé à nous pour avoir l'explication de ce phénomène, nous ayant envoyé des échantillons de ces différentes marnes et des terres sur lesquelles il les employait, nous avons été conduit à nous occuper spécialement de cette question.

La meilleure de ces marnes, celle qui produit les grands effets à petites doses, contenait 0,675 de carbonate de chaux, les autres en renfermaient de 0,66 à 0,41. On voit donc que, même dans les plus pauvres de ces dernières, la proportion de chaux n'indiquerait pas la différence énorme des doses que l'on est obligé d'employer.

L'existence de débris fossiles dans les terrains marneux du Gers, d'où proviennent ces échantillons, nous porta à rechercher la quantité d'azote qu'ils contenaient. Traitées à l'appareil de Liebig, les parties superficielles et pulvérulentes nous ont fourni 1 à 1 $\frac{1}{2}$ millièmes d'azote; mais les parties compactes et internes de la meilleure marne n'en donnaient plus que des quantités insensibles. Les marnes pulvérulentes offraient de

l'azote ; quelques-unes contenaient de l'acide nitrique rendu sensible, par l'épreuve, avec le protosulfate de fer et l'acide sulfurique ; toutes donnaient du bicarbonate de chaux. Il était évident que c'était par leurs surfaces et leurs efflorescences que les marnes devenaient susceptibles de se charger des éléments de la fertilisation.

L'aspect de ces divers échantillons offrait déjà d'assez grandes différences. La marne de Gaussan, de qualité supérieure, se présentait sous forme de roche homogène, dure, grise, à cassure conchoïde, ayant toute l'apparence et la solidité d'une pierre à bâtir ; les autres ressemblaient plutôt à des poudingues formés d'un mélange imparfait de matières diverses ; les unes rousses et ferrugineuses, les autres grises ; les unes pulvérulentes, les autres dures et en rognons.

Mise à déliter dans l'eau, la marne de Gaussan se fondit en très peu de temps en une poudre homogène, sans laisser de noyau ; les autres ne se délitèrent qu'en partie, laissant 875 parties sur 1,000 de rognons durs presque entièrement calcaires, et ne présentant par conséquent que 125 parties de matières pulvérulentes, sans qu'un très long séjour dans l'eau parvint à délayer la partie dure.

Dès lors n'avions-nous pas quelque droit de penser que le mystère était dévoilé ? Les agents extérieurs n'agissent sur le carbonate de chaux, pour former les nitrates et les bi-carbonates, que par ses surfaces ; c'était donc la proportion des surfaces et non celle des masses qui devait représenter l'effet qui pouvait être produit par ces marnes.

Pour arriver à un résultat positif, il aurait fallu pouvoir mesurer avec exactitude la dimension des particules ; mais l'entreprise était impossible. Leur grand nombre, la diversité de leur grosseur ne permettaient pas d'y songer. La poudre fine, obtenue par lévigation, se réunissait en petites masses dont on ne pouvait détacher les grains isolés ; en l'humectant, on

parvenait à en séparer quelques grains ; nous en avons trouvé de $\frac{6}{100}$ de millimètre de côté, sans qu'il nous soit possible de dire si ce chiffre était une moyenne ou un minimum.

Ne pouvant ainsi comparer entre eux d'une manière complètement exacte les volumes des particules des deux espèces de marnes, nous avons pris le parti de supposer que les dimensions moyennes de leurs parties pulvérulentes étaient les mêmes. Il restait alors à apprécier celles des noyaux, qui étaient très variables ; mais comme elles pouvaient être exactement mesurées, nous pûmes les réduire à la forme de cubes ayant 4 millimètres de côté, et par conséquent 96 millimètres carrés de surface. Mais un de ces cubes, divisé en petits cubes de $\frac{6}{100}$ de millimètre de côté, en fournirait environ 296,000, ayant ensemble une surface de 6,024 millimètres carrés. La surface des noyaux (96 millim. carr.) était donc si petite, en comparaison de celle des particules, qu'elle pouvait être négligée, et alors nous avons, pour représenter la puissance de la marne de Gaussan, le nombre 1,000 de ses particules pulvérulentes, et, pour les autres marnes, le nombre 125 qui est pour elles le chiffre de ces mêmes particules ; ce qui revient à dire que l'effet immédiat de la marne de Gaussan et celui des autres marnes est dans le rapport de 1,000 à 125 ou de 8 à 1, précisément la proportion dans laquelle s'emploient les deux espèces de marnes.

L'exactitude de ce résultat avait droit de nous surprendre ; mais il était impossible de ne pas l'admettre, ayant répété plusieurs fois l'épreuve des pesées et y ayant trouvé assez peu de différence quand on opérait sur des quantités un peu fortes ; car il est bon de prévenir que l'on trouvera dans les marnes de qualité inférieure des portions qui, étant détachées de la masse, se délitaient entièrement. Ce sont surtout les plus grises, les plus homogènes, les moins ferrugineuses. Ce n'est donc qu'en opérant sur des quantités un peu fortes que l'on peut trouver les véritables proportions des noyaux et des parties pulvérulentes.

Ces résultats, que nous avons eu depuis l'occasion de vérifier et de confirmer sur des marnes de beaucoup d'espèces et dans des pays différents, nous donnent un moyen d'apprécier les quantités relatives de marne à employer dans les différents cas. Ce n'est plus, comme on le voit, de la seule analyse chimique que doit dépendre cette estimation, il faut la combiner avec la lévigation.

Nous avons vu que les marnes possédant 0,675 de carbonate de chaux et se délitant entièrement, s'employaient à la dose de 25 voitures de 0,8 mètres cubes; la dose est donc de 20 mètres cubes. Si l'on demande la quantité qu'il faudra de la marne de Leugny (Yonne) qui contient 0,80 de chaux, mais qui laisse 0,118 de nœuds calcaires; la partie agissante de cette marne se trouvant ainsi réduite à 0,882, qui à raison de 0,80 renferment 0,704 de carbonate de chaux, nous aurons la proportion $100 : 0,882 :: 80 : x = 0,706$, proportion de chaux renfermée dans la partie agissante, et ensuite cette autre proportion : $0,706 : 20 :: 0,675 : x = 19,1$, nombre de mètres cubes de marne à employer, à peu près le même qu'à Gaussan; et en effet on emploie aussi 25 voitures de marne à Leugny¹.

(1) Cette marne avait fixé notre attention, particulièrement à cause de ce qu'en avait dit M. Puvis dans son *Essai sur la marne*. Il la signalait comme manifestant des propriétés particulières donnant à l'eau une consistance glutineuse tout à fait remarquable. Nous avons prié notre confrère, M. Payen, de répéter son analyse. Voici ses résultats :

Eau	13
Partie insoluble à l'acide chlorhydrique . . .	120
Alumine et oxyde de fer.	15
Carbonate de chaux	800
Chlorures alcalins.	18
Pertes et matières organiques	34
	1,000
Azote pour 1,000 de matières normales. . .	1,62
— de matières sèches.	1,64

équivalant comme engrais à 24,691. Ainsi, il faudrait 24 parties de

Si l'on voulait estimer une marne ne possédant que 0,35 de carbonate de chaux et ayant 0,50 de son poids en noyaux, on trouverait d'abord que 50 de marne ne renferment que 0,175 de carbonate de chaux agissant, et la proportion $0,175 : 20 :: 0,675 : x = 77$, nous donne la quantité de mètres cubes de cette marne qu'il faut employer¹.

On détermine facilement la proportion de carbonate de chaux que renferme la marne en la traitant avec l'acide acétique. Quand l'effervescence a cessé, on sèche le résidu et on le pèse; la perte indique le poids du carbonate de chaux. Ce procédé est suffisamment exact dans la pratique, pourvu qu'avant et après l'opération la marne soit ramenée au même degré de dessiccation.

Pour estimer la quantité de noyaux, on plonge dans l'eau une quantité désignée de marne qui doit être au moins d'un kilogramme; on laisse digérer pendant une heure, ensuite on agite, on décante, on remet de nouvelle eau, et ainsi de suite jusqu'à ce que l'eau reste claire après l'agitation; alors on sèche et on pèse le résidu qui est composé des noyaux.

Les avantages que présente l'emploi des marnes les plus actives sont immenses. Leur effet est moins long que celui des marnes à noyaux solides qui ne se délitent et n'entrent en action qu'à la longue; il ne dure pas trente ans, comme pour plusieurs de ces dernières, mais aussi il y a bien moins de charrois à faire à la fois, et l'on n'enfouit pas, pour n'en jouir que longtemps après, un capital considérable; les travaux plus rapides ne gênent pas la culture ordinaire de la ferme, tandis

cette marne pour équivaloir à 10 parties d'engrais normal de Boussingault et Payen. Or, on l'emploie en moins grande quantité et avec des effets bien différents et prolongés pendant plusieurs années.

(1) Les termes de cette proportion sont les suivants :

0,175 chaux de cette marne.

0,675 chaux de la marne normale de Gaussan.

20 nombre de mètres cubes de marne de Gaussan employés.

77 nombre de mètres cubes à employer de la nouvelle marne.

que quand il faut transporter de grandes masses, l'entreprise devient inabordable pour le plus grand nombre des cultivateurs ; enfin, l'effet pouvant être borné à la durée des baux, le fermier, sûr d'en retirer tous les profits, s'y livre plus facilement et n'est pas obligé de recourir à des transactions compliquées avec le propriétaire pour s'assurer la jouissance du capital restant en terre. Quand on ne pourra se procurer que de la marne à rognons durs, le procédé indiqué pourra aussi faire apprécier les avantages que l'on doit retirer de son application ; il pourra servir d'indice de la durée de ses effets et diriger dans la discussion des intérêts relatifs du propriétaire et du fermier.

M. Teillieux a prétendu avoir constaté que les marnes étaient d'autant plus fertilisantes que l'époque de leur formation était moins ancienne, et il attribuait le peu de succès que l'on avait obtenu de certaines marnes à ce qu'on avait négligé l'appréciation de cette circonstance. Ainsi les marnes de Paris, du Mans, qui reposent en couches horizontales au fond de bassins de vieux lacs d'eau douce sont préférables à celles de la Beauce et de la Touraine, situées sur la craie ; préférables à celles des jurassiques moyens, qui constituent une partie de la Normandie ; préférables à celles qui peuvent se rencontrer sous les couches du calcaire jurassique de Niort, et surtout à celles du lias, qui se rencontrent seules dans un rayon de plusieurs kilomètres autour de cette ville.

Ces aperçus ne sauraient être admis sans être appuyés d'un grand nombre de faits choisis dans des localités et des formations différentes, et soumis aux épreuves que nous venons d'indiquer. Pour mettre en défiance contre une généralisation aussi hasardée, il nous suffira de dire que les marnes les plus riches du Gers sont précisément les plus anciennes, et que leur effet peut se comparer à celui des marnes tertiaires de l'Yonne.

SECTION VI. — *De la magnésie.*

La magnésie se rencontre en masses dans certaines localités sous le nom de magnésite (Salinelles, Gard); on la trouve mêlée au sol des vallées dans lesquelles débouchent des rivières qui descendent de montagnes dolomitiques ou talcqueuses, comme celle de la Durance; la magnésie se manifeste aussi sous la forme de sulfate de magnésie s'effleurissant sur les limons des rivières qui ont traversé les schistes magnésifères.

L'incinération des végétaux a fait reconnaître de la magnésie dans leur composition, toutes les fois que le sol en renfermait; dans le cas contraire, elle était remplacée par de la chaux¹. En effet, le carbonate de magnésie participe à toutes les propriétés chimiques du carbonate de chaux; l'eau chargée d'acide carbonique change le carbonate de magnésie, comme le carbonate de chaux, en bicarbonate soluble. Le carbonate de magnésie n'a pas une tenacité très différente de celle de la chaux, mais il est beaucoup plus avide d'eau: il en absorbe quatre fois et demie son poids; il contribue donc à rendre les terrains plus frais, plus liants, plus légers, plus accessibles aux agents atmosphériques; au tact, on le trouve doux et onctueux. Bergmann avait observé que la magnésie entraît en proportion notable dans la composition des terres les plus fertiles; celles que nous avons été dans le cas d'examiner, et qui sont renommées par leur fécondité, confirment cette remarque. Les terres de la vallée du Nil contiennent une forte proportion de magnésie; différents sols du Languedoc, considérés comme excellents, en ont de 0,07 à 0,12. Thaër (§ 506) a constaté les qualités améliorantes extraordinaires d'une marne qui renfermait 0,20 de carbonate de magnésie. Cependant on a observé

(1) Th. de Saussure, *Journal de physique*, 1800, t. II, analyse des pins du Brevent et de Lasalle.

que les terrains formés uniquement de débris dolomitiques n'ont plus qu'une végétation languissante, ressemblant encore en cela aux terrains crayeux; une graminée dure (*nardus stricta*) s'empare alors du sol et forme des pâturages de qualité médiocre¹. Mais cela tient bien moins à la présence de la magnésie qu'à l'état de cohésion du sol, à la pauvreté du terrain, à ses autres éléments, et surtout à la surabondance de l'oxyde de fer qui s'y trouve quelquefois ².

Bien qu'une proportion convenable de magnésie constitue des sols excellents, cette substance calcinée avait paru frapper la terre de stérilité, et cette remarque de Tennant avait fait la mauvaise réputation de cette matière, qui a été pendant longtemps la terreur des agriculteurs; mais Davy et Lampadius ont prouvé que la chaux de magnésie n'avait réellement que des qualités bienfaisantes. Nous avons indiqué plus haut les moyens de séparer la magnésie des autres substances contenues dans le sol, et l'on devra y recourir quand on voudra constater la quantité de cette substance que renferment les terrains.

SECTION VII. — *Du sulfate de chaux* (gypse, plâtre).

Le plâtre est généralement indiqué en si petite quantité par l'analyse des terres arables, que pendant longtemps on n'a guère cherché à l'y trouver que dans le voisinage des minières de roches gypseuses; mais depuis que les analyses ont été plus soignées, on n'a pas tardé à s'apercevoir que sa solubilité le faisait disparaître dans les lavages, et qu'il constituait ainsi, avec quelques autres sels solubles, une grande partie de la perte que l'on trouvait à la fin des analyses. Maintenant on cherche à constater sa présence avec plus de soin.

(1) Cambessède, *Bulletin de la société d'agriculture du Gard*, 1842, p. 282.

(2) *Calendrio georgico di Torino*, 1838, mémoire de M. Abeno.

L'attention publique a été attirée sur cette substance par Mayer, pasteur de Kupferzel, qui fit connaître l'usage que l'on en faisait, de temps immémorial, à Hehlen en Hanovre. Cette publicité marque une brillante époque dans les fastes agricoles. Par le moyen magique de 2 ou 300 kilogrammes de plâtre répandu sur un hectare, les légumineuses, la luzerne, le trèfle, le sainfoin, etc., prennent un développement double; leurs feuilles sont plus larges, plus nombreuses, d'un vert plus foncé; les racines participent aussi à cet accroissement de poids. Le procédé de Mayer fut communiqué en 1768 à la Société économique de Berne; dès 1771, il se répandait et se popularisait en Dauphiné¹, mais c'est surtout aux États-Unis qu'il s'est naturalisé et est devenu une pratique agricole tellement appréciée, qu'on y importe chaque année une grande quantité de plâtre de Montmartre.

Avant d'examiner les différentes hypothèses que l'on a produites pour expliquer les effets du plâtre, il faut d'abord poser les données du problème et indiquer les conditions que sa solution doit nécessairement remplir. Et d'abord le plâtre ne produit pas son effet sur toutes les espèces de plantes; cet effet n'a été constaté jusqu'à présent d'une manière indubitable que sur les légumineuses, le chou, le colza, la navette, le chanvre, le lin, le sarrasin; on plâtre aussi le maïs en Amérique, mais sans résultats certains. Les céréales et la plus grande partie des graminées n'en ressentent aucun effet. Il paraîtrait cependant que dans les terrains abondants en terreau et dépourvus de carbonate de chaux, le plâtre a augmenté la récolte du blé en agissant sans doute alors par son principe calcaire, que l'acide carbonique du terreau changeait en carbonate².

En second lieu, le plâtre n'agit pas sur tous les sols. S'il y en a un grand nombre où il suffit de tracer une ligne avec de

(1) *Journal de physique*, t. XVII, p. 287.

(2) *Journal d'agriculture pratique*, 2^e série, t. I, p. 225.

la poussière de plâtre sur un champ de trèfle, pour qu'on la distingue plus tard à la beauté de la végétation des plantes qui s'y trouvent ; si Franklin a pu populariser l'usage du plâtre en Amérique, en écrivant avec cette substance, sur un pareil champ, ces mots : *Ceci est plâtré*, et imprimer ainsi en vert foncé la leçon qu'il écrivait avec sa poudre blanche, il est d'autres sols où ces effets sont complètement nuls. Le plâtre réussit sur des terrains argileux, sur des terrains calcaires, sur des terrains sablonneux, sur des loams, et il échoue sur d'autres terrains qui paraissent offrir la même composition. Ces données semblaient indiquer la marche à suivre pour arriver à résoudre le problème : 1° rechercher ce que présentait de particulier la composition des plantes favorisées par le plâtre ; 2° rechercher la composition des sols où il réussissait et la comparer à celle des plantes et des sols où il restait sans effet. A cette marche sûre, mais laborieuse, on a substitué, comme on le fait trop souvent, des hypothèses basées sur des observations incomplètes. Le moment est venu de les passer en revue.

Un assez grand nombre d'agriculteurs, frappés de l'avidité du plâtre pour l'eau, ont pensé que cette substance agissait en attirant l'humidité de l'air, en la fixant sur le sol et sur les plantes ; mais ils n'ont pas remarqué qu'alors elle devrait agir également pour tous les végétaux ; qu'elle n'absorbe pas plus d'eau que le carbonate de chaux lui-même ; qu'une fois qu'elle en est saturée, elle cesse d'en attirer ; que la quantité de plâtre employée est si minime, que le volume d'eau nécessaire à sa saturation serait toujours très peu considérable, et que le plâtre ne cède plus l'eau une fois qu'il s'en est emparé ; il fallait donc abandonner cette explication. Il était oiseux de la chercher dans une prétendue affinité du plâtre pour l'oxygène sur lequel il n'a aucune action.

M. Socquet¹ prétend que le plâtre agit sur les feuilles en

(1) *Mémoires de la société d'agriculture de Lyon*, 1819.

raison du sulfure qu'il contient par suite de la calcination qu'on lui fait subir, et qu'alors il se comporte comme un corps dés-oxygénant, secondant et suppléant l'action de la lumière sur le parenchyme vert des feuilles, et augmentant ainsi la quantité de carbone qu'elles peuvent assimiler.

M. Mathieu de Dombasle a observé ¹ que cette théorie reposait sur une base fausse, savoir : la supposition que, par la calcination du sulfate de chaux, telle qu'elle s'exécute dans les fours des plâtriers, cette substance se trouve convertie en sulfure. Il est bien vrai que lorsque le sulfate de chaux, réduit en poudre, est calciné dans un creuset avec du charbon également pulvérisé, l'acide est décomposé, et la chaux se trouve réduite à l'état de sulfure ; mais il en est autrement dans la calcination ordinaire du plâtre. Il y a bien aussi alors une petite quantité de sulfate de chaux décomposée ; on s'en aperçoit à l'odeur d'hydrogène sulfuré qui se développe lorsqu'on détrempe du plâtre calciné ; mais cette quantité est infiniment petite, et les personnes qui savent combien est vive l'odeur que dégage le sulfure de chaux lorsqu'on l'humecte, ne douteront pas qu'il suffise d'une dix-millième partie de la masse réduite en cet état, pour que l'odeur soit aussi sensible que celle qui se développe lorsque l'on gâche du plâtre. Si le sulfure de chaux y existait en quantité notable, le plâtre ne serait plus propre aux usages auxquels on l'emploie dans les bâtiments, car cette substance se comporte avec l'eau d'une tout autre manière que le sulfate de chaux privé d'eau par la calcination.

Mais ce qui écarte péremptoirement la théorie de M. Socquet, c'est d'une part l'emploi que l'on fait du plâtre en le mêlant au sol par les labours, et ensuite les effets bien constants du plâtre cru pulvérisé.

(1) Rapport à la société d'agriculture de Nancy sur les effets du plâtre, inséré dans les *Mémoires d'agriculture* de M. de Valcourt, p. 356 et suiv.

Le plus grand nombre des cultivateurs choisit pour plâtrer les légumineuses le moment où elles ont développé leurs premières feuilles et celui où elles sont baignées de rosée qui attache la poussière gypseuse aux folioles des plantes. C'est cet usage qui a suggéré à M. Socquet la première idée de son système; il supposait que l'action de cette substance ne pouvait se faire sentir que sur les organes foliacés de la plante; mais il a été bien reconnu par les agriculteurs les plus habiles et les plus expérimentés que l'effet du plâtre n'était pas moins réel quand, répandu sur la terre avec la semaille, il y était enterré par les labours. Thaër l'a répandu sur le seigle avant de semer le trèfle (§ 655); Schwerz¹ le regarde comme aussi efficace, qu'il soit enterré ou qu'il soit seulement répandu sur la plante; Rigaud de Lisle, qui le recouvrait par un trait de charrue, se louait de son emploi²; MM. Sageret, d'Harcourt et de la Villarmois, avaient fait les mêmes essais avec le même succès. De telles autorités, des expériences aussi répétées et aussi positives, prouvent suffisamment que l'action du plâtre ne se borne pas aux feuilles des plantes, mais qu'il est aussi absorbé par les racines. La routine fait rechercher un temps humide pour que le plâtre s'attache aux folioles de la plante, et M. Forestier, de l'Oise, affirme que ses plâtrages ne réussissent jamais que par un temps sec, temps pendant lequel la poussière gypseuse tombe en plus grande partie sur le sol³.

Mais si, indépendamment de ces raisons, il est reconnu que le plâtre cru produit les mêmes effets que le plâtre cuit, on ne pourra plus conserver le moindre doute sur l'inconsistance de la théorie de M. Socquet. En Amérique, on considère la calcination comme diminuant les effets du plâtre; les réponses à

(1) *Préceptes d'agriculture pratique*, trad. par M. Schauenbourg, p. 315.

(2) *Mémoires de la société centrale d'agriculture*, 1814, p. 453 et note.

(3) *Cultivateur*, juillet 1830, p. 36 et note.

des questions adressées au juge Péters, de Philadelphie, confirment en partie cette opinion; il y est dit : « Le plâtre cuit est plus aisé à broyer : j'en ai fait emploi en même temps que de plâtre non calciné; semés le même jour et à côté l'un de l'autre, ils n'ont présenté aucune différence dans les résultats¹. » Cette opinion est celle de tous les agriculteurs qui ont essayé comparativement le plâtre dans ces deux états; Schwerz² reconnaît qu'il a, lorsqu'il est cru, toutes les propriétés du plâtre cuit. C'est donc bien comme sulfate de chaux, et non comme sulfure, que cette substance agit sur la végétation des légumineuses, des crucifères et de quelques autres plantes.

Th. de Saussure et Pictet pensent que le plâtre agit sur le terreau, dont il hâte la décomposition, en faisant concourir ses éléments à la nutrition des végétaux. En effet, si l'on met de l'eau chargée de sulfate de chaux en contact avec de la fibre ligneuse, l'odeur qui s'exhale du mélange annonce les réactions qui s'opèrent. On répète facilement cette expérience en petit; en versant dans une eau mucilagineuse, sucrée ou chargée d'extrait de terreau, une solution de sulfate de chaux, il se forme de l'acide carbonique, de l'hydrogène sulfuré et des sulfures. Après une pluie, on sent l'odeur d'hydrogène sulfuré qui s'exhale d'un terrain plâtré. Mais si cet effet était le seul, ne devrait-il pas avoir lieu sur tous les terrains pourvus de terreau, et toutes les espèces de plantes ne profiteraient-elles pas des bénéfices de cette réaction qui leur fournirait des éléments utiles à leur végétation?

Si, au lieu de se trouver en présence de la fibre ligneuse seule, le plâtre était rapproché d'un corps qui produirait aussi de l'ammoniaque, comme le fumier, il y aurait formation de sulfate d'ammoniaque et de carbonate de chaux. Comme les terrains contiennent plus ou moins d'ammoniaque, c'est à cette

(1) De Valcour, *Mémoires d'agriculture*, p. 352 et 356 et suiv.

(2) *Préceptes d'agriculture*, p. 309 et suiv.

fonction seule de fixer l'ammoniaque sous une forme moins volatile, que Liebig veut borner les effets du plâtre¹. Ce mode d'action est réel, et il faut en tenir grand compte. Point de doute que le plâtre n'agisse sur les sels ammoniacaux qui sont à sa portée, qu'il n'absorbe les vapeurs ammoniacales et ne se transforme de la manière qui vient d'être indiquée; que, sous cette forme nouvelle, il ne fournisse aux plantes une partie de l'acide sulfurique, que l'on trouve dans leurs cendres, et de l'azote qui entre dans leur composition. Mais cet effet ne peut être unique, et il doit même être assez faible dans le plus grand nombre de terrains, par exemple, dans les sables qui retiennent peu d'ammoniaque et qui cependant éprouvent l'amélioration la plus notable de l'application du gypse; et si l'action de cette substance sur la végétation était seulement de leur fournir de l'azote, pourquoi son effet ne serait-il pas également marqué sur toutes les espèces de plantes, et en particulier sur le froment qui en est si avide?

A son tour, M. Boussingault a pensé que le plâtre agit utilement sur la prairie artificielle en portant de la chaux dans le sol²; selon lui, le plâtrage équivaldrait au chaulage³; et ce qui l'y confirmerait, c'est que, selon Rigaud de Lisle, le plâtre n'a d'action que sur les terrains qui ne contiennent pas suffisamment de carbonate de chaux⁴.

Tout en reconnaissant le grand mérite critique qui distingue le travail de ce savant, il nous est impossible d'adopter ses conclusions.

Rigaud de Lisle, chimiste instruit, habile agriculteur, placé au centre d'un pays où l'on se sert de plâtre, s'étant procuré un grand nombre d'échantillons de terrains où le plâtre réussit et de ceux où il échoue, les examina avec attention et crut re-

(1) *Introduction à la chimie organique*, p. 107.

(2) *Economie rurale*, t. II, p. 233.

(3) *Ibid.*, p. 229. (4) *Ibid.*, p. 233.

marquer que les premiers renfermaient peu de calcaire et que les autres en renfermaient une grande proportion¹. Le hasard l'avait mal servi dans le choix de ses échantillons. Arthur Young avait déjà observé les bons effets du plâtre sur les terres calcaires²; M. Rieffel déclare que chez lui le plâtre n'agit qu'à condition de la présence de l'élément calcaire dans le sol³; et nous aurions pu lui fournir des terres contenant jusqu'à 0,20 de carbonate de chaux et où ces effets étaient très remarquables. Ce premier fait ébranle l'explication de M. Boussingault par sa base.

Mais son travail détruit aussi la théorie de Davy que nous avons adoptée, et qui regardait le plâtre comme un aliment nécessaire aux légumineuses et qu'il fallait leur fournir quand le sol n'en contenait pas. En montrant la faible proportion de sulfate contenu dans les légumineuses contre l'opinion que l'on s'en était faite, M. Boussingault ne permet plus d'admettre cette théorie. Voici ce qui résulte de l'analyse des cendres de ses récoltes de la ferme de Bechelbronn, en 1841; nous avons réduit tous les chiffres en centièmes du poids des cendres⁴.

	ACIDES		Chlore.	Chaux.	Magnésie.	Alcali minium.	Silice.	Oxyde de fer, magnésie, alumine.
	phosph.	sulfur.						
Pommes de terre	11,27	7,15	2,67	1,78	5,43	51,46	5,59	15,56
Betteraves. . . .	6,00	1,60	5,20	7,01	4,40	44,94	8,01	2,50
Navets et récolte dérobée. . . .	6,07	10,84	2,94	10,84	4,27	57,86	6,43	1,29
Topinambours. . .	10,79	2,21	1,60	2,50	1,79	44,48	15,00	5,21
Froment.	46,98	1,08	»	2,91	16,00	29,45	1,45	»
Paille de froment	5,07	1,01	0,61	8,49	5,02	9,52	67,59	1,01
Avoine.	15,02	0,94	0,47	5,75	7,75	12,91	55,29	1,44
Paille d'avoine. .	2,91	4,12	4,74	8,26	2,75	28,89	40,05	2,14
Trèfle.	6,28	2,48	2,61	21,59	6,51	27,11	5,28	0,50
Pois fumés. . . .	50,10	4,85	0,97	10,00	11,97	37,86	1,65	traces.
Haricots.	26,75	1,27	0,18	5,79	11,58	49,00	1,09	id.
Fèves.	54,27	1,57	0,78	5,05	8,64	45,06	0,47	id.

(1) *Mémoires de la société centrale d'agriculture*, 1814, p. 455.

(2) T. XVI, p. 387, de la traduction de ses œuvres.

(3) *Agriculture de l'ouest*, t. III, p. 18.

(4) *Economie rurale*, t. II, p. 329.

On voit dans ce tableau les navets, les pommes de terre, la paille d'avoine, l'emporter sur le trèfle par la quantité de sulfates. Mais le trèfle contient plus de chaux que toutes les autres plantes analysées, ce qui faisait penser à M. Boussingault que la chaux était l'aliment principal qu'il fallait fournir au trèfle, et que si les sulfates agissaient comme aliment, ils devraient opérer des effets plus marqués encore sur d'autres plantes que ceux qu'ils produisaient sur le trèfle.

Il fut confirmé dans cette pensée en examinant ce qui se passait dans les plantes plâtrées et celles qui ne l'étaient pas. En effet il obtint les résultats suivants sur du trèfle ¹:

	ACIDES			Chaux.	Magnésie.	Oxyde de magnésiale, fer. alumine.	Potasse.	Soude.	Silice.
	Chlore.	phosph.	sulfur.						
Trèfle non plâtré.	4,07	9,75	5,88	28,49	7,61	1,24	25,65	1,24	20,09
Trèfle plâtré. . .	5,82	8,95	5,41	29,41	16,02	6,70	35,41	0,89	10,41

Quoique les proportions de matières minérales de cet essai diffèrent de celles obtenues de l'ensemble de la récolte de la ferme, nous remarquons cependant que les principaux matériaux s'y signalent toujours par leur abondance ou leur défaut et dans le même sens que dans le tableau précédent.

Nous voyons dans celui-ci que le plâtrage qui avait procuré une récolte double de fourrage n'avait rien ajouté à la proportion de sulfate, qui même paraîtrait avoir subi une diminution.

La théorie de Davy n'est donc pas plus réelle que les théories qui l'avaient précédée et qui l'ont suivie. Pour atteindre à la vérité, il faut donc instituer de nouvelles expériences en faisant varier les sols que l'on analysera soigneusement, et en essayant le plâtre comparativement avec d'autres substances et sur une série de plantes plus nombreuse. Nous nous bornerons, quant à présent, à constater de nouveau, quelle qu'en soit la cause,

(1) *Économie rurale*, t. II, p. 227.

les effets énergiques de cette substance sur la croissance des plantes fourragères légumineuses et de quelques autres plantes cultivées dans les sols qui, jusqu'à présent, nous ont paru appartenir aux terrains anciens, ou à ceux de diluvion, à l'exclusion des alluvions modernes. Sur les terrains d'alluvion moderne, le plâtrage n'a paru avoir aucun effet, et dans tous ceux où il a réussi, l'analyse n'a pu démontrer jusqu'ici la présence d'un cinq-centième du poids de la terre en sulfate de chaux.

Quand on veut rechercher le gypse contenu dans une terre, on la lessive avec de l'eau distillée qui le dissout, et l'on précipite l'acide sulfurique par le moyen du nitrate de baryte. On calcule alors aisément par les équivalents le poids du sulfate de chaux que renfermait le terrain.

SECTION VIII. — *De l'oxyde de fer.*

On trouve le fer oxydé à différents degrés dans les terrains agricoles; il n'y en a pas un, peut-être, qui en soit complètement dépourvu. C'est lui qui les colore de teintes si variées, depuis le rouge jusqu'au jaune pâle. Le fer oxydulé titanifère, attirable à l'aimant, se trouve dans les sables de certaines rivières (le Cèze, l'Ardèche); les oxydes à différents degrés, jusqu'à l'oxyde noir, sont mêlés aux différents sols, dont ils augmentent la pesanteur spécifique et la faculté de s'échauffer par la chaleur lumineuse; ils en accroissent notablement la tenacité.

On trouve aussi le fer en grain, ou fer hydraté, dans les terrains où les eaux ont croupi; par sa richesse, il constitue parfois un véritable minéral.

Quand l'oxyde de fer se trouve en abondance dans un terrain siliceux, celui-ci s'échauffe et se dessèche si facilement qu'il devient presque impropre aux cultures dans les pays mé-

ridionaux; le seigle même a de la peine à y épier. Au contraire, dans le nord, il favorise l'échauffement du sol en le colorant, et le rend propre à la culture de terres qui, sans sa présence, auraient été stériles.

Il y a des sols, au contraire, qui ne renferment qu'une très faible quantité de fer : ce sont des terres blanches, froides, et où les récoltes sont toujours retardées de quelques jours. On y remarque un grand nombre de variétés blanches de fleurs naturelles rouges; nous y avons vu, dès la première génération des graines d'*anthirinum* rouge produire des fleurs parfaitement blanches. Les vins des vignobles de ces terrains ont moins d'alcool et plus de mucilage que ceux qui viennent sur des terrains colorés; ils ne se conservent pas facilement. Sans doute l'absence ou la présence du fer doit avoir encore d'autres effets sur la végétation et doit causer d'autres altérations qui n'ont pas encore été observées. M. Gris a montré, par un grand nombre d'expériences, comment on prévenait et l'on guérissait cette chlorose des plantes par l'application des sels solubles de fer, du chlorure, du pyrolignite, et du sulfate à la dose de 8 à 16 grammes dans un litre d'eau.

Mais une des principales propriétés des oxydes de fer est, sans contredit, celle d'attirer et de fixer, sous forme d'ammoniaque, l'azote de l'atmosphère.

Vauquelin avait observé le premier que la rouille de fer qui se forme dans les habitations contenait de l'ammoniaque; Austin annonça, dans le soixante-dix-huitième volume des *Transactions philosophiques*, qu'il y avait formation d'ammoniaque lors de l'oxydation du fer par le contact de l'eau et de l'air atmosphérique; mais on attribuait encore cette formation aux émanations animales répandues dans l'atmosphère des lieux habités où s'étaient faites les expériences.

M. Chevallier en entreprit de nouvelles pour s'assurer de quelle source provenait cette ammoniaque. Ayant fait chauffer

dans un creuset de la tournure de fer bien nette, il l'introduisit après le refroidissement dans un flacon qui contenait de l'eau, et dont il fit plonger l'entrée dans le mercure. Au bout de dix heures, du papier de tournesol rougi, introduit dans le flacon, était entièrement ramené au bleu; et quelques jours après, l'eau saturée par l'acide chlorhydrique donnait une quantité de chlorhydrate d'ammoniaque bien sensible. Cette expérience, plusieurs fois répétée, ne laisse point de doute sur la formation de l'ammoniaque lorsque le fer s'oxyde au contact de l'air et de l'eau¹.

Ayant depuis essayé une grande variété d'oxydes de fer naturels en les chauffant dans un petit tube de verre après les avoir lavés à l'eau bouillante pour enlever toute trace de matière animale, tous ont donné de l'ammoniaque. La quantité en paraît même considérable, car 150 grammes d'hématite rouge d'Espagne ont fourni 2 grammes de chlorhydrate d'ammoniaque.

Dans le Gers, d'après le rapport de M. Lartet, on se sert depuis longtemps d'argiles rougeâtres, fortement imprégnées d'oxydes de fer, qui produisent un effet très marqué, effet qui est quelquefois l'équivalent d'une fumure, lorsque après être restées pendant deux hivers exposées aux influences atmosphériques, on les répand sur les glaises de ce pays en même proportion que la marne.

Les oxydes de fer possèdent donc comme les argiles la faculté d'attirer et de retenir les gaz ammoniacaux; peut-être même les argiles doivent-elles cette faculté au mélange de ces oxydes; ce qui me le ferait penser, c'est la fertilité plus grande des argiles colorées; mais pour trancher complètement la question il faudrait des expériences directes qui n'ont pas encore été faites.

(1) *Annales de chimie*, t. XXXIV, p. 109.

SECTION IX. — *Du sulfate de fer.*

Les terrains imprégnés d'une quantité surabondante de sulfate de fer sont tout à fait stériles; les bords des ruisseaux qui charrient des eaux vitriolées sont sans végétation; seulement quelques menthes croissent à grand'peine dans les places où ce sel est moins abondant. Cependant plusieurs auteurs, et notamment Thaër (663), ont combattu la prévention défavorable qui s'attachait à cette substance, et ont paru lui reconnaître, dans certaines circonstances, des qualités fertilisantes.

« Des expériences dues au hasard, dit cet auteur, et qui tendaient à déterminer les propriétés qu'ont, pour l'amendement des terres, certains fossiles fortement imprégnés de vitriol; ont donné à ce sujet une importance dans la pratique qu'il n'eût pas eue sans cela. On a trouvé en Angleterre une tourbe imprégnée de vitriol, et en Allemagne, dans la terre de Reibersdorf, un charbon de terre vitriolisé, qui l'un et l'autre sont des engrais actifs lorsqu'ils sont employés en petite quantité.

« Il paraît résulter de ces expériences que le vitriol a une grande influence sur la végétation lorsqu'il est intimement combiné avec le charbon. Probablement l'action de la lumière et de l'air opère ici la décomposition de l'acide sulfurique, dont l'oxygène se combine avec le carbone et forme de l'acide carbonique ou quelque autre substance favorable à la végétation. Il est également vraisemblable que, par le moyen de l'hydrogène qui est uni au charbon, le soufre et ce charbon lui-même entrent en combinaison et contribuent aussi à activer la végétation. »

La question des charbons et des houilles vitriolisés employés en petite quantité sur les terres, et dont le succès n'est pas douteux, n'ébranle pas d'ailleurs la certitude des mauvais effets

du sulfate de fer quand il se trouve en quantité appréciable dans les sols arables, pas plus que les bons effets du sulfate de fer et des autres sels solubles ferrugineux employés en petite dose par M. Gris, et qui ont alors des effets réels et salutaires sur les plantes de terrains qui sont privés de cet élément essentiel à la végétation. En effet, le premier effet de l'application des sels de fer est d'agir sur la coloration des plantes, et de rendre la couleur verte aux feuilles qui en étaient dépourvues; or il suffit de savoir que ce sont les parties vertes des plantes dans lesquelles se passe le phénomène de l'absorption du gaz acide carbonique, et l'exhalaison de l'oxygène pour juger de l'utilité de ces sels distribués en quantité modérée. Nous aurons occasion de traiter ce sujet plus au long en parlant des engrais.

SECTION X. — *Du manganèse.*

Ce sont les oxydes de manganèse qui colorent les terres en noir, quand cette couleur ne provient pas de matières charbonneuses. On trouve le deutoxyde de manganèse déposé en nids dans les meulières de Meudon; les cailloux des terrains d'atterrissement de la vallée de la Seine et le diluvium de la Normandie sont incrustés d'une couche noirâtre de ce même minéral¹ et ce n'est pas seulement dans ce pays que ces cailloux enveloppés d'une couche noirâtre se retrouvent, nous en avons constaté la présence dans les couches de diluvium de la vallée du Rhône. Le manganèse paraît donc jouer dans la composition des terrains un rôle beaucoup plus grand qu'on ne le pensait, et il est probable qu'on le reconnaîtra plus souvent dans les analyses de terre, dès qu'on cessera de le confondre avec le fer et qu'on l'y cherchera expressément.

Selon Sprengel², le manganèse serait nuisible à certaines

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XVII, p. 1288.

(2) *Bulletin des sciences mathématiques*, août 1830, p. 145.

plantes qui ne pourraient pousser dans les champs qui le contiendraient. Il a remarqué que le chrysanthème ne croissait pas sur un terrain qui en renfermait cependant à peine un centième, tandis qu'il était très abondant dans celui qui n'en contenait pas. En examinant son analyse des cendres et des terres, nous serions bien plutôt tentés d'attribuer cet effet à l'excès des chlorures du terrain qui en contenait 0,09, car nous n'avons jamais vu le chrysanthème sur les terres salées. Il est fâcheux que l'auteur ne nous ait rien dit de l'état de la végétation des céréales et des fourrages sur les terrains où il faisait ses observations.

SECTION XI. — *Des phosphates.*

On sait quel rôle important jouent les phosphates dans la composition des corps animaux : leurs os en sont formés en grande partie ; leur cerveau en contient une quantité notable, et ce fait annonçait déjà qu'on devait les retrouver dans les végétaux qui sont la base de l'alimentation animale, et par conséquent dans les terres qui seules peuvent les fournir aux végétaux. En effet, toutes les plantes contiennent des phosphates, et en particulier les graines des céréales présentent une quantité assez considérable de phosphates de chaux et de magnésie. Liebig affirme qu'elles ne peuvent se développer et parvenir à maturité sans phosphate de magnésie¹. Cette assertion mériterait d'être vérifiée, car elle attribuerait à la présence de la magnésie dans les sols une importance qu'on ne lui a pas accordée jusqu'ici, et donnerait peut-être la clef des effets de certaines marnes magnésiennes.

Th. de Saussure observe que les phosphates terreux sont, après les sels alcalins, l'élément le plus abondant des cendres d'une plante verte herbacée ; que, lorsqu'on lave avec de l'eau un végétal, ces phosphates lui sont enlevés en plus grande pro-

(1) Introduction, p. 139.

portion que tous les autres principes des cendres, si l'on en excepte les sels alcalins ; que les feuilles d'un arbre contiennent des cendres plus chargées de phosphates en sortant de leur bouton, qu'aux époques postérieures de la végétation ; que la proportion des phosphates diminue dans les cendres des plantes annuelles depuis le moment de la germination jusqu'à celui de la floraison, mais qu'elle paraît augmenter à l'époque de la maturité des semences.

Le phosphate de chaux passe dans les plantes à l'état de solution dans une eau chargée d'acide carbonique ; il se dissout dans l'eau contenant du sel marin ou du sel ammoniacal ; celui de magnésie se dissout dans quinze fois son poids d'eau. Les phosphates terreux se trouvent dans presque tous les terrains que nous avons examinés, soit que ces sels proviennent des engrais reçus ou des débris des animaux fossiles, ou enfin qu'ils fassent en effet partie de la composition minérale du sol. M. Schweitzer a trouvé $\frac{1}{1000}$ de phosphate de chaux dans les dunes de Brighton, et M. Daubeny en a aussi constaté la présence dans un grand nombre de roches calcaires¹. Nous avons indiqué plus haut (page 59) les moyens de les y découvrir. L'effet des os pulvérisés, si puissant sur certains terrains, et nul sur d'autres, ne tiendrait-il pas à ce que les premiers terrains manquent de phosphates ? Cette question comme tant d'autres, ne pourra être résolue que quand on s'occupera d'une manière plus suivie et plus exacte de l'analyse des sols qui présentent de pareils phénomènes.

Un fait tendrait cependant à la résoudre affirmativement. On sait combien le lait contient de phosphates ; il est donc certain que l'alimentation spéciale des vaches laitières en enlève, chaque année, à la terre une certaine quantité qui ne lui est pas restituée par les engrais. Or, un cultivateur anglais affirme que, par l'emploi des os moulus, il a rétabli ses prairies affectées à cet

(1) *Annales des sciences géologiques*, t. I, p. 890.

usage et qui étaient ruinées, tandis que des doses abondantes de fumier ne leur rendaient pas la fécondité perdue.

Depuis la publication de la première édition de ce volume, M. Liebig a écrit de plus grands développements sur le rôle des phosphates dans la composition des terrains agricoles. Il affirme que tous les terrains labourables, même les landes, contiennent des phosphates en quantité très notable, ou qu'on en a trouvé dans toutes les eaux minérales; que les bancs de galène et le schiste siliceux renferment des cristaux de phosphate d'alumine; que l'apatite se rencontre dans toutes les terres fertiles¹.

Mais cette provision de phosphate peut être épuisée par l'exportation continuelle de matières animales. Un kilogramme d'os renferme autant de phosphate que 100 kilogrammes de blé; et les terrains de l'Angleterre épuisés ainsi ont été rajeunis par les engrais d'os que l'on y a répandus. L'acide phosphorique seul peut produire la fibrine et la caséine végétale. Vient-il à manquer, on ne peut plus compter sur le développement de la graine des céréales et des légumes.

Il est donc essentiel de s'assurer dans les analyses si la terre contient des phosphates, puisque les récoltes de grains surtout dépendent en partie de leur présence. Ne pourrait-on pas penser aussi que les eaux de la mer renferment une quantité de phosphate assez petite, il est vrai, pour que leur détermination analytique soit aussi difficile que celle de l'iode, et que ces eaux vaporisées les transportent sur la terre, en y retombant sous forme de pluie, comme elles y transportent du sel marin?

Mais il ne faudrait pas non plus s'exagérer les effets des engrais provenant des os, en les considérant surtout comme dus aux phosphates. Ces effets peuvent le plus souvent être expliqués par la matière azotée qu'ils renferment; tels sont les os broyés et le noir animal, comme nous le verrons en traitant des engrais. Quant aux effets du phosphate privé de ces matières, ils ont

(1) *Chimie appliquée à l'agriculture*, p. 171.

été le plus souvent nuls. Ainsi, M. Godin, fabricant de colle d'os, voulant utiliser les résidus de sa fabrication, montant à plus d'un millier de kilogrammes qui étaient presque entièrement du phosphate de chaux pur, les distribua à des agriculteurs des environs de Paris et de Bretagne où l'on emploie tant de noir animal, pour les essayer comme engrais. De tous côtés on lui a répondu que son engrais ne produisait aucun effet.

Mais pour prononcer à cet égard, il aurait fallu opérer sur une terre où l'absence des phosphates eût été bien constatée, et surtout sur une de celles citées plus haut et où depuis longtemps il se faisait une exportation continuelle de matières animales.

SECTION XII. — *De la potasse.*

Le rôle important que les alcalis minéraux, et en particulier la potasse, remplissent dans la végétation, doit surtout fixer notre attention sur cette substance; en effet, d'après Th. de Saussure, les quantités de potasse qu'on trouve dans les cendres de différentes plantes sont les suivantes :

Graine de fèves. . .	22,45	Tige de maïs. . . .	59,00
Tiges de fèves. . . .	57,25	Grain de maïs. . . .	14,00
Fruit du marronnier	51,00	Paille d'orge	16,00
Paille de froment. .	12,50	Grain d'orge	18,00
Grain de froment. .	15,00		

Or, la paille de froment fournit 7 p. 100 de cendres, dont un dixième ou 0,0069 de soude ou de potasse; le grain de froment fournit 2,4 p. 100 de cendres et renferme 0,007 d'alcali¹. Dans une récolte de 20 hectolitres sur 1 hectare produisant 1600 kilogrammes de grains et environ 3,200 kilogrammes de paille, on enlèvera au sol, savoir :

Pour le grain.	11 ^k 2 d'alcali.
Pour la paille.	22,1
	33,3

(1) Boussingault, *Économie rurale*, t. II, p. 329.

La difficulté de pourvoir indéfiniment à cette reproduction est encore plus frappante quand il s'agit de forêts dont la dépouille entière est enlevée périodiquement et n'est pas restituée en partie à la terre sous forme d'engrais, comme cela a lieu pour les récoltes céréales. Cette difficulté avait inspiré à quelques-uns la pensée que la potasse se formait de toutes pièces dans l'acte de la végétation, et que si la chimie n'était pas encore parvenue à la décomposer en d'autres éléments, qu'oxygène et potassium, corps qui se trouve seulement dans la potasse, c'était la faute de la science, et que l'ignorance où elle nous laissait ne pouvait faire admettre l'impossibilité physique que paraissait offrir cette énorme consommation d'une substance aussi utile, sans moyen connu de reproduction.

Th. de Saussure avait déjà démontré, contre cette opinion, que les végétaux ne forment point les différentes substances salines que fournit leur incinération, et des résultats qu'il avait obtenus de ses essais multipliés, il avait tiré la conclusion que les alcalis et les terres qu'on trouve dans les plantes sont puisés dans le sol. Il a observé en général que plus les plantes sont isolées du terrain dans lequel elles végètent, et moins elles fournissent de sels.

Cependant M. Schröder avait publié des expériences qui semblaient prouver le contraire, car il annonçait qu'après avoir fait germer des semences de froment, de seigle et d'orge dans une boîte contenant de la fleur de soufre humectée avec de l'eau distillée et placée dans un jardin, préservée de la poussière et à l'abri de la pluie, il avait produit du blé contenant plus de matière terreuse qu'il n'en existait dans les semences.

« Des expériences, faites plusieurs années après par M. Braconnot, se trouvaient d'accord avec celles de Schröder. Mais M. Lassaigne, considérant combien, d'après les connaissances plus précises que nous avons aujourd'hui sur la nature des alcalis et des terres, il serait impossible d'admettre qu'ils

soient un produit de la végétation, crut avoir lieu de se persuader, en examinant attentivement le procédé employé par MM. Schröder et Braconnot, que ces chimistes n'avaient pas pris toutes les précautions que réclamaient des expériences aussi délicates. Il se détermina en conséquence à entreprendre de nouvelles expériences à ce sujet.

« Après avoir placé, le 2 avril, 10 grammes de semence de sarrasin (*γolygonum fagopyrum*) dans une capsule de platine contenant de la fleur de soufre lavée, humectée avec de l'eau distillée récemment préparée, il posa cette capsule dans une large assiette de porcelaine contenant un demi-centimètre d'eau distillée, et recouvrit le tout avec une grande cloche de verre. A la partie supérieure de cette cloche était adapté un robinet qui, au moyen d'un tube de verre recourbé en siphon et terminé par un entonnoir également de verre, permettait de verser de temps en temps de l'eau sur le soufre. Au bout de trois jours la plus grande partie des graines avait germé. On continua à les arroser tous les jours, et dans l'espace d'une quinzaine elles avaient poussé des tiges de 0^m,06 environ de hauteur, surmontées de plusieurs feuilles.

« Après les avoir rassemblées avec soin ainsi que les graines qui n'avaient pas levé, on incinéra le tout dans un creuset de platine. Les cendres obtenues pesaient 0^{gr},220. Soumises à l'analyse elles donnèrent :

Phosphate de chaux	0 ^{gr} 190
Carbonate de chaux	0,025
Silice	0,005
Chlorure de potassium	traces.
	0,220

« Ces expériences ayant été répétées le 25 avril avec les mêmes précautions, M. Lassaigne obtint les mêmes résultats.

« Dix grammes des mêmes semences de sarrasin ayant été incinérées, elles donnèrent exactement la même quantité de

cendres, et de même nature; d'où il suit que pendant le développement de ces graines, il ne s'était pas formé de sels alcalins.

« M. Lassaigue conclut de ces expériences, conformément à ce qui avait été déjà démontré par M. de Saussure, que les alcalis et les terres que l'on trouve dans les plantes ne sont pas formés pendant l'acte de la végétation, ainsi que MM. Schröder et Braconnot l'avaient avancé, mais bien qu'elles ont été absorbées dans le sol ¹. »

Après cette preuve sans réplique, c'est donc dans le sol lui-même qu'il nous faut chercher la potasse nécessaire à la végétation.

Liebig a calculé² que les klingsteins et les basaltes renferment de $\frac{3}{4}$ à 3 p. 100 de potasse, et de 5 à 7 p. 100 de soude; les schistes argileux, de 2,71 à 3,31 de potasse; la terre glaise, de $1\frac{1}{2}$ à 4 p. 100 de potasse. Si, en partant du poids spécifique de ces diverses roches, on calcule combien de potasse est contenue dans un terrain qui provient de la désagrégation d'une couche de roche ayant une hauteur de 0^m,54 et une superficie de 2,500 mètres carrés ($\frac{1}{4}$ d'hectare), on trouve :

Terrain provenant	(du feldspath.	576,000 kil.
	(de klingstein.	100,000 à 200,000
	(de basalte.	23,750 à 37,500
	(de schiste argileux.	50,000 à 100,000
	(de glaise ³	45,500 à 150,000

Il y aurait dans de pareils sols de quoi fournir pendant un temps indéfini à la consommation de potasse que font les végé-

(1) Les alinéas guillemetés sont copiés d'une note qui nous a été remise par M. Lassaigue.

(2) Introduction, p. 135.

(3) La contenance en potasse des glaises, indiquée par Liebig, est tout à fait arbitraire; et, en effet, les glaises résultent de roches décomposées qui ont subi des actions très diverses, des actions chimiques, et sont loin généralement de retenir une proportion notable de sels alcalins.

taux, en supposant même qu'elle n'y pût être renouvelée. Nous avons vu plus haut qu'une récolte de froment en absorberait 33 kilogrammes par hectare; or, selon Liebig, un terrain de glaise en contiendrait sur la même étendue 174,000 kilogrammes, ce qui représenterait la consommation de 5,576 récoltes, en supposant que rien ne fût restitué à la terre.

Il y a cependant quelques objections à faire à ces calculs : d'abord, on ne peut comprendre dans le sol arable une profondeur de 0^m,54 : les arbres des forêts peuvent seuls y atteindre; la plupart des plantes cultivées étendent leurs racines beaucoup moins loin; au reste, l'épaisseur de la couche où elles se nourrissent fût-elle réduite au tiers, il aurait encore une masse de potasse assez grande pour rassurer les plus timides.

Mais M. Berthier a prouvé que dans l'acte de la décomposition des feldspaths la potasse leur était enlevée, et que leur silicate de potasse se transformait en silicate d'alumine. M. Fournet a observé les mêmes effets sur les roches ignées; il les attribue à l'action des eaux chargées d'acide carbonique qui, plus énergique que la silice, s'empare des bases les plus fortes et les plus solubles; aussi les roches à base de potasse sont-elles le plus fortement attaquées et le plus profondément altérées⁽¹⁾. Il résulte de ces faits que les roches désagrégées et rendues propres à la culture sont bien loin de contenir toute la potasse qu'elles renfermaient dans leur état d'intégrité, et que c'est même par le fait de la décomposition des silicates de potasse que leur désagrégation a pu avoir lieu.

Maintenant, dans quelle proportion cette soustraction de potasse s'est-elle effectuée? Elle est variable selon les circonstances, et ce n'est plus l'état de la roche, mais celui du terrain que l'on examine qu'il faut rechercher. Alors on sera bien loin des quantités indiquées par M. Liebig, et souvent on trouvera

(1) Mémoire de M. Fournet, *Annales de chimie*, mars 1834, p. 225 et suiv.

des terrains qui en sont presque complètement privés. Ces terrains sont surtout signalés par les effets énergiques qu'y produisent les cendres employées comme engrais ; on sait combien elles sont nécessaires dans certaines parties des Vosges, tandis qu'ailleurs, et surtout dans les parties moins éloignées des côtes, elles ne produisent plus que des effets médiocres.

Comment la potasse peut-elle donc se régénérer dans la terre ? M. Liebig rappelle que la vapeur d'eau entraîne les matières fixes ? On a cité l'acide borique entraîné par cette vapeur dans les lagunes de la Toscane, la vaporisation du nitre dans les fabriques de ce sel, celle du sel marin dans les salines ; on aurait pu encore citer la saveur salée des feuilles exposées au vent de mer, et les miasmes des marais entraînés par la vapeur et portant au loin leurs qualités délétères. Or, les eaux de la mer renferment, outre le sel marin, des chlorures de potassium et de magnésium ; ce serait donc par la voie de la pluie et surtout par celle des orages qui, par leur rapidité et l'isolement de leurs nuages, transportent au loin les matières des lieux de leur formation, que le sol recevrait habituellement ce supplément de sels alcalins nécessaires à sa production annuelle, et ce transport serait d'autant plus facile et plus abondant que les lieux seraient moins éloignés de la mer.

La potasse se trouve dans la terre ou sous forme de sel soluble, carbonate, nitrate, chlorhydrate, ou plus souvent, surtout dans les terrains décomposés en place et dans ceux dont la décomposition est peu avancée et qui laissent encore reconnaître la nature des roches dont ils sont formés, sous forme de silicate insoluble. Il ne suffit donc pas, pour déterminer la quantité de cette substance contenue dans un terrain, de rechercher celle que l'on obtient par de simples lavages, mais il faut recourir au procédé décrit plus haut (p. 58, 4^e opération), par lequel on fait disparaître la silice des silicates, et on laisse la potasse à nu.

Dans un grand nombre de sols arables fertiles, la potasse n'entre que pour une très petite partie de leur masse ; nous en avons trouvé qui en avaient à peine un millième, mais il y en a d'autres aussi qui en possèdent une quantité assez considérable et où il se forme du salpêtre. On en trouve quelques-uns de cette espèce dans le midi de la France, et les terrains d'Espagne et de l'Inde, où le nitrate de potasse s'effleurit sur le sol, doivent en être abondamment pourvus. C'est sans doute à son absence que l'on doit attribuer l'infertilité d'un grand nombre de sols, qui posséderaient d'ailleurs d'autres éléments de fécondité. On remarque sur les montagnes la vigueur avec laquelle l'herbe pousse sur la plus légère couche de terre placée sur les roches de granit et s'y conserve sans engrais dans toute sa vigueur ; on a remarqué les grands effets d'un arrosage de lessive sur des gazons qui possédaient pourtant un sous-sol bien pourvu de carbone et d'azote. Les agriculteurs ne sauraient donc porter trop d'attention sur la dose de potasse que contiennent leurs terres, car cette connaissance peut les diriger utilement dans les modifications qu'ils devraient faire subir aux engrais qu'ils y enfouissent.

SECTION XIII. — *De la soude.*

La soude remplace la potasse dans la composition d'un grand nombre de plantes, dites marines, parce qu'elles viennent généralement au bord de la mer. Mais les terrains salés qui se couvrent de soudes, de salicornes et d'autres végétaux propres à ces localités, se trouvent aussi loin des côtes : les steppes de la Tartarie, par exemple, sont imprégnés de chlorure de sodium qui s'effleurit à l'air. Les soudes cultivées dans un terrain privé de sel marin cessent de contenir de la soude, et la potasse se substitue à l'autre alcali minéral ; de même que les plantes à potasse, les céréales elles-mêmes cultivées dans

un terrain qui contient seulement du chlorure de sodium et peu ou point de potasse suppléent à cette dernière par la soude qui se trouve alors dans leurs cendres.

La beauté des récoltes de froment que l'on obtient dans ces terrains, quand d'autres raisons ne s'y opposent pas, prouve assez que cette substitution n'est pas défavorable aux plantes ; de même que la *salsola tragus*, qui remonte si haut dans la vallée du Rhône, ne se montre pas moins vigoureuse dans sa station la plus continentale qu'elle ne l'était près de la mer, quoiqu'elle ne contienne plus que de la potasse. Il faut donc examiner avec attention la question de savoir si la soude suppléerait toujours avantageusement à ce qui manquerait de potasse dans un sol : car la première substance est moins chère que la dernière.

Le chlorure de sodium (sel marin) manifeste sa présence dans un terrain : 1° en s'effleurissant à la surface pendant la sécheresse ; 2° en prolongeant l'humidité du sol dans les temps humides, et en continuant à la manifester même quand les terres non salées sont déjà sèches, soit après une rosée, soit seulement quand l'air est imprégué de vapeur ; 3° en durcissant fortement, en proportion de la quantité de sel qu'il contient, le sol desséché, qui se tasse fortement et, après avoir été réduit en poussière par le labour, fait de nouveau un corps tenace, dès qu'il a reçu une pluie. Ces défauts sont grands et opposent de sérieux obstacles à la culture ; pour les vaincre, il faut toute l'expérience des cultivateurs habitués à les combattre ; néanmoins, quand ces terres ne renferment pas au delà de 0,02 de sel, elles sont très précieuses, soit comme donnant d'excellents pâturages pour les troupeaux, soit comme très fertiles en blé. Quand la dose de sel dépasse 0,02, le sol cesse de se gazonner et ne porte plus que quelques plantes marines qui lui sont particulières : les salsolas, les atriplex, les salicornes, le tamarisc, etc.

Quand les terrains ne possèdent de soude que celle qui résulte de la décomposition des roches qui les ont formés, il faut recourir, pour la déterminer, à la méthode indiquée pour la potasse; mais quand ce sel est très abondant, on peut négliger les faibles quantités qui résulteraient de cette opération, et alors il suffira de lessiver exactement la terre, de faire évaporer et cristalliser. On reconnaîtra alors le sel marin à la forme cubique de ses cristaux et à son goût spécial. On le dessèche ensuite et on le pèse. Il est quelquefois mêlé dans la solution à d'autres sels qui, étant moins solubles, restent dans les eaux-mères quand le sel commence à cristalliser.

SECTION XIV. — *Du carbone et du terreau.*

§ 1^{er}. — Des terreaux.

Le terreau ou humus est une substance brune ou noirâtre, mêlée aux principes minéraux du sol et qui n'est autre chose que la partie ligneuse des plantes altérée par la fermentation, modifiée par l'action de l'atmosphère et des corps environnants. Pour que la fermentation de la fibre ligneuse ait lieu, il faut qu'elle soit humide et en contact avec l'oxygène de l'air ou d'autres corps oxygénés, tels que des sulfates ou des sulfures. De la sciure de bois placée dans un lieu sec ou dans de l'eau privée d'air ne noircit pas et n'entre pas en fermentation.

En fermentant, le terreau perd de son carbone qui se transforme en gaz acide carbonique, mais en plus grande quantité encore de son oxygène ou de son hydrogène, de sorte que le terreau tend à conserver une plus forte proportion de carbone que de ses autres éléments, et que si l'action se prolonge il ne reste plus que du carbone insoluble. Pendant cette fermentation, outre l'acide carbonique, il se forme encore de l'acide acétique, et une portion de terreau devient soluble dans l'eau et prend

le nom d'*extrait de terreau*. M. de Saussure, ayant analysé l'extrait de terreau de Meudon, trouva qu'il contenait du sucre de raisin, de la dextrine, une substance azotée, des nitrates de potasse et d'ammoniaque, des chlorhydrates de chaux et de potasse. Les cendres de la partie insoluble consistaient en phosphate de chaux et en oxydes métalliques¹.

Chaque nature de plante, chaque partie des plantes peut fournir un terreau différent quant à sa composition ; il doit varier aussi suivant l'époque plus ou moins avancée de sa fermentation, et enfin on peut finir par prendre pour du terreau un charbon insensible à toutes les réactions.

Cet exposé doit mettre en garde contre la généralité attribuée à ce mot de terreau, et doit faire sentir combien il importe de s'assurer de sa nature avant de prononcer sur ses effets agricoles.

Le terreau se dissout dans les solutions alcalines ; si on le fait bouillir avec de l'eau de potasse et que l'on évapore, on a un corps coloré en brun que l'on a appelé humate de potasse et qui paraît contenir 4 centièmes de terreau, plus ou moins. Mais le nom donné à ce composé semblerait impliquer l'existence d'un acide *humique*. M. Peligot a démontré² que cet acide n'était pas identique à l'acide ulmique, mais que probablement plusieurs acides différents et susceptibles de former des sels peu solubles avec les bases alcalines et terreuses concouraient à ce produit. Le terreau est donc un corps plus complexe qu'on ne l'avait cru jusqu'ici, et qui appelle de nouvelles études de la part des chimistes.

Quant aux agriculteurs qui veulent étudier ses effets sur la végétation, ils sont loin d'être d'accord. Cependant nous trouverons que le terreau doit agir :

1^o En fournissant aux plantes l'azote que son analyse mani-

(1) *Bibl. univers. de Genève*, décembre 1841, p. 345.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. IX, p. 125.

ferme toujours, azote provenant des végétaux dont il est formé, quand la décomposition de ces végétaux n'est pas trop avancée;

2^o En fournissant aussi du gaz acide carbonique qui se dégage pendant sa fermentation, qui imprègne l'eau existante dans le terreau, et forme au pied de la plante et sous l'abri de ses feuilles une atmosphère surchargée de cet acide. On est d'accord sur ces deux effets produits par le terreau;

3^o Cette eau chargée d'acide carbonique agit sur les silicates alcalins insolubles qui se trouvent dans le sol, les décompose et met ainsi leurs éléments à la disposition des végétaux. Ainsi, M. Polstorff ayant fait végéter et fructifier des plantes dans du sable pur et calciné pour s'assurer qu'il n'y restait aucune partie organique, il crut devoir ensuite rechercher la nature de ce sable qui avait produit une belle végétation, contrairement à ce qui se serait passé dans le quartz pur. Il l'exposa pendant un mois à un courant d'acide carbonique, qui traversait l'eau à laquelle ce sable avait été mêlé, et il put en retirer ensuite de la silice, de la potasse, de la chaux et de la magnésie¹.

4^o Il faut se rappeler que les matières poreuses, telles que les débris ligneux et les charbons, possèdent éminemment la faculté de s'emparer et de condenser les gaz qui les entourent. On sait, par les expériences de M. Th. de Saussure, que le charbon de bois peut absorber jusqu'à 90 fois son propre volume de gaz ammoniacal, 9,25 fois son volume d'oxygène, 7,5 fois son volume d'azote. Ces corps restituent en partie ces gaz par la diminution de la pression barométrique, par l'élévation de la température, par l'humidité qui vient remplacer le gaz et le chasse des pores du charbon. Il y a donc, selon les circonstances variables, tantôt emmagasinement du gaz, tantôt restitution au profit de la végétation. Nous verrons que, quoique les matières charbonneuses et les matières ligneuses en décomposition soient

(1) *Ueber die unorganischen bestandtheile der pflanzen.*

les matières absorbantes les plus puissantes, les argiles, les oxydes de fer, etc., participent aussi à cette propriété; il n'en est pas moins constant que le terreau, par son énergie absorbante, exerce une fonction très importante dans la végétation, puisqu'il est, pour ainsi dire, le trésorier et l'économe de ces gaz qu'il distribue sur les différentes époques de l'année, tandis que, faute d'un pareil agent, les plantes n'auraient pas profité de ceux qu'elles n'auraient pu conserver immédiatement.

5° On admettait généralement que la solution d'extrait de terreau était absorbée par les racines des plantes et servait à la nutrition. M. Liebig a contesté cette absorption en se fondant sur des expériences de Hartig; de son côté, M. Th. de Saussure a repris ces expériences avec l'esprit judicieux et exact qu'il a porté dans toutes ces recherches.

M. Hartig¹ a pris des plants de fèves dont les racines trempaient dans une solution très colorée d'extrait de terreau obtenu par la potasse; elles étaient placées dans une éprouvette étroite. Les plantes ont crû, ont poussé des racines, ont absorbé en 24 heures toute l'eau du vase, c'est-à-dire le double de leur poids. On remplaçait chaque jour l'eau absorbée, et au bout d'un mois on n'a trouvé aucune diminution dans la teinte primitive de la liqueur. L'analyse de la liqueur ne manifeste qu'une diminution de 1,5 milligramme dans le poids de l'humus. Ainsi, selon l'auteur, les racines absorberaient l'eau à l'exclusion de la solution d'humus.

M. Théodore de Saussure a pensé que dans l'expérience de M. Hartig les racines étaient dans un état de souffrance: 1° parce qu'elles étaient comprimées dans un tube qui n'avait que 0,^m009 de diamètre et 0,^m081 de hauteur; 2° parce qu'après avoir en grande partie épuisé le liquide contenu dans le tube, elles étaient exposées à l'action de l'air; 3° parce que la cou-

(1) Voir son mémoire dans *l'Introduction à la chimie organique* de Liebig, p. CLVII.

leur noire que, selon l'auteur, les racines prenaient à leur extrémité, montre qu'elles étaient dans un état de décomposition.

Il a répété ces expériences avec des plants de fève et de persicaire.

Les éprouvettes de 0^m,022 de diamètre et 0^m,150 de hauteur contenaient 50 grammes de solution d'*humate* de potasse carbonisée, colorée en brun foncé, ou 7 centigrammes de cet *humate* sec, qui, à l'analyse, donnent 18 milligrammes d'*humus*.

Au bout de quatorze jours, le poids de la plante, originairement de 11 grammes, était augmenté de 6 grammes; elle avait absorbé 153 grammes de liquide; son absorption était remplacée chaque jour par de l'eau distillée. La plante avait poussé des racines blanches dans toute leur largeur, la solution avait subi une décoloration très prononcée, et à peu près égale à celle d'une solution pareille étendue de deux fois son volume d'eau. La liqueur résidu de la végétation, a donné 2 centigrammes d'*humate* de potasse, qui contenait 9 milligrammes d'*humus*.

La plante en avait absorbé une quantité égale.

La persicaire a donné un résultat analogue.

Après avoir répété l'expérience de Hartig avec l'*humate* de potasse, l'auteur a voulu éprouver les effets de l'extrait de terreau.

Il a fait macérer pendant deux jours du terreau de bruyère avec le double de son poids d'eau de pluie; 100 grammes de cette liqueur filtrée fournissent par l'évaporation un extrait brun, non acide, de 0,388 gramme; 12 centigrammes de cet extrait ont été délayés dans 100 grammes d'eau. La moitié de la dissolution a alimenté deux plantes de persicaire, l'autre moitié n'a pas reçu de plante. Au bout de neuf jours, pendant lesquels on a toujours remplacé la liqueur absorbée, les plantes ont été retirées très saines, après s'être allongées de 0^m,07 et avoir poussé des racines blanches dans toute leur longueur. L'é-

vaporation de la liqueur d'épreuve a fourni un extrait sec qui pesait 39 milligrammes, tandis que celui laissé par la plante ne pesait que 33 milligrammes.

MM. Wiegman et Trinchinetti¹ ont répété cette expérience avec le même succès. Mais une si faible absorption d'extrait de terreau avait-elle contribué au développement de la végétation? Il est à regretter que pour éclaircir ce doute on n'ait pas mis en comparaison des plantes végétant dans l'eau pure.

Ce que l'on ne peut mettre en doute, c'est l'absorption de l'extrait de terreau et sa combinaison avec la potasse, prouvée par la décoloration des liquides.

Maintenant il faut prouver qu'il y a eu assimilation de cette solution au végétal, et qu'il n'y a pas eu une simple absorption impropre à la nutrition, comme serait celle de l'encre et de la teinture de bois de Brésil qui colore le végétal sans s'y assimiler. M. de Saussure observe que l'albumine de froment en se vidant sert de nourriture au végétal dans la première période de son existence; or, si on le retranche par l'opération de la main, ou s'il est retranché, comme cela arrive naturellement, par la pourriture et le ravage des insectes, la plante profite peu dans l'eau ou dans un sable infertile: elle y double tout au plus sa matière sèche végétale, tandis que si on la plante dans le terreau, elle reprend sa vigueur. L'extrait de terreau remplace donc ici l'albumine.

Le terreau contenu dans le sol est en grande partie insoluble, comme nous l'avons dit, et ne devient soluble que par le progrès de la fermentation. Cette fermentation lente se continue chaque fois qu'il est humecté et présente sans cesse aux plantes de nouvelles doses de matière extractive.

Enfin M. de Saussure examine les résultats obtenus par M. Lucas sur les effets du charbon pur pour obtenir une belle végétation².

(1) *Sur le pouvoir absorbant des plantes*, Milan, 1843, 1 vol. in-4°.

(2) Voir ce mémoire dans l'*Introduction* de Liebig, p. cliv.

Il a trouvé, et M. Lundström a trouvé comme lui que le charbon pilé mêlé avec la terre ne produisait aucun bon effet sur la végétation quand, par une longue décoction avec l'eau distillée, on l'avait dépouillé de tous ses sels et des substances organiques qu'il renferme.

C'est donc seulement comme absorbant les gaz de l'atmosphère et comme amendement un sol tenace, ou enfin comme colorant un terrain blanchâtre, que le charbon doit être considéré comme utile dans l'agriculture.

Les terrains trop abondants en terreau, qui en contiennent, par exemple, le quart de leur poids, sont généralement peu fertiles. De Saussure avait déjà prouvé que l'eau trop chargée d'extrait de terreau était moins favorable aux plantes que celle qui en contenait une moins grande quantité¹. Il en résulte que dans les terrains que nous considérons, il se forme une atmosphère surabondante d'acide carbonique. Or, le même auteur a prouvé qu'une petite dose d'acide carbonique ajoutée à l'air commun était nuisible aux végétaux à l'ombre et pendant la nuit, et qu'au soleil même elle ne leur était utile qu'autant que cette atmosphère contenait du gaz oxygène libre, circonstance qui ne peut exister qu'imparfaitement, si le sol offre à l'oxygène de l'air un corps qui l'absorbe continuellement pour former de l'acide carbonique. Sur de pareils terrains on n'obtient de bonnes récoltes que par l'emploi de la chaux caustique, qui absorbe une partie de l'acide carbonique et enlève à l'atmosphère des plantes de celui qui est superflu, ou par l'emploi d'engrais animaux qui forment avec ce même acide des carbonates d'ammoniaque et de potasse.

On a reconnu généralement 5 à 8 centièmes de terreau dans les terres les plus fertiles; elles produisent à l'analyse, pour 1 gramme de terre, 4 à 8 centigrammes d'acide carbonique, avec une quantité variable d'azote. On trouve aussi des ter-

(1) *Essais sur la végétation*, p. 170.

rains fertiles qui ne renferment que des quantités insensibles de terreau ; telles sont, par exemple, en Flandre les terres de Lille, analysées par M. Berthier et citées dans l'*Agriculture de la Flandre* de M. Cordier ; mais elles sont soumises à une excellente culture, et on supplée par des engrais abondants et annuels à ceux que la nature leur a refusés ou qui ont été détruits par la continuité de cette culture elle-même ; d'autres terrains sont soumis à des inondations périodiques qui leur apportent en faible dose, mais sans interruption, les substances nutritives des plantes ; d'autres enfin sont placés de manière à recevoir les égouttements chargés de l'extrait de l'engrais des terres supérieures.

On peut donc affirmer, en thèse générale, que le terreau est une partie constituante des bons sols ; que c'est la plus sûre garantie de la production de l'acide carbonique, qui remplit des fonctions si importantes relativement aux végétaux et relativement au sol ; qu'il est d'ailleurs le dépôt de plusieurs autres principes essentiels à la végétation. Il se conserve et s'augmente par la production spontanée des plantes, aux dépens de leurs débris accumulés ; c'est ainsi que les terrains qui ont été longtemps plantés en bois, se recouvrent d'une couche de terreau, d'autant plus que le bois était plus fourré, que la lumière pénétrait moins dans le massif, que le terreau se décomposait moins vite ; mais, si, après le défrichement, on n'a pas soin d'enterrer profondément ce terreau et de le soustraire à l'action de l'air et de la lumière, il ne tarde pas à se décomposer tout entier, nuisant à la croissance des plantes par l'abondance du gaz qu'il exhale, et ensuite disparaissant complètement et ne laissant que des débris charbonneux. Une bonne culture tend à entretenir la provision de terreau du sol par les racines et les portions de tiges qui y sont enterrées ; par la restitution, sous forme d'engrais, des matières enlevées par les plantes qui y croissent, et par les assolements bien dirigés. Elle ne se borne pas à con-

server cette richesse; elle parvient à l'accroître, en introduisant, dans le cercle des rotations, des plantes qui se nourrissent en grande partie des principes atmosphériques. Elle a donc pour résultat d'enrichir la terre aux dépens de l'atmosphère.

§ II. — Du terreau doux.

On désigne sous ce nom celui qui se trouve dans la plupart des terres, et qui se forme à l'air, des débris de plantes qui n'ont pas de principes acides. Sa solution ne change pas la couleur du papier de tournesol.

§ III. — Du terreau à tannin (terre de bruyère, de bois).

Un assez grand nombre de végétaux renferment un principe immédiat appelé *tannin*, dont la saveur est astringente, qui a des réactions acides, et qui, combiné avec les bases terreuses et alcalines, forme des sels de diverses natures. Son caractère le plus remarquable est de s'unir à la gélatine et de former avec elle un sel insoluble qui fait la solidité des cuirs que l'on a traités par les écorces tannantes. Le tannin se forme de toutes pièces dans ces végétaux par la combinaison du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène; car il n'est pas nécessaire que le sol en contienne un atome pour que les arbres qui y croissent en renferment la même quantité que ceux qui ont cru sur des terrains contenant le tannin en nature. Cependant ces plantes à tannin paraissent mieux prospérer dans les terrains qui en contiennent; le chêne, le châtaignier, le saule, le sumac, le grenadier, les bruyères, les fougères, etc., se plaisent dans ces terrains qui sont même absolument nécessaires à un grand nombre de plantes cultivées dans nos serres. Tous ces végétaux, qui renferment beaucoup de tannin, produisent à leur tour les terreaux tannants que l'on a appelés terres de bruyères, et qui présentent, avec les caractères de l'acidité, ceux de

la présence d'une assez grande quantité de fer. D'autres végétaux et en plus grand nombre se trouvent mal de la présence de cet acide que l'on est obligé de neutraliser par l'application de la chaux et des engrais. On en reconnaît la présence en faisant bouillir le terreau dans l'eau et en versant dans la solution filtrée une solution de gélatine qui produit un précipité blanc opaque.

On croit que c'est à la présence du tannin dans les sables de Bordeaux que les vins qui y croissent doivent leur acerbité dans les premières années, puis leur bouquet particulier et leur longue conservation.

§ IV. — Du terreau formé sous l'eau (tourbe).

Dans les lieux marécageux, constamment couverts d'une petite quantité d'eau ou qui se dessèchent en été, il se produit une végétation spéciale dont les débris se réduisent en une espèce de terreau d'une nature particulière ; la masse augmente chaque année et finit par former un banc de débris végétaux carbonisés dont on se sert pour le chauffage,

Le mode de carbonisation des tourbes participe de ce que l'on appelle la pourriture sèche et la pourriture humide, selon que la masse carbonisée reste plus ou moins longtemps à découvert. On y reconnaît les restes de plus de trois cents espèces de végétaux encore bien caractérisés : des *utriculaires*, des *potamogetons*, des *myriophyllums*, des *sphagnes*, des *scirpes*, des *carex*, des *prêles*, des *iris*, mais principalement la *conferva rivularis* qui paraît être en divers lieux le principal élément de la formation des tourbes.

La tourbe, formée de diverses plantes et dans des circonstances différentes, ne présente pas une composition uniforme. En général, les plantes qui la forment contiennent peu de sels alcalins qu'elles paraissent remplacer par des sels calcaires, comme dans la *chara*, qui s'en encroûte entièrement ; la tourbe

qui se forme sur un fond calcaire ne contient pas d'acides. Souvent on trouve dans cette substance des acétates et des phosphates, même des acides acétiques et phosphoriques libres, et du sulfure de fer. L'existence de ces corps dans la tourbe tient à la présence, dans l'eau qui l'entoure, de principes immédiats qui éprouvent l'action désoxydante des plantes privées d'air, lesquelles puisent l'oxygène dont elles ont besoin dans tous les corps environnants : ainsi l'oxyde de fer rouge se change en oxyde noir, le sulfate de fer en sulfure.

M. Reisch¹ a soumis la tourbe à l'action de l'eau, de l'alcool et de l'éther, et en a retiré différentes matières résineuses de consistance variable. Il a décrit les produits pyrogénés de la distillation, et a trouvé dans les produits gazeux de l'hydrogène sulfuré. Il a reconnu aussi que la tourbe contenait du tannin et une matière azotée, puisque, calcinée avec du carbonate de potasse et de fer, elle a produit du cyano-ferrure de potassium et des traces de sulfo-cyanure de potassium.

D'autres tourbes donneraient d'autres résultats. Les tourbières qui reçoivent les eaux de la mer contiennent du sel marin. Beaucoup d'entre elles ne renferment pas de sels alcalins ; mais le grand usage que les Flamands font de leurs cendres comme engrais ne porte-t-il pas à croire que dans certains cas elles contiennent de la potasse ou de la soude ?

On ne peut rien dire de général sur la tourbe ; chaque tourbe exige un examen et un traitement particulier, parce que chacune a sa composition spéciale.

La tourbe ne fournit pas toujours cependant des couches puissantes. Dans les terrains marécageux qui reçoivent des alluvions, des débris tourbeux se trouvent intimement mêlés au sol, comme le terreau dans les terres sèches : c'est ce qui forme les terrains paludiens. Si les dépôts sont crayeux, la tourbe est douce, le terrain a l'apparence de la richesse, mais

(1) *Journal de pharmacie*, 1824, p. 34.

il manque de principes fertilisants. Le terreau tourbeux est entièrement carbonisé et sans principe alcalin. C'est une formation de lignite en petit qui n'apporte aucune nourriture aux plantes. Ce terrain qui est gris lorsqu'il est sec, paraît noir quand il est humecté; il a aussi pour caractère de contenir des débris nombreux de coquilles d'eau douce que l'on reconnaît à la loupe.

SECTION XV. — *De l'oxygène, de l'hydrogène et de l'eau.*

Si quelques éléments des végétaux peuvent manquer tout à fait ou se substituer les uns aux autres, il y en a trois au moins que l'on rencontre toujours, et qui peuvent être considérés comme leur base constante, savoir : le carbone, l'oxygène et l'hydrogène; ils ne varient dans les plantes, dans leurs différentes parties et dans leurs produits divers, que par leurs proportions. On conçoit parfaitement que les plantes puissent tirer leur oxygène de l'air, puisqu'elles absorbent ce gaz de l'atmosphère pendant la nuit, en exhalant du gaz acide carbonique; mais quant à l'hydrogène, elles ne peuvent l'obtenir que de la décomposition de l'eau, soit de celle qui se trouve mêlée à l'air sous forme de vapeur, soit, et probablement aussi, de celle qui est aspirée par les racines et qui circule dans les vaisseaux de la plante.

En effet, cette quantité d'eau dont s'empare la végétation aux dépens du sol est très considérable. Nous avons montré ailleurs¹ que le mûrier laissait évaporer, en 24 heures, 155 grammes d'eau par mètre carré de la surface de ses feuilles; c'est donc, pendant les six mois de sa végétation, 27^k,9 d'eau qu'absorbe chaque mètre carré de feuilles de mûrier. Hales avait fait de semblables calculs sur plusieurs autres espèces de plantes; et si l'on pense à la quantité de feuilles dont sont cou-

(1) *Mémoires d'agriculture*, t. III, p. 198.

verts les arbres de nos forêts, on jugera de l'immense évaporation qu'ils déterminent.

Pour fournir à cette évaporation, la terre reçoit les eaux pluviales, qui sont beaucoup plus abondantes que ne l'exige la consommation des plantes; mais une partie de ces eaux s'évapore à la surface de la terre, et nous avons calculé que dans le climat venteux de la vallée du Rhône, cette évaporation terrestre absorbait le quart des eaux de pluie; une autre partie de ces eaux descend dans les couches inférieures du sol.

Excepté dans les déserts de sable et à la surface supérieure du terrain, en été, toutes les terres renferment toujours une certaine quantité d'eau, plus ou moins grande, suivant leur hygroscopicité et les circonstances météoriques ou de gisement où elles se trouvent. On l'évalue facilement, en en pesant une portion et la desséchant complètement dans le vide sec, ou au moins dans une étuve, jusqu'à ce qu'elle cesse de perdre de son poids; après cette dernière opération, la quantité d'eau qui reste mêlée à la terre peut être négligée, si l'on n'a pas pour but de procéder à une analyse exacte. Nous avons fait voir que la végétation est encore active quand la couche de terre, placée à 0^m,60 de profondeur, conserve 0,12 d'eau: c'est un minimum. Dans les bons terrains où la végétation continue toute l'année, sans que les herbes se flétrissent, la terre conserve 0,10 d'eau à 0^m,30 de profondeur.

L'eau est le besoin le plus impérieux des végétaux. Ils vivent encore plus ou moins longtemps, prennent un certain développement dans l'eau distillée elle-même; mais sans eau, c'est en vain qu'on mettrait à leur portée les matériaux les plus assimilables: ils se flétrissent et meurent. Examinons donc quels sont ses divers usages.

D'abord, comme eau, sans éprouver aucune modification, elle fait partie de l'organisation du végétal; elle donne la souplesse à ses organes: elle les pénètre de toutes parts.

C'est elle ensuite qui paraît entretenir le mouvement ascensionnel de la sève et le mouvement circulatoire des vaisseaux du latex, par la continuelle évaporation qui a lieu à la surface des organes foliaires, où elle est remplacée sans cesse par celle que les racines puisent dans le sol. Ce que les réactions nerveuses produisent chez les animaux, en imprimant un mouvement mécanique aux muscles, la seule force évaporatoire paraît le produire chez les végétaux dépourvus d'organes intérieurs mobiles. Elle n'a pas une fonction moins importante comme excipient de toutes les matières solubles contenues dans le sol. Elle dissout les nitrates, les chlorhydrates, les sulfates, ainsi que l'ammoniaque de l'atmosphère et celle du sol; elle absorbe un $\frac{1}{36}$ de son volume d'air atmosphérique, s'empare de l'acide carbonique du terreau en le traversant, et dans cet état elle dissout les carbonates terreux, attaque les silicates alcalins qu'elle dispose à se décomposer, et à abandonner leur potasse et leur soude.

L'importance de l'air dissous dans l'eau est si grande pour la végétation que dès qu'elle est chargée de principes en putréfaction éminemment désoxygénants, et qu'ainsi elle cesse de transporter de l'oxygène, elle cesse aussi d'être propre à la végétation. On sait que les plantes périssent dans les solutions trop chargées de terreau, dans les eaux de fumier, dans les eaux croupissantes des marais, dans les terrains abreuvés par des eaux sans mouvement, tandis qu'elles prospèrent près des eaux courantes et par l'effet des irrigations. L'eau distillée privée d'air est défavorable à la végétation.

Outre les eaux stagnantes et croupissantes, on doit se défier aussi de celles qui tiennent certains sels en dissolution.

Enfin, les produits hydrogénés, d'autant plus nombreux que le climat est plus chaud et moins nuageux, les cires, les huiles, les résines, les baumes, les essences, le caoutchouc, etc., indiquent une si grande proportion d'hydrogène séparée de

l'eau par la végétation, qu'on ne peut se défendre de l'idée que cette réaction s'opère sur les torrents d'eau qui circulent dans le végétal, et que dès lors une partie de cette eau est décomposée et fournit l'hydrogène, qui se trouve combiné dans tous les produits végétaux.

SECTION XVI.— *De l'azote, de l'ammoniaque et des nitrates.*

Pendant longtemps on n'a considéré la présence de l'azote, dans les végétaux, que comme une exception; on en faisait l'attribut spécial du règne animal; on désignait par le nom de substances *animalisées* les parties des substances végétales, dans lesquelles il se trouvait: tel était le gluten, par exemple. Cependant les progrès de l'analyse accroissaient chaque jour le nombre de ces substances; on avait reconnu l'azote dans la plupart des semences; l'analyse des jeunes organes faisait connaître que les premiers développements de la végétation absorbaient beaucoup d'azote; l'épuisement considérable occasionné par les semis épais des jardiniers dans les terreaux les mieux préparés confirmait ce premier aperçu et faisait pressentir que c'était au sol lui-même que les végétaux prenaient cet azote; on se confirmait dans cette opinion en voyant que les récoltes fourragères, que l'on enlève avant leur fructification, épuisaient moins le terrain que les plantes qui produisent leurs graines; mais il fallait des faits plus concluants pour se former une idée nette de l'importance de l'azote dans la végétation et dans le sol: Sprengel en avait conçu le soupçon¹; mais les travaux de MM. Liebig, Boussingault et Payen sont venus dissiper tous les doutes: le premier, par une foule de déductions et de rapprochements ingénieux; le second, par la description d'un cours de récolte suivi pendant plusieurs années, et par son mémoire sur les résidus des récoltes, qui montrait que les be-

(1) *Annales de Rouille*, t. VIII, p. 218 et suiv.

soins d'engrais azotés étaient proportionnels aux parties d'azote soustraites par les produits; le troisième, par une série d'analyses qui ont montré la présence de l'azote dans presque tous les organes des végétaux. C'est ainsi qu'a été complétée la démonstration appelée par les travaux des chimistes les plus distingués, qui signalaient chaque jour un plus grand nombre de corps azotés parmi les végétaux.

Ainsi le nouveau point de vue qui fait aujourd'hui la base des théories agricoles se résume dans ces trois points : 1^o l'azote est une partie constituante des végétaux; 2^o c'est par leurs racines que les végétaux tirent du sol la plus grande partie de cet azote; 3^o certaines plantes sont peut-être aptes à s'approprier l'azote contenu dans l'atmosphère ou dans l'eau aérée qu'elles absorbent.

Examinons maintenant comment et sous quelles formes l'azote se trouve dans le sol et est mis à la portée des plantes.

Nous avons vu que les argiles et les oxydes de fer avaient la propriété de s'emparer des gaz ammoniacaux et de les conserver dans leurs pores, qu'il en était de même du terreau, et qu'en outre celui-ci présentait souvent des traces de l'azote qui était entré dans la composition des plantes d'où il tire son origine; mais si ces sources d'azote n'étaient pas sans cesse renouvelées, les 0,0004 en poids de ce gaz, que renferment les terres fertiles, seraient bientôt épuisés, si toutefois les substances où il est caché consentaient à le céder tout entier à la végétation; car tout l'azote d'une pareille terre ne représente que celui contenu dans environ 30 récoltes de froment.

Suivant M. Becquerel, il y a production constante d'ammoniaque dès que, sous l'influence de l'air, l'eau est en contact avec une substance oxydable. Il y a alors décomposition de l'eau et de l'air; l'oxygène s'unit à la matière oxydable, et l'hydrogène de l'eau s'unit à l'azote de l'air. Or, la plupart des

terres sont remplies d'oxyde de fer, de terreau qui passe à l'état d'acide carbonique, substances qui ne sont pas parvenues à leur degré le plus avancé d'oxygénation. Il y a donc constante formation d'ammoniaque chaque fois que le sol est mouillé et que l'eau s'évapore; cette ammoniaque est saisie en partie par l'eau surabondante qui la transporte dans l'intérieur du sol, et se dissipe en partie dans l'air.

Ces réactions et le produit de la putréfaction des animaux sont probablement la source de l'ammoniaque qui existe dans l'atmosphère. De Saussure avait remarqué que le sulfate d'alumine pur finissait par se changer à l'air libre en sulfate ammoniacal d'alumine¹; toutes les eaux exposées à l'air contiennent de l'ammoniaque et troublent les dissolutions de plomb et d'argent; l'eau distillée avec le plus grand soin elle-même, qui, quand elle est récemment préparée, n'est nullement modifiée par les réactifs, indique la présence de l'ammoniaque après quinze jours d'exposition à la lumière². Liebig a constaté son existence dans l'eau de pluie³; on s'en assure en ajoutant de l'acide sulfurique à l'eau de pluie et l'évaporant à siccité; le résidu contient du sulfate d'ammoniaque que l'on reconnaît à l'aide du bichlorure de platine, et plus facilement à l'odeur pénétrante qui s'en dégage quand on y ajoute de la chaux en poudre. Ce sont autant de preuves directes et certaines de l'existence de l'ammoniaque dans l'atmosphère.

On a voulu objecter que l'analyse de l'air n'avait jamais fait reconnaître cette ammoniaque atmosphérique, et, à ce sujet, Liebig fait remarquer qu'un volume d'air de 1,427 mètres cubes, à l'état de saturation et à la température de 15 degrés, renferme 1 kilogramme d'eau qui entraîne avec lui toute l'ammoniaque contenue sous forme gazeuse dans ce volume d'air.

(1) *Recherches sur la végétation*, p. 207, note.

(2) *Ibid.*, p. 308, note.

(3) Introduction, p. cii.

S'il ne renferme que 1 décigramme d'ammoniaque, 100 centimètres cubes d'air soumis à l'analyse dans un eudinomètre ne contiendraient que 7 billionièmes d'ammoniaque, quantité absolument inappréciable par nos moyens d'analyse quand même elle serait dix mille fois plus grande, et cependant l'hectare de terrain qui recevra par an 125,000 kilogrammes d'eau de pluie y trouverait 40 kilogrammes d'ammoniaque et 38,8 kilogrammes d'azote pur; or, l'azote contenu dans le bois produit par un hectare, s'élève à 34 kilogrammes par an¹; 10,000 kilogrammes de betteraves n'en contiennent que 22 kilogrammes²; enfin 10 hectolitres de blé contiennent 19^k,77 d'azote³. Cette dose si minime d'ammoniaque devient donc immense par le volume de l'air où elle est répandue, et de même que $\frac{1}{1000}$ d'acide carbonique que renferme l'atmosphère ne peut être épuisé par toute la végétation du globe, de même aussi une quantité presque inappréciable d'ammoniaque devient sensible quand elle peut être recueillie sur la masse entière de l'atmosphère.

L'ammoniaque se trouve aussi dans les eaux de neige, et Liebig affirme que plusieurs kilogrammes d'eau de neige, prise au mois de mars à la surface d'une couche de 0^m,27 de hauteur, ont donné, par l'évaporation avec l'acide chlorhydrique, un résidu de sel ammoniac, mais la couche inférieure qui touchait au sol en contenait une proportion bien plus grande. Les eaux de source et de fontaine renferment toutes des carbonates et nitrates d'ammoniaque.

On conçoit que l'air des régions chaudes, où l'évaporation des grandes pluies se fait sur une vaste échelle, doit renfermer l'ammoniaque en plus grande quantité. C'est peut-être à cette circonstance qu'est due la fertilité des terres méridionales et

(1) Chevandier, *Compte rendu*, t. XVIII, p. 141.

(2) Boussingault, t. I, p. 286 et 291.

(3) *Ibid.*, t. I, p. 279 et 280.

l'usage toujours moins fréquent du fumier, à mesure que l'on avance vers le midi. Sans aller chercher les régions tropicales, il y a des terres en Provence qui reproduisent, tous les deux ans, huit hectolitres de blé sans recevoir aucun engrais.

Parvenue sur le sol avec les eaux de pluie et de neige, une partie de l'ammoniaque est retenue par l'eau, par le terreau, par l'argile, par l'oxyde de fer; une autre passe immédiatement dans la végétation par la succion des racines et l'absorption des feuilles; enfin une autre partie s'évapore et se disperse de nouveau dans l'atmosphère. Les cultures bien garnies de plantes, et faisant ombre au sol, retardent l'évaporation et augmentent la quantité d'ammoniaque qui tourne au profit des plantes.

Les engrais végétaux et animaux sont enfin une source abondante d'ammoniaque. C'est la restitution à la terre d'une partie de l'azote enlevé au sol par les plantes, et en outre de celui qu'elles ont puisé dans l'atmosphère. Cette richesse, ajoutée à celle que le sol reçoit gratuitement par le secours des pluies et des rosées, tend à augmenter sans cesse la fécondité des terrains, tandis que ceux qui ne reçoivent pas d'engrais finissent par rester dans un état stationnaire, en rapport avec la quantité d'ammoniaque formée annuellement dans leur climat et ramenée sur la terre par les météores. La production d'un agent aussi puissant que les engrais devra donc fixer particulièrement notre attention dans la suite de ce cours.

Ce n'est pas seulement sous forme d'ammoniaque que l'azote se trouve dans les terres, mais souvent aussi sous forme de nitrates. L'usage que l'on fait du nitre pour les poudres de guerre a depuis longtemps attiré l'attention publique sur les terres qui contiennent les sels nitreux. On sait qu'il sort annuellement de l'Inde et de la Chine des quantités énormes de nitrate de potasse obtenu sans aucune préparation; Bowles nous apprend, dans son *Histoire naturelle d'Espagne*, que ce

sel y est fort abondant, et que près du tiers des provinces méridionales de ce royaume contiennent du salpêtre natif; qu'il suffit de labourer deux ou trois fois un champ, en hiver et au printemps, pour qu'en ramassant ensuite au mois d'août la couche superficielle on puisse en retirer par lixiviation une grande quantité de salpêtre. Les mêmes terres qui ont été lessivées l'année précédente, exposées à l'air, rendent l'année suivante une égale quantité de salpêtre.

On retrouve le même phénomène en Airique, en Italie, en France, dans tous les pays qui présentent à l'acide nitrique une base salifiable. Les bancs de craie de la Touraine, de la Saintonge, de la Roche-Guyon (Oise), sont des nitrères naturelles bien connues. Le nitrate de potasse se forme dans des lieux qui sont sans doute abondants en potasse, comme les deltas du Gange et du Nil, les terres longtemps en friche de l'Espagne; en France, on trouve surtout du nitrate de chaux, mêlé d'une petite quantité de nitrate de potasse; ailleurs ce sont des nitrates de soude; au Pérou, ce dernier sel existe en couches très épaisses¹.

D'où provient l'acide nitrique qui s'empare ainsi des bases terreuses et alcalines du sol? On l'a attribué longtemps aux matières azotées qui pouvaient se trouver mêlées au sol ou à la roche. Dans cette explication, on insistait sur la nécessité de mêler des fumiers aux terres avec lesquelles on préparait les nitrères artificielles, sur les terres salpêtrées qui se trouvent principalement dans les écuries, les bergeries, les caves et les lieux habités; mais l'examen attentif des circonstances qui accompagnent la formation du salpêtre sur les rochers crayeux de la Roche-Guyon a fait évanouir cette hypothèse. M. Longchamps

(1) Tous ces faits, et un grand nombre d'autres, sont réunis dans le onzième volume des *Mémoires des savants étrangers*; dans un mémoire de M. Longchamps, sur la nitrification (*Ann. des sciences d'observation*, février 1829); dans un mémoire de Gaultier de Claubry (*Ann. de chimie*, t. LII, et ailleurs).

a observé que la quantité de nitre retirée des craies supposait la présence de $\frac{1}{200}$ de gélatine pure et sèche, et que, comme cette même craie en fournirait indéfiniment la même quantité tous les ans, il en résulterait que la craie serait presque entièrement de la gélatine, ce qu'il est impossible d'admettre.

Nous verrons plus tard que les eaux d'orage contiennent de l'acide nitrique; mais il ne faut pas en conclure que ce sont ces eaux qui font passer les craies à l'état de nitrates. En effet il faut observer que le salpêtre ne se produit que sur les faces verticales des dépôts de craies exposées au midi et dans un état remarquable de porosité¹; si les eaux d'orage seules étaient la cause de la formation de ce sel, les plans horizontaux de craie, et les plans verticaux ou inclinés à toutes les expositions, devraient s'imprégner d'acide nitrique, et les roches calcaires, poreuses ou non, devraient subir la même action; ce qui n'arrive pas. Il paraît donc qu'il faut, pour produire la nitrification : 1^o l'action de la chaleur solaire; 2^o la non-permanence de l'humidité; 3^o une base calcaire poreuse. Sous ces conditions, dans les circonstances qui se produisent habituellement, la combinaison de gaz, qui ne se ferait pas au simple contact, a lieu par l'intermédiaire des corps poreux; ainsi la craie se nitrifie, tandis que le marbre ne se nitrifie pas, et cette action s'exerce sur l'oxygène et l'azote de l'atmosphère en présence de l'air oxygéné apporté par l'eau pluviale. Les mêmes causes doivent opérer aussi la nitrification des terrains placés dans les pays où les pluies sont rares et où de légères averses procurent une évaporation rapide. Il y a alors formation d'ammoniaque et oxydation immédiate de ce corps qui produit l'acide nitrique, lequel s'empare des bases du sol.

Mais dans les contrées tropicales, il n'est pas nécessaire de chercher à expliquer la formation de l'acide nitrique au contact du sol. La fréquence des orages, le nombre et la violence

(1) Gaultier de Claubry, mémoire cité, p. 35.

des détonations électriques, pourraient seules donner l'explication du phénomène de la nitrification de leurs terres. A Rio-bamba, M. Boussingault remarquait que le nitre se formait de préférence dans les localités où les orages étaient les plus fréquents¹.

Dans les climats plus tempérés, Liebig ayant analysé 77 eaux de pluie, dont 17 provenaient d'orages, trouva que ces dernières contenaient toutes de l'acide nitrique et que, parmi les autres, deux seulement en offraient quelques traces. Cet auteur nous dit que la présence de cet acide dans les eaux d'orage l'avait d'autant moins surpris que Cavendish, et après lui Séguin, avaient produit de l'acide nitrique en combinant l'azote et l'oxygène par le moyen de l'étincelle électrique. Il était clair, d'après cela, que la foudre, en traversant l'air, déterminait la formation d'une grande quantité de cet acide².

Or, M. Boussingault nous affirme, d'après ses observations, qu'en négligeant ce qui se passe hors des tropiques, en considérant seulement la zone équinoxiale, on peut prouver que pendant l'année entière, tous les jours, et peut-être à tous les instants, il se fait dans l'atmosphère une continuité de décharges électriques. Il ajoute qu'un observateur placé sur l'équateur, s'il était doué d'organes assez sensibles, y entendrait continuellement le bruit du tonnerre, et c'est aussi à cette continuité de décharges électriques, au milieu d'un air chargé d'humidité, que cet auteur attribue l'origine de la plus grande partie de l'acide nitrique, qui, uni aux bases, fournit le salpêtre qu'on trouve à la surface de la terre³.

Enfin, l'acide nitrique se forme aussi sous l'influence d'un air calme et de l'humidité, dans des terres poreuses, mêlées de débris animaux qui produisent l'ammoniaque en nature ; c'est

(1) *Annales de chimie*, t. LVII, p. 180, note.

(2) *Ibid.*, t. XXXV, p. 329.

(3) *Ibid.*, t. LVII, p. 180.

par ce procédé que l'on établit les nitrrières artificielles, mais il ne faut pas méconnaître aussi que, même sans addition de matières animales, les terres qui ont déjà été lessivées pour en extraire le nitre, semblent avoir acquis une disposition particulière à en former de nouveau, et qu'en se bornant à les arroser, en les exposant au soleil et les préservant du vent qui emporte le gaz au fur et à mesure de sa formation, on obtient une nitrification rapide.

Telles sont les sources qui reproduisent au profit du sol l'azote consommé par la végétation : 1^o L'ammoniaque et l'acide nitrique de l'atmosphère, produits probables de l'évaporation ; 2^o ces mêmes corps retenus et absorbés par l'eau au fur et à mesure de leur formation ; 3^o les corps, les débris, les déjections animales et végétales apportées sur le sol sous forme d'engrais, ou qui ont été laissées par les cultures ou à la suite des récoltes ; 4^o l'existence dans les terres de corps poreux qui condensent l'ammoniaque, et de bases qui saturent l'acide, et les tiennent en réserve pour la végétation future.

Il resterait cependant à indiquer encore une des sources où les plantes pourraient puiser indéfiniment de l'azote si elles étaient aptes à se l'approprier : je veux parler de l'air atmosphérique.

M. Boussingault a bien démontré que certaines plantes ; telles que les légumineuses et les topinambours reproduisaient plus d'azote que n'en contenait l'engrais qu'on leur avait fourni¹. Ainsi, dans un assolement de cinq ans, avec une année de trèfle, la récolte d'un hectare a donné de 47 à 51^k d'azote en sus de celui du fumier ; dans un assolement de six ans, avec une année de trèfle et une année de pois 109^k en sus ; dans un assolement composé de deux années consécutives de froment fumé, seulement 4^k,6 ; enfin deux années de topinambour 86^k.

Il semble donc que l'on aurait pu conclure de ces résultats que l'azote excédant était enlevé par les plantes à l'atmosphère.

(1) *Annales de chimie*, t. LVII et LIX

Mais l'esprit judicieux et circonspect de ce savant ne lui a pas permis d'énoncer une conclusion aussi absolue ; aussi dit-il seulement que « l'azote peut entrer directement dans l'organisme des plantes si les parties vertes sont aptes à le fixer ; que cet élément peut encore être porté dans les végétaux par l'eau toujours aérée qui est aspirée par les racines ; enfin qu'il est possible, comme le pensent quelques physiiciens (Saussure, Liebig), qu'il existe dans l'air une infiniment petite quantité de vapeurs ammoniacales. »

L'excédant dont nous venons de parler ne prouve pas, en effet que les plantes puisent l'azote à une de ces sources plutôt qu'à l'autre, les faits agricoles tendraient à faire rejeter l'idée que les graminées ne fussent pas aptes aussi à présenter un excédant ; en effet, dans les terres non fumées de la vallée du Rhône, nous avons observé que l'on obtient tous les deux ans une récolte de 9 hectolitres par hectare en sus de la semence. Il y aurait donc une source autre que les fumiers qui fournirait tous les deux ans $33^k,84$ d'azote, ou $16^k,92$ par an et par hectare¹. Or, dans les deux premiers assolements de M. Boussingault on voit un excédant de $9^k,4$ et de $8^k,5$ d'azote par an ; celui de topinambour fournit il est vrai 43^k , mais une masse considérable de tiges et de feuilles est venue augmenter la quantité d'engrais : ces tiges n'ont pas été pesées, les feuilles et pellicules n'ont pas été dosées ; or, en retranchant $16^k,92$ de 43^k et en divisant le reste $26^k,08$ par $0^k,37$, dose d'azote de 100^k de tiges de topinambour, on trouve qu'il suffirait de 70^k métriques de tige par hectare pour fournir ce supplément d'azote. Nul doute qu'un champ de topinambours bien garni ne fournisse une quantité beaucoup plus grande de débris.

(1) D'après les analyses de M. Boussingault, un hectolitre de blé s'assimile, savoir :

Pour 78 kilogr. de grains.	3 ^k 00
Pour 156 kilogr. de paille.	0,76
	3,76

Nous venons de passer en revue et d'examiner sous tous leurs rapports agricoles essentiels les divers éléments dont se composent les terrains arables. Nous avons reconnu que tous, sans exception, avaient deux fonctions à remplir; la première d'offrir un appui à la plante, un milieu au développement de ses racines; la seconde d'entrer comme partie intégrante dans sa composition. Mais nous avons reconnu aussi que, sous le second rapport, ils n'avaient pas tous la même importance, soit parce que plusieurs d'entre eux peuvent se remplacer mutuellement, soit parce que les végétaux trouvent dans l'atmosphère les substances qui manquent au sol, soit enfin parce que la nature prodigue certains éléments et n'accorde les autres que d'une main avare. Il était donc facile de prévoir que l'attention se porterait principalement sur ces derniers, qui sont le plus souvent en proportion insuffisante dans les champs. En effet leur quantité décroît rapidement si elle n'est pas renouvelée, et ils disparaissent même entièrement au bout de quelque temps, par la consommation qu'en font les végétaux et à cause de leur solubilité qui permet aux eaux de les entraîner sur les pentes ou dans les couches profondes de la terre. Enfin quelques-uns de ces éléments sont si peu stables que l'action des vents ou de la chaleur les disperse dans l'atmosphère sous la forme de gaz.

Ainsi les alcalis, la potasse et la soude, finissent par disparaître des terrains; la chaux, dissoute par les eaux chargées d'acide carbonique, disparaît aussi presque complètement. M. Gueymard a cité des terrains de la Grande-Chartreuse, formés de débris de roches calcaires, et d'où l'élément calcaire avait été entièrement enlevé par les eaux carbonatées; on sait que la durée des marnages est limitée, et qu'au bout d'un certain nombre d'années l'analyse ne fait pas retrouver de chaux dans les terrains qui en avaient reçu une assez forte dose. Quant à l'azote, en quelque état qu'il se trouve, il dispa-

rait aussi promptement par l'effet des cultures, de sa dissolution dans l'eau et de l'évaporation, surtout dans les pays où des causes naturelles ne le renouvellent pas constamment; d'ailleurs il est toujours en quantité insuffisante dans les champs pour déterminer une vigoureuse végétation de plantes utiles, excepté dans quelques cas trop rares pour pouvoir servir de règle. Sous le rapport de la nutrition des plantes, c'est à la recherche de ces trois précieux éléments que l'agriculteur devra surtout s'attacher; c'est à les remplacer, à les accroître dans une juste mesure, qu'il devra mettre tous ses soins.

Toujours sous le point de vue de la nutrition des plantes, on ne pourra regarder comme indifférente l'absence ou la présence d'une certaine proportion de terreau. Si l'acide carbonique de l'atmosphère peut pourvoir les plantes du carbone qui leur est nécessaire, il ne faut pas perdre de vue que, dans les premiers temps de leur développement, elles manquent des organes verts propres à l'absorption de ce gaz. En outre, le terreau dégage continuellement ce même gaz, en charge l'eau de pluie, qui dès lors devient propre à agir sur les carbonates terreux et sur les silicates alcalins, et sert à rendre ces substances solubles et à les faire passer dans la végétation. Enfin, comme corps poreux, le terreau est éminemment propre à recevoir et à condenser les gaz ammoniacaux qui se disperseraient dans un terrain qui en serait privé. Sous ce dernier rapport, comme sous celui de colorer le sol et de le rendre capable d'absorber plus de chaleur, on devra s'assurer aussi de la présence des oxydes de fer.

Quant aux fonctions des terrains agricoles, qui consistent à offrir un appui à la plante, à servir de milieu à ses racines, à faciliter ou gêner les cultures; ces propriétés tiennent à leurs qualités physiques plus encore qu'à leurs qualités chimiques; et c'est sous ce nouveau point de vue que nous allons examiner les terres dans la deuxième partie de cet ouvrage.

DEUXIÈME PARTIE.

DES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES TERRES.

Il résulte de l'assemblage des parties de diverses natures, de diverses formes, de diverses grosseurs, qui constituent les terrains agricoles, que ces terrains possèdent aussi des propriétés physiques différentes, qu'ils ont des degrés différents de pesanteur spécifique, d'hygroscopicité, de cohésion, etc. On comprend toute l'importance de ces propriétés, puisque le terrain est le milieu dans lequel vivent les racines des plantes. Si elles y rencontrent une trop grande sécheresse, elles ne peuvent en retirer ni les substances qui doivent entrer dans leur composition, ni l'eau destinée à l'abondante évaporation à laquelle elles donnent lieu; si la terre est trop peu consistante, les racines n'y trouvent pas un appui pour se soutenir contre les vents; et si elle est trop tenace, elles ne peuvent la percer pour s'étendre et aller à la recherche des suc qui y sont dispersés. Aussi, les cultivateurs attachent-ils le plus grand prix à ces propriétés : c'est par elles qu'ils distinguent et désignent les terrains; ils ignorent s'ils sont calcaires ou argileux, mais ils savent bien qu'ils sont forts ou légers, secs ou humides. La science doit compléter et régulariser les connaissances empiriques; elle doit les coordonner et les réunir à celles qu'elle peut fournir elle-même : c'est ainsi seulement qu'on arrivera à une solide connaissance des terrains agricoles, à l'aide de laquelle on pourra à la fois diriger la pratique et éclairer la théorie.

Les premières recherches scientifiques sur les propriétés

physiques des terres ont été tentées sous les auspices de la Société économique, fondée à Berne, en 1758, société qui a tant fait pour constituer la science agricole. M. Otth de Zurich fut l'auteur de ces premiers travaux. Il présentait déjà toute l'étendue que devaient prendre ces recherches. « Je crois, disait-il, qu'avec le degré de cohérence et dilatabilité, la pesanteur spécifique des terres et la quantité d'eau qu'elles sont capables d'absorber ne contribuent pas peu à leur caractère spécifique. Si l'on répétait ces expériences, ajoutait-il, il faudrait déterminer encore trois nouveaux caractères : le degré de dilatabilité des terres, la quantité d'eau que la terre laisse d'abord échapper de ses interstices, et qu'à proprement parler, elle n'absorbe pas ; et enfin la durée du dessèchement et de l'évaporation de l'eau. Pour bien déterminer l'espèce, il faudrait rechercher, avant toute chose, de quelles parties de chaque genre cette espèce est composée¹. » On voit que cet auteur pensait déjà à rapprocher des propriétés physiques la composition minérale pour former ses genres et ses espèces de terre.

C'est une partie de ce programme que Schübler a réalisé plus tard dans la même contrée, et probablement sous l'inspiration des lignes que nous venons de transcrire.

La méthode de Otth était mauvaise et ne conduisait pas à des résultats exacts. Bien plus récemment, en France, M. Devèze de Chabriol a tenté aussi quelques essais pour déterminer le pouvoir hygroscopique des terres ; mais l'inexactitude de ses moyens d'expérimentation n'a pu lui donner non plus des résultats comparables².

Schübler est donc le véritable fondateur de la méthode expérimentale pour rechercher les propriétés physiques des terres. Dès 1816, il en publia les premiers résultats¹. Il les compléta

(1) *Mém. de la société écon. de Berne*, 1761, t. II, 2^e part., p. 664.

(2) *Mémoires de la société centrale d'agriculture*, 1819, p. 256.

(3) *Bibliothèque britannique. Agriculture*, t. XX, p. 248.

et les publia ensuite en allemand, dans les feuilles d'Hoffwyl, en 1817. C'est ce livre que nous avons fait connaître en France, en 1826, après avoir fait usage dans nos études, pendant plusieurs années, de la méthode de l'auteur¹. On peut étudier les propriétés physiques de la terre, sous deux rapports : 1° dans le but de distinguer les terres entre elles et de reconnaître leurs propriétés fondamentales. On les considère alors abstraction faite de leurs modifications accidentelles. Ainsi, l'on cherche leur pesanteur spécifique sans s'occuper de la variation de poids de leur volume, qui résulte des différents degrés d'atténuation ou du tassement de leurs parties ; leur hygroscopicité, après les avoir ramenées à un degré de dessiccation uniforme ; leur tenacité après les avoir corroyées, desséchées et enfin disposées d'une même manière. On détermine ainsi ce que nous appellerons les propriétés physiques normales des terres.

Mais on peut aussi 2° chercher à distinguer les différents états où se trouve une même terre par l'effet des modifications qu'elle éprouve par suite, soit des influences atmosphériques, soit des travaux mécaniques, soit de sa situation dans des couches plus ou moins profondes. Ces propriétés, que nous appellerons variables, sont celles qui sont le plus essentielles pour la pratique de l'art.

On n'a pas abordé méthodiquement avant nous l'étude de ces dernières propriétés, et nous en présentons ici les premiers essais. Schübler a bien avancé l'étude des propriétés physiques normales ; sa méthode a été adoptée depuis par tous les agronomes qui se sont occupés de la matière. C'est elle que nous allons reproduire ici avec les changements et les observations que l'expérience nous a suggérés.

Les expériences de Schübler, dont nous rapportons les résultats, ont été faites sur des terres, à l'état suivant : 1° sable siliceux, séparé des terres par le moyen de la décantation : il

(1) *Mémoires de la société centrale d'agriculture*, 1827, t. 1.

contenait de petites feuilles de mica ; 2° sable calcaire, recueilli aussi par la décantation de terres qui contenaient du carbonate de chaux : il se trouvait alors mêlé avec du sable siliceux. Il est difficile d'obtenir du sable calcaire pur par ce moyen ; pour s'en procurer, il faut laver et décanter les débris des carrières de marbre, se servir ensuite d'un crible fin, qui ne laisse passer que les grains de sable de la dimension voulue ; mais Schübler n'a opéré que sur un mélange de sable calcaire et siliceux ; 3° argile *pure* : purifiée par des lavages à froid et à chaud de tout le sable qu'elle contient. Celle dont se servait Schübler contenait 0,580 silice, 0,362 alumine et 0,052 oxyde de fer : c'était un silicate simple qui renfermait encore environ 20 p. 100 de quartz, qui n'avait pu être séparé par les lavages. Nous obtenons des argiles plus pures par la décantation, en ne recueillant que la partie supérieure du liquide dans lequel les terres ont été délayées et fortement agitées ; 4° carbonate de chaux pulvérulent : on l'avait obtenu en le précipitant, par un carbonate, de la dissolution d'un sel de chaux ; 5° terreau : l'auteur l'a retiré d'une terre fertile, mais sans indiquer le procédé dont il s'est servi ; 6° carbonate de magnésie : il a été également obtenu en le précipitant de la dissolution d'un sel de magnésie ; 7° sulfate de chaux (gypse) : c'était du plâtre cru, dont l'auteur n'a pas indiqué la composition. Schübler a joint à ces terres, presque élémentaires, diverses autres espèces de sols, qu'il est utile de comparer pour juger des effets produits par le mélange ; ce sont : 8° une *glaise maigre* : argile dont on peut séparer, par le lavage, de 30 à 60 centièmes de sable quartzueux fin ; 9° *glaise grasse* : c'est une argile dont on peut séparer 15 à 30 p. 100 de sable quartzueux fin ; 10° terre argileuse : celle-ci ne présente à la lévigation que de 5 à 15 centièmes de sable siliceux fin ; 11° terre de jardin noire et fertile, composée de :

Argile.	52,4	Terre calcaire. . . .	2,0
Sable quartzeux. .	36,5	Terreau.	7,2
Sable calcaire. . .	1,8		

12° Terre d'un des champs d'Hoffwyl, composée de :

Argile.	61,1	Terre calcaire. . . .	2,3
Sable siliceux. . .	42,7	Terreau.	3,4
Sable calcaire. . .	0,4		

13° Terre d'une vallée du voisinage du Jura, contenant :

Sable siliceux. . .	63,0	Terre calcaire. . . .	1,2
Argile.	33,3	Terreau.	1,2
Sable calcaire. . .	1,2		

C'est sur ces terres que Schübler fit les expériences que nous comparerons aux nôtres dans tous les cas qui exigeront quelque vérification.

CHAPITRE I^{er}.

Pesanteur spécifique et poids des terres.

SECTION I^{re}. — *Méthode de recherche.*

On pèse un vase rempli d'eau distillée à une balance sensible ; on le vide ; on y verse une portion de la terre dont on recherche la pesanteur spécifique, après l'avoir séchée et pesée, et l'on achève de remplir le vase d'eau distillée ; on le sèche bien à l'extérieur ; on l'agite de manière à ce qu'il ne reste pas de globules d'air attachés à la terre ou au vase, ce que l'on n'obtient rigoureusement qu'en plaçant le vase dans le vide ; on le pèse. La pesanteur spécifique de la terre est donnée par la formule suivante : soit a le poids de la terre, p le poids du vase plein d'eau, P le poids du vase plein d'eau et de terre, x la pesanteur spécifique cherchée : on a

$$x = \frac{a}{p + a - P}.$$

Soit, par exemple,

$$\begin{aligned} a &= 200, \\ p &= 1665, \\ P &= 1788, \end{aligned}$$

on aura
$$x = \frac{200}{1665 + 200 - 1788} = 2,60.$$

SECTION II. — Résultats obtenus.

En se servant de cette méthode, Schübler a trouvé, pour les différentes terres décrites plus haut, les résultats suivants :

Sable calcaire.	2,822	Carbonate de chaux fin.	2,468
Sable siliceux.	2,753	Terreau.	1,225
Gypse.	2,358	Carbonate de magnésie.	2,232
Glaise maigre.	2,701	Terre de jardin.	2,332
Glaise grasse.	2,652	Terre d'Hoffwil.	2,401
Terre argileuse.	2,603	Terre du Jura.	2,526
Argile pure.	2,591		

Schübler a trouvé que les sables calcaires et siliceux pesaient plus que les mêmes substances réduites en poudre très fine. C'est l'effet d'une erreur dans les pesées, provenant de ce qu'il ne les avait pas faites après avoir soumis les terres, sous l'eau, à l'action de la machine pneumatique, et qu'ainsi de petites bulles d'air restaient attachées aux parcelles de terre, et en nombre d'autant plus grand que ces parcelles étaient plus fines. En prenant cette précaution, on ne trouve pas non plus, ainsi que l'avait cru notre auteur, que les mélanges des terres diverses augmentent en pesanteur spécifique, comme le font les alliages dont les molécules se pénètrent.

On se tromperait, cependant, si l'on croyait, avec quelques personnes, pouvoir conclure de la pesanteur spécifique d'une terre, la nature de ses composants. Dès qu'ils sont nombreux, le problème devient indéterminé; mais ce n'en est pas moins

un moyen précieux de vérification pour les analyses : ainsi, l'on peut toujours conjecturer qu'une terre qui a une grande pesanteur spécifique (de 2,50 à 2,60) contient beaucoup de silice, et que celle qui en a une très petite (de 2 à 2,20) est abondante en terreau.

SECTION III. — *Poids d'une masse de terre.*

Mais le poids d'un volume quelconque de terre peut-il être déterminé lorsqu'on connaît sa pesanteur spécifique ? Un mètre cube d'eau pèse 1,000 kilogr. S'ensuit-il qu'un mètre cube de terre, dont la pesanteur spécifique est de 2,60, pèsera 2,600 kilogr. ? Cela arriverait sans doute si l'on pouvait mettre les parcelles de la terre en contact parfait ; mais comme elles conservent toujours un certain écartement qui varie selon le degré de tassement qu'elles ont subi, il en résulte une diminution plus ou moins considérable dans le poids d'un volume donné de terre. Un sol ayant 2,5 de pesanteur spécifique, ayant été passé à un crible percé de trous de $\frac{1}{2}$ millimètre de diamètre, et placé au-dessus d'une mesure d'un litre, la mesure étant remplie, elle n'a pesé que 1 kilogr., le même poids que l'eau : la terre ayant été bien pilonnée dans la mesure, elle a pesé 1^k,39. Le sable pur éprouve peu de tassement : une terre où il abonde pesait 1,39 par litre.

En pressant ainsi la terre dans la mesure, on n'obtient pas encore le plus grand degré de tassement : pour y parvenir, il faut pétrir la terre avec de l'eau, et la mouler comme pour en faire une brique. Comme la pression qu'on lui fait subir alors est inégale, nous avons cru devoir régulariser l'épreuve en versant la terre liquide dans un moule, la laissant sécher sous une pression de 1 kilogr., et la desséchant ensuite à 100 degrés. Quoique les terres acquièrent une plus grande densité encore, si elles sont corroyées, nous nous en sommes tenus là,

à cause de l'uniformité de préparation que l'on donne ainsi aux terres. Voici les résultats que nous avons obtenus :

	Pesanteur spécifique.	Poids d'un mèt cube.
Glaise sablonneuse du Grand-Serre (Drôme). .	2,47	2103,0
Terre siliceuse ocreuse de Bagnols (Gard). . .	2,56	1838,5
Terre argilo-calcaire de Camargue, dite forte.	2,60	1683,2
Glaise micacée d'Aulas (Gard).	2,45	1661,2
Terre argilo calcaire de Camargue, dite légère.	2,50	1638,6
Terre argilo-calcaire d'Orange (Prébois). . . .	2,50	1509,6
Glaise sablonneuse de la Valoire (Drôme). . .	2,63	1458,5
Loam d'Hoffwyl assez chargé de terreau. . . .	2,32	1404,5
Loam sablonneux de la vallée de Galaure (Drôme).	2,38	1374,6
Terre siliceuse des Arnas (Rhône).	2,60	1370,0
Loam d'Orange riche en terreau (Grenouillet).	2,12	1126,5

Ce tableau prouve bien évidemment que la pesanteur des terres est une propriété toute différente du poids des masses. Mais ces poids ne représentent encore qu'imparfaitement celui des terres dans l'état où elles se trouvent dans les champs. Celui-ci est très variable selon la nature du sol et selon le traitement que le champ a subi. Ainsi la terre est moins dense dans les champs qu'on laboure profondément, elle le devient davantage dans les prairies, plus encore dans les pâturages. Une terre fouillée et chargée sur une voiture pèse moins qu'elle ne le faisait quand elle était tassée avant son extraction. Ainsi nous avons trouvé une terre avant la fouille pesant 1400 kilogr. le mètre cube; un mètre cube chargé sur un tombereau ne pesait plus que 1,120 kilogr.

Le poids d'un volume donné de terre est donc essentiellement variable et doit être déterminé pour chaque cas particulier. Cette conséquence fait comprendre ce que les cultivateurs entendent par une terre pesante, celle qui charge beaucoup les tombereaux et les brouettes : c'est une terre qui se tasse fortement, qui a besoin de nouveaux labours si elle est surprise par les pluies, qui a le défaut d'étouffer la se-

mence en empêchant l'accès de l'air. C'est principalement ce genre de pesanteur qui mérite d'être étudié par les agriculteurs, bien plus que la pesanteur spécifique, qui pour eux est une propriété purement abstraite. Ce sera d'autant plus facile, que la recherche de la ténacité, qui est aussi très importante, exige, comme on le verra, que l'on prépare, par le même procédé, des briquettes semblables à celles qui peuvent servir d'abord pour établir le poids d'un volume de terre, que l'on rapporte ensuite facilement, par le calcul, au mètre cube.

CHAPITRE II.

Tenacité des terres.

SECTION I^{re}. — *Tenacité normale des terres.*

Nous avons vu dans le chapitre précédent ce que les agriculteurs entendaient par une terre pesante : cette propriété est sans rapport avec celle qu'ils désignent par le mot de *terre forte*. La ténacité rendant les travaux plus difficiles, c'est elle qui les frappe le plus, et la division des terres, en fortes et dures, les préoccupe avant tout dans l'examen qu'ils en font. Un coup de bêche leur apprend bientôt ce qu'ils en doivent penser ; mais la connaissance qu'ils acquièrent de la sorte n'est pour eux qu'une comparaison avec d'autres terres qu'ils sont habitués à traiter. Nous verrons dans l'article suivant que cette ténacité est modifiée dans l'état de nature par une foule de circonstances, mais on devait d'abord étudier celle que les différentes terres placées dans des circonstances identiques étaient susceptibles de prendre. C'est ce que nous appellerons la ténacité normale de la terre. Aussi, quand on est obligé de traduire cette intuition en chiffres, quand les ingénieurs, par

exemple, ont à exprimer le plus ou moins de travail, le plus ou moins de frais que coûtera une excavation, proportionnellement à la nature du sol, ils ont recours à des moyens plus positifs pour évaluer sa résistance. C'est le général du génie Vaillant qui a le premier, en 1817, fait des expériences pour créer cette méthode d'évaluation¹. Elle résulte du temps employé par un homme pour fouiller et charger sur une brouette 15,60 mètres cubes de terre. Les terres qui peuvent être chargées sans être fouillées, comme les sables et les terres végétales et calcaires, sont appelées *terres à un homme*, parce qu'un homme suffit pour en charger 15 mètres cubes dans sa journée. Lorsque la dureté de la terre oblige d'employer la pioche, il est nécessaire d'adjoindre un homme au premier, qui mette la terre en état d'être facilement prise à la pelle. Lorsque ce second ouvrier suffit pour que le premier puisse charger sans interruption, la terre est à *deux hommes*; elle est à *un homme et demi*, lorsqu'un piocheur suffit pour faire tête à deux chargeurs; elle est à *trois hommes*, lorsque deux piocheurs sont nécessaires pour que le chargeur puisse travailler constamment; et ainsi de suite.

Pour parvenir à classer le terrain, on prend un homme de confiance, fort et habitué au travail de la terre; on le fait piocher pendant un certain nombre de minutes; cela fait, il charge dans une brouette le travail pioché. On observe le nombre de minutes employées pour chacune de ces opérations, et leur rapport fait connaître le nombre de piocheurs que cette terre exige pour que le chargeur puisse travailler sans interruption. Il suffit d'ajouter 1 à ce rapport pour tenir compte du chargeur, et l'on a en nombre l'expression de la nature du terrain. En effet, si le rapport est égal à l'unité, c'est-à-dire si le piocheur a employé le même temps que le chargeur, cela indique que ce chargeur ne pourra travailler sans interruption

(1) *Annales des ponts et chaussées*, 1832, 2^e semestre, p. 281.

qu'autant qu'il sera constamment aidé par le piocheur; par conséquent, ces deux ouvriers ne peuvent déblayer que 15 mètres cubes de cette espèce de terre en une journée. Donc cette terre est à deux hommes.

Soient donc a le temps ou le nombre de minutes employées par le piocheur, et b le temps employé par le chargeur; $\frac{a}{b}$ indique le nombre de piocheurs nécessaires à un chargeur et $\frac{a+b}{b}$ indique la nature de la terre. Ainsi le piocheur ayant travaillé pendant 8 minutes et le chargeur pendant 4, nous aurons pour expression de la terre $\frac{8+4}{4} = 1,5$; la terre est donc à un homme et demi. Cette formule n'est pas applicable dans le cas où la terre n'a pas besoin d'être fouillée; elle est alors évidemment à un homme.

Cette méthode, usitée dans les travaux publics, pourrait l'être aussi avec avantage dans l'agriculture. Elle offrirait un degré de précision assez grand, surtout si l'on voulait s'en servir seulement pour classer le degré de ténacité du sol; car dans la pratique agricole, on exécuterait le travail d'une manière plus expéditive, dans la plupart des terres franches, en se servant de la bêche qui déblaie et charge à la fois, qu'en se servant simultanément de la pioche et de la pelle. Dans tous les cas, il faudrait avoir soin de n'employer ce procédé de classement des terres que dans des circonstances identiques relativement à la sécheresse des terrains et à leur état de tassement. Mais c'est la difficulté de rencontrer cette identité parfaite qui a fait penser à apprécier la ténacité des terres par d'autres méthodes qui en soient indépendantes.

Pour déterminer cette propriété, M. Payen se borne à former avec la terre mouillée une boule de 30 millimètres de diamètre, à la laisser sécher au soleil ou sur un poêle et à la

presser ensuite avec les doigts ; si elle provient de sols sablonneux et peu tenaces, elle s'écrase sous une faible pression et même spontanément par son propre poids ; les bonnes terres arables exigent un certain effort pour être brisées ; les glaises, les terres argileuses tenaces exigent le choc d'un corps dur, et forment des fragments que la pression des doigts ne peut écraser.

Mais la méthode employée par Schübler a plus de précision ; voici de quelle manière nous avons modifié son procédé : on humecte la terre de manière à la réduire en pâte délayée, mais cependant encore assez liée pour que les éléments divers ne se séparent pas ; on la coule dans des moules quadrangulaires ; on la charge de 1 kilogr. de poids ; quand toute l'eau s'est écoulée et que la terre a repris sa solidité, on la retire du moule et l'on fait sécher le prisme que l'on a obtenu. Quand il ne perd plus rien à l'étuve, on le pose sur deux supports éloignés de 40 millimètres, et, par un point également éloigné des deux supports, on fait passer un cordon qui soutient un vase en entonnoir. On verse lentement et sans secousse dans ce vase un petit plomb de chasse, jusqu'à ce que le prisme se rompe. Alors on pèse le vase et le plomb et l'on trouve ainsi le poids qui a déterminé la rupture. On mesure la surface de rupture, on la rapporte, par le calcul, à une surface normale de 15 millimètres de côté (225 millimètres carrés), et l'on obtient ainsi la ténacité de la terre.

Exemple : Un prisme présentant une surface de rupture de 19 millim. carrés sur 18 de côté, c'est-à-dire de 342 millim. carrés, a supporté 7,150 grammes : quelle est la ténacité de la terre ? Je fais la proportion $342 : 225 :: 7150 : x = 4701$. C'est une terre très forte.

Dans les expériences de Schübler, ses terres étaient pétries et corroyées en les mettant dans le moule ; cette préparation donne aux terres ordinaires une ténacité qui surpasse envi-

ron de moitié la ténacité des terres coulées liquides dans le moule et se solidifiant sous un poids de 1 kilogr. La ténacité obtenue par ce dernier moyen est beaucoup plus en rapport avec celle que prennent naturellement les terres dans les champs : aussi ce moyen doit être préféré.

Voici les résultats que Schübler a obtenus sur ses terres d'essai corroyées :

Sable siliceux.	0,00	Glaise grasse.	12,53
Sable calcaire.	0,00	Terre argileuse.	15,17
Terre calcaire fine. . . .	1,00	Argile pure.	18,22
Gypse.	1,33	Terre de jardin.	1,28
Terreau.	1,58	Terre d'Hoffwil.	6,01
Magnésie carbonatée. . .	2,09 ¹	Terre du Jura.	4,01
Glaise maigre.	10,44		

Il ne faut pas se dissimuler pourtant que ce genre d'expérience ne présente jamais de résultats rigoureux, à cause des différences de composition que peuvent offrir les prismes. Les uns peuvent contenir quelques grains de sable qui hâtent la rupture, tandis que d'autres sont composés d'éléments plus homogènes. Nous avons fait jadis des expériences pour avoir une juste idée des différences de ténacité que pouvaient présenter les mêmes terres. En voici le tableau :

	Maximum.	Minimum.	Rapport du minimum au maximum.
Bolbine d'Auch.	35083	29083	0,83
Terre d'Orange.	49770	40970	0,86
Terre de Tarascon. . . .	49353	37024	0,75
Terre d'Hoffwil ²	31571	29696	0,94

(1) Bürger, *Cours d'économie rurale* (magnésie, § 16), fait observer que Schübler doit avoir commis une erreur en attribuant au carbonate de magnésie une plus grande ténacité qu'à la terre calcaire; il a éprouvé qu'un cylindre de magnésie se brisait très facilement, tandis que la rupture d'un pareil cylindre de terre calcaire demandait une force considérable. Cette observation me paraît juste.

(2) La nature de ces terres est décrite dans notre mémoire sur la garance, inséré dans le deuxième volume de nos *Mémoires d'agriculture*. Ces expériences ont été faites, les terres étant corroyées.

On voit que la plus grande différence est de $\frac{1}{4}$ du poids de rupture, et que souvent elle est beaucoup moindre. L'écart le plus considérable se manifeste dans les terres qui ont beaucoup de sable, se répartissant inégalement dans les prismes ; mais si grande que soit cette différence elle est encore une indication beaucoup plus parfaite que les moyens empiriques que l'on a indiqués.

La tenacité dépend du degré d'atténuation des parcelles de la terre et de la forme de ces parcelles qui influe sur leur disposition à entrer en contact, autant que de la nature elle-même de ces parcelles. Elle résulte donc de causes compliquées dont l'analyse ne rendrait pas compte, et qui peuvent seulement être indiquées par l'expérience directe.

SECTION II. — *Cohésion des terres humides.*

Si la tenacité des terres est très importante pour évaluer le travail dans les terrains secs, leur plasticité, ou la force de cohésion avec laquelle elles s'attachent aux instruments lorsqu'elles sont humides, n'est pas d'une importance moins essentielle.

Pour mesurer cette force, on prend un disque de bois de hêtre d'un décimètre carré, on le met en contact parfait avec la terre complètement humide (celle qui ne laisse plus filtrer d'eau). Ce disque est attaché à un des fléaux d'une balance ; on équilibre ce disque avec le bassin opposé, l'on charge ensuite le bassin de grains de plomb versés sans secousse, et quand l'adhésion est rompue, on pèse le plomb, dont le poids représente la force employée pour vaincre la cohésion.

Si l'on répète l'expérience avec un disque de fer, on trouve la plasticité moindre dans une proportion qui se rapproche de $\frac{1}{10}$. C'est ce qui motive la préférence des instruments de fer sur ceux de bois, surtout dans les terres humides. Voici le ré-

sultat des expériences de Schübler sur les espèces décrites plus haut :

Sable siliceux	0,19	Glaise grasse	0,52
Sable calcaire	0,20	Terre argileuse	0,86
Terre calcaire	0,71	Argile pure	1,32
Gypse	0,53	Terre de jardin	0,34
Magnésie	0,42	Terre d'Hoffwil	0,28
Glaise maigre	0,40	Terre du Jura	0,27

SECTION III. — *Tenacité variable des terres.*

Si, au lieu de considérer la tenacité et la cohésion relativement à plusieurs espèces différentes de terre, nous cherchons à constater les modifications qu'éprouvent ces propriétés normales dans une même terre, selon les circonstances diverses auxquelles elle a été soumise, nous trouverons qu'en effet, les labours qui ont précédé l'épreuve, le tassement que la terre a éprouvé soit d'une jachère prolongée, soit du piétinement des animaux qui y ont pâturé; que l'état d'humidité plus ou moins grand où elle se trouve, modifient profondément sa tenacité et sa cohésion et que l'étude de ces variations conduit surtout à assigner les moments où la culture est le plus favorable et à connaître, par conséquent, et les forces à employer pour cette culture, et le nombre de jours où elle est possible dans chaque saison, si cette observation a été régulièrement prolongée sur chaque nature de terres pendant plusieurs années : connaissance qui peut devenir la base des calculs économiques les plus importants. Nous donnons à cette propriété variable des sols le nom de *résistance aux instruments*.

Si l'on veut s'assurer seulement de l'état actuel de la terre, on éprouve la résistance en laissant tomber bien verticalement d'un mètre de haut, une bêche pesante 2^k,75. Nous avons trouvé que dans une terre marneuse durcie et piétinée, elle pénètre de 30 millimètres.

La terre étant parfaitement propre à la culture, c'est-à-dire pour les terres sablonneuses qui ne s'attachent pas aux instruments et pour les glaises et les marnes formant des mottes qui, lancées avec force sur la terre, se brisent en menus morceaux et ne forment pas un corps pâteux et cohérent, la bêche s'est enfoncée de 59 millimètres. Pour obtenir l'entier enfoncement du fer de la bêche dans le sol, fer qui avait 27 centimètres de longueur, il a fallu faire tomber sur sa tête, et de 5 mètres de hauteur, un poids de 3^k,75.

Après une pluie abondante qui avait trempé le sol, la bêche dynamométrique s'est enfoncée de 80 millimètres.

Si l'on faisait tomber la bêche de moins de 1 mètre de hauteur, de $\frac{1}{2}$ mètre par exemple, on obtiendrait un enfoncement un peu plus que moitié de celui obtenu en la faisant tomber de 1 mètre; si elle tombe de 2 mètres, on a moins que le double de cet enfoncement.

Nous aurons occasion de reprendre toutes ces données quand nous traiterons de la bêche dans la mécanique; quant à présent, il nous suffira d'indiquer le moyen que nous venons de décrire comme le plus convenable pour déterminer la résistance variable des terres, et si la bêche dynamométrique est ramenée partout au même poids de 2^k,75 que nous avons indiqué, les résultats seront comparables entre eux et avec ceux que l'on pourra obtenir ailleurs; on se bornera alors à dire que la terre offre une résistance de 30, de 59, de 80 millimètres.

L'état de la terre le plus favorable au travail ne donnera pas la même résistance dans toutes les natures de terres. Ainsi nous trouvons une faible résistance dans les terres sablonneuses, et qui varie peu par les variations hygrométriques du sol; mais si le sable quartzeux n'est pas bien pur, qu'il s'y mêle une certaine dose d'argile, la résistance devient plus sensible.

La résistance dans les terres calcaires augmente par le tassement du sol, et peut devenir très grande, s'il a été longtemps

inculte. Elle est toujours forte dans les terres argileuses.

Dans les terres graveleuses l'expérience ne peut avoir lieu avec la bêche dynamométrique. On se sert alors d'une fourche à trois dents du même poids que la bêche et dont les dents terminées d'ailleurs en pointes peu aiguisées ont 3 centimètres de côté. Nos expériences nous ont prouvé que l'enfoncement de la fourche était à celui de la bêche comme 10 : 7. Ainsi les forces qui produiront un enfoncement égal avec ces deux instruments seront en raison inverse de ce rapport.

CHAPITRE III.

Hygroscopicité des terres.

SECTION I^{re}. — *Moyens de reconnaître l'hygroscopicité d'une terre.*

Nous entendons par hygroscopicité d'une terre, la quantité d'eau qu'elle peut retenir entre ses molécules, sans la laisser égoutter, après en avoir été saturée. Pour constater cette propriété, on prend 20 grammes de terre desséchée à l'étuve ; on les verse dans un filtre de papier joseph, placé dans un entonnoir de verre ; on les sature d'eau ; on laisse filtrer, et quand les gouttes ont cessé de tomber, on pèse le filtre avec son contenu. On retranche de ce poids celui du filtre mouillé, puis les 20 grammes, poids de la terre sèche, et le reste est la quantité d'eau retenue.

Ainsi, l'on a pour le poids de la terre. . .	200
Pour celui du filtre mouillé.	50
	250
Terre saturée d'eau et filtre mouillé. . . .	350
Quantité d'eau absorbée.	100
ou 0,50 du poids de la terre.	

D'après Schübler, voici dans quelles proportions les diverses terres élémentaires retiennent l'eau :

	Eau pour 100 parties de terre.		Eau pour 100 parties de terre.
Sable siliceux.	25	Terre calcaire fine. . . .	85
Gypse.	27	Terreaux.	1,90
Sable calcaire.	29	Magnésie.	4,56
Glaise maigre.	40	Terre de jardin.	89
Glaise grasse.	50	Terre arable d'Hoffwil. .	52
Terre argileuse.	60	Terre arable du Jura. . .	48
Argile pure.	70		

Si nous étudions cette propriété sur un grand nombre de terres, nous ne tardons pas à rencontrer des difficultés de plus d'un genre. Une terre fortement fumée, contenant beaucoup de détritux animaux et végétaux, une hygroscopicité beaucoup plus grande que celle de même nature qui n'a pas reçu d'engrais ; nous avons trouvé un limon de la vallée de Galaure ayant, dans le même champ, avec la même composition minérale, 49 et 34 d'hygroscopicité ; c'est qu'une partie du champ avait été écobuée, et que son argile était passée à l'état de brique. La faculté de retenir l'eau varie donc selon beaucoup de circonstances et surtout selon l'état plus ou moins grand d'amaigrissement d'un champ.

On a souvent donné l'hygroscopicité d'une terre comme un caractère propre à indiquer sa valeur ; mais cette valeur résulte d'une bien plus grande complication de données ; et par là non-seulement je veux parler de la valeur positive d'une terre, mais aussi de sa valeur relative. Ainsi une terre qui, par sa composition, aura une grande hygroscopicité, pourra être inférieure à une autre où cette propriété sera plus faible, si la première est dans un climat humide, si le sous-sol imperméable est placé à peu de profondeur, si elle est sur un plan horizontal ne donnant pas de pente à l'eau, et qu'elle constitue le fond d'un bassin où les eaux se rendent de toutes parts,

tandis que la seconde sera placée dans des circonstances plus favorables.

Les cinq terres suivantes ont une valeur locative de 150 fr. l'hectare.

	Hygroscopicité.		Hygroscopicité.
Le Bordelet...	0,40	Le Vistre (Nîmes)...	0,475
La Piboulette...	0,47	Le Thor (Vaucluse)...	0,55
Anduze (alluvion)...	0,45		

La sixième n'a qu'une valeur de 70 fr. l'hectare.

Le Prébois (Orange). . . 0,49

Elle a cependant plus d'hygroscopicité que la plupart des précédentes; elle est de formation paludienne, comme celle de Thor, et comme elle abondante en calcaire et propre à la garrigue; que lui manque-t-il donc pour avoir la même valeur? L'épaisseur de son sol et un sous-sol perméable.

SECTION II. — *Fraîcheur de la terre (hygroscopicité variable).*

Nous avons cru devoir désigner par le mot de *fraîcheur de la terre*, cet état où elle n'est ni trop humide, ni trop sèche, mais où elle conserve en toute saison la quantité d'eau convenable pour que la végétation y ait lieu d'une manière continue; faute d'un autre mot français qui indique rigoureusement cet état, nous avons adopté celui dont se servent nos cultivateurs.

Un terrain, quoique très hygroscopique, peut n'être pas frais; il peut être humide, quoique retenant peu d'eau. Cela ne dépend pas de ce que sa faculté de filtration est plus ou moins grande, car cette propriété, que l'on a voulu examiner à part, se confond avec l'hygroscopicité et est précisément en raison inverse de celle-ci; mais cela tient plutôt à la profondeur de la couche perméable du terrain, à ses pentes, à sa situation à l'égard des terrains environnants, et enfin à l'état

météorologique de la contrée. Qui n'a vu des champs sablonneux couverts de jones et de laïches? qui n'a vu des champs argileux couverts de labiées? Ainsi les expériences de laboratoire ne peuvent fournir aucun indice certain de l'état du terrain relativement à l'humidité. Mais ne serait-il pas possible d'obtenir une synthèse de toutes les circonstances qui font varier l'état du terrain, et d'arriver ainsi d'un seul coup à préciser ce que l'on doit entendre par un terrain frais et un terrain sec, et ce que désignent par là les cultivateurs, afin de mettre de plus en plus la langue de la science d'accord avec celle de la pratique?

Pour y parvenir, nous prenons une portion de terre à 33 centimètres de profondeur, nous la pesons immédiatement; on la fait ensuite dessécher dans une étuve à 100 degrés; la différence de poids nous donne la quantité d'eau que contenait la terre. Pour qu'elle soit saine, il faut que, deux ou trois jours après les plus fortes pluies, elle ne renferme pas plus de la moitié de sa capacité hygroscopique d'eau, et qu'au mois d'août, après huit jours de sécheresse, elle en renferme au moins 0,10 de son poids. Les terres qui, à 33 centimètres de profondeur, retiennent habituellement une quantité d'eau s'élevant de 0,15 à 0,23 de leur poids, sont réputées terres fraîches; celles qui retiennent moins de 0,10 sont des terres sèches; au-dessous de cette quantité, l'herbe commence à jaunir.

Pour ne pas être obligé à faire ces essais sur le terrain même et pouvoir les réserver pour le laboratoire, on peut mettre l'échantillon de terre que l'on veut essayer dans un flacon de cristal à large ouverture, bien bouché à l'émeri. Il y conserve son humidité, pourvu qu'on remplisse à peu près le flacon. A la campagne, nous nous servons aussi, pour la dessiccation, d'une large capsule de fer-blanc à double fond; on coule du suif entre les deux fonds, et, en l'échauffant, l'on élève facilement la chaleur de la terre à 100 degrés et plus.

Plus la terre est forte et l'accès de l'air difficile entre ses molécules, et plus la grande quantité d'eau est nuisible. Une terre bien labourée conserve plus longtemps sa fraîcheur dans les couches inférieures; la continuité étant rompue, la capillarité des terres de la surface ne s'exerce pas aux dépens des couches inférieures; elles peuvent être très sèches, et l'intérieur se trouver frais.

Cette recherche de l'état de fraîcheur et de sécheresse des sols rend compte d'une de leurs propriétés les plus importantes, de celle qui constitue une grande partie de leur valeur; on ne saurait donc trop en recommander l'étude aux agronomes.

CHAPITRE IV.

Aptitude des terres à attirer l'humidité de l'atmosphère.

Pour évaluer cette propriété, on étend les terres desséchées sur des plateaux de verre, que l'on recouvre de cloches plongeant dans l'eau par le bas. On pèse les terres après 12, 24, 48, 72 heures. On s'aperçoit alors 1° que l'absorption diminue de vitesse à mesure que les terres se sèchent; 2° qu'elles absorbent plus pendant la nuit que pendant le jour, la température restant égale; 3° que la faculté d'absorption suit le même ordre que l'hygroscopicité, si ce n'est que le terreau a plus d'action sur l'humidité atmosphérique que le carbonate de magnésie, tandis que ce carbonate, complètement imbibé, retient beaucoup plus d'eau entre ses molécules que le terreau. C'est de cette propriété que H. Davy voulait conclure la valeur des terrains, par cette considération que ceux qui en sont le plus doués possèdent le plus de terreau; mais les autres différences de composition minérale rendent le problème tout à

fait indéterminé et sans application possible; d'ailleurs il faudrait encore prendre en considération la nature du terreau que renferme la terre.

Voici quels ont été les résultats des expériences entreprises par Schübler, sur 5 grammes de chaque terre, étendus sur une surface de 36 millimètres de côté :

	a absorbé en 12 heures.	24 heures.	48 heures.	72 heures.
Sable siliceux	0	0	0	0
Sable calcaire	1,0	1,5	1,5	1,5
Gypse.	0,5	0,5	0,5	0,5
Glaise maigre	10,5	13,0	14,0	14,0
Glaise grasse.	12,5	15,0	17,0	17,5
Terre argileuse	15,0	18,0	20,0	20,5
Argile.	18,5	21,0	24,0	24,5
Terre calcaire fine.	13,0	15,5	17,5	17,5
Magnésie.	34,5	38,0	40,0	41,0
Terreau	40,0	48,5	53,5	60,0
Terre de jardin.	17,5	22,5	25,0	26,0
Terre d'Hoffwil	8,0	11,0	11,5	11,5
Terre du Jura	7,0	9,5	10,0	10,0

La grande proportion d'eau que prend le terreau et la continuité de son absorption rendent raison du gonflement des tourbes lorsque l'atmosphère se maintient pendant quelques jours dans un grand état d'humidité.

CHAPITRE V.

Aptitude des terres à se sécher.

Les expériences faites pour constater l'aptitude des terres mouillées à se sécher à l'air, ont prouvé qu'elles suivent à peu près l'ordre inverse de leur hygroscopicité; ainsi, pour des sols semblablement situés, ce serait bien la mesure de cette dernière propriété qui serait aussi celle par laquelle on reconnaîtrait la disposition des terrains à être secs.

Pour l'évaluer, Schübler prenait des disques de fer-blanc de 73 centimètres carrés, parfaitement ronds, plats et munis d'un rebord. Il attachait ces disques au fléau d'une balance sensible, et y répandait avec égalité la terre à examiner dans son état de complète humidité (telle qu'elle est quand elle a cessé de filtrer); il notait le poids du disque humide et laissait évaporer pendant quatre heures, dans un appartement fermé, à la température de $18^{\circ},75$ centigrades; il notait alors le nouveau poids et avait ainsi la quantité d'eau évaporée. Enfin il faisait dessécher entièrement la terre et obtenait ainsi la quantité d'eau qu'elle contenait avant l'expérience. Il réduisait ensuite, pour le total, la quantité d'eau en centièmes.

EXEMPLE :

PREMIÈRE PESÉE.		SECONDE PESÉE.	
Poids de la terre humide.	310	Poids de la terre humide.	310
Poids de la terre après 4 heures.	<u>260</u>	Poids de la terre sèche. . .	<u>200</u>
Poids de l'eau évaporée. .	50	Poids total de l'eau. . . .	110

Il faisait alors la proportion $110 : 50 :: 100 : x = 44,5$.

Cette terre évaporait donc 44,5 de l'eau qu'elle contenait.

Voici les résultats qu'il obtenait.

Sur 100 parties d'eau, en 4 heures il s'évapore :		Sur 100 parties d'eau, en 4 heures il s'évapore :	
Sable siliceux	88,4	Carbonate de chaux. .	28,9
Sable calcaire	75,9	Terreau	20,5
Gypse.	71,7	Magnésie.	10,8
Glaise maigre.	52,0	Terre de jardin. . . .	24,3
Glaise grasse.	45,7	Terre d'Hoffwil. . . .	32,0
Terre argileuse. . . .	34,6	Terre du Jura	40,1
Argile pure.	31,9		

Ces chiffres présentent les facultés relatives d'évaporation de ces terres, mais ils n'ont rien d'absolu et de comparable dans d'autres circonstances, parce que l'auteur n'a pas indiqué l'état hygrométrique de l'air pendant ses expériences, et qu'il est difficile de se procurer une température exacte de $18,7$. Pen-

dant longtemps, nous avons fait nos expériences dans l'air d'une étuve à 30 degrés, et en ayant soin de le dessécher par le chlorure de calcium. Cette méthode est plus exacte; elle l'est suffisamment pour les besoins de la pratique, mais elle n'a pas encore le degré de précision que l'on exigerait dans une opération physique, et que l'on n'obtiendrait que par le vide sec dans une température donnée. Enfin nous avons aussi opéré sans tenir compte de la température et de l'humidité de l'air, en comparant seulement l'évaporation de l'eau et celle de la terre. Voici la méthode que nous avons suivie. On place la terre de la manière indiquée sur des disques attachés au fléau d'une balance sensible; les disques dont nous nous servons sont de verre et non de fer-blanc, ces derniers s'oxydant trop facilement. On place l'appareil dans un appartement bien fermé, à côté d'un vase évaporatoire contenant de l'eau au degré de température de l'appartement; ce vase est construit de manière à pouvoir marquer les dixièmes de millimètres d'évaporation. Au bout de quatre heures, on note l'évaporation de la terre et l'évaporation de l'eau; on réduit cette dernière en poids; le rapport de ces deux évaporations ramenées à des surfaces égales, indique la faculté que possède chaque terre d'abandonner l'eau dont elle est chargée.

Voici la construction du vase évaporatoire. On a un bassin carré de fer-blanc ou de cuivre de 332 millimètres de côté (110,224 millimètres carrés) et de 5 centimètres de profondeur; on se procure ensuite un tube de verre gradué, fermé par un bout, dont la surface de la section intérieure soit de 10,000 millimètres carrés (c'est-à-dire qui ait 354^{millim.}, 5 de diamètre⁽¹⁾); ce tube est percé à 45 millimètres du fond par un petit trou rond de 3 millimètres de diamètre. Quand il est placé dans le vase évaporatoire, celui-ci n'a plus que 100,000 millimètres de

(1) On y supplée plus exactement par un prisme de fer-blanc muni d'une glace sur un côté.

surface d'évaporation, et le tube a le dixième de cette surface ; si nous le remplissons d'eau en le plaçant dans le vase, dès que l'évaporation atteindra le trou latéral qui doit affleurer la surface de l'eau du vase, celle qu'il contient s'écoulera du tube dans le vase pour le maintenir de niveau, et elle descendra de 10 millimètres dans le tube par chaque millimètre de diminution du vase.

N'ayant pas à notre disposition des substances identiquement les mêmes que celles dont s'est servi Schübler, nous ne pouvons établir de comparaison ; mais il résulte de nos expériences que l'évaporation de la terre est d'autant plus rapide par rapport à celle de l'eau que cette terre est plus complètement imbibée. C'est ce qu'avait déjà constaté M. de Saussure. Au reste, les terres élémentaires, telles que nous les examinons, gardaient bien entre elles, sinon les mêmes rapports numériques, au moins le même rang que chez Schübler.

CHAPITRE VI.

Diminution du volume des terres par la dessiccation.

Tout le monde sait que si l'on expose à un feu violent un morceau d'argile, il diminue sensiblement de volume, au point que l'on a pu fonder sur cette propriété une méthode pour mesurer les températures élevées. Le pyromètre de Wedgwood consiste dans la mesure des degrés de cette diminution de volume, ou *retrait*, diminution que l'on suppose proportionnelle à la chaleur éprouvée. Mais le retrait existe déjà quand la terre éprouve une chaleur beaucoup moins forte, et dès qu'elle se dessèche. Qui n'a pas observé, dans l'été, les larges crevasses qui se forment dans les terres argileuses par

l'effet de ce retrait? Il est certain que les racines des plantes qui se rencontrent dans la direction de ces crevasses sont brisées ; mais, tout fâcheux qu'il est, cet effet ne serait pas très nuisible sur les plantes annuelles, les prismes qui se forment étant généralement étendus. L'effet à craindre et qui se réalise surtout dans les contrées du Midi, c'est la contraction, le resserrement de la masse sur son centre, c'est la pression exercée contre les racines, qui les étranglent, arrêtent ou gênent la circulation, et rendent la plante chétive et malade.

Il y a deux moyens de mesurer cette propriété; le premier consiste à juger de l'extension que prennent les terres sèches, et Barthès avait proposé pour cela un instrument qu'il appelait *extensimètre*, dont nous avons la mention et non la description¹. Le second, employé par Schübler, consiste à former des prismes carrés, de dimension convenue et également humides, de les faire dessécher à une température donnée et de les mesurer de nouveau quand ils ne perdent plus de leur poids. C'est ainsi qu'il a jugé qu'à 18 degrés, et après plusieurs semaines de dessiccation, les terres sur lesquelles il expérimentait se réduisaient de la manière suivante :

1000 parties perdent de leur volume.		1000 parties perdent de leur volume.	
Carbonate de chaux.	50	Magnésie.	154
Glaire maigre.	60	Terreau.	200
Glaire grasse.	89	Terre de jardin.	149
Terre argileuse.	114	Terre d'Hoffwyl.	120
Argile pure.	183	Terre du Jura.	95

Les sables siliceux, calcaires, et le gypse, ne changent pas sensiblement de volume.

L'extrême retrait du terreau explique le boursofflement des terrains tourbeux dans les temps humides, et leur abaissement par la sécheresse. Ils perdent alors un cinquième de leur volume.

(1) Olivier de Serres, édit. de la Société d'agriculture, t. I, p. 61.

On voit aussi que le retrait n'est pas proportionné à la faculté de retenir l'eau, car la chaux a peu de retrait, quoiqu'elle retienne plus d'eau que l'argile; il dépend du nouvel arrangement de molécules, qui est spécial pour chaque nature de sol, et qui, dans les mélanges aussi, agit d'une manière particulière. Nous avons vu que c'est à cette différence de retrait entre les parties argileuses et calcaires que tient surtout la pulvérisation de la marne.

Au reste, ce que nous venons de dire suffit pour faire apprécier le *criterium* tant recommandé par les anciens agronomes pour juger des qualités d'une terre. Ils faisaient une fosse et la remplissaient de nouveau de la terre qu'ils en avaient tirée; ils pensaient que s'il restait de la terre, c'était une marque d'un bon terrain, mais qu'il était mauvais s'il en manquait pour combler la fosse. Qui ne voit que le fond du terrain étant plus tassé que le dessus, et que ne l'est la terre que l'on remet dans la fosse, il en reste toujours dans tous les cas. Mais si le fond du terrain est humide et qu'on laisse à la terre extraite le temps de se sécher, il pourra en manquer, et qu'au contraire il pourra en rester beaucoup, si, le fond étant sec, la terre reste exposée à l'humidité, et qu'elle contienne beaucoup de terreau et d'argile. On juge donc par là bien plutôt de l'état de sécheresse et d'humidité des couches inférieures que de toute autre chose.

CHAPITRE VII.

Absorption de l'oxygène par les terres.

On connaît les expériences de Th. de Saussure sur l'absorption des gaz par le terreau; M. de Humboldt les a étendues aux terres¹. Schübler avait soumis cette propriété à de nouvel-

(1) *Annales de Gilbert*, t. I, p. 512, 1^{re} série.

les expériences; il mettait 54^{gr.},253 de chacune de ses terres à l'état parfaitement sec et parfaitement humide, dans des flacons de verre bouchés à l'émeri et renversés sous l'eau; après un certain espace de temps, il analysait l'air des flacons.

L'absorption à l'état sec était nulle pour toutes les terres; à l'état humide, il a trouvé les résultats suivants: sur 54^{gr.},253 de terre humide en contact avec 297 centimètres cubes d'air, les substances qu'on va énumérer ont absorbé en 30 jours les quantités d'oxygène suivantes:

Absorption d'oxygène en poids pour 100 du poids de la terre.		Absorption d'oxygène en poids pour 100 du poids de la terre.	
Sable siliceux	1,6	Terre calcaire	10,8
Sable calcaire	5,6	Terreau	20,3
Gypse.	2,7	Magnésie.	17,0
Glaise maigre.	9,3	Terre de jardin. . . .	18,0
Glaise grasse.	11,0	Terre d'Hoffwyl. . . .	16,2
Argile pure.	15,3	Terre du Jura	15,0

Le terreau est de toutes ces substances celle qui absorbe le plus d'oxygène dont il forme de l'acide carbonique et la seule, avec le fer et ses oxydes, qui exerce sur lui une réaction chimique. Si le terreau est complètement recouvert d'eau, il devient noir et se change en terreau carbonisé insoluble, qu'on trouve dans toutes les terres paludiennes, et en mélange avec les tourbes.

Quant aux autres terres, elles se bornent à absorber l'oxygène sans se combiner avec lui, car, si on les dessèche ensuite à une température un peu élevée, elles redeviennent capables d'absorber les mêmes quantités d'oxygène.

L'absorption a lieu aussi quand les terres sont complètement recouvertes d'une couche d'eau; l'eau seule, sans terre, n'absorbe que des quantités très petites de gaz.

La chaleur augmente la faculté d'absorption des terres; les terres gelées n'ont presque aucune action absorbante. Le fer s'oxyde rapidement quand il est humecté, et ses oxydes sont sujets à passer sous l'eau à un degré plus avancé d'oxydation.

Ainsi les terres humides ne sont aptes à se combiner avec l'oxygène de l'atmosphère qu'autant qu'elles contiennent du terreau et du fer; le terreau combiné avec l'oxygène produit immédiatement du gaz acide carbonique, propre à passer dans la végétation; le fer s'en empare et le conserve. Les autres terres le gardent en réserve et ne le rendent que par leur dessiccation; alors s'exhale de la terre humide un air fortement oxygéné, dont on connaît l'action énergique sur la végétation et surtout sur la germination des semences.

CHAPITRE VIII.

Conductibilité du calorique.

Les expériences de Schübler sur la propriété conductrice des terres manquent de cette rigueur qui pourrait les rendre comparables; Schübler expérimentait sur des terres chauffées à 62°,5 dans des vases de 594 centimètres cubes de capacité; il y plongeait des thermomètres et observait le temps que chacune d'elles mettait à se refroidir à 21°,2, la température de l'atmosphère étant à 16°,2. Voici ses résultats : 594 centimètres cubes des terres suivantes passaient de 62°,5 à 21°,2 dans l'espace de temps indiqué ci-après :

Faculté de retenir la chaleur p. 100 en poids.			Faculté de retenir la chaleur p. 100 en poids.		
Sable calcaire. . .	3 ^b 30	100,0	Terre calcaire. . .	2 ^b 10	61,8
Sable siliceux. . .	3 27	95,6	Terreau.	1 43	49,0
Gypse.	2 34	73,2	Magnésie.	1 20	38,0
Glaise maigre. . .	2 41	76,9	Terre de jardin. .	2 16	64,8
Glaise grasse. . .	2 30	71,1	Terre d'Hoffwyl. .	2 27	70,1
Terre argileuse. .	2 24	68,4	Terre du Jura. . .	2 36	74,3
Argile pure. . . .	2 19	66,7			

La faculté de retenir le calorique est, dans les terres, en rap-

port direct avec leur pesanteur spécifique, si nous comparons des volumes égaux ; de sorte qu'une pesanteur spécifique élevée dénote toujours une grande faculté de retenir la chaleur ; cette faculté est aussi en raison de la grosseur des particules. Une terre couverte de cailloux siliceux perd plus lentement son calorique qu'un sable siliceux, ce qui rend les terres caillouteuses propres à mûrir plus complètement certaines récoltes, par exemple le raisin. Les terrains crayeux, argileux et tourbeux, se refroidissent avec rapidité.

CHAPITRE IX.

Échauffement des terres par la chaleur lumineuse.

Cette propriété est une des plus importantes en agriculture, mais elle dépend d'un grand nombre de circonstances qu'il faut savoir isoler : 1° de la couleur de la surface du sol ; 2° de la composition minérale du terrain ; 3° d'autres circonstances tenant à la disposition générale du sol, telles que son inclinaison, et que nous examinerons plus loin. Dans chaque climat, cet échauffement dépend, de plus, de la nébulosité du ciel, mais ceci est une considération que nous réserverons pour la météorologie agricole.

SECTION I^{re}. — Couleur de la surface du sol.

La couleur du sol est la circonstance principale à examiner pour juger de sa faculté d'échauffement ; elle fait varier considérablement la chaleur reçue par la terre. Dans une expérience, l'argile teinte en blanc marquait 41°,25 ; la même argile teinte en noir avait une température de 48°,88, celle de

l'air étant de 25 degrés. Le soleil échauffait donc la première de ces terres de 16°, 25, et la seconde de 23°, 88.

Quand les terres blanches sont des glaises, comme elles retiennent beaucoup d'eau, on peut attribuer le retard de leur végétation à leur humidité. Mais quel est le cultivateur du midi qui n'a pu comparer le degré d'avancement des récoltes des terroirs calcaires rougeâtres avec celui des terres blanches de même nature, l'humidité des deux terres étant égale d'ailleurs? Qui ne sait combien les vins des terrains blancs sont moins spiritueux que ceux des terrains colorés? Dans le nord, les terrains blancs sont exclusivement consacrés à la culture des raisins blancs. M. Creuzé-Latouche, qui a fait une étude approfondie des vignobles des bords de la Loire, confirme ce résultat général. « J'avais observé, dit-il, que les coteaux du Cher, de la Creuse, de l'Indre, depuis Châtellerault jusqu'à l'embouchure de cette rivière dans la Loire, et jusqu'aux environs de Tours et de Saumur, avaient toujours pour base une espèce particulière de pierre calcaire blanche, tendre, poreuse, généralement répandue dans toutes ces contrées. On voit sur ces coteaux des intervalles plus ou moins longs où la substance calcaire se trouve à une plus grande profondeur sous la terre végétale; cette terre n'est plus blanche, sa couleur est assez ordinairement nuancée de jaune et de rouge. C'est par ces indications que peuvent se distinguer très aisément dans ces contrées les terres à vins rouges et celles à vins blancs. Quelquefois les veines rouges et blanches alternent de proche en proche, et alors on voit des vignobles à vins rouges et des vignobles à vins blancs également alternés; tel sont les environs de Tours et les coteaux de la Vienne. Ailleurs on ne voit que des terres blanches, et tel est l'aspect que présentent constamment les coteaux de Saumur, sur cette même pierre calcaire où l'on ne récolte le plus communément que des vins blancs. Mais, dans d'autres parties de ce même banc calcaire, où l'on cultive indistinctement des rai-

sins noirs et des raisins blancs sur la terre blanche, il est constant que les vins rouges qui s'y récoltent sont petits, faibles, décolorés, de peu de durée, et dans le même état d'infériorité et d'imperfection que les vins rouges du département de la Marne. Les vins rouges, au contraire, qui, dans d'autres parties de ces mêmes cantons, et souvent dans le même domaine, se récoltent sur la terre rouge ou rougeâtre, ont une intensité de couleur, une fermeté et une qualité tout opposée¹. »

L'expérience en grand confirme donc complètement l'expérience en petit, et ce n'est pas seulement sur la vigne que cet effet se remarque: quoique les blés, les fourrages, en gazonnant la terre, la préservent en partie du contact des rayons solaires, ils ne la couvrent pas tellement que l'effet de la coloration ne se fasse sentir, surtout au premier printemps, quand l'herbe est encore peu épaisse. D'ailleurs on doit compter pour beaucoup, dans l'élévation de la température d'un pays, le rayonnement nocturne des terres colorées en jachère et en état de culture, échauffées pendant le jour. Cet effet local se manifeste très clairement, et nous aurons occasion d'en parler ailleurs.

Cette question de la coloration du terrain amène celle de la coloration des murs en noir. Doit-on les maintenir blancs ou les colorer en noir? Dans le premier cas, le mur n'absorbe pas la chaleur solaire, mais la reflète sur l'espalier; dans le second, le mur absorbe la chaleur solaire et la rayonne pendant la nuit. Ainsi, d'un côté, on constitue un climat extrême à l'arbre, de l'autre un climat moyen. Dans les pays froids, où il importe de hâter la maturité par des variations successives de température capables de provoquer le mouvement de la sève, que la chaleur moyenne serait insuffisante à mettre en mouvement, on a adopté généralement les murs blancs. Mais nous pensons que les pays méridionaux reti-

(1) *Mémoires de la Société d'agriculture de la Seine*, t. III, p. 266.

reraient un grand avantage des murs noirs, qui préviendraient l'insolation des fruits et leur départiraient pendant la nuit la chaleur qu'ils auraient absorbée pendant le jour.

On a souvent rappelé l'observation de Saussure, qui a vu les habitants de Chamouni répandre sur leurs champs couverts de neige la poussière de schistes noirâtres pour hâter la fusion de cette neige.

SECTION II. — *Effets de la composition minérale des terrains sur l'échauffement.*

La composition minérale des terrains a des effets beaucoup moins marqués que leur coloration sur leur faculté d'échauffement par les rayons lumineux. On parvient à démêler ce qui lui appartient dans ces effets en exposant les diverses natures de terres au soleil, avec des surfaces noircies par une légère couche de noir de fumée, ou blanchies par une couche également légère de magnésie très fine et très blanche.

	SURFACE		DIFFÉRENCE.
	Blanche.	noire	
Sable de quartz.	43° 25	50° 87	7° 62
Sable calcaire.	43 25	51 12	7 87
Gypse.	43 50	51 25	7 75
Glaise maigre.	42 12	49 50	7 40
Glaise grasse.	42 35	49 75	7 38
Terre argileuse.	41 88	49 12	7 24
Argile.	41 25	48 87	7 62
Terre calcaire.	42 85	50 50	7 65
Magnésie.	42 62	49 62	7 00
Terreau.	42 50	49 38	6 88
Terre de jardin.	42 35	50 25	7 90
Terre d'Hoffwyl.	42 00	50 00	8 00
Terre du Jura.	42 85	50 50	7 65

Ainsi, de la nature de terre la plus susceptible de s'échauffer à celle qui l'est le moins, du gypse blanchi à l'argile blanchie, on ne trouve que la différence de 2°, 35, et du gypse noirci à

l'argile noircie celle de 2°,38, tandis que le changement de couleur du blanc au noir produit une différence presque constante de 7 à 8 degrés. C'est donc principalement à la coloration du sol que l'on doit attribuer son plus ou moins grand échauffement.

SECTION III. — *Humidité.*

L'humidité et la sécheresse du sol influent aussi considérablement sur son échauffement. Les terres gardant leur couleur naturelle à leur surface, voici ce qu'elles acquéraient de chaleur, selon qu'elles étaient sèches ou humides, la température de l'air étant à 25 degrés.

	Terre humide.	Echauffem. solaire.	Terre sèche.	Echauffem. solaire.	Diffé- rence.
Sable de quartz, gris jaunâtre clair	27° 25	12° 25	44° 75	19° 75	7° 50
Sable calcaire gris blanchâtre	37 38	12 38	44 50	19 50	7 12
Gypse gris-blanc clair	36 25	11 25	43 62	18 62	7 37
Glaize maigre jaunâtre	36 75	11 75	44 12	19 12	7 37
Glaize grasse	37 25	12 25	44 50	19 50	7 25
Terre argileuse gris jaunâtre	37 38	12 38	44 62	19 62	7 24
Argile gris bleuâtre	37 50	12 50	45 00	20 00	7 50
Terre calcaire blanche	35 63	10 63	43 00	18 00	7 37
Magnésie blanc de neige	35 13	10 13	42 62	17 62	7 49
Terreau gris-noir	39 75	14 75	47 37	22 37	7 62
Terre de jardin gris-noir clair	37 50	12 50	45 25	20 25	7 75
Terre d'Hoffwyl grise	36 88	11 88	44 25	19 25	7 37
Terre du Jura grise	36 50	11 50	43 75	18 75	7 25

La différence d'échauffement solaire entre les terres humides et les terres sèches est presque constamment de 7 à 8 degrés; elle représente ici l'abaissement de température dû à l'évaporation; elle se maintient jusqu'à ce que les terres soient sèches. On peut conclure de ces expériences que les terres que l'on appelle fraîches sont celles qui ont une couleur peu foncée, une grande faculté de retenir l'eau et qui se dessèchent lentement.

CHAPITRE X.

De l'électricité.

Avant que les physiciens se fussent occupés de l'action de l'électricité dynamique sur les corps, et surtout de ses effets lents et prolongés, on s'était borné à constater que le sable, la chaux, la magnésie, le gypse, le terreau étaient des corps non conducteurs quand ils étaient secs, et que l'argile seule conduisait faiblement l'électricité, ce qui pouvait dépendre de ce qu'elle contenait ordinairement des oxydes de fer et une certaine quantité d'eau.

On s'était assuré de plus, en grattant une terre sèche et en en faisant tomber les particules sur un électromètre de Volta, muni d'un disque, qu'elles causent une divergence de 4 à 5 degrés du côté négatif; la glace agissait en sens contraire et donnait une électricité positive.

On avait aussi essayé les effets de l'électrisation du sol sur la végétation.

Berthollet, Gardini, Igenhouz, du Carmoy, Gasc, Dupetit-Thouars, avaient dirigé sur ce point de nombreuses expériences, dont les résultats étaient contradictoires, et si l'on ne pouvait pas mettre en doute l'accroissement considérable des plantes après les pluies d'orage, tout ce que nous savons de la composition de ces pluies, de l'acide nitrique et de l'ammoniaque qu'elles contiennent, nous mettrait en garde aujourd'hui contre des conclusions précipitées, qui attribueraient cet effet au fluide électrique.

Depuis que l'action universelle de l'électricité a été mieux appréciée, depuis que l'on a pu connaître cette agitation générale qui anime toutes les particules hétérogènes de matière

dès qu'elles sont en contact, et qui tend sans cesse à détruire les composés les moins stables au profit de ceux qui le sont le plus, opérant de nouvelles combinaisons avec les éléments des combinaisons anciennes, on a reconnu que c'était surtout dans le sol lui-même qu'il fallait étudier l'action électrique dans ses rapports avec la végétation.

M. Pellétier¹ a présenté toute une théorie sur ces rapports. « Dans un mélange de silice, d'alumine et de chaux, dit-il, il existe une force qui doit tendre à combiner ces substances. La silice et l'alumine sont, par rapport à la chaux, des corps électro-négatifs, et, en leur présence, la chaux doit prendre une électricité contraire. D'après cela, suivant que les mouvements extérieurs, des causes étrangères placeront les molécules à plus ou moins de distance, les grouperont de diverses manières, il s'établira des piles électriques, les tensions varieront, des décharges auront lieu et la terre se trouvera pour ainsi dire animée. Le fluide électrique qui la parcourra excitera les stomates radicellaires, et l'absorption des fluides propres à la nourriture du végétal aura lieu. Les fibrilles radicellaires, imprégnées d'humidité, deviendront des conducteurs chargés de transmettre l'électricité à la plante, électricité certainement aussi nécessaire à la vie que la lumière et le calorique. »

Plusieurs objections ont été faites à cette théorie, et d'abord la plante n'a nullement besoin de l'électricité étrangère pour son existence; il suffit de connaître les transformations chimiques qui s'opèrent dans son intérieur, la variété des substances nouvelles qui s'y forment, la combinaison des éléments qui y circulent, pour juger que le mouvement électrique n'y manque pas. Il faut observer ensuite que la végétation a lieu sans que plusieurs éléments terreux se trouvent en présence, ce que supposerait la théorie de notre savant confrère, et que, par exemple, celle qui s'effectue dans la fleur de soufre ou le quartz

(1) *Compte rendu de l'Académie des sciences*, 1837, p. 576.

pur ne pourrait exister, si elle tenait aux réactions électriques des matières qui entourent ses racines. Beaucoup de terrains manquent de l'élément calcaire, et le bon effet du mélange des terres s'explique suffisamment par son action chimique et physique sans recourir à des causes qui resteront occultes jusqu'à ce que, par une expérimentation exacte, on les ait séparées de toutes les autres, jusqu'à ce qu'on les ait montrées et mesurées.

L'effet des courants électriques qui existent dans l'intérieur de la terre doit être, au reste, très marquée sur les solutions qui composent le sol, et doit amener des séries continuelles de composition et de décomposition qui rendent libres ou combinent ses éléments de manière à les offrir sous différentes formes à l'action de la végétation.

M. Becquerel a montré¹ que la plupart des séries géologiques renferment des roches perméables à l'eau et offrent ainsi un conducteur aux courants électriques. Si donc, on suppose une vaste étendue de terrain argileux humide, dont une partie renferme du sulfate de chaux et l'autre en soit privée, l'eau chargée de sulfate de chaux réagira sur celle qui n'en renferme pas, de manière à lui céder une portion du composé qu'elle tient en dissolution, et, pendant cette réaction, il y aura un dégagement d'électricité, qui circulera grâce aux matières charbonneuses, au terreau, aux racines décomposées, aux pyrites et autres corps conducteurs que renferme le sol. C'est ce qu'il a démontré au moyen d'expériences faites sur des terrains étendus.

Mais il est aussi un effet électrique que M. Fournet a entrevu², et que MM. Brongniart et Malagutti³ ont soumis à l'expérience, effet dont il faut tenir grand compte et qui met

(1) *Compte rendu*, t. XIX, p. 1052 et suiv.

(2) *Annales de chimie*, mars 1834, p. 225.

(3) *Compte rendu de l'Académie des sciences*, octobre 1841, p. 735 et suiv.

sur la voie de tous les effets qui lui sont analogues ; je veux parler de la décomposition des feldspath et de leur transformation en kaolins. On sait que dans cette opération de la nature, les feldspath, perdant leur alcalis, se réduisent à des silicates d'alumine ; nous avons vu que, selon toutes les apparences, cette action était facilitée, et dans certains cas peut-être complétée par la présence des eaux chargées d'acide carbonique ; mais ce que l'expérience a mis hors de doute, c'est que par l'action lente de l'électricité agissant entre les éléments même du minéral, cette décomposition avait aussi lieu. Elle a pour effet de dégager les alcalis des combinaisons insolubles, et de les rendre solubles et propres à passer dans la végétation. Il est probable que quand on examinera de près les autres matières du sol, on reconnaitra aussi des actions pareilles et qui prendront rang parmi celles dont on doit tenir compte en agriculture. On finira par comprendre aussi l'utilité de certains mélanges de terres dont l'effet est difficile à expliquer par les principes chimiques et physiques isolés des réactions électriques.

TROISIÈME PARTIE.

CIRCONSTANCES QUI MODIFIENT LES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES TERRES.

En traitant des propriétés physiques des terres, nous avons dû faire pressentir souvent que l'état dans lequel leurs éléments se trouvaient quand on les considère, soit isolément, soit les uns à l'égard des autres, amenait de grandes modifications dans ces propriétés. Ainsi, les dimensions des matériaux, leur forme, leur coloration, l'inclinaison du sol, son état d'humidité et de sécheresse, l'effet des météores, de la gelée, le brûlement des terrains et une foule d'autres causes font varier les qualités du sol et doivent être soumis à une appréciation détaillée : c'est le but que nous nous proposons dans cette troisième partie ; elle complètera ce que nous venons de dire, sans avoir l'inconvénient d'interrompre des déductions auxquelles il fallait laisser toute leur simplicité.

CHAPITRE I^{er}.

Examen de l'état des particules du sol.

Quand on examine une terre, telle qu'elle se trouve dans la nature, il est assez difficile de se rendre raison de l'état de ses particules ; on n'y trouve qu'une véritable confusion : les fragments les plus gros mêlés aux plus fins, l'argile confondue avec la terre

calcaire, l'une et l'autre couvrant de leur enduit les faces des cristaux et les fragments les plus caractérisés des minéraux. On ne tarde pas à reconnaître que tout examen sérieux est impossible avant d'avoir séparé les particules selon leur ordre de grandeur et de densité; alors seulement on peut juger de leur nature et de leur figure. Cette séparation se fait au moyen de la lévigation. En recommandant ce procédé, nous ne lui accordons pas le mérite de suppléer à toute autre espèce d'analyse, comme ont voulu le faire quelques auteurs; en effet, la plupart des analyses de Thaër ne sont que des lévigrations qui succèdent à l'action d'un acide faible, destiné à enlever les carbonates; la lévigation toute seule a même été proposée par Cadet de Vaux et par Herpin, comme suffisante pour arriver à la connaissance des terres. Nous en avons dit assez dans la première partie de ce cours pour faire juger de cette assertion. Il faut convenir avec M. Mathieu de Dombasle¹ que le résultat de la lévigation est vague, peu satisfaisant, surtout si l'on ne bannit pas tout arbitraire sur l'époque où doit s'arrêter la précipitation; arbitraire qui rend toute comparaison impossible entre plusieurs essais complètement différents.

SECTION I^{re}. — *Méthode de lévigation.*

1^o On prend une poignée de terre desséchée à 30 ou 40 degrés, on la passe par un crible dont les trous ont 1 millim. et demi de diamètre; tout ce qui reste sur le crible est l'élément pierreux de la terre; on en détermine le poids que l'on compare au poids de la partie qui a passé par le crible.

2^o On prend 20 grammes de la partie criblée, que l'on fait digérer pendant quelques heures dans un vase de verre plein d'eau. Après un temps suffisant pour que l'eau ait pénétré toutes les particules de terre, on agite vivement et circulairement le li-

(1) *Annales de Roville*, t. I, p. 156.

quide avec une tige de verre ; quand on a obtenu le maximum du mouvement rotatoire, on décante en versant avec l'eau toutes les parties qui y sont suspendues, mais en ayant soin de réserver celles qui se sont précipitées au fond du vase.

3^o On remet de l'eau sur ce précipité, on agite de nouveau et on décante de la même manière. On renouvelle cette opération jusqu'à ce que l'eau reste claire pendant l'agitation. On fait alors sécher le précipité et on le pèse : c'est le lot n^o 1 de la terre.

4^o On agite alors vivement et de la manière prescrite l'eau de décantation, puis on l'abandonne à son mouvement circulatoire et au moment où elle cesse de se mouvoir (ce que l'on reconnaît à l'immobilité d'un corps léger placé à la surface du vase), on décante, en laissant au fond tout ce qui s'est précipité.

5^o On remet de l'eau sur le précipité et on renouvelle l'opération précédente jusqu'à ce que l'eau reste claire à la cessation du mouvement. On réunit les matières déposées, on les sèche, on les pèse et on a le lot n^o 2.

6^o On attend alors que l'eau de décantation soit entièrement claire, ce qui exige quelquefois 24 heures ; on l'écoule, on sèche le dépôt qui constitue le lot n^o 3.

SECTION II. — *Forme des particules.*

Avant la lévigation, les plus gros fragments étaient recouverts d'une poussière qui empêchait d'en distinguer les formes ; tout prenait l'apparence grisâtre de l'argile, si ce n'est dans certaines terres composées de roches cristallines en décomposition où le quartz est très abondant relativement aux autres éléments. Maintenant, la lévigation achevée, on reconnaît, à la loupe ou au microscope, plusieurs états différents des particules. 1^o Les cristaux de quartz, de mica, sont entiers ou peu usés ; une partie notable de calcaire est restée en gros grains ;

les éléments de la terre sont à peine mêlés, surtout dans les terrains qui ont été formés en place et n'ont pas été transportés par les eaux. 2° D'autres fois les fragments de quartz sont recouverts d'une couche noirâtre ou ocreuse que l'eau n'enlève pas, mais que l'acide nitrique détache. Cette espèce de rouille est caractéristique des *diluviums anciens*. 3° L'enduit des grosses particules n'est que pulvérulent, et après la lévigation les fragments de quartz paraissent translucides. Dans les deux derniers cas ces particules sont arrondies, et on voit clairement qu'elles ont été roulées. Les silex conservent cependant encore leurs formes tuberculeuses.

Les matières pulvérulentes se comportent aussi de plusieurs manières différentes; les calcaires se groupent quelquefois en forme de stalactites ou en masses figurées; l'argile en se séchant se prend en plaques unies et solides. Il est impossible d'évaluer la ténuité extrême de ses plus petites particules, parce qu'on ne parvient jamais, avec les pointes les plus fines, à les séparer entièrement, et qu'elles paraissent toujours former un assemblage de plusieurs particules.

Le terreau peu consommé conserve encore quelques parties de son organisation végétale; c'est ainsi qu'on le trouve dans les terrains modernes et les terrains paludiens, où les débris végétaux sont parvenus rapidement à la carbonisation avant d'avoir perdu leurs formes. Dans les terrains anciens le terreau apparaît sous forme de petits grains charbonneux, roux ou noirâtres.

On distingue aussi dans certaines terres des débris de test de mollusques, qui ont conservé leur apparence nacrée; c'est surtout dans les terrains paludiens et dans ceux d'eau douce qu'ils sont abondants. M. Ehrenberg, en examinant les craies, a reconnu qu'elles étaient presque uniquement composées d'une foule de débris de mollusques polythames, au nombre de 12 à 1,300,000 dans 20 centimètres cubes. Pour les rendre

visibles, on passe sur une lame de verre une couche très mince de craie, et, quand elle est sèche, on la recouvre de baume de Canada; on l'échauffe un peu, et on l'observe sous le grossissement de 300 fois le diamètre primitif. Les craies du Midi renferment les tests presque entiers, tandis qu'ils sont brisés dans celles du Nord.

Cette découverte indique le degré d'utilité dont peut être l'examen microscopique des terres. Avant qu'elle fût faite, personne ne pouvait expliquer le singulier état de la chaux dans la craie; on ne pouvait pas parvenir à produire artificiellement un carbonate de chaux qui lui ressemblât, qui eût, comme elle, le toucher âpre, qui fût craquant sous la dent, qui se divisât par les labours, à la manière du sable. Aujourd'hui que l'on sait que la craie est formée de l'assemblage d'une quantité innombrable de petites coquilles, on s'explique ce phénomène qui sépare si complètement la véritable craie des autres terrains calcaires provenant des débris de roches de cette nature.

L'examen microscopique des terres ne nous a donné jusqu'à présent que des résultats généraux; mais il faut dire aussi qu'en nous faisant pénétrer plus intimement dans la composition et la structure des terres, cet examen forme singulièrement le coup d'œil et nous accoutume à juger de leurs qualités par les apparences extérieures. Il suffit d'un grossissement de 60 à 120 pour distinguer parfaitement toutes les parties constituant les sol; une goutte d'acide nitrique, mise en contact avec la terre sur le porte-objet, achève d'éclaircir tous les doutes que fait naître une première vue, et cette connaissance empirique de la forme et de la situation des différents éléments de la terre, sans pouvoir être traduite en principe, nous habitue à démêler certains caractères, qui, par la suite, analysés avec sagacité, pourront peut-être prendre une grande place dans la science.

SECTION III. — *Dimension des particules.*

Avant toute étude détaillée de l'influence de la dimension des particules sur l'état du sol, l'expérience la plus vulgaire a appris aux cultivateurs que ceux qui sont réputés les meilleurs possédaient une certaine proportion de particules grosses et fines. Les premiers servent à rendre le terrain meuble, les seconds à combler les intervalles qui se trouvent entre les particules qui ont une grande dimension, maintiennent dans la terre l'humidité nécessaire, offrent des conducteurs aux racines, les préservent du contact immédiat de la lumière, des rayons solaires et de l'air atmosphérique sec. H. Davy affirme que les terrains qui avaient 95 parties sur 100 du troisième lot étaient complètement stériles. Quand un tel sol est détrempe, il forme une espèce de boue dont la chaleur resserre à un tel point les parties qu'elles ne laissent aucun accès à l'air, et par suite les racines ne peuvent remplir leur fonction. C'est l'influence de la proportion des différents lots produits de la lévigation sur les terres que nous allons examiner dans cette section.

§ 1^{er}. — Influence de la dimension des particules sur la pesanteur spécifique.

Dans les terres que nous avons examinées, la pesanteur spécifique de la partie terreuse du sol a varié de 2,12 dans la terre de Grenouillet à Orange, à 2,63 dans une terre de la Valoire (Drôme), et voici quel était le lotissement de ces deux termes extrêmes :

LOTS n ^{os} .	Grenouillet.	La Valoire.
1	20	26
2	63	64
3	17	10

Ces deux lotissements de terre, si différents par leur pesan-

teur spécifique, se rapprochent tout à fait; le poids d'un pareil volume de ces terres diffère beaucoup aussi; le mètre cube de Grenouillet pèse 1126^k,5; celui de la terre de la Valoire 1458^k,5.

Au contraire, la terre du Peyron (Orange) et celle de Prébois (Orange), qui toutes deux ont la même pesanteur spécifique de 2,50, ont les lotissements suivants :

Lots n ^{os} .	Le Peyron.	Le Prébois.
1	57	6
2	37	57
3	6	37

La terre du Peyron pèse 1330 kil. le mètre cube, et celle de Prébois 1509,6.

De ces deux exemples, nous concluons que la dimension des particules n'a aucune influence sur la pesanteur spécifique des terres.

§ II. — Influence de la dimension des particules sur l'hygroscopicité.

Pour nous assurer des effets de l'atténuation des particules sur l'hygroscopicité, nous avons cherché d'abord si l'hygroscopicité avait un rapport constant avec le poids du troisième lot; nous avons obtenu alors les résultats suivants :

Noms des terres.	Poids du 3 ^e lot.	Hygroscopicité.
Solimani (Bagnols).	5	0,265
Le Peyron (Orange).	6	0,300
La Bussière (Loiret).	7	0,250
Saint-Paul (Drôme).	8	0,420
Clermont (Puy-de-Dôme). . . .	9	0,495
Le Thor (Vaucluse).	19	0,564
Le Prébois (Vaucluse).	37	0,405

On voit bien ici qu'il existe un certain rapport entre le poids du troisième lot et la propriété de retenir l'eau, mais que ce rapport est dérangé par une autre cause qui doit être la nature

I.

s.

des particules. Pour mieux nous assurer si la matière, déjà bien fine, du deuxième lot n'entraîne pas pour une part considérable dans les anomalies que nous remarquons, nous avons réuni le deuxième et le troisième lot, et nous avons eu alors les résultats suivants :

Terres.	Lot n° 2.	Lot n° 3.	Somme des 2 lots.	Hygroscopie.
1. Grenouillet (Orange)	63	17	80	92,0
2. Bagnols jardins (Gard)	52	14	66	57,0
3. Le Thor (Vaucluse)	51	19	70	55,0
4. Bollène (Vaucluse)	50	19	69	51,0
5. Le Prébois (Orange)	57	37	94	49,5
6. Aulas (Gard)	47	34	81	49,5
7. Clermont (Puy-de-Dôme)	36	9	45	49,5
8. Morges (Suisse)	54	40	94	49,0
9. Galaure (Vallée de)	29	6	35	49,0
10. Hoffwyl	46	13	59	49,0
11. Palus au Chemin-Réal (Orange)	57	35	92	48,5
12. Montreuil (Seine)	51	20	71	48,5
13. Mas d'Agon (Camargue), n° 1.	63	25	88	48,5
14. Le Vistre (Nîmes)	61	14	75	48,5
15. La Piboulette (Vaucluse)	61	24	85	47,0
16. Martignac (Orange)	45	50	95	46,0
17. Anduze (Gard)	65	19	84	45,0
18. Grand-Serre (Drôme)	76	15	91	44,5
19. Mas d'Agon (Camargue), n° 2.	58	12	70	43,5
20. Anduze (Gard)	45	28	73	43,0
21. Bollène d'Auch	35	48	83	42,5
22. La Valoire (Drôme)	64	20	84	41,5
23. Saint-Paul (Drôme)	48	7	55	42,5
24. Villejuif (Seine)	79	19	91	42,5
25. Le Bordelet (Ardèche)	49	18	67	42,5
26. Fauxbourguette (Tarascon)	28	57	85	39,0
27. Le Peyron (Orange)	37	6	43	30,0
28. Lancy (Genève)	41	23	64	27,0
29. Bagnols (Collines)	29	7	36	26,5
30. La Bussière (Loiret)	21	7	28	25,0
31. Les Arnas (Rhône)	22	7	29	25,0

Ici l'épreuve est complète; la réunion du deuxième lot au troisième, loin de rendre plus frappants les rapports qui existent entre la dimension des particules et l'hygroscopicité, tend

à augmenter les discordances. La dimension des particules n'influe donc que d'une manière secondaire sur cette propriété.

§ III. — Influence de la dimension des particules sur la tenacité.

Après avoir essayé de ranger les terres par rapport à leur tenacité, selon l'ordre de grosseur de leurs particules, nous avons eu pour résultat le tableau suivant :

	Tenacité.	2 ^e et 3 ^e lots.	Tenacité par chaque unité des deux lots
Argile du Moure Rouge (Orange) .	6886 ^{gr.}	99	69 ^{gr} 0
Prébois (Orange)	4704	91	44,0
Palus au Chemin-Réal (Orange) . .	2588	91	28,3
Lancy (Suisse, Genève)	2040	87	31,0
Mas d'Agon n° 1 (Camargue) . . .	2022	88	23,0
Bollène (Vaucluse)	1962	69	28,0
Grenouillet (Orange)	1250	80	15,6
La Valoire (Drôme)	1137	74	15,3
La Piboulette (Vaucluse)	1000	84	12,0
Bruyère de Grand-Serre (Drôme) .	707	89	8,8
Hoffwyl	612	58	11,0
Le Peyron (Orange)	540	45	12,0
Mas d'Agon 2	331	69,5	4,8
Galaure (Drôme)	304	35	8,7
St-Paul-Trois-Châteaux (Drôme) .	248	50	4,9
Aulas (Gard)	176	81	2,1
Montreuil (Seine)	172	70	2,4
Clermont-Ferrand	162	42	3,9

En examinant ce tableau, que nous prolongerions sans fruit, on est frappé d'abord de la tendance des terres à se ranger par ordre de tenacité, selon la plus grande abondance de particules fines qu'elles possèdent; en effet, ce sont les terres qui ont le plus de parties des deuxième et troisième lots qui sont à la tête; et celles qui en ont le moins qui le terminent. Mais les fréquentes anomalies qui y règnent, les interpositions que l'on remarque, font reconnaître aussi qu'il y a un autre élément qui agit de concert avec la ténuité des particules pour déter-

miner la tenacité des terres. Ainsi, chaque unité de particules fines n'entraîne qu'une tenacité de 28,3 dans les terres de Chemin-Réal, et une de 44 dans les terres du Prébois, quoiqu'elles aient l'une et l'autre un même nombre de ces particules; ainsi la terre du Grand-Serre n'a que 8,8 de tenacité par unité de particule fine, et vient s'intercaler, par sa ténacité totale, entre des terres qui en ont 12; et à la fin du tableau, à partir d'Aulas, la tenacité, déterminée par les particules fines, semble diminuer à mesure que leur nombre augmente. Il est trop évident qu'il faut chercher la cause de ces irrégularités non plus seulement dans la masse, mais dans la nature de ces particules.

Si l'on examine attentivement au microscope les troisièmes lots, la cause de cette diminution de tenacité se discernera facilement. Au bas de l'échelle se trouvent les terres qui ont ce lot formé de particules plates, de débris de schistes ou de gypse, ou enfin d'argiles brûlées, substances qui toutes ne sont pas susceptibles de liaison : ainsi la terre d'Aulas, à particules micacées, celle de Montreuil, à débris gypseux, et celle de Clermont-Ferrand, formée de détritits très ténus de laves, n'ont que 2 à 4 grammes de tenacité par unité de particules fines. Vient ensuite une autre série, dont le troisième lot est formé de quartz plus ou moins arrondi et très fin, presque sans mélange; c'est dans cet état que se trouvent les terres du Grand-Serre, de Galaure, dont la tenacité est de 8 à 9 par chaque unité de particules fines; s'il s'y mêle une petite quantité d'argile, sans cependant que le troisième lot puisse faire corps après sa dessiccation, nous voyons la tenacité monter jusqu'à 11 et 15, comme à Hoffwil, à la Piboulette, au Peyron, à la Valoire, et même jusqu'à 31 à Lancy. La tenacité suit ici une progression annoncée par l'état du troisième lot, qui, de sec et rude, devient doux au toucher. Enfin, si la proportion d'argile augmente, si elle constitue entièrement ce lot, si elle

forme une plaque adhérente et solide par la dessiccation, chaque unité de ce lot représente une tenacité de 69, comme dans l'argile du Moure Rouge. Ces conséquences concernent les terres dont le troisième lot ne fait pas effervescence avec les acides.

Quant aux terres qui, contenant du calcaire, donnent un troisième lot faisant effervescence, ou ce lot contient une quantité d'argile suffisante pour qu'il forme une plaque toujours assez friable après la dessiccation, ou bien ce lot n'est formé que de calcaire et de silice, et quelquefois de calcaire seulement. Les terres qui se forment en plaques, composées d'argile et de calcaire, ont 44 de tenacité par unité de matière fine, comme au Prébois; la tenacité descend, avec la proportion d'argile, à 28 et à 15, comme à Bollène et à Grenouillet. Si l'argile manque dans le troisième lot, le calcaire se forme en flocons qui ne sont pas adhérents, comme à Saint-Paul ou au Mas d'Agon n° 2, et alors la tenacité retombe à 4,9.

Cet examen démontre donc que si l'atténuation des matières constituant une terre est une des grandes causes de son augmentation de tenacité, la nature de ses particules modifie singulièrement cette propriété, et qu'ainsi il serait téméraire de vouloir conclure d'une manière absolue des résultats de la lévigation à ceux des expériences physiques qui établissent la cohésion des terrains. Cet examen suffit cependant pour faire entrevoir que, sur une terre donnée, les labours fréquents, qui, par leurs frottements et l'exposition des parties à l'air, tendent à atténuer les particules, peuvent en changer à la longue les propriétés physiques, en augmenter la tenacité, et accroître aussi sa faculté de retenir l'eau, de s'emparer des engrais et de fournir ses propres éléments à la végétation.

SECTION IV. — *Diminution de la cohésion par la gelée.*

Tout le monde a pu remarquer l'effet de la gelée sur la terre;

aucune herse ne la pulvérise aussi complètement ; les mottes les plus grosses se réduisent en poussière. Cet effet n'a lieu que sur les terres humides, car les fragments de terre desséchés et placés sous l'influence de la gelée restent parfaitement entiers, et dans le midi nous avons vu, après des hivers secs, les terres rester couvertes de grosses mottes, qui ont passé l'été suivant dans cet état et n'ont pu se réduire qu'à l'arrivée des grandes pluies d'automne. Mais c'est un cas extraordinaire, et les terres que l'on soulève en si gros fragments sont abondantes en argile, qui conserve presque toujours une humidité suffisante pour que les gelées aient action sur elles. Il y a donc une relation intime entre l'effet des gelées et la faculté de retenir l'eau que possède chaque espèce de terre ; les terres siliceuses n'en éprouvent presque aucun effet, tandis que les marnes, les glaises et les argiles se délitent complètement.

Cette propriété résulte de l'accroissement du volume de l'eau qui passe à l'état de glace ; dans ce nouvel état, l'eau exerce, du centre à la circonférence du bloc de terre, une pression latérale qui tend à en séparer les particules.

On n'a fait aucune expérience directe sur l'effet que produisent les gelées sur les terres humides. Schübler a bien essayé d'exposer les prismes de terre humide à la gelée, de les faire sécher ensuite, et de déterminer leur tenacité par le procédé indiqué. Il trouvait généralement que cette propriété subissait une diminution d'un tiers dans les limons ; l'argile tombait en poussière. Mais ces essais n'ont pas été faits régulièrement et sur toute la série des terres élémentaires. On avait pensé aussi à faire subir aux prismes l'épreuve que Brard conseille pour reconnaître si les pierres sont gélives, c'est-à-dire à les imbiber d'une solution de carbonate de soude et à rechercher la quantité de parties de ces prismes qui seraient désagrégées par la dessiccation ; mais toutes les terres en cet état sont poreuses ; elles admettent toutes la solution entre leurs molécules,

et quand elle vient à se cristalliser par la dessiccation, elles se réduisent en poussière. Au reste, les indications de Schübler, autant que l'expérience en grand, nous prouvent que la diminution de tenacité par les gelées est proportionnelle à la faculté de retenir l'eau que possèdent les terres, et à l'humidité du sol au moment des gelées.

SECTION V. — *Diminution de la cohésion par la calcination de la terre.*

Quand on soumet l'argile à une chaleur rouge, elle perd sa plasticité, et ne la regagne pas même après avoir été mouillée. Elle ne fait plus dans le sol que l'office de la silice. C'est en partie sur cette propriété que se fonde l'amélioration déterminée par l'écobuage dans les terres argileuses. Cette opération tend donc à introduire dans ces terres un élément moins cohérent. L'alumine étant modifiée en grande partie, c'est seulement la portion qui n'a pas été atteinte par le feu qui contribue à la tenacité du sol, à l'état sec, et à sa cohésion à l'état humide.

CHAPITRE II.

Effets de l'inclinaison du sol.

SECTION I^{re}. — *Influence de l'inclinaison du sol et de son azimuth sur son échauffement.*

Le soleil échauffe un plan en raison du nombre des rayons qui frappent ce plan et proportionnellement au sinus de l'angle d'incidence qu'ils font avec lui.

Avant d'arriver à la terre, les rayons solaires traversent l'atmosphère, et une partie d'entre eux, le quart environ des rayons calorifiques du soleil, est absorbée par l'air et les va-

peurs qui le composent. Selon que la couche atmosphérique traversée est plus épaisse et que les vapeurs aqueuses sont dans un état de dissolution moins parfaite, il arrive une moindre quantité de rayons calorifiques à la terre. La quantité et l'état de dissolution de la vapeur d'eau est un élément très variable selon les époques de l'année et du jour et selon un grand nombre de causes peu appréciables. Mais on a pu donner des tables pour différents lieux de l'humidité relative de l'air¹. On voit que l'air s'éloigne du point de saturation à mesure de l'accroissement de la température du jour, et *vice versa*. On trouvera dans le deuxième volume de ce Cours (page 130), qu'en faisant abstraction des jours couverts et en ne considérant que la plus ou moins grande saturation de l'atmosphère par la vapeur aqueuse, la chaleur solaire transmise à Orange dans le mois où la transparence de l'air est le plus complète est à celle des mois où elle l'est le moins comme 22 : 14. Si, par hypothèse, nous transportons à la faculté de transmission des jours ce que nous avons trouvé pour celle des mois, que nous remarquons que les moyennes extrêmes de l'hygromètre sont de 49° et de 83°, à midi, heure de l'observation, nous trouverons que l'absorption entre ces deux degrés est de $\frac{14}{22} = 0,636$, ou de 0,019 par degré de l'hygromètre, dans l'intervalle observé. Si maintenant nous prenons pour base l'heure de l'observation et que nous réduisons ou que nous augmentons la chaleur trouvée proportionnellement à l'état de saturation de l'air, nous aurons une base provisoire pour évaluer l'extinction de la lumière produite par l'humidité relative de l'atmosphère.

Mais à partir du zénith, chaque degré qui éloigne le soleil de sa position verticale augmente l'angle d'inclinaison et diminue, par conséquent, son pouvoir calorifique; pour déterminer ses effets sur un plan pendant toute la durée du jour, il fallait

(1) Voir dans la *Météorologie* de Kaëms une table de l'humidité relative, pour Halle (Saxe), p. 82.

donc connaître l'épaisseur de la couche traversée à chacune de ces heures, ce qui résultera de la table suivante où cette épaisseur est calculée pour chaque hauteur de soleil.

Table des épaisseurs de l'atmosphère traversées par les rayons solaires pour chaque degré d'élévation du soleil au-dessus de l'horizon, l'épaisseur de l'atmosphère au zénith étant prise pour unité.

1°	3,875	26°	1,822	50°	1,197
2.	3,743	27.	1,780	51.	1,182
3.	3,614	28.	1,740	52.	1,169
4.	3,493	29.	1,702	53.	1,155
5.	3,375	30.	1,666	54.	1,143
6.	3,263	31.	1,631	55.	1,131
7.	3,320	32.	1,598	56.	1,120
8.	3,051	33.	1,566	57.	1,108
9.	2,952	34.	1,536	58.	1,098
10.	2,858	35.	1,508	59.	1,088
11.	2,767	36.	1,479	60.	1,078
12.	2,681	37.	1,453	61.	1,069
13.	2,599	38.	1,428	62.	1,059
14.	2,520	39.	1,410	63.	1,052
15.	2,445	40.	1,380	64.	1,044
16.	2,373	41.	1,357	65.	1,037
17.	2,306	42.	1,337	66.	1,032
18.	2,240	43.	1,317	67.	1,022
19.	2,179	44.	1,288	68.	1,016
20.	2,120	45.	1,256	69.	1,009
21.	2,064	46.	1,261	70.	1,003
22.	2,011	47.	1,243	71 et au-	
23.	1,961	48.	1,227	dessus,	
24.	1,912	49.	1,211	près de	1,000
25.	1,866				

Il ne s'agit donc plus maintenant que de déterminer pour chaque heure du jour la hauteur du soleil; ce que l'on fait au moyen de la formule suivante :

Appelons H la hauteur cherchée du soleil, D sa déclinaison, A l'angle horaire ou la distance au méridien qui est de 15° par heure à partir de midi, L la latitude du lieu. Nous aurons:

$$\sin H = \sin L \sin D + \cos L \cos D \cos A.$$

Supposons que nous cherchions la hauteur du soleil au solstice d'été à Orange, et à onze heures du matin. Nous aurons :

$$\begin{aligned} L &= 44^{\circ}8', \\ D &= 23^{\circ}28', \\ A &= 15^{\circ}. \end{aligned}$$

Nous disposons le calcul de la manière suivante :

Log cos $44^{\circ}8'$	9,85596	Log sin $44^{\circ}8'$	9,84282
Log cos $23^{\circ}28'$	9,96251	Log sin $23^{\circ}28'$	9,60012
Log cos 15°	9,98494		
	I. 9,80341		II. 9,44294
Nombre du logarithme I.	0,6359		
Nombre du logarithme II.	0,2773		
Somme.	0,9132		
dont le logarithme est.	9,96058	qui est	
le logarithme du sinus de $65^{\circ}57'$.			

Au solstice d'hiver, il faudrait retrancher le plus petit nombre du plus grand, car les deux résultats ne peuvent être négatifs, le sinus et le cosinus du même angle ne pouvant être négatifs à la fois. De même les cosinus au-dessus de 90° étant négatifs, quand l'angle horaire s'élèvera au-dessus de cette quantité, à cinq heures du matin, par exemple, où il est de 105° , il faudra retrancher le nombre I du nombre II.

Si maintenant nous cherchons quelle est l'extinction de la chaleur solaire à Orange, à onze heures, le jour du solstice, en supposant que cette chaleur observée à midi fût de 26° , la hauteur méridienne du soleil étant de $69^{\circ}26'$, nous trouverons que proportionnellement au sinus de cette hauteur et de celle de $65^{\circ}57'$ qui est celle de onze heures, elle se réduira à $25^{\circ},40'$.

Mais l'hygromètre étant à midi à 60° et à onze heures à 62° , nous aurons pour 2 degrés, $0,019 \times 2 = 0,038$ qui, multipliés par $25^{\circ},40'$, nous donnent une réduction proportionnelle de $0,96$, ce qui réduit la température à $24^{\circ},44'$.

Enfin l'épaisseur de l'atmosphère à midi étant de 1,008

et à onze heures de 1,032, nous avons la proportion 1,032 : 1,010 :: $24^{\circ}, 44' : x = 23^{\circ}, 83'$.

Nous serons maintenant en état de comparer les effets solaires sur des plans diversement inclinés, puisqu'il nous suffira de déterminer les angles différents que le soleil fera avec eux aux différentes heures de la journée.

Quant à ces angles que fait le soleil avec le plan incliné, il suffit de remarquer qu'ils seront les mêmes que ceux qu'il ferait avec un pays dont l'horizon serait parallèle à ce plan. Supposons le terrain incliné au midi, son plan sera parallèle à l'horizon d'une latitude plus méridionale; au nord, il sera parallèle à l'horizon d'une latitude plus septentrionale; à l'est, il ne changera pas de latitude, mais c'est avec l'horizon d'une longitude plus orientale qu'il se trouvera parallèle; à l'ouest, avec celui d'une longitude plus occidentale; dans les positions intermédiaires, incliné au sud-est, par exemple, il changera à la fois de latitude et de longitude. Ainsi l'effet de chacune de ces inclinaisons sera de transporter le terrain dans un autre climat, s'il incline au nord ou au midi, et de changer les heures de son échauffement s'il incline à l'est ou à l'ouest.

Rappelons auparavant la méthode par laquelle on détermine la latitude et la longitude du lieu de la terre dont le plan de l'horizon est parallèle au plan incliné du terrain.

Appelons t le zénith de l'horizon terrestre parallèle au plan, z le zénith du lieu où se trouve le terrain, et p le pôle; zt est évidemment l'inclinaison du plan, et pzt l'azimuth du zénith du plan compté à partir du nord ou l'amplitude de ce dernier; nous aurons, d'après les principes de la trigonométrie sphérique, $\cos pt = \cos pzt \sin zt \sin zp + \cos zt \cos zp$, pour la distance du pôle au zénith du plan ou sa co-latitude; ensuite pour la différence des méridiens $\sin zpt = \frac{\sin pzt \sin zt}{\sin pt}$.

Prenons un exemple pour montrer l'application de ces formules : supposons un terrain situé à Orange, à $44^{\circ} 8'$ de latitude, et par conséquent éloigné du pôle de $45^{\circ} 52'$; le plan du terrain est incliné de 20° ; la déclinaison du plan est de 45° , c'est-à-dire qu'il fait face au nord-est ou au nord-ouest.

Ainsi

$$\begin{aligned} pzt &= 45^{\circ}, \\ zt &= 20^{\circ}, \\ zp &= 45^{\circ} 52'. \end{aligned}$$

Nous disposons le calcul de la manière suivante :

Log cos 45°	9,84949	Log cos de 20° . . .	9,97293
Log sin 20°	9,53405	Log cos de $45^{\circ} 52'$. .	9,94282
Log sin $45^{\circ} 52'$	9,85596		
		2 ^e log. . .	9,81581
1 ^{er} log.	9,23950		

Nombre correspondant au 1^{er} logarithme. 0,1736

Nombre correspondant au 2^e logarithme. 5,6544

0,8280

dont le logarithme est 9,1813

par conséquent la latitude cherchée est $55^{\circ} 55'$

c'est le complément de $34^{\circ} 5'$ ou pt .

L'inclinaison du plan vers le nord reporte donc sa faculté d'échauffement du 44° degré de latitude au 56° environ.

Pour trouver, d'après la seconde formule, la différence des méridiens, nous disposerons le calcul de la sorte :

$$\text{Log sin } pzt = \text{log sin } 45^{\circ} 9,84949$$

$$\text{Log sin } zt = \text{log sin } 20^{\circ} 9,53405$$

$$\hline 9,38354$$

$$\text{Log sin } pt = \text{log sin de } 34^{\circ} 5' 9'' 9,74850$$

$$\text{Diff.} = 9,63504 = \text{log sin de } 25^{\circ} 34';$$

c'est la valeur de zpt .

Ainsi le méridien du plan est transporté à $25^{\circ} 34'$ à l'est ou à l'ouest d'Orange, selon que la déclinaison se trouve nord-est ou nord-ouest, c'est-à-dire, en temps, à 1 heure 42 minutes.

Ces préliminaires bien établis, voyons quelle sera la cha-

leur reçue le jour du solstice sur trois terrains situés au $44^{\circ}8'$ de latitude, mais le premier horizontal, le second incliné de 20° au nord-est, et le troisième ayant la même inclinaison au nord-ouest; l'un et l'autre se trouvant transportés par cette inclinaison au 56° degré de latitude; mais le second à 1 heure 42 minutes à l'est, et le troisième à la même distance à l'ouest du premier.

TERRAIN HORIZONTAL.

HEURES.	HAUTEUR du soleil.	TEMPÉRATURE solaire, d'après l'inclinaison.	HYGROMÈTRE.	TEMPÉRATURE réduite d'après l'humidité.	ÉPAISSEUR de l'atmosphère.	TEMPÉRATURE réduite d'après l'épaisseur.	TEMPÉRATURE de l'air.	SOMME. Chaleur reçue par un thermomètre au soleil.	DIFFÉRENCE.
4 1/2.	1°70	0°05	85°0	0°02	3°870	0°01	18°70	13°71	1°92
5.....	3,10	1,55	85,0	0,81	3,614	0,20	20,43	20,63	3,11
6.....	16,60	7,70	83,0	4,34	2,373	1,84	21,90	23,74	4,24
7.....	26,36	12,40	80,0	7,69	1,800	4,31	23,67	27,98	5,32
8.....	37,20	16,90	74,0	12,41	1,440	8,68	24,62	33,30	6,49
9.....	47,20	20,60	70,0	16,69	1,240	13,57	26,22	39,79	6,87
10.....	57,56	23,50	65,0	21,27	1,090	19,66	27,00	46,66	4,72
11.....	65,57	25,40	62,0	24,44	1,032	23,83	27,55	51,38	2,62
12.....	69,26	26,00	60,0	26,00	1,008	26,00	28,00	54,00	0,66
1.....	65,57	25,40	57,0	26,85	1,032	26,22	28,44	54,66	2,60
2.....	57,56	23,50	56,0	25,28	1,090	23,38	28,68	52,06	5,28
3.....	47,20	20,60	55,0	22,55	1,240	18,33	28,45	46,78	6,43
4.....	37,20	16,90	56,0	18,18	1,440	12,73	27,62	40,35	5,98
5.....	20,36	12,40	58,0	12,87	1,800	7,21	27,16	34,37	5,16
6.....	16,60	7,70	61,0	7,84	2,373	3,25	25,96	29,21	3,96
7.....	3,10	1,55	65,0	1,39	3,614	0,39	24,86	25,25	4,88
7 1/2.	1,70	0,05	67,0	0,22	3,870	0,11	20,26	20,37	
Moyenne de la journée.....						11,15	25,28	36,43	
— du lever du soleil à midi inclus.						10,90	24,23	35,13	
— de midi inclus au coucher....						13,07	26,38	38,65	

Pour les deux plans inclinés, la hauteur du soleil change selon la latitude et aussi selon la longitude, puisque l'un avance de 1 heure 44 minutes, et l'autre suit de la même quantité le plan horizontal. La température de l'air, l'humidité relative et l'épaisseur de l'atmosphère traversée restent les mêmes.

Nous avons sur le plan incliné au nord-est :

HEURES.	HAUTEUR du soleil.	TEMPÉRAT. selon l'inclinaison des rayons solaires.	TEMPÉRAT. réduite selon l'humidité.	TEMPÉRAT. réduite selon l'épaisseur de l'air.	TEMPÉRAT. de l'air.	SOMME. Chaleur reçue par un thermomètre au soleil.	DIFFÉRENCE.
4 1/2	4°37	0°24	0°07	0°01	18°70	18°71	1°92
5. . .	4,40	2,00	1,08	0,20	20,43	20,63	4,28
6. . .	26,58	12,60	7,10	3,01	21,90	24,91	4,35
7. . .	35,21	16,10	9,98	5,59	23,67	29,26	4,47
8. . .	43,21	19,10	13,02	9,11	24,62	33,73	6,58
9. . .	50,17	21,40	17,34	14,09	26,22	40,31	5,86
10. . .	55,27	22,90	20,73	19,17	27,00	46,17	3,37
11. . .	57,27	23,40	22,52	21,99	27,55	49,54	1,86
12. . .	57,27	23,40	23,40	23,40	28,00	51,40	0,98
1. . .	55,33	22,90	24,20	23,94	28,44	52,38	2,41
2. . .	50,30	21,40	23,32	21,29	28,68	49,97	4,43
3. . .	43,31	19,20	21,02	17,09	28,45	45,54	5,80
4. . .	35,32	16,10	17,32	12,12	27,62	39,74	5,37
5. . .	26,34	12,40	12,87	7,21	27,16	34,37	8,34
6. . .	4,60	0,20	0,16	0,07	25,96	26,03	1,17
7. . .	0,00	0,00	0,00	0,00	24,86	24,86	4,60
7 1/2	0,00	0,00	0,00	0,00	20,26	20,26	
Moyenne du jour.				10,48	25,28	34,96	
— du lever du soleil à midi. . .				10,73	24,23	34,96	
— de midi au coucher du soleil				11,68	26,38	38,28	

Le plan incliné au nord-ouest donne les résultats suivants :

HEURES.	HAUTEUR du soleil.	TEMPÉRAT. selon l'inclinaison des rayons solaires.	TEMPÉRAT. réduite selon l'humidité.	TEMPÉRAT. réduite selon l'épaisseur de l'air.	TEMPÉRAT. de l'air.	SOMME. Chaleur reçue par un thermomètre au soleil	DIFFÉRENCE.
4 1/2	0°00	0°00	0°00	0°00	18°70	18°70	1°73
5. . .	0,00	0,00	0,00	0,00	20,43	20,43	1,52
6. . .	4,37	0,20	0,12	0,05	21,90	21,95	5,92
7. . .	25,56	12,10	7,50	4,20	23,67	27,87	4,77
8. . .	34,18	15,60	11,46	8,02	24,62	32,64	5,97
9. . .	42,30	18,80	15,23	12,39	26,22	38,61	6,05
10. . .	49,35	21,10	19,10	17,66	27,00	44,66	4,32
11. . .	54,58	22,80	21,94	21,43	27,55	48,98	2,52
12. . .	57,29	23,40	23,40	23,40	28,00	51,40	1,19
1. . .	57,25	23,40	24,73	24,15	28,44	52,59	1,19
2. . .	55,28	22,90	24,64	22,78	28,62	51,40	4,04
3. . .	50,22	21,40	23,27	18,91	28,45	47,36	5,37
4. . .	43,21	19,10	20,55	14,37	27,62	41,99	5,47
5. . .	35,21	16,10	16,71	9,36	27,16	36,52	5,31
6. . .	26,58	12,60	12,37	5,25	25,96	31,21	6,30
7. . .	4,41	0,20	0,11	0,05	24,86	24,91	4,64
7 1/2	4,00	0,10	0,05	0,01	20,26	20,27	
Moyenne du jour.				10,71	25,28	35,99	
— du lever du soleil à midi. . .				9,68	24,23	33,91	
— de midi au coucher du soleil				13,14	26,38	36,52	

Si l'on remarque maintenant ce qui se passe dans ces trois positions, on trouve 1^o que les deux plans inclinés au nord ont une température moyenne de la journée plus faible que celle du plan horizontal; elle serait plus forte si les plans étaient inclinés au midi; 2^o que la température moyenne de la journée est plus forte sur le plan incliné au nord-ouest que sur celui incliné au nord-est, parce que l'action solaire la plus grande y coïncide avec la moindre humidité relative et la plus haute température de l'air; 3^o que la température de la matinée est plus élevée sur le plan incliné au nord-est que sur celui incliné au nord-ouest, et que c'est le contraire pour la température de la soirée; 4^o que la température de la matinée est moindre sur le plan nord-est que sur le plan horizontal, et que celle de la soirée est plus grande sur le plan nord-ouest que sur le plan horizontal; 5^o que le maximum de chaleur totale arrive plus tard sur le plan incliné au nord-ouest que sur les deux autres.

Si on répète pour le solstice d'hiver et pour les équinoxes le travail que nous venons de faire pour le solstice d'été, on aura une idée complète des propriétés du terrain sous le rapport de l'échauffement.

Nous nous abstiendrons de traiter en détail de tous les autres azimuths et inclinaisons de terrain; on verrait que le terrain incliné au midi jouit de grands avantages calorifiques; que celui qui est incliné au nord plein éprouve une grande diminution de chaleur, parce qu'il ne reçoit les rayons du soleil que quand la hauteur de cet astre surpasse son inclinaison, et qu'alors même il ne la reçoit qu'obliquement. Ainsi, à la latitude de 49^o et avec une inclinaison de 20^o, ce dernier terrain ne verra le soleil que sous un angle de 6 degrés environ à midi, au solstice d'hiver, et au solstice d'été sous celui de 44^o,8, et sa chaleur solaire ne sera alors que de 13 degrés. Un terrain exposé en plein midi et ayant une inclinaison de 20 degrés, à la latitude de 44^o,8, verra le soleil, le jour du solstice, près de

former avec lui un angle droit; la chaleur solaire étant de $27^{\circ},72$, et la chaleur atmosphérique de $27^{\circ},8$, la chaleur totale sera de $55^{\circ},6$. C'est sur des coteaux ainsi exposés que les raisins mûrissent le mieux et deviennent si alcooliques.

Si, après avoir indiqué la manière de déterminer numériquement les effets de l'azimuth et de l'inclinaison du terrain, nous voulons résumer ce qui résulte de ces recherches, nous verrons que les terrains exposés au levant se réchauffent dès le matin; c'est le moment de la journée où le soleil les frappe le plus directement; il élève alors les brouillards et dessèche le sol baigné par la rosée, et quand le soleil le quitte, c'est le moment où la journée est le plus chaude et où, par conséquent, la transition est le moins brusque. Au printemps, il fait courir de grands dangers aux plantes qu'il porte, et qui, chargées de givre, reçoivent tout à coup l'impression d'un soleil ardent; la température monte parfois alors de 0° à $+ 12^{\circ}$ en une heure.

Le terrain exposé au couchant reste plongé le matin dans l'humidité atmosphérique; la rosée y séjourne et s'y dissipe lentement; il manque de soleil pendant l'époque la plus froide de la journée, et le soir il le reçoit directement et pendant les heures les plus chaudes: de là vient un climat diurne extrême. Voici une observation qui fera mieux sentir cette différence. La vallée de l'Isère, au delà de Grenoble, se dirige du sud au nord entre deux parois de montagnes très élevées. Le 1^{er} juillet, à 8 heures du matin, le sol de la face tournée au levant et inclinée marquait, à un millimètre de profondeur, 36° ; l'air atmosphérique était à 17° ; sur la face tournée au couchant, le thermomètre en terre marquait 15° comme celui exposé à l'air. Le soir, à quatre heures, le thermomètre de la face regardant le levant marquait 30° dans la terre et 26° à l'air, celui de la face tournée au couchant 27 dans l'air et 46 dans la terre. La transition de la chaleur de la terre avait été, pour le premier, de 10° , et pour l'autre, de 31; aussi les habitants de la partie de la vallée

exposée au levant se portent-ils bien, tandis que les fièvres, les goîtres, les scrofules attaquent ceux de la face exposée au couchant.

Les effets d'une telle position ne peuvent pas s'apprécier sur les plantes de la même manière que sur les hommes; on sait qu'il y a peu d'analogie entre la santé des unes et des autres, et que les lieux où la végétation est la plus vigoureuse sont souvent ceux où l'espèce humaine éprouve les plus terribles infirmités. C'est que les plantes se trouvent bien d'un air humide et chargé de miasmes, mais chaud, tandis que la santé de l'homme exige un air pur et sec. Il suit de là que dans les pays de hautes montagnes, à pentes rapides, la face tournée vers le couchant, plus longtemps saturée de l'humidité nocturne et matinale, plongée ensuite dans la vapeur qui ne se dissipe que tard, porte de préférence les grands végétaux, les prairies, les récoltes vertes, tandis que les arbres à fruit, les vignes, les céréales même, réussissent mieux à l'exposition du levant.

Dans les climats méridionaux et quand les pentes ne s'élèvent pas à une grande hauteur, il en est autrement. La face regardant le couchant est plus chaude, comme le démontre le tableau ci-dessus; elle devient et reste brûlante pendant l'après-midi; à l'exposition du levant, les plantes jouissent d'un climat plus égal et plus favorable.

Dans les pays froids, dans les parties élevées de la Suisse et en Ecosse, on a remarqué que les terrains inclinés vers le nord, quand la pente n'est pas trop abrupte, sont les plus productifs. On explique cette anomalie par la fréquence des dégels qui ont lieu sur les versants méridionaux. Dans ces pays, les plantes sont couvertes presque chaque matin de givre, et un brusque dégel à l'apparition du soleil est bien plus défavorable aux plantes que la prolongation de la gelée elle-même¹.

Mais, de toutes les expositions, la plus avantageuse est celle

(1) Boussingault, *Économie rurale*, t. I, p. 531.

du midi. En hiver, elle jouit toute la journée d'un soleil direct; en été, au lever du soleil, les rayons ne lui arrivent pas immédiatement; ils la frappent obliquement pendant longtemps et l'abandonnent de bonne heure le soir; la chaleur reçue s'accroît et diminue par une progression régulière, au lieu de lui venir et de la quitter brusquement, comme cela arrive aux deux expositions du levant et du couchant.

SECTION II. — *Influence de l'inclinaison du sol sur la culture et la stabilité des terres cultivées.*

On se fait en général une fausse idée de l'inclinaison des pentes. Peu de personnes s'imaginent ne pouvoir monter une hauteur inclinée de 45 degrés. Bouguer et Saussure ont constaté qu'une pente de 31° est à peu près la plus rapide qu'un homme puisse monter sur un sol dur et uni; ce n'est qu'en formant des marches dans le talus que l'on parvient à en monter ou à en descendre de plus escarpées. M. de Humboldt a constaté que celles de 37° sont inaccessibles si le sol est un roc ou un gazon trop serré pour qu'on puisse y faire des gradins avec les pieds. Si les moutons pâturent ces pentes, c'est en les parcourant obliquement et en les entaillant peu à peu en escaliers.

M. Elie de Beaumont nous a rendu le service de réunir tous les détails sur les inclinaisons des pentes dans le quatrième volume de ses Mémoires de géologie. Le terrain cultivé le plus incliné qu'il ait vu était un champ de sarrasin, dans le Tyrol, qui faisait un angle de 33 degrés avec l'horizon; il a observé dans la Tarentaise une pente couverte de sapins qui avait 45 degrés d'inclinaison. Mais on jugera combien de telles pentes s'éloignent de celles qui peuvent être cultivées, quand on saura qu'une pente de 13 degrés est à peu près la limite de l'inclinaison que les voitures ne montent qu'avec la plus grande peine, et que le maximum de pentes toléré aujourd'hui en

France pour les grandes routes est de 2°51 ou 5 centimètres de hauteur perpendiculaire pour 1 mètre de longueur.

Le travail à la charrue, en montant et en descendant, s'arrête sur une pente plus rapide que 5 à 6 degrés, 10 à 11 centimètres par mètre; au delà on ne laboure plus qu'en travers, à moins que l'on ne se résigne à ne cultiver qu'en descendant; on perd ainsi à peu près la moitié du temps destiné à la culture, ce qui oblige au reste à faire plus tard des transports de terre de bas en haut; au delà de 11 à 12 centimètres on ne laboure plus du tout, mais on cultive à la pioche et on fait des terrasses horizontales partout où l'industrie est un peu développée.

Une pente modérée est une circonstance très heureuse pour un terrain; elle permet aux eaux pluviales de s'écouler facilement. Si la pente était trop forte, leur cours deviendrait trop rapide et ravinerait le terrain, surtout dans le cas où il recevrait les eaux supérieures. Nous pensons que l'inclinaison d'une terre ne peut dépasser 2°,55 ou 0^m,05 par mètre, pente assignée aux routes royales, sans perdre de sa valeur, soit par les efforts qu'exige le labourage, soit par les travaux qu'exige la direction des écoulements, soit enfin, quand la pente est plus forte, par la dépense de construction et d'entretien des terrasses.

CHAPITRE III.

Des abris.

Nous entendons par abri un obstacle qui s'élève au-dessus de l'horizon dans une certaine direction. L'abri placé au midi intercepte les rayons solaires qui parviendraient au terrain, en raison directe de son élévation et en raison inverse de son éloignement; l'abri placé dans la direction du vent régnant en détourne aussi le cours dans les mêmes proportions de son éléva-

tion et de son éloignement, et, de plus, en raison de l'angle sous lequel le vent arrive à la surface de la terre.

Il faut un obstacle bien élevé et bien rapproché au midi pour que la droite menée au sommet fasse avec le terrain un angle plus grand que la hauteur du soleil. Ordinairement ce sont des haies, des murs, des maisons, qui produisent cet effet sur une petite partie du champ. Les abris au levant et au couchant peuvent porter longtemps leur ombre sur le terrain, quoique moins élevés, parce que, dans ces régions du ciel, la hauteur du soleil est moindre.

Sous le rapport des vents, les abris ont une grande utilité, parce que les courants atmosphériques parallèles à l'horizon ne font un angle peu ouvert qu'au pied des montagnes, et qu'une élévation de quelques décimètres protège toujours un assez grand espace de terrain. L'abri est surtout important quand il est placé dans la direction du vent le plus froid, qui, en hiver, amène un courant glacial et accroît la rigueur de la saison. Le vent qui passe par-dessus la crête de l'abri ne se mêle pas immédiatement avec l'air échauffé par le soleil qui est à son pied; ce mélange ne se fait que lentement. Ainsi, dans les plaines d'Orange, le vent du nord, qui franchit les montagnes du Dauphiné, vient fouetter les terres sous un angle de 15° environ, d'où il suit qu'une hauteur de 200 mètres préserve un espace de 2,160 mètres, lisière toujours consacrée aux récoltes les plus précieuses et qui craignent le plus le froid. Sous l'influence d'un pareil abri, la température moyenne de l'année s'élève de plus de 1°. C'est ainsi que les orangers viennent en pleine terre à Ollioules et à Hyères, tandis qu'ils ne résistent pas aux hivers de Marseille; c'est ainsi que la température des bords des lacs de Côme et de Guarda permet de cultiver l'olivier, qui n'ose se montrer dans les plaines de la Lombardie.

Une simple haie de 2 mètres d'élévation protège, dans notre vallée du Rhône, une distance de 22 mètres. C'est à des abris

pareils que l'on cultive les pois, les melons, les artichauts, que la violence des vents ne permet pas de cultiver à découvert. Dans les plaines ouvertes de la Provence, on obtient des haies encore plus élevées en plantant des cyprès et des lauriers.

En Italie, les plantations au midi préservent aussi de l'influence du mauvais air les maisons qu'elles abritent.

Mais il ne faut pas se dissimuler qu'en maintenant à leur pied une humidité qui n'est pas enlevée par les vents, les abris deviennent la cause des rosées qui, au printemps, dégènerent en gelées blanches.

CHAPITRE IV.

Observations générales sur les propriétés physiques des terres.

En terminant ce que nous avons à dire sur les propriétés physiques des terres et sur les modifications qu'elles subissent, nous devons résumer en peu de mots ce qu'elles présentent d'important pour l'agriculture. Parmi ces propriétés, il en est de premier ordre qui supposent les autres et dispensent de les rechercher, savoir : la fraîcheur du sol, sa tenacité, sa faculté de s'échauffer ; au moyen de ces qualités, souvent réunies aux données chimiques que nous avons indiquées comme essentielles, on approche autant qu'il est possible aujourd'hui de la solution du problème fondamental de l'agrorologie. En effet, la fraîcheur moyenne de la terre nous indique si les plantes y trouveront l'humidité convenable pour fournir à leur consommation ; par la faculté d'échauffement, nous jugeons si la végétation a un degré d'activité en rapport avec l'humidité ; par la tenacité, nous connaissons enfin les difficultés de la culture. La recherche de ces propriétés n'a que le défaut de ne pouvoir être faite dans le laboratoire. La tenacité seule peut y être déterminée.

Quant à l'échauffement, il exige une observation assez longue et qui peut cependant être abrégée par des procédés que nous décrirons dans la météorologie ; la fraîcheur nécessite des expériences qui embrassent au moins le cours d'une année. C'est que ces deux propriétés sont de véritables synthèses qui embrassent un grand nombre de circonstances que l'on combinerait imparfaitement, en supposant qu'elles fussent toutes bien connues. Nous les avons étudiées en détail, et cela était nécessaire pour nous rendre bien compte des causes qui produisaient l'effet total ; mais dans la pratique leur combinaison deviendrait impuissante pour remonter à l'effet.

Ainsi, supposons que nous connaissions bien l'hygroscopie d'un terrain : comment remonter à sa fraîcheur qui est la propriété qui importe surtout au cultivateur ? N'avons-nous pas vu qu'un terrain peu hygroscopique, dont le sol aura peu d'épaisseur, qui aura un sous-sol imperméable, une inclinaison nulle, et qui constituera le fond d'un bassin, sera humide quoiqu'il retienne peu d'eau ; et quant à la propriété de l'échauffement, le terrain aura beau être fortement coloré, s'il est incliné au nord, si un abri s'interpose entre lui et le soleil, s'il est habituellement humide, il sera froid nonobstant sa faculté énergique d'admettre la chaleur lumineuse. La connaissance de tous ces détails pourra bien donner des indices plus ou moins utiles, mais qui ne peuvent conduire à une certitude. Et voilà justement contre quels abus se sont élevés les agronomes distingués qui, jugeant de l'agrologie par l'imperfection des moyens de recherches qu'elle avait employés jusqu'ici, niaient le pouvoir de la science et lui préféraient la routine des paysans. Mais à l'avenir, cessant de s'isoler, les savants et les praticiens sentiront la nécessité de s'éclairer mutuellement. La longue querelle qui régnait entre eux est prête à s'éteindre à l'aspect des services que tous les arts reçoivent de cette union, et que l'agriculture doit chercher à cimenter à son tour.

QUATRIÈME PARTIE.

DE LA FORMATION DES TERRAINS AGRICOLES.
GÉOLOGIE AGRICOLE.

Quand on considère l'étendue des matériaux terreux qui couvrent le squelette du globe, on se demande d'abord quelle est leur origine, et l'on cherche autour de soi s'ils ne sont pas seulement les débris des roches qu'ils recouvrent, usés par le frottement, ou décomposés par le temps et par les agents physiques et chimiques. Mais on ne tarde pas à reconnaître que ce cas, qui paraît le plus simple, est loin d'être général, et qu'il n'est même qu'une exception relativement à l'étendue des terrains qui n'ont aucun rapport avec les roches qui leur servent de base. On est donc conduit naturellement à rechercher la cause qui a amené ce vaste amas de débris, et qui les a pulvérisés de manière à rendre la végétation possible ; car les roches nues, à leur état solide, n'auraient pu recevoir qu'une végétation chétive, et le monde privé de grands végétaux aurait été privé aussi des animaux qui l'habitent et de l'homme qui marche à leur tête.

Il ne faut pas croire que l'étude que nous nous proposons de faire aujourd'hui soit purement curieuse et qu'elle n'ait pas aussi son degré d'utilité ; nous verrons qu'elle se lie à un grand nombre de considérations de pratique, et que d'ailleurs, en nous donnant une idée générale de la disposition des terrains agricoles à la surface de la terre, elle nous apprend, jusqu'à un certain point, les analogies qui existent entre les différentes contrées, soit dans les produits, soit dans les méthodes de cul-

ture; elle vient au-devant de l'analyse et y supplée souvent; elle indique les amendements qui seraient utiles à ces pays, enfin elle lie l'agriculture à une des branches les plus brillantes de l'histoire naturelle.

Les derniers progrès de la géologie ont dirigé un grand nombre de bons esprits vers l'étude de la formation des couches terreuses. C'est un complément qui manque encore à cette science; jusqu'à présent, ceux qui s'en étaient occupés n'avaient vu dans ces détritits superficiels qu'un *magma* informe et indigne de les occuper. Dans leur belle description géologique de la France, MM. Élie de Beaumont et Dufrénoy ont senti cette lacune et ont souvent cherché à la combler; mais une recherche de cette nature s'éloignait du but qu'ils s'étaient proposé, celui de reconnaître les terrains solides qui forment l'écorce du globe, et ce n'est qu'accidentellement, comme pour témoigner de l'importance qu'ils attachaient à ce sujet, qui n'était pas le leur, qu'ils ont parlé des formations terreuses. Le succès de leur travail a inspiré le désir d'en faire un semblable et qui fût consacré uniquement à la couche superficielle et meuble de la terre. M. de Caumont en a fait la proposition formelle au conseil général d'agriculture; elle a été accueillie avec applaudissements, et il faut espérer qu'un jour elle portera ses fruits, et que le gouvernement provoquera et encouragera la reconnaissance de nos terres arables et fera exécuter une carte agricole de la France, complément indispensable de la carte géologique, et qui assurera à notre agriculture les mêmes avantages que la carte géologique présente à la métallurgie et à plusieurs autres arts.

Mais déjà cette reconnaissance a été poussée, sur une grande partie de la France, par un homme qui a rendu de nombreux services à l'agriculture, M. Puvis, correspondant de l'Institut. Déjà, en 1813, dans un Mémoire sur les sols calcaires et les sols siliceux, il se préoccupait non-seulement de leurs qualités,

mais de leur position relative dans les bassins de la Saône et de l'Ain. Cette idée ne l'abandonnait pas quand il fit son *Essai sur la marne*, et alors, cherchant les terrains où l'usage de la marne était répandu, il décrivit les terrains siliceux de la Bourgogne et de la vallée du Rhône; enfin il parcourut le Gâtinais, la Sologne et le Berry, et y revit les mêmes variétés de terrains et les mêmes formations; il publia alors son intéressant ouvrage sur l'agriculture de ces pays. Les ouvrages de cet auteur sont en général remarquables par leur direction géologique, et si nous possédions sur le reste de la France et de l'Europe des travaux semblables aux siens, les grands linéaments, la grande triangulation de la carte que nous désirons seraient tout tracés. C'est un sujet d'étude proposé à l'émulation de la jeunesse studieuse qui cherche un but utile et sérieux pour ses travaux, et nous avons la ferme espérance qu'il ne sera pas longtemps dédaigné.

Si nous jetons un coup d'œil général sur la distribution des terrains agricoles dans notre Europe occidentale, nous reconnaitrons un fait important : au sud de la barrière que le plateau central de la France élève entre le nord et le midi, les terres sont généralement calcaires et contiennent presque toujours de la chaux; elles ne deviennent purement siliceuses que par l'évidente superposition de couches transportées, montrant encore par leurs cailloux roulés la preuve de l'événement qui les a entraînés plus récemment que le fond du terrain. Au nord et à l'ouest de cette barrière, les terres sont siliceuses ou glaiseuses; cette disposition n'a d'exception que dans des bassins fermés qui ont été mis à l'abri de la débâcle ou dans les terres d'alluvion provenant de dépôts de montagnes voisines et d'une nature différente, dépôts dont il est toujours facile alors d'indiquer l'origine.

Ce plateau a donc bien réellement servi de barrière aux matières siliceuses qui venaient du nord et qui ont pu pénétrer

plus loin vers le midi, jusqu'aux Pyrénées, par l'absence de cette barrière vers cette partie de la France. Au nord, tous les terrains participent plus ou moins de cette nature, et si la glaise ne se présente pas à la surface, c'est qu'elle a été recouverte ou enlevée par des courants partis de montagnes calcaires plus rapprochées. Une immense nappe de débris glaiseux (argilo-siliceux) a été étendue sur l'Allemagne, la Flandre, nos provinces septentrionales et occidentales ; au midi, au contraire, les dépôts siliceux n'ont pénétré que par certaines ouvertures (la vallée du Rhône, par exemple), et tout le reste de la surface du pays doit sa formation aux matières calcaires transportées des chaînes des Alpes.

Mais dans cette même partie méridionale, et à d'assez grandes hauteurs, on retrouve cette même couche siliceuse qui semble avoir été soulevée avec la montagne elle-même, soulevement qui aurait précédé la formation des vallées, comblées ensuite par les détritits des chaînes calcaires qui forment un massif si étendu au pied des Alpes, du côté de la France.

Quoi qu'il en soit de ces hypothèses, et en désirant vivement que de nouvelles recherches viennent confirmer ou modifier ces vues, nous devons reporter aujourd'hui nos regards de cet ensemble aux détails dont il se compose ; nous devons étudier séparément les diverses formations de nos terres arables et chercher leur construction géologique et agricole.

CHAPITRE I^{er}.

Des différentes formations des terres arables.

SECTION I^{re}. — Terrains formés en place.

Les terrains formés en place par la décomposition des roches sur lesquelles ils sont placés n'ont jamais une grande profon-

deur, si la surface des roches est horizontale et s'ils n'ont pas reçu des dépôts entraînés par les eaux supérieures. On reconnaît dans ces terrains tous les éléments de la roche fondamentale qui, le plus souvent, a conservé ses formes cristallines; souvent même la texture de la roche n'a pas complètement disparu, et l'on en trouve des fragments entiers. En regardant ces terrains au microscope, il semble que l'on soit au milieu d'un amas de roches fracassées dont on distingue l'espèce et l'origine. Mais on se tromperait beaucoup si on voulait déduire de l'analyse des roches celle des terrains eux-mêmes. L'acte de la décomposition, quand il n'a pas eu lieu par une force purement mécanique, s'exécute au moyen de réactions chimiques qui, mettant à nu les alcalis et les rendant solubles, facilite leur enlèvement par les eaux pluviales. Les terrains décomposés sont donc bien moins riches en alcalis que les roches elles-mêmes, surtout quand il s'est écoulé un long temps depuis la décomposition.

Les roches sont attaquées mécaniquement : 1^o par la gravité qui fait tomber les parties séparées et peu adhérentes, ou par le frottement qu'exercent sur elles d'autres matières dures entraînées par les eaux; 2^o par l'imbibition de leurs molécules qui, ayant des facultés hygroscopiques différentes, prennent des volumes différents, d'où il résulte des déchirements qui du dedans se manifestent au dehors; 3^o par l'effet des gelées sur les roches poreuses ou fendillées, l'eau qui passe à l'état de glace occupant plus d'espace et faisant l'effet d'un coin placé dans les interstices de la roche pour en séparer les parties; 4^o par l'effet des racines qui pénètrent dans les fentes et les vides des roches.

Les roches sont décomposées chimiquement : 1^o par l'oxygène qui agit sur les parties oxydables qu'elles contiennent; 2^o par l'acide carbonique mêlé à l'eau, qui dissout les carbonates terreux et attaque aussi, selon toutes les apparences, les silicates alcalins; 3^o par l'eau elle-même qui entraîne en dis-

solution les sels alcalins, le gypse et la silice à certain état. Elles sont décomposées physiquement par la réaction électrique des différents corps rapprochés et ayant des tensions électriques contraires.

Ces causes n'agissent pas avec une égale activité sur tous les genres de roches. Ainsi : 1^o le quartz pur, le pétrosilex, le porphyre quartzifère ne se décomposent que mécaniquement ; ces roches fournissent peu de terre et une terre siliceuse peu fertile ; ce n'est que par des chocs violents et des frottements répétés que ces roches sont devenues pulvérulentes. Après la lévigation qui en sépare la poussière apportée par les vents, l'inspection microscopique ne fait reconnaître dans les terres qui en proviennent que des fragments anguleux et assez peu volumineux, et qui ne peuvent constituer qu'un sol agraire toujours peu consistant, peu hygroscopique. Il arrive cependant qu'une certaine quantité d'argile s'y trouve mêlée, et elle peut être due aux eaux qui l'ont déposée en y traînant des matières dures ; 2^o les gneiss se décomposent peu et donnent presque toujours un sol complètement stérile (Dufrénoy, *Carte de France*, p. 111) ; 3^o les granites sont sujets à se décomposer quand ils sont exposés à l'action de l'atmosphère, surtout dans certaines circonstances et dans le voisinage des lieux qui ont été le siège d'une action volcanique ; car on a remarqué que les granites de l'Auvergne se décomposent facilement, tandis que ceux des Alpes sont à peine altérés. C'est par la décomposition du feldspath qu'a lieu la désagrégation de la roche ; le feldspath perd à la fois de la potasse et de la silice ; enfin, le fer du mica passe à son maximum d'oxydation ; le granite alors devient friable à sa surface, tandis qu'il reste entier et solide dans les parties qui sont les plus profondes.

M. Fournet¹ se rend compte de ces effets par un dimorphisme qui a changé la texture cristalline ; les eaux, chargées

(1) *Annales de chimie*, mars 1834, p. 225.

d'acide carbonique (ce qui, au reste, se présente plus fréquemment dans les terrains volcaniques), mettent en liberté la potasse des silicates et entraînent aussi la silice qui se trouve alors dans un état gélatineux. M. Becquerel a observé que les granites extérieurs de la cathédrale de Limoges étaient altérés jusqu'à la profondeur de huit millimètres, tandis qu'ils étaient intacts à l'intérieur de l'édifice et que la surface extérieure des masses de granites était friable jusqu'à 1^m,60 de profondeur¹.

« Le feldspath du granite, dit M. Dufrénoy², produit, en se décomposant, une terre argileuse, et suivant la proportion de cette terre et des graviers quartzeux, le sol, presque toujours de qualité inférieure, est cependant susceptible de quelque produit.

« Dans la Corrèze et dans les Cévennes, l'abondance du quartz communique une grande stérilité au pays. Le roc dur ne fournit point de terre argileuse ; il ressort presque partout, à travers une mince couche de sable impropre à la végétation. Là, tout est solitude ; on fait souvent plusieurs kilomètres sans trouver une habitation, et l'on ne rencontre que de loin en loin des châtaigniers improductifs.

« Dans quelques cantons privilégiés, comme au nord de Pompadour, le granite presque entièrement feldspathique donne une couche de terre végétale de plus de 0^m,33 d'épaisseur, d'une admirable fertilité ; aussi la végétation y déploie toute sa splendeur ; les châtaigniers et les chênes y acquièrent des dimensions généralement inconnues à ce pays, et les magnifiques prairies de Pompadour nourrissent les plus beaux bœufs du Limousin.

« La terre formée par la destruction du granite, en général très légère, est connue sous le nom de terre de bruyère. On ne peut la fertiliser qu'en lui donnant beaucoup d'engrais ; il faut même le renouveler toutes les fois qu'on la destine à produire

(1) *Traité d'électricité*, t. V, p. 207.

(2) *Description de la carte de France*, t. I, p. 111.

des récoltes. On ne cultive les mêmes terres que tous les dix ans, après avoir essayé de les féconder en faisant brûler les fougères, les ajoncs épineux et les genêts qui y croissent rapidement. Légère et friable, le froid soulève cette terre et déracine les plantes que l'on y sème; la fertilité des terres feldspathiques est en rapport avec la ténuité de leurs éléments, pourvu toutefois qu'elles renferment assez de gros gravier pour peser sur les racines des plantes et les retenir dans la terre quand le vent les agite et que la gelée les soulève. Si tous les éléments sont trop divisés, ils ne fournissent que des terres presque stériles.

« Le seigle, le blé sarrasin, les pois, les pommes de terre, sont les seules plantes utiles à l'homme qui puissent y réussir dans l'état actuel de la culture. On y voit cependant, çà et là, quelques champs de blé et d'avoine; mais la paille est grêle et les épis clair-semés ne portent que des graines rares et fort petites.

« Les chênes et les hêtres y deviennent vigoureux; le châtaignier y prospère presque partout, mais principalement sur les pentes des coteaux, car les sommets sont en général nus et stériles. Le châtaignier, véritable arbre à pain de cette partie de la France, fournit la principale nourriture du pauvre, sert en partie à celle des bestiaux et donne le revenu le plus solide, parce que, même sans culture, les produits en sont quelquefois très abondants.

« Le sol granitique présente fréquemment des marécages ordinairement improductifs et qu'il serait presque toujours facile de rendre à la culture; mais l'art des dessèchements comme celui des irrigations est peu connu dans ces contrées. Souvent même on ne sait pas donner aux terres labourables la pente nécessaire pour l'écoulement des eaux. Quelques-uns de ces marécages pourraient donner lieu à des exploitations intéressantes de tourbes; mais l'abondance des châtaigneraies vient encore fournir à un des plus pressants besoins de l'homme dans ces contrées souvent froides et humides.

« Les vallons de ces contrées, recouverts des parties les plus ténues des terres formées sur les montagnes environnantes et des matières végétales et animales qui s'y trouvent décomposées, sont généralement fertiles. Le chanvre y réussit, le seigle y produit d'abondantes récoltes lorsqu'il n'est pas atteint par le brouillard.

« Les prairies y donnent un foin abondant et de qualité supérieure.

« Dans quelques points privilégiés, il existe des dépôts modernes qui modifient le sol et lui donnent souvent une grande fertilité : telles sont les vallées de la Loire, de la Dordogne et de l'Allier. Cette dernière surtout, dont le sol est formé de calcaires d'eau douce mélangés de débris de roches volcaniques, est d'une richesse extraordinaire dans la partie de son cours comprise entre Brossac et Moulins, et qu'on désigne sous le nom de Limagne. Elle produit les plus beaux blés de France ; les arbres fruitiers y déploient une fertilité vraiment prodigieuse, et la vigne elle-même, presque inconnue dans le centre de la France, y donne d'abondantes récoltes. »

Nous n'avons pas voulu retrancher un mot de cette intéressante monographie des terrains granitiques. Si les autres terrains avaient été décrits avec le même talent et le même détail, nous n'aurions eu qu'à copier, pour compléter la description géologique agraire. Nous devons cependant faire observer que l'on se tromperait si l'on attachait à l'expression de *terre de bruyères* l'idée d'un terrain formé exclusivement de débris granitiques ; elle a une valeur plus générale et plus spéciale à la fois ; tout terrain siliceux sur lequel croît la bruyère en abondance et qui a été mélangé au terreau formé par les débris de cette plante est pour nous, comme nous l'avons dit, la *terre de bruyère*.

Nous ne pensons pas non plus que la stérilité des terrains granitiques dont les éléments sont trop ténus tiennent à ce que ces terrains ne pèsent pas assez sur les racines des plantes, mais

bien à leur grande hygroscopicité et à leur tendance à se soulever par les gelées quand ils sont imbibés d'eau.

4° Les schistes argileux se décomposent par l'effet de leur hygroscopicité; la qualité de la terre qu'ils forment dépend de la composition plus ou moins quartzreuse ou plus ou moins argileuse de la roche. Tantôt ils se résolvent en terres argileuses, tantôt en terres sablonneuses; quand on les soumet à la lévigation, le premier lot présente des graviers de quartz; dans le troisième, il n'y a que de l'argile fine; quelquefois les couches de ce terrain sont assez profondes, leur décomposition pénétrant facilement au-dessous de la surface.

5° Les ardoises, rangées aussi parmi les schistes argileux, présentent des caractères particuliers qui annoncent qu'elles ont été formées dans des circonstances différentes, ou qu'elles ont éprouvé des modifications depuis leur formation; probablement par l'action du feu, car on sait que leur argile a perdu la faculté de se délayer dans l'eau et de former une pâte liante. M. d'Omalius d'Halloy fait observer¹ qu'à la surface des plateaux l'ardoise devient blanchâtre, tendre, friable, douce au toucher, d'un aspect stéatiteux, et que la terre qui s'en forme est légère, onctueuse et ne fait pas pâte avec l'eau. Quant aux ardoises qui se décomposent sans avoir éprouvé longtemps les impressions atmosphériques, elles produisent une terre bleuâtre, poreuse, légère, où l'on distingue encore les feuillets de schiste, et le premier lot fournit de nombreux débris de ces feuillets.

6° Les schistes micacés se détruisent aussi facilement à leur surface, soit par la suroxydation du fer, soit par l'hygroscopicité du silicate d'alumine, soit par l'eau qui parvient à s'interposer entre les feuillets et qui les sépare lorsqu'elle se gèle. Les débris de mica sont doux au toucher et constituent un excellent sol, ni trop sec ni trop humide; mais quand le quartz est très abondant, le terrain peut aisément devenir trop sec et trop poreux.

(1) *Journal des mines*, 1808, t. XXIV, p. 254.

Le fond des vallons bordés par des montagnes de schiste micacé possède ordinairement d'excellentes terres composées des débris onctueux du mica qui ont été séparés du quartz par les eaux ; sur les parties supérieures des pentes, au contraire, le quartz est souvent resté à nu et forme un terrain siliceux. On trouve aussi des alluvions de schiste micacé faites par des courants rapides et où il ne reste presque que du quartz. Après la lévigation, le premier lot présente du quartz et des fragments de mica, le troisième de l'argile fine.

7° Les trachytes, les basaltes, sont d'une dureté qui les rend difficiles à altérer par une action mécanique ; mais il suffit d'avoir parcouru les pays à volcans anciens pour avoir vu des basaltes profondément altérés et quelques-uns entièrement changés en une masse argileuse, et d'autres où cette modification est commencée à la surface. Faujas en cite de nombreux exemples que nous avons pu vérifier². Ce genre de décomposition a lieu sans qu'on puisse indiquer l'agent qui l'a produit. On trouve aussi, dans les volcans modernes, des trachytes qui ont été attaqués par les émanations acides qui en sortent. Quoi qu'il en soit, les rivières qui coulent des pays volcaniques entraînent un sédiment noirâtre et rougeâtre qui appartient évidemment à ce genre de roches.

8° Les roches calcaires pures, primitives, jurassiennes ou néocomiennes, résistent aux agents mécaniques en raison de leur plus ou moins de dureté ; mais elles sont attaquées par les eaux pluviales et terrestres plus ou moins chargées d'acide carbonique et nitrique. On trouve à leur surface une couche terreuse peu épaisse, qui contient toujours des bicarbonates et souvent des nitrates, et qui nourrit quelques plantes labiées, le thym, le serpolet, la lavande ; si la roche présente des fissures qui se sont remplies de matières terreuses, on y trouve des romarins, des genevriers et même de grands arbres, comme des

(1) *Minéralogie des volcans*, p. 582 et suiv.

pins, des micocouliers. Vue au microscope, cette terre formée en place offre dans tous ses lots la même composition ; dans le 1^{er} lot, des grains de sable calcaire ; dans le 2^e et le 3^e, une poussière fine qui tend à se réunir, à se pelotonner, et dont on a beaucoup de peine à distinguer de fines particules.

9° Les calcaires plus ou moins sablonneux et argileux sont plus facilement attaqués par les agents extérieurs. On trouve alors des graviers de quartz dans le 1^{er} lot, et le 3^e se présente après la dessiccation sous forme d'une plaque consistante, composée en grande partie d'argile. Les couches terreuses provenant de ces roches sont plus profondes, mais dépassent rarement 0^m,06 à 0^m,08 dans les lieux plats ; les moindres dépressions de terrain osifrent déjà des couches cultivables. C'est ainsi que se sont formés quelques-uns des *causses* des Cévennes et de l'Aveyron, qui sont de très bonnes terres à froment.

10° Les grès purement siliceux sont durs et ne se désagrègent pas plus facilement que le quartz ; mais les grès verts qui contiennent de la chlorite, de l'argile et du fer oxydé tombent facilement en poussière et forment des couches assez fertiles pour les cultures printanières ou arbustives, et pour toutes les cultures dans les lieux où l'on peut arroser. Sur les plateaux, cependant, la terre manque de profondeur.

11° Le gypse se décompose facilement par l'action de l'eau et par les agents mécaniques ; il forme des terres froides et humides en hiver, pulvérulentes et sèches en été.

12° Il en est de même de la craie, dont la surface se détrempe et se pulvérise en formant un sol sec et chaud, ressemblant à de la bouillie après les pluies, mais très facile à travailler, ce qui compense, jusqu'à un certain point, ses défauts.

SECTION II. — *Terrains diluviens.*

On n'a pu jusqu'ici faire que des conjectures sur l'irrup-

tion qui a recouvert l'écorce solide de la terre de cette masse de débris pulvérulents qui composent la plus grande partie de nos terres arables, et que l'on trouve à la fois dans les plaines et sur de hautes montagnes. C'est une cause finale admirable que celle qui a préparé le siège d'une opulente végétation et a devancé le cours des siècles qui auraient été nécessaires pour que l'efflorescence et la décomposition mécanique des roches solides fût devenue capable de produire nos grands végétaux. Une violente action a dû avoir lieu pour pulvériser ainsi et répartir ensuite sur le squelette du globe cette chair, ainsi que l'appelle Prony¹, qui devait le revêtir.

Dans son ouvrage remarquable sur le Gâtinais², M. Puvis a décrit une partie de ce grand dépôt argilo-siliceux qui constitue le diluvium. Il l'a observé en France; il aurait pu le faire aussi bien dans toute l'Europe, dont il forme pour ainsi dire le sol. Cet auteur lui donne pour caractères l'absence ou une très petite proportion de calcaire, un sous-sol entièrement dépourvu de terreau, une couche de marne à une plus grande profondeur, circonstance d'autant plus heureuse que la marne est l'amendement le plus puissant pour ces terres.

Il semblerait ainsi qu'une première éruption aurait balayé les terrains calcaires et marneux supérieurs, et qu'ensuite une nouvelle débâcle aurait recouvert ces débris par ceux de terrains plus anciens et où manquent les principes calcaires.

Nous avons indiqué, dans l'introduction de cette partie de notre ouvrage, la distribution du diluvium sur la surface d'une portion de l'Europe et de la France; nous n'y reviendrons pas, mais nous ferons observer que sa composition n'est pas partout identique. La proportion d'argile et de silice varie beaucoup et fait varier aussi les propriétés des terrains. Il paraît que, suivant que le courant était rapide ou lent, il laissait déposer en

(1) Marais pontins.

(2) *De l'agriculture du Gâtinais*. Paris, 1833.

plus ou moins grande quantité l'un ou l'autre de ces éléments.

On trouve souvent, à d'assez grandes hauteurs, un diluvium qui paraît d'une autre nature que celui-ci, et qui est composé d'une marne ocreuse ; ce terrain est souvent très fertile. Seroient-ce les couches marneuses du diluvium qui, à cause de la hauteur des pentes, n'auraient pu être recouvertes par les couches argilo-siliceuses transportées par un courant moins élevé?

Dans l'axe et à l'embouchure de la vallée du Rhône, qui va du nord au midi, le diluvium est caractérisé par une énorme quantité de cailloux roulés que l'on trouve parfois dans des localités assez élevées (160 mètres au-dessus du Rhône, sur le plateau de Villeneuve-d'Avignon). Il repose aussi sur un poudingue et sur un lit de marne. C'est ce diluvium qui constitue en partie les terrains appelés *craux* et dont celui d'Arles est le plus célèbre¹. Dans le midi, là où la couche de terre est peu épaisse, ce terrain ne sert qu'au pâturage ; mais là où elle est profonde, il y a d'excellents vignobles (Saint-Gilles) et des plantations de mûriers ; enfin, quand les cailloux sont peu nombreux, on trouve de beaux terrains à sainfoin.

L'examen de ce dépôt méridional semble prouver qu'il a eu lieu sous les eaux de la mer, qui en a lissé et poli les galets, et que le grand courant avait lieu dans la direction du nord au sud, entraînant les gros débris dans l'axe de sa direction et déposant les sables et les argiles dans les anses qui se trouvaient dans la partie latérale de son cours et où se formaient des remous.

Aussi les particules qui le composent varient beaucoup de forme et de grosseur, selon les lieux où on les observe. Tantôt l'argile y domine avec un sable d'une extrême ténuité (ce sont des bolbènes, terres blanches) ; d'autres fois, c'est le sable gris ou ocreux, à particules plus grossières, qui l'emporte.

(1) Selon Cambden (*Britannia*, cap. de *primis incolis*), *crau* vient de *craig*, *crug* ou *carreg*, qui signifie en celtique une pierre ou un rocher. Le mot grès viendrait-il de la même racine?

En général, le gypse y manque encore plus que le carbonate de chaux; et, en effet, le gypse en solution ne pouvait se déposer par le repos et ne s'est manifesté que par l'évaporation; aussi toutes ces terres sont-elles très sensibles à l'action du plâtre. Ce caractère géologique des terres se lie ainsi à un fait agricole important.

Il ne faut pas confondre ce diluvium avec d'autres diluviums partiels et tout à fait locaux, provenant des vallées qui s'ouvrent sur les plaines et qui, probablement, par la rupture des digues de leurs lacs, sont venus les recouvrir de couches reconnaissables aux minéraux qui les forment et se placer aussi quelquefois sur les anciens diluviums. C'est ainsi que la Durance a fait une irruption sur le diluvium de la Crau, et que l'Ouvèze et l'Eygues ont fait auprès d'Orange le grand dépôt qui porte le nom de Plan-de-Dieu, qui s'arrête à sa rencontre avec l'ancien diluvium, près le bois de Pécoulette.

SECTION III. — *Terrains d'alluvion.*

Les terrains déposés par les cours d'eau actuels, formés d'éléments divers, suivent les vallées parcourues par les rivières qui les ont transportés, sont composés de matières plus ou moins volumineuses, depuis le caillou jusqu'à la plus fine argile, en proportion avec la pente plus ou moins torrentueuse, plus ou moins tranquille que la rivière conserve dans cette partie de son cours. Là où la rivière court avec rapidité et où, par conséquent, elle a beaucoup de force d'impulsion, elle ne dépose que des pierres et des sables. Mais quand elle a perdu de sa pente et de sa force, elle laisse déposer d'abord des sables et ensuite un mélange de sable fin, d'argile et de carbonate de chaux; enfin il ne reste presque plus que ces deux dernières matières pour ses dépôts tranquilles et qui sont aussi les plus compactes; ainsi, par une loi remarquable, les sols hygroscop-

piques sont accordés de préférence aux pays qui ont le climat le plus chaud.

Les alluvions n'ayant lieu qu'à l'époque des crues, chaque crue n'apporte qu'une faible couche de dépôt qui diffère du dépôt précédent selon que tel ou tel affluent de la rivière, apportant de préférence telle ou telle nature de terre, a dominé dans la crue. Il en résulte que le terrain d'alluvion est formé de couches minces successives et différant les unes des autres, soit par leur épaisseur, soit par leur nature; de plus, comme les ruisseaux en coulant sur les gazons, les terres cultivées et dans les bois, entraînent toujours du terreau, chacune de ces couches est pourvue de cette substance. Ainsi, ce qui caractérise les alluvions, outre leur position qui manifeste clairement leur origine, c'est leur séparation en couches d'épaisseur inégale, de composition différente et toutes pourvues de terreau, et leur tenacité d'autant plus grande qu'elles sont plus éloignées du lieu de départ de l'alluvion ou de l'axe de son courant.

Cette répartition des particules selon la force du courant résulte, comme nous l'avons dit, de la vitesse nécessaire pour les entraîner et les tenir en suspension. Nous avons vu dans la lévigation qu'avec le mouvement que nous pouvons apprécier à $0^m,773$ par seconde¹ (vitesse de la Seine entre Surène et Neuilly, la rivière étant à $1^m,26$ au-dessus de l'étiage²), l'eau laisse déposer le gravier et le gros sable, mais tient encore en suspension l'argile et les matières fixes. Dubuat prétend qu'à cette vitesse un courant peut entraîner des galets de $0^m,027$ de diamètre et des pierres grosses comme des œufs de poule; mais il suffit de voir l'effet produit sur le cours de la Seine pour juger de l'exagération de cette donnée. L'eau ne soutient plus alors même le gros sable; ce n'est donc que quand les

(1) Dans la lévigation, l'eau fait, en 26 secondes, cent fois le tour d'un verre de 201 millimètres de circonférence.

(2) Gauthey, *Construction des ports*, p. 177 et 178.

rièrres débordent sur la surface du sol avec une vitesse de 1^m,50 à 7 mètres (le Rhône dans ses crues) qu'elles peuvent le couvrir de cailloux et de gros sable. Mais comme dans leurs débordements les courants perdent de leur vitesse en s'étendant sur les plaines, les rivières déposent d'abord à leur bord immédiat des graviers et des sables; lorsqu'elles deviennent moins rapides, du sable fin; et enfin, là où le courant s'arrête, de l'argile. C'est par le même mécanisme que le long de leur cours elles ont déposé les graviers à la partie supérieure et l'argile à leur embouchure.

M. Gorsse, ingénieur des ponts et chaussées, estime qu'à l'étiage le Rhône charrie 1 mètre de limon sur 7,000 mètres cubes de fluides, 1 mètre sur 230 pendant les grandes crues, et 1 mètre sur 2,000 en moyenne¹. M. Plagniol, professeur de physique et de chimie à Nîmes, ayant analysé ce limon, a trouvé que, dans les basses eaux, il était composé de 0,25 carbonate de chaux et 0,75 argile avec sable très fin; dans les eaux moyennes, 0,3516 carbonate de chaux, 0,10 sable micacé, 0,5484 argile; et, dans la crue extraordinaire de novembre 1825, de 0,3974 carbonate de chaux, 0,2426 sable micacé, 0,36 argile². Mais les observations suivies de la commission hydrométrique de Lyon, dirigées par M. Lortet, faites jour par jour, nous montrent pour le Rhône, en 1844, un maximum de 493 grammes de dépôt par mètre cube d'eau, un minimum de 7 grammes, une moyenne de 138^g,8; et pour la Saône un maximum de 100^g,2, un minimum de 8^g,4, et une moyenne de 40 grammes par mètre cube; ou, pour le Rhône, 1 mètre cube de limon pour 1,000 mètres d'eau en moyenne; et, pour la Saône, de 1 mètre pour 4,000 mètres cubes d'eau

(1) Mémoire de M. Poulle, sur *la Camargue*. Les expériences avaient été faites à Arles.

(2) Mémoire de M. de Rivière sur *la Camargue*; *Nouvelles annales d'agriculture*, t. XXXIV, p. 78.

environ. D'après M. Fonvielle, les eaux de la Seine, à Paris, contiennent 20^e,0042 de limon desséché par mètre cube d'eau. Ce sont ces matériaux qui sont apportés par les alluvions et qui constituent les terrains de ce genre, abondants en sable là où les courants sont très forts, et ayant une forte proportion d'argile là où les courants sont modérés.

Il résulterait d'expériences faites à Bonn, par M. Hevaz, que le Rhin étant très bas au mois d'avril, l'eau ayant une couleur jaunâtre, la proportion de la matière solide sèche à l'eau serait seulement de $\frac{1}{20734}$, et qu'en novembre, après plusieurs jours de grandes pluies, les eaux étant jaune foncé, cette proportion serait de $\frac{1}{12500}$ en poids. Cette énorme différence des matières transportées par le Rhin et le Rhône provient-elle de ce qu'après avoir déposé les parties terreuses dans le lac de Constance, le premier fleuve ne reçoit plus de courant venant de hautes montagnes déboisées?

De semblables recherches, faites sur les différentes rivières, auraient un grand degré d'utilité en montrant ce que l'on peut espérer des retenues de leurs eaux pour combler les terrains bas et les améliorer.

Il y a aussi des alluvions formées par des rivières au cours tranquille, et qui, à l'œil, paraissent claires. Elles déposent à la longue une argile d'une tenacité extrême qui forme des terres très difficiles à cultiver.

Les terres les plus fertiles que l'on connaisse sont des terres d'alluvion. La basse vallée du Nil en est toute formée; celle du Gange, celle du Pô, celles du Rhône, du Rhin, de la Garonne, offrent des exemples remarquables des sols les plus riches du monde qui appartiennent à cette formation.

Comment se fait-il que, par une erreur que l'on ne peut trop déplorer, les efforts des riverains aient souvent tendu à diguer ces rivières bienfaisantes, de manière à prévenir tout débordement de leurs eaux sur les terres? Ne devait-on pas se

borner à prévenir leur abord direct qui, par la vitesse du courant, leur amène des sables et des graviers, et ne devait-on pas continuer à les recevoir à reculons, en laissant leurs digues ouvertes à la partie la plus basse? C'est ainsi que l'on a agi dans la plaine qui borde le Rhône d'Orange à Donzère, et cette plaine est restée fertile. Partout où l'on a fermé tout accès à l'eau, l'appauvrissement n'a pas tardé à se faire sentir. En effet, plus de nouveau principe fertilisant, plus de nouveau terreau amené par les crues annuelles, et dès lors nécessité de consacrer à la culture des quantités toujours croissantes d'engrais, qui remplacent l'engrais déposé autrefois par les eaux.

Le véritable motif d'une conduite si imprudente n'est pas difficile à trouver; il y a quelquefois des crues à la fin du printemps et en été qui enlèvent une récolte au moment de la moisson. La perte est patente, facile à calculer, et on ne la met pas en balance avec un avenir obscur, incertain. On veut s'y dérober sans calculer les pertes annuelles que l'on se prépare, soit par la diminution de fertilité, soit par l'entretien toujours plus coûteux des digues qui doivent être d'autant plus fortes et plus élevées que l'on resserre les eaux dans un canal étroit; par les ruptures de digues alors beaucoup plus fréquentes et qui dans les années extraordinaires, comme celles de 1841 à 1843, ravagent tout le pays; enfin, par l'exhaussement progressif du lit du fleuve qui passe au-dessus des campagnes à un niveau élevé, entretenant les terres au-dessous de lui dans un état humide et marécageux, et menaçant toujours de se frayer un nouveau lit à moins d'un entretien coûteux et incessant, comme on le voit dans la partie inférieure du cours du Pô et de l'Adige.

SECTION IV. — *Terrains d'atterrissement.*

C'est sous le nom de terrains d'atterrissement que l'on désigne les terrains formés sur la côte de la mer par les courants ma-

rins et par les flots. Sur les côtes, la mer ne cesse d'attaquer et de battre en brèche certaines parties saillantes, dont elle transporte les débris dans les anses enfoncées où son mouvement s'est ralenti ; les courants littoraux s'emparent aussi des matières transportées par les fleuves à leur embouchure ; il se forme ainsi graduellement des plages que le fleuve finit par ne plus pouvoir recouvrir, si ce n'est dans les plus hautes marées ou dans les tempêtes, et qu'on ne peut soustraire à l'inondation que par le moyen de travaux d'art. C'est ainsi que les Belges et les Hollandais ont conquis sur la mer de vastes étendues de terrain.

Sur les côtes de la Méditerranée, où les marées sont peu sensibles, les atterrissements sont nécessairement plus mêlés de sable, parce que n'ayant lieu que par l'effet des vents et des courants, et non par l'apport journalier des marées, les flots qui les apportent soulèvent toujours par leur violence une plus grande quantité de particules pesantes. Voici de quelle manière se forment les atterrissements dans cette mer. Dans les golfes et les lieux où le courant littoral diminue l'action directe des flots venant du large, il se forme peu à peu des bancs qui finissent par enfermer dans leur digue et séparer de la haute mer une certaine étendue d'eau qui devient un étang. Si celui-ci reçoit les affluents ou les alluvions de l'intérieur des terres, il se comble peu à peu, passe à l'état de marais, et finalement à celui de *maremme*. C'est purement une alluvion favorisée par l'atterrissement ; mais longtemps abreuvées par les eaux de la mer qui franchissent souvent la digue, les terres se pénètrent de sel. Si les eaux de l'intérieur n'arrivent pas dans l'étang ou n'y apportent pas de dépôts suffisants, il reste alors dans l'état où il se trouvait quand le dépouillement complet des montagnes a fait cesser le travail de l'alluvion des rivières. C'est ainsi que les marais Pontins sont restés dans cet état de demi-comblement ; c'est ainsi que dans l'île de Camargue, à

l'embouchure du Rhône, une première partie qui borde le fleuve est comblée, une partie intermédiaire reste à l'état de marais depuis que l'île, entourée de digues, ne permet plus aux eaux du Rhône de l'atterrir, et enfin, une troisième partie, la plus voisine de la mer, le Valcarès, est restée un étang. On dit qu'il se forme actuellement au large une nouvelle barre qui deviendra bientôt une digue et formera un étang au sud du Valcarès.

Quant aux maremmes ou parties comblées des anciens étangs, ce sont des terrains malsains à cause du voisinage de ces flaques d'eau isolées qui se remplissent et se dessèchent alternativement ; mais il n'est pas sûr qu'après leur dessèchement ils cessent tout à fait d'être malsains. Il existe encore pendant longtemps dans ces terrains des décompositions de matières organiques que retient le sol et qui s'en exhalent quand la sécheresse succède à la saison des pluies. Il faut probablement longtemps pour que la source de ces émanations soit complètement tarie. La culture de la surface et peut-être son écobuage, souvent renouvelé, sont les meilleurs moyens pour accélérer le moment où elles cessent de nuire.

La fertilité des polders, des lais et relais de la mer et de toutes ces terres nouvellement apportées par les eaux, prouve combien ce remaniement est favorable à la végétation quand la surabondance du sel n'y met pas obstacle.

SECTION V. — *Terrains paludiens.*

Les marais intérieurs ne reçoivent pas ordinairement leurs eaux de rivières limoneuses qui y apporteraient un tribut abondant de terres ; ils sont alimentés ou par des eaux pluviales qui coulent sur les déclivités de leur bassin, ou par des sources qui jaillissent près de leur bord ou au centre même de leur étendue. Ce sont des eaux peu rapides, qui ne se chargent que du limon le plus ténu, et qui même quelquefois paraissent

entièrement claires. Aussi le sol des marais est-il formé alors de particules très fines, d'une nature analogue au terrain des environs quand ce sont des eaux pluviales qui l'entretiennent, ou au sous-sol qui porte les terres arables si ce sont des sources, et quelquefois enfin seulement de tourbe provenant des plantes qui croissent dans les eaux claires ; mais, dans tous les cas, la tourbe est mêlée en particules plus ou moins discernables aux terres de marais ; et quand on en fait l'analyse par les acides, les débris charbonneux se retrouvent en grande quantité avec la silice, même quand ils n'étaient pas visibles à l'œil.

Dans la lévigation, le premier lot renferme des débris de coquilles terrestres ou fluviatiles, du terreau carbonisé dans lequel on distingue quelquefois la forme des plantes ; on trouve du terreau non décomposé à la surface de l'eau qui a servi à la lévigation. Le sous-sol est nécessairement un terrain qui retient l'eau et ne peut être traversé par les racines des plantes. La valeur du terrain est donc en raison de la profondeur de la couche perméable.

Parmi ces natures diverses de sol, variables autant que les circonstances de leur formation, on distingue surtout les terrains paludiens formés par les dépôts provenant de la couche marneuse, si étendue sous nos terres arables et d'où elle a été amenée à jour par les sources. Cette nature de sol, si longtemps dédaignée, a pris une grande importance depuis qu'elle est devenue le siège de la riche culture de garance que l'on fait dans le département de Vaucluse. Ces terrains sont très productifs au moyen de fréquents engrais quand leur couche est profonde et quand le sous-sol est frais sans retenir des eaux stagnantes ; car, dans ce dernier cas, le marais souterrain devient une cause d'infertilité et d'insalubrité.

SECTION VI. — *Dunes.*

Les dunes sont formées de sables mobiles transportés par les

vents; leur présence est un véritable danger pour l'agriculture: c'est le typhon des anciens, qui des déserts de la Libye ne cesse de menacer la fertile Égypte. En effet, quand elles ne rencontrent pas d'obstacles, l'action du vent ne cesse de leur faire gagner du terrain aux dépens des terres labourables. Les sables mobiles du Sahara sont composés de grains de quartz translucide qui ont, en terme moyen, $7/10$ de millim. de diamètre, sans mélange d'aucune autre substance¹. Quand rien ne les arrête, ils s'avancent de 3 à 4 mètres par an. Les sables qui composent les dunes de Bordeaux sont aussi quartzeux; ils règnent sur une longueur de 240 kilomètres sur une largeur moyenne de 5 kilomètres. Cette mer de sable, à laquelle rien ne résiste, s'avance invariablement de l'ouest à l'est dans la direction des vents dominants, avec une vitesse moyenne de 24 mètres par an, couvrant les terres, les villages, les bois, comblant les rivières et les forçant à s'étendre en étangs et en marais à la surface du sol. En Hollande, on plante les dunes d'*arundo arenaria* pour les recouvrir et dérober le sable à l'action du vent; en Guienne, Brémoutier imagina de fixer les dunes par de grandes plantations de pins qu'il parvint à faire croître par d'ingénieuses précautions. Cette opération se continue annuellement. Les arbres, une fois enracinés et préservés par leurs voisins du ravage que fait dans leur feuillage et leurs jeunes branches le sable siliceux poussé par la violence du vent, réussissent bien, grâce à la fraîcheur constante de l'intérieur de ces dunes, entretenue par l'humidité des vents de mer².

Aussi M. de Candolle³ s'étonne-t-il que l'on n'ait pas songé plus souvent à utiliser le sol des dunes; il parle du hameau de la

(1) Costaz, *Mémoire sur l'Égypte*, t. II, p. 264.

(2) Voir les Mémoires de Brémoutier et le Rapport de Chassiron dans le tome IX des *Mémoires de la société d'agriculture de la Seine*, p. 414.

(3) *Mémoire sur la fertilisation des dunes; Mémoires de la société d'agric. de la Seine*, t. V, p. 440 et 443.

Panne, entre Dunkerque et Furnes, dont les habitants s'étaient formé au milieu des dunes un petit territoire où le seigle, la pomme de terre, la carotte, venaient à merveille ; mais surtout il cite un exemple remarquable de ce que peut l'industrie dans des terrains de ce genre ordinairement si dédaignés. « Qu'on me permette, dit-il, d'entrer dans quelques détails sur un établissement formé en 1798. Le premier soin d'Heitfeld (c'est le nom de l'industriel cultivateur) a été de bâtir sa chaumière auprès d'une source d'eau douce ; cette chaumière est très basse et l'entrée en est au sud-ouest, afin d'être à l'abri des vents du nord-ouest, fréquents sur cette côte. En creusant pour avoir de l'eau, il a trouvé un banc de tourbe qu'il exploite et dont il se sert pour brûler... Dès qu'Heitfeld a eu bâti sa chaumière, il s'est occupé à protéger sa future possession des vents du nord-est. Dans ce but, d'après la méthode reçue, il a d'abord placé sur les hauteurs qui l'environnent l'*arundo arenaria*. Ce graminé se transplante sans difficulté lorsqu'on l'arrache avec de longues racines. Mais pour se préparer de l'ouvrage pour l'avenir, les planteurs hollandais qui sont chargés d'engarnir les dunes avancées le coupent avec des racines très courtes, de manière qu'il périclite la première ou la seconde année et ne pousse pas de nouvelles racines. Ce sont cependant les racines qui, par leurs entrelacements, retiennent le sable mobile. Heitfeld ne plante plus d'*arundo* et préfère employer des arbres pour arrêter le vent. Le peuplier blanc et le peuplier d'Italie réussissent bien dans ce terrain dont le fond est humide. Il a établi des haies assez épaisses pour résister aux efforts du vent ; c'est derrière cet abri que cet industriel paysan a commencé à cultiver. L'humidité dont le sol des dunes est imprégné le dispense d'arroser pendant l'été. Faute de secours pécuniaires, il n'a jamais mis d'engrais, et malgré cela l'avoine a réussi dans ce sable comme dans un terrain ordinaire ; le blé sarrasin s'est élevé à un mètre ; le seigle et le trè-

ne réussissaient très bien, mais ils ont gelé cet hiver; la spergule vient à merveille; le chanvre atteint 13 décimètres de hauteur; le lin s'est élevé à 12 décimètres et a fourni la graine la plus grosse et la plus nourrie que j'aie encore vue; le colza d'été et la moutarde y ont aussi prospéré; les diverses variétés de lentilles, de fèves, de pois, de haricots, y ont parfaitement réussi; mais la culture qui y est la plus avantageuse est celle des racines tubéreuses et charnues. Je l'avais soupçonné en voyant la grosseur que la racine de la moindre plante sauvage acquiert dans les dunes... L'agriculture a confirmé ces indications de la botanique; les pommes de terre, les raves, les carottes, les scorsonères, la betterave, ont prouvé, par leur prospérité et par leur saveur, qu'elles ne se refusaient point à croître dans les dunes. Outre tous ces essais, j'ai vu chez Heitfeld des oignons, des laitues, des épinards, de l'oseille, du persil et du céleri naissant et bien portant. Le maïs qu'il a semé cette année ne paraît pas réussir aussi bien.

« Tel était l'état de la plantation de Heitfeld en prairial an VII (mai 1799). L'hiver cruel qu'il avait eu à supporter a augmenté les difficultés de son entreprise, mais aussi a rendu ses résultats plus certains; car toute plante qui n'a pas gelé pendant l'hiver de l'an VII peut certainement supporter ce climat. Le sol des dunes gèle très profondément, mais se dégèle avec la même promptitude, » à cause de la porosité des sols sablonneux.

Les terrains des dunes ne sont donc pas complètement improductifs quand ils sont bordés par les eaux de l'Océan occidental et humectés par ses vents d'ouest. Sous d'autres conditions, les dunes ne peuvent pas être utilisées par des cultures annuelles; mais si elles ne sont pas battues par des vents violents, on les voit se couvrir d'arbres tels que les pins, les genévriers, etc. En Languedoc, la clématite y abonde et les habitants la récoltent pour en faire un bon fourrage sec. Les dunes

ne repoussent donc pas toute végétation, et présentent à côté de leurs immenses inconvénients un certain degré d'utilité.

Les vents, au reste, ne se bornent pas à former des dunes avec les particules de sable transportées; elles ajoutent encore aux couches terreuses par un effet lent, mais continu, et qui, dans la direction des terrains mobiles, peut être assez appréciable. M. Reizet rapporte¹ avoir vu un vent de sud-ouest très violent élever des volcans du Puy-de-Dôme de gros nuages de poussière noire qui, apportés en un instant à Clermont et sur la Limagne, y déposent sur les terrasses et sur les pavés une couche de 1 à 2 millimètres d'épaisseur de *lapilli* et de cendres volcaniques. Il regarde comme très probable que le sol de la Limagne a été ainsi formé, car de pareils transports de matières volcaniques sont très fréquents dans ces contrées. Dans quelque mesure que l'on adopte cette opinion, il n'en paraît pas moins certain que ces vents doivent contribuer puissamment à modifier la nature du sol.

SECTION VII. — *Terrains volcaniques.*

Si les laves scoriacées, les basaltes, les trachytes, sont d'une décomposition difficile et ne fournissent pas de nombreux contingents aux terres arables, en revanche les vaques, les argilolites, les produits boueux des volcans, se réduisent facilement en terres propres à la culture; ce sont eux qui forment les sols argileux dans les terrains volcaniques, et qui, par leur mélange avec les produits plus siliceux, composent les meilleures terres qui s'y trouvent. Mais on trouve aussi des sols composés seulement de fins débris de ponce que l'on a appelés tufs ponceux. Ils sont de couleur rougeâtre ou grisâtre; ils ont un éclat soyeux et contiennent des parcelles de fer oxydulé. Quand les fragments de ponce sont fort atténués, ils donnent à la terre

(1) *Mémoire sur les volcans d'Auvergne*, p. 15.

l'apparence et quelques-unes des qualités des terres argileuses. Ces tufs ponceux composent une grande partie du sol de la riche campagne de Naples.

Ce que l'on appelle *lapilli* et *cendres volcaniques* ne sont que deux degrés différents d'atténuation des laves compactes lancées par les volcans. Les *lapilli* sont de petits fragments de lave de 1 à plusieurs millimètres de diamètre ; les cendres volcaniques ne sont que ces mêmes fragments réduits à de plus petites dimensions ; ils constituent des terrains secs et inconsistants, et il est à peine croyable que la végétation puisse y exister. Cependant c'est sur des terrains pareils que viennent les vignes qui produisent le *lacrima Christi* au pied du Vésuve. M. Webb remarque que les pommes de terre qu'on cultive à Ténériffe, dans des amas de ponce entièrement dépourvus de terreau, acquièrent en peu de temps un développement extraordinaire¹, et nous avons vu ce même sol mis en culture entre Nicolosi et l'Etna. Ce sont des *lapilli* pyroxéniques, constituant un terrain sec et filtrant, d'une grande profondeur, où la vigne, le figuier, l'amandier, ont assez bien réussi, et où la *genista juncea* devient un véritable arbre². Quand on met en culture les laves récentes, il s'en élève, surtout en hiver et dans les temps pluvieux, une odeur désagréable, annonçant des réactions chimiques et qui, attaquant les organes respiratoires des ouvriers, leur cause un véritable orthopnée³.

La fertilité de ces terrains qui viennent d'être soumis à une chaleur incandescente, et privés par conséquent de toute substance organique, s'explique par la présence de la potasse et de la soude dans toutes les laves et par celle de sels ammoniacaux que l'on trouve auprès des volcans et dans les pseudo-

(1) *Bibliothèque universelle de Genève*, t. LII, p. 359.

(2) *Coup d'œil sur l'agriculture de Sicile; Journal d'Agriculture pratique*, t. III, p. 433.

(3) Mémoire de Galvagni dans les *Actes de l'Académie gioenia de Catane*.

volcans (chlorhydrate et sulfate d'ammoniaque). Sans être obligé de tirer les substances nécessaires à leur nutrition de la décomposition des corps organisés ou de l'avare distribution qu'en fait l'atmosphère, les plantes trouvent donc immédiatement dans les terrains volcaniques deux des éléments les plus importants et les plus rares, les alcalis fixes et l'ammoniaque. Ce fait explique l'opulente végétation de ces terrains, surtout quand il s'y joint l'humidité procurée par l'irrigation.

CHAPITRE II.

Disposition des couches des terrains agricoles.

Les terrains meubles qui couvrent la surface de la terre et qui sont le domaine de l'agriculture sont formés de plusieurs couches superposées les unes aux autres, mais que nous devons ranger sous deux divisions principales, les couches perméables à l'eau, les couches imperméables. Nécessairement, pour qu'il puisse y avoir culture, les couches supérieures sont plus ou moins perméables ; car une argile pure ou une roche aride ne seraient pas susceptibles de nourrir des végétaux. C'est à partir de la couche imperméable et en remontant vers le sol que se trouvent les terres qui peuvent être pénétrées par les racines et dont nous aurons à nous occuper.

Nous appellerons le *sol* la couche supérieure du terrain jusqu'à la profondeur où elle conserve la même nature minérale. Le sol se divisera en : 1° *sol actif*, celui qui est mêlé de terreau, qui reçoit les impressions de l'atmosphère, les sels solubles, dans lequel se passent les phénomènes de la végétation, et qui est atteint par les labours ; 2° au-dessous de cette première couche et quoique conservant la même composition minérale, si le sol est profond, nous appellerons *sol inerte* la seconde couche qui n'est pas entamée par les cultures.

Au-dessous du sol, au moment où une nouvelle couche de composition minérale différente se présente, nous avons le *sous-sol* qui peut être formé lui-même de plusieurs couches variables aussi dans leur composition jusqu'à ce qu'on atteigne dans la profondeur la couche imperméable.

Si le sol est placé immédiatement sur la couche imperméable, il n'y a pas de sous-sol. La profondeur du terrain est la distance qui sépare la surface de la couche imperméable; ainsi, par exemple, ces terres peuvent être composées d'une des manières suivantes :

	mètres.	
Terre calcaire silicate.	1	{ 0 ^m ,33 sol actif.
		{ 0 ^m ,67 sol inerte.
Terre siliceuse.	2	sous-sol.
Argile.		couche imperméable.
Profondeur.	3	

ou

Terre siliceuse.	0 ^m ,30	sol actif.
Roche de grès.		couche imperméable.
Profondeur.	0 ^m ,30	

ou encore

Terre argilo-siliceuse.	2	sol actif.
Terre argilo-calcaire.	1	sous-sol.
Roche calcaire.		couche imperméable.
Profondeur.	3	

SECTION Ire. — *Du sol actif.*

La profondeur du sol actif dépend entièrement, d'après la définition que nous en avons donnée, de celle des labours. En effet, leur effet étant de presser la terre piétinée par les chevaux et corroyée par le sep, et de la rendre ainsi très compacte, il se forme artificiellement à cette profondeur un sous-sol presque imperméable qui s'imprègne difficilement d'eau et qui n'est jamais en contact avec l'atmosphère. Il dépend donc du

cultivateur d'avoir un sol actif, profond ou mince. Dans un sol profond, les racines s'enfoncent sans peine et vont chercher l'humidité et les sucs nourriciers dans un plus grand cube de terre. Aussi, tous les cultivateurs sont d'accord, maintenant, sur les avantages d'un sol actif profond, et dans des contrées entières on l'entretient en cet état par des minages périodiques très coûteux et que l'on ne croit pas acheter trop chèrement.

Souvent et surtout dans les terres d'alluvion, le sol actif se trouvant épuisé de certains principes, on renouvelle sa fertilité en le mêlant au sol inerte qui les possède et qu'on lui substitue. C'est ainsi que nous voyons des terres cultivées en garance améliorées par le défoncement profond nécessaire pour extraire la racine de cette plante ; c'est qu'alors le sol inerte est d'une excellente nature et que, n'ayant jamais été épuisé par l'action de la végétation, il a conservé le dépôt de substances nutritives que les eaux avaient entraînées. Mais si le sol actif est devenu tel seulement par le mélange des engrais, et que le sol inerte soit devenu presque imperméable par le tassement et ne contienne aucun principe fertilisant, quand il se trouve par cette opération substitué au sol actif, il en résulte une série de mauvaises récoltes jusqu'à ce qu'on l'ait de nouveau fertilisé par des engrais.

SECTION II. — *Du sol inerte.*

La prolongation du sol actif en sol inerte n'est pas toujours avantageuse. Quand le sol actif a des qualités excessives, soit en tenacité ou en légèreté, ou en sécheresse, ou en humidité, il est bien préférable d'arriver immédiatement à un sous-sol d'une qualité opposée et que l'on puisse mélanger avec le sol par le moyen des labours profonds. Mais dans les sols de bonne qualité, et surtout dans les alluvions, un sol d'une bonne profondeur est chose très désirable. Quand le sol inerte repose sur la couche imperméable ou sur une couche filtrante abreuvée

d'eau, il ne peut pas dépasser un mètre de profondeur sans inconvénient, parce que, dans cette dimension, il transmet encore l'humidité du fond à la surface, s'il est composé de substances hygroscopiques. Dans le cas où la couche d'eau serait très profonde ou que le sous-sol fût d'une mauvaise qualité, la grande épaisseur du sol inerte est un avantage, puisqu'on peut toujours, par le moyen des labours profonds, en faire un utile récipient d'humidité en permettant aux racines d'aller la chercher profondément.

SECTION III. — *Du sous-sol.*

La nature du sous-sol acquiert beaucoup d'importance quand il est situé à une petite profondeur et peut être atteint par les labours. Alors on peut considérer : 1° s'il est suffisamment filtrant ; 2° s'il est d'une nature meilleure ou pire que le sol, et s'il peut ou non lui servir d'amendement ; 3° si sa couche supérieure est d'une grande ou petite épaisseur, et, dans ce dernier cas, quelle est la nature de la couche immédiatement inférieure.

1. *Sous-sol filtrant.* Cette nature de sous-sol est très avantageuse pour les terres fortes et pour celles qui sont situées sous un climat pluvieux, ou encore pour celles qui peuvent être arrosées. Un sous-sol bien perméable à l'eau l'est aussi aux racines, et les arbres y prennent un développement admirable. C'est sur un sous-sol formé de terres graveleuses que viennent les magnifiques noyers et châtaigniers des vallées, de même que l'opulente végétation de mûriers de quelques parties des Cévennes. Les luzernes et le sainfoin y donnent de belles récoltes, parce que ces plantes recherchent surtout leur nourriture dans la profondeur ; mais aussi il peut rendre le sol trop aride pour les plantes annuelles dans les climats méridionaux.

2. *Sous-sol peu filtrant.* Si ce sous-sol est trop près de la surface de la terre, il retarde l'écoulement de l'eau en hiver, il

se charge d'extrait de terreau, absorbe l'oxygène et en prive les racines des plantes qui s'y macèrent et souffrent ou meurent. L'inconvénient diminue avec la profondeur de ce sous-sol, parce qu'alors le sol cesse d'être complètement imbibé. Les terrains argilo-calcaires pesant 16, tandis que l'eau pèse 10, et recevant 0^m,50 d'eau dans leur complète imbibition, une pluie d'un centimètre n'imbibera complètement que 12^{mill.},5 de terre; mais quand les pluies sont fréquentes et abondantes, et que la terre n'a pas de pente, ce n'est pas trop de 0^m,30 de profondeur pour que les plantes restent toujours dans un état moyen d'humidité pendant la saison des pluies.

3. La nature du sous-sol contribue à augmenter la valeur de la terre quand elle est meilleure que celle du sol lui-même. Ainsi il arrive dans les alluvions que d'excellents limons ont été enterrés sous des couches de graviers qui constituent le sol. On peut utiliser ceux-ci par des plantations d'arbres si la couche inférieure est assez peu profonde pour qu'ils puissent l'atteindre en quelques années; ces arbres, qui languissaient d'abord tant que leurs racines étaient encore dans la couche de gravier, se raniment en atteignant le riche sous-sol et prennent un beau développement. C'est sur ce principe que nous avons pu rendre à la production une partie du domaine du Bordelet, au confluent de l'Ardèche et du Rhône, qui avait été couverte de sable et de gravier par l'inondation de 1827, et qui maintenant est une véritable forêt de mûriers plantés sur un mètre d'épaisseur de ce nouveau sol aride.

4. Si le sous-sol est situé près de la surface et qu'il n'ait pas une grande épaisseur, il est essentiel de connaître la nature de la couche immédiatement inférieure et de calculer si, en brisant le sous-sol et le mêlant avec le sol, on parviendra à se procurer un nouveau sous-sol de meilleure qualité. Ainsi, quelquefois, sous les sols de sable et de gravier, se trouve une couche peu épaisse de sable ou de cailloux agglutinés par un

ciment calcaire ou ferrugineux ; c'est ce qui arrive, par exemple, dans les Landes. En rompant ce sous-sol, si cela est économiquement possible, on se procurera un nouveau sous-sol plus profond, plus perméable, plus frais. Il m'a été rapporté que des plantations qui ne pouvaient réussir, à cause de la petite épaisseur du sol, avaient eu un grand succès, et avaient produit de très beaux chênes dans ces mêmes landes, quand on avait percé le poudingue inférieur avec une aiguille de mineur pour introduire leur pivot sous la couche peu épaisse du sous-sol. Quel travail faudrait-il, dans quelques situations favorables de la contrée, pour miner et rompre cette couche et avoir un sous-sol excellent pénétrant jusqu'au réservoir des eaux inférieures ?

D'autres fois c'est une couche d'argile imperméable qui forme le sous-sol, et quand elle est fort mince, elle peut aussi être rompue, et avec les mêmes avantages que dans le cas précédent. Dans la plaine centrale de Vaucluse, un sous-sol d'argile de quelques centimètres d'épaisseur suffisait pour retenir les eaux à la surface en hiver, pour ôter aux plantes en été le bénéfice de l'humidité souterraine, pour gêner le développement des racines, pour constituer enfin un terrain détestable et maudit ; le brisement de cette couche, opéré pour cultiver la garance, a décuplé la valeur des terres en mettant le sol en communication avec le réservoir permanent des eaux.

Il se présente aussi quelquefois des phénomènes qui sont inexplicables si l'on n'examine pas la nature et la constitution du sous-sol. Ainsi, en Camargue, on remarque des places où le sel remonte à la surface par la capillarité, à côté de places où il ne surabonde jamais. C'est que le sous-sol imperméable qui empêche la communication entre le sol et les terrains imprégnés de sels inférieurs au sous-sol vient à manquer, et qu'il se trouve là remplacé par une veine de terre filtrante et capillaire.

Ces exemples, que nous pourrions multiplier, prouvent la

grande importance que l'on doit attacher à étudier et à bien connaître la stratification du terrain que l'on cultive. Ordinairement on acquiert cette connaissance en observant la succession des couches lorsqu'on creuse des puits qui se poussent jusqu'au réservoir des eaux. Quand nos paysans veulent cultiver ou acheter un sol qu'ils ne connaissent pas, ils ne manquent jamais de l'ouvrir profondément avec la bêche ; mais il est plus commode et plus expéditif de se servir d'une petite sonde dont on peut pousser le travail à plusieurs mètres en quelques heures.

SECTION IV. — *De la couche imperméable et du réservoir des eaux.*

Le réservoir inférieur des eaux n'est pas partout à 500 mètres de profondeur comme à Grenelle ; il arrive au contraire souvent qu'il n'est pas assez éloigné de la surface pour que les longues racines ne puissent y aller puiser l'eau nécessaire à une belle végétation, ou que par l'effet de la capillarité, s'il n'y a pas de couches intermédiaires interposées, son humidité n'entretienne la fraîcheur du sol ; quelquefois même il se trouve trop près de cette surface et l'entretient dans un état constant d'humidité très nuisible aux plantes.

Les racines qui se dirigent horizontalement sous la surface du sol, quand le sous-sol est sec et imperméable ou quand il ne porte qu'une eau désoxygénée, plongent verticalement, au contraire, quand le sous-sol est filtrant et qu'au-dessus de lui passe un lit de sable ou de gravier, une eau courante et aérée. C'est la condition de la vallée du Nil où les dépôts limoneux du fleuve sont superposés à un sable filtrant et abreuvé d'eau¹. Nous avons vu sur les bords éboulés du Rhône et de l'Ardèche

(1) Girard, *Observations*, p. 289, dans la grande description de l'Égypte.

des mûriers, des luzernes et des blés étendre leurs racines à 3 mètres de profondeur, pour atteindre le réservoir inférieur de l'eau filtrant à travers les graviers; sur les bords de la Sorgue, le sous-sol argileux ayant été défoncé, comme nous l'avons expliqué dans l'article précédent, le sol a été mis en communication avec des masses tourbeuses constamment lavées par la filtration de la rivière, et par le moyen desquelles l'ascension de l'humidité entretient la fraîcheur du sol. A Nîmes, le sous-sol de la plaine de Vistre est un poudingue au-dessous duquel est le réservoir des eaux courantes; en le perçant en plusieurs points, les eaux sont montées au-dessus des poudingues, là où leur niveau le permettait, et ont été mises en communication avec le sol.

Quand les eaux du réservoir, au lieu d'être courantes, sont stagnantes comme dans les terres concaves, il y a non une rivière, mais un marais intérieur; les eaux sont désoxygénées, et il est important que leur réservoir ne soit pas trop près de la surface; mais à une certaine profondeur, à un mètre, par exemple, elles n'auront plus d'effet que par leur ascension capillaire, pendant laquelle elles se mettent en communication avec l'air et reprennent l'oxygène qu'elles ont perdu.

Mais il arrive trop souvent que ces réservoirs stagnants ne sont entretenus que par les eaux pluviales, et que, dans la saison chaude, ils se dessèchent complètement après s'être remplis outre mesure pendant l'hiver. Ce genre de réservoir intérieur est donc plutôt fâcheux qu'utile.

Quand le réservoir intérieur des eaux n'est pas à plus de 4 mètres de profondeur, on peut toujours se procurer avec facilité, par le moyen de la machine à vapeur, l'eau nécessaire à l'irrigation pour une somme moindre que celle que l'on paie aux canaux d'irrigation existants dans le midi, en supposant la houille au prix qu'elle a le long des lignes navigables et en employant une force *minimum* de cinq chevaux-vapeur; on

pourrait atteindre à une plus grande profondeur avec le même déboursé, relativement à l'étendue du terrain, si l'on employait des machines plus fortes. Nous apprécierons mieux encore l'utilité d'un réservoir d'eau placé à cette profondeur, sous une couche imperméable, en traitant de la valeur des terres sèches comparée à celle des terres arrosées.

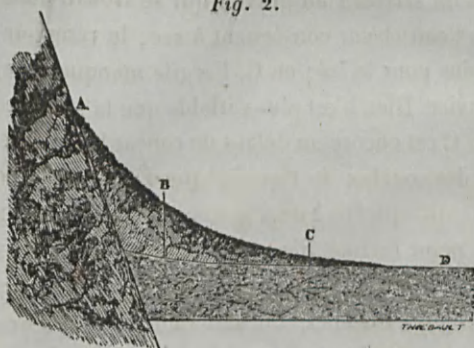
Quand le réservoir inférieur des eaux se trouve à une profondeur telle qu'il ne peut être utilisé ni par la capillarité naturelle du sol, ni par les machines, ou est soumis à la rigueur de toutes les variations des saisons, il faut obéir à la loi météorologique, heureux quand elle n'est pas sujette à de grandes variations annuelles dans la distribution des pluies. On doit donc chercher à constater l'existence, la situation et la profondeur du réservoir des eaux et la constance ou l'inconstance de son niveau, soit pour se rassurer par la certitude que l'hygroscopicité des terres suffira pour entretenir la fraîcheur du sol, soit pour s'approprier par les moyens mécaniques les eaux d'un réservoir trop profond, soit enfin pour diriger la culture et le choix des assolements, selon les circonstances où l'on se trouve, et se résigner aux alternatives des saisons.

SECTION V. — *Défauts de parallélisme (non concordance)
des couches des terrains.*

On serait loin de connaître complètement la stratification d'un terrain un peu vaste, si l'on se bornait à l'observer sur un seul point; le résultat ne serait exact que dans le cas où le sous-sol et la couche imperméable seraient parallèles; mais il en est très souvent autrement. Ainsi il arrive, surtout dans les diluviums, que le sol a été déposé sur une surface déjà ondulée et formée, par exemple, d'une partie concave sur laquelle des argiles auront été déposées horizontalement, puis sur des roches inclinées qui forment le bord du bassin. Si le sol

a une pente qui se rattache à la roche, il se trouvera qu'au point A (*fig. 2*) il aura un sous-sol rocheux qui ira toujours en

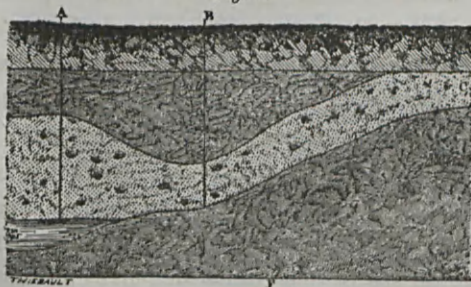
Fig. 2.



s'approfondissant en s'approchant de B; qu'en B il aura un sous-sol argileux qui ira en diminuant de profondeur vers C, et qu'enfin en D le sol changera de nature, que ce ne sera plus le diluvium, mais l'argile qui le constituera.

Dans les terrains d'alluvion, on trouve les mêmes variations qui se manifestent aussi par l'absence et la présence successives du réservoir d'eau; car les eaux courantes entassent quelquefois certaines couches aux places où elles trouvent des obstacles et n'en laissent pas trace là où elles ont toute leur impétuosité. Ainsi, dans l'exemple ci-dessous, le niveau de l'eau

Fig. 3.

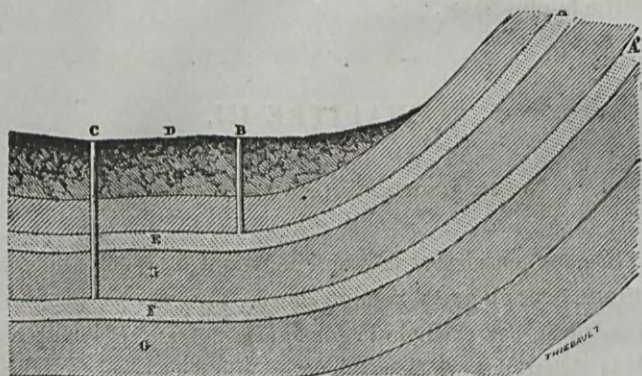


étant G (*fig. 3*), le sol aura de A en C un sous-sol argileux;

mais en A on trouvera le niveau de l'eau après avoir percé une mince couche d'argile; en B on percera une forte couche d'argile, mais on arrivera au gravier qui se trouve au-dessus du niveau de l'eau et par conséquent à sec; le réservoir de l'eau n'existe plus pour le sol; en C, l'argile manque et le sous-sol est du gravier. Rien n'est plus variable que la stratification des alluvions. C'est encore au défaut de concordance dans la stratification des couches de terrains que l'on doit la possibilité d'atteindre quelquefois à de si grandes profondeurs, au-dessous d'un sol à peine incliné, des amas d'eau considérables qui peuvent remonter à la surface et produire ce que l'on appelle les puits artésiens. En effet, on sait que diverses formations à couches perméables ou imperméables ont été soulevées de leur position horizontale, inclinées à l'horizon de manière à former les montagnes; ces couches se rattachent au noyau de la montagne, à différentes hauteurs, et les eaux qui coulent sur les pentes s'infiltrant nécessairement dans les couches perméables, les suivent, et, contenues par les couches imperméables supérieures et inférieures, forment sous les plaines des réservoirs d'eau comprimée par la pression qu'exerce la hauteur de l'eau depuis son point de départ. Si l'on vient donc à percer la couche imperméable supérieure, l'eau jaillit dans le trou de sonde pour se mettre de niveau avec le point le plus élevé de sa charge, et souvent assez haut pour venir arroser la plaine située au-dessous. S'il existe plusieurs étages de couches perméables venant se rattacher à la montagne à différentes hauteurs, il y aura plusieurs réservoirs d'eau inférieurs que l'on trouvera successivement en approfondissant le trou de sonde; la profondeur à laquelle on rencontrera l'eau variera à la fois selon l'éloignement des montagnes qui lui servent de point de départ et selon l'épaisseur des bans imperméables qui la recouvrent. La *fig. 4* montrera la constitution de pareils terrains. E est une couche filtrante, premier réservoir d'eau; F, une couche

filtrante, second réservoir d'eau; GG, des couches imperméables; BC, des trous de sonde.

Fig. 4.



L'eau pénètre dans les couches filtrantes en A et A'; elle descend avec ces couches au-dessous du sol de la plaine; selon que l'on creusera en B ou en C, l'on trouvera l'eau plus profondément, soit que l'on veuille atteindre le premier ou le deuxième réservoir, et si les couches continuent à plonger sous le terrain, on peut arriver à un point où cette profondeur serait si grande que les efforts humains ne pourraient l'atteindre¹.

Ce qui se passe en grand pour les dépôts susceptibles de former des puits artésiens se passe en petit pour les sources, et il suffit d'une lacune dans la couche imperméable qui leur sert de toit, il suffit d'un percement qui y aura été fait, pour qu'une terre soit habituellement humide. Elkington reçut une gratification du Parlement pour avoir appliqué cette théorie à l'art des dessèchements et avoir compris qu'il s'agissait d'atteindre l'eau dans la couche filtrante, vers la partie la plus haute du

(1) Voir Garnier, *l'Art du fontainier sondeur*, et toute la théorie des puits artésiens, exposée clairement dans une note de M. Héricart de Thury insérée dans les *Mémoires de la société centrale d'agriculture*, 1828, t. I, p. 6.

terrain, et de la conduire dans des fossés hors du champ, pour le dessécher complètement, ce que l'on ne faisait qu'imparfaitement en cherchant à réunir les eaux déjà parvenues à sa partie la plus basse.

CHAPITRE III.

De la végétation naturelle du sol.

Si nous considérons la propriété qu'ont les plantes de substituer, dans un grand nombre de cas, un principe constitutif à un autre, par exemple la soude à la potasse, et l'existence de la plupart des principes minéraux, soit dans le sol, soit dans la poussière atmosphérique, soit dans les eaux de pluie, nous penserons qu'un germe déposé dans un terrain quelconque pourra y prendre un certain développement et y exister plus ou moins longtemps, quoiqu'il n'y trouve pas tous les éléments nécessaires à sa vie complète et facile. On a été même plus loin, et l'on est parvenu à faire végéter des plantes sur du quartz pilé, dans du charbon; mais alors les seuls éléments puisés dans l'atmosphère concouraient à leur nutrition, et leur développement était incomplet et peu considérable. Il semblerait donc, d'après ce raisonnement, que les plantes devraient être indifférentes aux terrains sur lesquels elles vivent, et qu'ainsi la végétation d'un sol ne peut être qu'un indice trompeur, si l'on veut juger d'après elle de sa nature et de ses propriétés.

A l'appui de cette conclusion, on rapporte les faits qui se passent dans les jardins de botanique, où toutes les plantes de la terre sont également admises; mais il faut observer qu'au milieu des éléments si divers qui les composent, il n'est pas étonnant qu'elles trouvent ceux qui conviennent à leur nature. Il ne faut pas oublier non plus que leurs jardiniers savent va-

rier les terres selon les différentes plantes, et qu'il y en a des séries entières qui ne prospèrent que quand on leur fournit de la terre de bruyère.

Ce qui prouverait davantage, c'est que les botanistes trouvent à peu près les mêmes plantes sur les montagnes calcaires et sur les montagnes schisteuses et granitiques. De Candolle dit qu'il ne saurait citer un seul végétal qu'on puisse affirmer n'avoir été trouvé que dans des terrains calcaires et dans des terrains granitiques; mais il ajoute qu'on trouve plus habituellement, sur les terrains calcaires, le buis, la *potentilla rupestris* et *caulescens*, le *polypodium calcareum*, la *gentiana cruciata*, l'*asclepias vincetoxicon*, le *cyclamen europæum*, le *trifolium montanum*, l'*adonis vernalis*; plusieurs espèces d'orchis, des bupleuvres, des lichens, etc.; et, sur les terres plus ou moins siliceuses, les châtaigniers, le *digitalis purpurea*, *sedum villosum*, *pteris crispa*, *polystachium orcopteris*, *saxifraga stellaris*, *achillæa moschata*, *carex pyrenaica*¹. M. Théod. de Saussure indique le *chrysanthemum alpinum* comme se trouvant uniquement sur les terrains granitiques.

Cependant de Candolle admet des exceptions à l'énumération que nous venons de transcrire. Ainsi, il a trouvé le buis en abondance dans un terrain schisteux, à Gèdres (Hautes-Pyrénées), dans les terrains granitiques du Morbihan, dans les terrains volcaniques des environs de Coblenz; le châtaignier se trouve entre Nîmes et Alais, dans un terrain calcaire où il est mélangé à l'olivier.

Et, en effet, les influences météoriques, l'abondance des pluies, l'évaporation, les abris, l'épaisseur du sol, la situation du réservoir des eaux, sont, en général, des causes bien plus influentes sur la végétation que la présence ou l'absence de telle espèce minérale qui peut souvent être suppléée. C'est

(1) *Physiologie végétale*, p. 1239.

ainsi que M. T. de Saussure¹ trouvait, dans l'analyse des cendres de pin, que ceux de Breven, crus sur un terrain granitique, renfermaient 13,43 de silice et 6,77 de magnésie, tandis que ceux du Reculey, venus sur un sol calcaire, ne renfermaient ni l'une ni l'autre de ces substances, et que tous les autres principes y étaient dans des proportions très différentes.

Il est probable qu'il suffit, pour la végétation, que la plante trouve dans le sol des bases quelconques propres à saturer les acides qui s'y forment. Quelques recherches de M. Macaire ont déjà montré qu'en calculant l'oxygène des bases diverses trouvées dans les végétaux qui avaient cru dans des terres d'espèces différentes, on leur trouvait la même capacité de saturation².

M. de Caumont a observé, en Normandie, que telle plante qui croît spontanément sur les granites et sur les terrains primordiaux, ne se rencontre plus du tout dans les plaines de calcaire secondaire; mais M. Payen a trouvé en Bretagne que le calcaire n'avait de plantes particulières à sa surface que parce qu'il s'échauffe plus facilement que les schistes environnants; car il en a d'autant plus qu'il est plus friable, et toutes celles qu'il y a rencontrées spécialement se retrouvent dans les schistes, surtout au midi de la province et sur les côtes³.

Cependant, il ne faut pas avoir beaucoup voyagé pour se rappeler que les différents terrains présentent un ensemble particulier de végétation qui constitue leur physionomie végétale et qui, dans nos souvenirs, se lie indissolublement avec les lieux que nous avons visités. D'où vient donc ce fait général en opposition avec les faits particuliers que nous venons de citer? C'est que les botanistes, en cherchant leurs plantes, ne s'enquièreient que de leur présence ou de leur absence, et

(1) *Journal de physique*, 1800, t. II, p. 10, note.

(2) *Bibl. univ. de Genève*, nouvelle série, t. LI, p. 283.

(3) *Compte rendu de l'Académie des sciences*, 30 août 1841, p. 183.

que l'œil apprécie aussi leur nombre relatif, leur groupement, leur développement. C'est cette intuition qu'il faudrait réduire en chiffres pour apprécier réellement l'influence des terrains ; il faudrait prendre quelques mètres carrés du sol et compter le nombre de plantes de chaque espèce qui s'y trouvent, les peser même, et comparer ce résultat à celui que l'on aurait obtenu ailleurs et sur des terres différentes. C'est ainsi que, souvent, nous avons fait l'analyse botanique des prairies pour apprécier leur qualité.

Dirigées de la sorte, nos recherches nous apprendraient qu'en général la statistique des plantes indique plutôt la disposition relative des couches de terre et leur état d'atténuation que leur composition minérale, qu'ainsi le *tussilaga farfara*, le *cichorium intybus*, l'*inula dyssenterica* annoncent plutôt un sous-sol imperméable et humide qu'une véritable argile, et que la nombreuse série des plantes des sables croît sur les sables calcaires comme sur les sables siliceux.

Il ne faut cependant pas méconnaître que beaucoup de plantes sont loin d'être indifférentes à la composition minérale du sol, que l'abondance des sainfoins, des trèfles, des mélampyres, des coquelicots, de l'Ononis, indique un sol calcaire, tandis que la petite matricaire, l'oseille, la bruyère, l'ajonc, la fougère annoncent généralement un sol qui en est dépourvu ; et quel est l'agriculteur, ayant devant les yeux les miracles de la marne, de la chaux et du plâtre, qui pourrait nier les effets d'une substance ajoutée aux terrains où elle manque ?

Après l'existence ou la fréquence des plantes sur tel ou tel sol vient une autre question, celle des qualités spéciales que les sols communiquent aux plantes qui y croissent. M. de Caumont affirme que les acheteurs ne craignent pas de payer 3 fr. de plus le double décalitre de blé d'une localité, parce qu'une augmentation dans le poids viendrait correspondre à cette augmentation de prix. Le fait de cette augmentation de poids et

de prix est vrai, quoique renfermé dans des limites plus étroites que celles que cet auteur indique ; mais il tient bien moins, pour les pays dont nous avons connaissance, à la constitution géologique du sol qu'à une meilleure exposition et à une plus grande sécheresse du terrain. En général, les grains venus sur des pentes exposées au midi, dans des sols graveleux et secs, compensent, jusqu'à un certain point, par leur densité, la faiblesse des récoltes qu'ils y donnent.

Le même auteur a constaté aussi, dit-il, d'une manière non moins certaine des différences dans la saveur, les qualités relatives de l'alcool. Le cidre récolté dans les plaines calcaires devient de bonne heure acide ; les pommes sont moins sucrées que celles qui croissent sur le sol argileux¹. M. de Caumont a pu arriver à dresser ainsi une carte à la fois agronomique et géologique, où sont indiquées les distinctions du sol de Normandie, par rapport aux quantités et à la qualité des cidres que le pommier y donne relativement, et à la manière plus ou moins heureuse dont il y pousse et s'y plait.

Dans le congrès de Lyon², M. l'abbé Croizet rapportait avoir observé à cet égard, en Auvergne, que les vins récoltés sur les sols granitiques sont un peu plus alcooliques que ceux récoltés sur les sols volcaniques. D'autres membres de ce congrès appuyaient cette observation en déclarant, l'un, que les terrains calcaires produisaient un vin plus léger et moins alcoolique que les terrains primitifs ; un autre, qu'en Savoie les vins les plus alcooliques et qui se paient le plus cher sont ceux des terrains granitiques ; viennent ensuite les vins des sols calcaires ; puis, enfin, ceux qui sont fournis par les vignobles plantés dans les alluvions essentiellement argileuses.

Toutes ces observations ne sont vraies que relativement. Il

(1) Lettre sur les cartes agronomiques, *Mémoires de la société d'agriculture de la Seine-Inférieure*, 1843, p. 598.

(2) Tome I, p. 45.

serait facile de citer une foule d'observations contraires. Les vins les plus alcooliques de la côte du Rhône, ceux de Roque-maure et de Tavel viennent sur des terrains entièrement calcaires. Tous les vins à eau-de-vie de Languedoc croissent sur des terrains pareils. Les vins les plus spiritueux de la Sicile, ceux de Syracuse, proviennent aussi de terrains calcaires; ceux de Madère et de Ténériffe de terrains volcaniques. On ne doit voir dans toutes ces nuances que des phénomènes d'exposition et d'hygroscopicité, et non des phénomènes tenant à la nature géologique du terrain, jusqu'à ce que l'on ait donné des preuves plus fortes et plus dégagées des circonstances accessoires.

M. Liebig assure¹ connaître des cas où la simple transplantation a suffi pour qu'un arbre qui produisait des amandes amères n'ait plus produit que des amandes douces. Il y aurait eu ici destruction d'un principe d'une grande importance, l'amygdaline. Il ne dit pas que le contraire ait été observé. Habitant d'un pays à amandiers, nous n'avons jamais entendu parler de la transformation dont parle M. Liebig; toujours la greffe nous a donné des amandiers à fruits doux ou amers, sans que la nature du sol ait influé d'une manière quelconque.

On ne peut cependant nier l'influence des sols, surtout l'influence de leur composition minérale, bien plus que celle de leur âge géologique. Les observations que nous venons de citer devront être recueillies avec soin, mais seulement comme des éléments, et non comme la solution d'un problème. Elles sont une précieuse indication qui nous prouve qu'il y a quelque chose à chercher. Le blé et le vin, par la grande extension de leur culture, nous semblent en effet les meilleurs sujets à observer. Si l'on parvenait à prouver, par exemple, que sur les terrains de telle ou telle formation, de telle ou telle composition minérale, les céréales ont constamment plus de gluten, plus de fécule, plus de poids; que sur d'autres terrains, les

(1) *Lettres sur la chimie*, p. 169.

raisins ont plus de parties sucrées ou plus de bouquet ; si les observations étaient nombreuses et faites sous des climats différents, on aurait éclairci une matière qui, quant à présent, nous paraît loin de présenter ce degré de certitude qu'on voudrait lui attribuer. Néanmoins les cartes agronomiques que demande M. de Caumont auront un degré d'utilité que l'on ne peut méconnaître, puisqu'elles offriront au moins un point de comparaison aux observations futures.

Quant à présent, moins avancés, nous devons porter des conclusions plus modestes ; il faut en revenir à ce point, que si toutes les plantes peuvent végéter misérablement sur du quartz pilé, elles ne prennent tout leur développement que là où elles trouvent toutes les conditions de leur existence complètes ; que quelques germes peuvent bien s'égarer et croître loin de la station qui leur convient, mais qu'ils y restent comme des exilés et qu'ils n'y multiplient pas ; que la végétation d'un terrain prise en grand a une véritable signification, et que, quand elle sera étudiée de cette manière, elle conduira à un résultat tout autre que celui auquel nous conduisent les catalogues botaniques dressés par la méthode actuelle. C'est encore une étude à laquelle nous convions les jeunes botanistes qui veulent apporter un utile tribut à la science agricole.

CINQUIÈME PARTIE.

CLASSIFICATION DES TERRAINS AGRICOLES.

En tout temps, les agriculteurs ont senti le besoin d'une nomenclature pour nommer et désigner les terres qu'ils cultivent, et celles dont ils veulent rendre compte de vive voix ou par écrit. Partout on a créé une telle nomenclature, mais elle n'a pu être basée dans chaque lieu que sur le petit nombre d'objets de comparaison qui se présentaient à l'observation. Ainsi, dans certains pays, on a admis des terres rouges et blanches; ailleurs, des terres fortes et légères. La pratique a fait ses classifications sur un caractère unique qui renfermait pour elle tous les autres caractères des natures de sol que l'on considérait; mais l'idée complexe que représentait chacun de ces mots n'était pas la même à quelques kilomètres plus loin: ici, les terres rouges étaient aussi des terres légères; ailleurs, des terres fortes. L'utilité de ces nomenclatures ne pouvait donc s'étendre plus loin que le champ de l'observation.

Quand on a voulu étudier scientifiquement l'agriculture, quand on a voulu comparer les cultures et les résultats de deux pays éloignés, des aperçus aussi superficiels n'ont plus suffi. Les descriptions, les préceptes devenaient vagues et inexplicables sans une langue qui traduisit les perceptions des sens, qui retraçât à tous les yeux les mêmes images; sans elle, chacun se trouve réduit à son expérience individuelle, et les Arthur Young, les Schwerz, les Bürger, les Lullin de Châteauneuf ne

transmettent plus qu'incomplètement à notre esprit le résultat de leurs courses instructives.

Au milieu du mouvement scientifique actuel, qui s'est fait aussi sentir à l'agriculture, il était impossible que la nécessité ne produisit pas quelque chose de pareil à ce qui s'est passé dans toutes les sciences naturelles, et qu'une pareille langue ne se formât pas spontanément; mais le travail individuel se fait trop sentir dans la nomenclature adoptée; faute de s'être entendu et d'avoir fixé, par de bonnes définitions, la valeur des mots, tous les écrivains sont loin d'attacher le même sens aux mêmes termes. La classification entière est à refondre, et il faut le faire en ne perdant pas de vue les propriétés agricoles des terres, et sans se laisser dominer par des notions scientifiques d'un autre ordre. Nous allons l'essayer dans cette cinquième partie; mais nous commencerons par jeter un coup d'œil rapide sur les divers systèmes de classification, et, après avoir reconnu leur insuffisance, nous essaierons d'établir les principes qui doivent dominer un pareil travail, et d'en faire nous-même l'application.

CHAPITRE I^{er}.

Examen des divers systèmes de classification.

Les classifications proposées jusqu'ici pour les terrains agricoles ont pour base, ou la composition minérale, ou les propriétés physiques, ou le genre de culture auxquels ils sont propres, ou enfin un mélange plus ou moins judicieux de ces différents éléments. Il serait trop long et assez inutile de recueillir, dans tous les traités d'agriculture, les classifications diverses que les auteurs ont cru devoir proposer; nous nous bornerons à choisir quelques exemples dans chacune des divi-

sions que nous venons d'indiquer; ce que nous en dirons pourra s'appliquer aux classifications faites sur les mêmes principes.

SECTION I^{re}. — *Classification fondée sur la composition minérale du sol.*

Parmi les anciens, Varron est le premier qui ait proposé un système de classification, fondé sur la composition minérale du sol. Il divise ses terres : 1^o en crayeuses; 2^o sablonneuses; 3^o argileuses; 4^o graveleuses; 5^o ocreuses; 6^o charbonneuses. Il admet ensuite les combinaisons deux à deux de ces différentes terres, et les divise en trois degrés, en disant qu'elles sont fortement, médiocrement, faiblement crayeuses, sablonneuses, argileuses, etc. ¹. Rien de plus vaste que ce cadre : il possède, en vertu de l'association de mots qu'il autorise, une élasticité qui se prête à la formation de tous les groupes imaginables; mais qui ne voit qu'il n'est qu'une véritable abstraction fondée sur des principes étrangers à l'agriculture, un travail de cabinet, un de ces systèmes que l'on construit si aisément à l'aide d'un caractère donné et de quelques accolades?

Si nous l'examinons en détail, nous remarquons d'abord que ses trois premières classes sont en effet très naturelles, qu'elles indiquent des natures déterminées, connues, et qui annoncent le tact de l'auteur; mais les trois dernières ne sont plus de même ordre; du gravier dans une terre n'est qu'une circonstance accessoire : le principal, c'est la nature de la terre qu'accompagne le gravier. Dire d'une terre qu'elle est graveleuse, sans ajouter qu'elle est argileuse, crayeuse et sablonneuse, ce n'est pas en donner une idée suffisante. Il en est de même de la terre ocreuse et de la terre charbonneuse. Varron n'a donc réellement admis que trois classes primor-

(1) Varron, cap IX.

diales, qui peuvent se trouver plus ou moins affectées, comme épithète, par le titre des trois dernières. Mais il y a plus, les terres peuvent n'être décidément d'aucune des trois classes de premier ordre, même modifiées par les épithètes de second ordre; elles peuvent être un mélange des trois premières classes prises deux à deux et trois à trois, et tel qu'il soit impossible de leur assigner une place fixe dans le tableau. Suffira-t-il alors de dire qu'elles sont fortement, médiocrement peu sablonneuses, crayeuses ou argileuses, sans exprimer la qualité mixte du composé? Ainsi, on peut, sans injustice, regarder cette classification comme insuffisante pour rendre compte de toutes les modifications que nous présente la nature.

Pendant longtemps nos modernes ont moins bien fait; ainsi, Monnet¹ proposait de diviser les terres agricoles : 1° en argiles, 2° marnes, 3° terres tuffacées, 4° terres bolaires, 5° terres à porcelaine; sans parler de l'incomplet d'une telle nomenclature, qui ne renferme ni les terres sablonneuses, ni les glaises, ni les craies, et qui propose des variétés d'argile sous plusieurs divisions, nous ne trouvons ici de nouveau que la classe de la marne qui est distinguée des véritables argiles.

Chaptal, venu plus tard, divisait les terres : 1. en glaise, 2° calcaire, 3° marne, 4° sables²; il négligeait les terres tourbeuses qui occupent d'assez vastes étendues; mais, quoique très rationnelle, sa division était encore toute minéralogique, et ne reposait sur aucune considération agricole. Thaër l'adopta dans son grand ouvrage³.

Pontier⁴ adoptait les trois classes de Varron, et les associant

(1) *Journal de physique*, 1774, t. II, p. 180.

(2) *Chimie agricole*, t. I, p. 115.

(3) *Principes d'agriculture*, § 530.

(4) *Mémoire sur la connaissance des terres agricoles*. Aix, 1826.

entre elles deux à deux et trois à trois selon la prédominance des éléments qui les constituaient, il formait le tableau suivant :

- | | | |
|------------------------|---|----------------------------------|
| I. Classe argileuse. | { | 1. Argilo-calcaire. |
| | | 2. Argilo-siliceuse. |
| | | 3. Argilo-calcaire-siliceuse. |
| II. Classe calcaire. | { | 4. Calcaire-argileuse. |
| | | 5. Calcaire-siliceuse. |
| | | 6. Calcaire-argileuse-siliceuse. |
| III. Classe siliceuse. | { | 7. Silico-argileuse. |
| | | 8. Silico-calcaire. |
| | | 9. Silico-calcaire-argileuse. |

Nous ferons observer que l'auteur ne dit pas ce qu'il entend par la prédominance d'une de ces terres. Est-ce un plus grand poids, un plus grand volume de cet élément? Mais une terre peut passer pour argileuse et peut être très forte, quoiqu'elle contienne moins d'argile que de calcaire. D'ailleurs, combien n'aurait-il pas été difficile d'appliquer exactement ces dénominations, sans une analyse assez avancée des terrains ! On passe dans ce système par des nuances si fines, que la détermination serait sans cesse sujette à contestation.

M. Oscar Leclerc¹ a complété ce cadre, mais en même temps il l'a compliqué par de nouvelles considérations. Voici le système de classification qu'il propose :

- | | | |
|---------------------|---|-----------------------------|
| | { | Argilo-ferrugineuse. |
| | | Argilo-calcaire. |
| | | Argilo-sablonneuse. |
| I. Terre argileuse. | { | Argilo-ferrugino-calcaire. |
| | | Argilo-ferrugino-siliceuse. |
| | | Argilo-ferrugino-calcaire. |
| | | Argilo-sablo-calcaire. |
| | { | Sableuse-argileuse. |
| | | Quartzeuse et graveleuse. |
| | | Granitique. |
| II. Terre sableuse. | { | Volcanique. |
| | | Sablo-argilo-ferrugineuse. |
| | | Sables de bruyère. |
| | | Sables purs. |

(1) *Maison rustique du XIX^e siècle*, t. I, p. 24.

- | | | |
|------------------------|---|-------------------|
| III. Terre calcaire. | { | Sables calcaires. |
| | | Sables crayeux. |
| | | Sables tuffeux. |
| | | Terres marneuses. |
| IV. Terre magnésienne. | | |
| V. Terre tourbeuse. | { | Tourbeuse. |
| | | Uligineuse. |
| | | Marécageuse. |

La première classe n'est que la reproduction du système de Pontier, et mérite les mêmes reproches ; la seconde confond les notions minéralogiques et les notions géologiques ; plusieurs de ses genres ont une double et une triple place dans le cadre. Ainsi, les sables granitiques peuvent être rangés par les uns dans les terres sableuses-argileuses, ou dans les quartzes-graveleuses ; les terres argilo-ferrugino-siliceuses sont bien près des sablo-argilo-ferrugineuses et des argilo-ferrugino-siliceuses ; la magnésie ne se trouve jamais constituer un terrain assez étendu pour pouvoir être élevée au rang de classe ; enfin, les terrains tourbeux, par opposition aux terrains tourbeux-uligineux et marécageux, ne font que reproduire plusieurs fois la même espèce de terrain avec des caractères tous différents.

M. Devèze de Chabriol¹ avait classé les terrains en : 1° granitique, 2° schisteux, 3° d'alluvion sableuse, argileuse, calcaire, 4° volcanique, 5° tourbeux. Il avait fait ses observations dans un pays où les terrains formés en place étaient nombreux ; aussi, pour lui, étaient-ils la règle, et les terrains transportés l'exception. Ceux-ci qui, chez lui, formaient seulement la troisième classe, composent réellement la plus grande masse des terrains agricoles.

Quoique le système de classification de Hundeshagen, que l'on vient de nous faire connaître, paraisse fondé sur l'appréciation forestière des terrains, il n'est au fond qu'un système

(1) *Mémoires de la société centrale d'agriculture*, 1819, p. 260.

géologique de classification. Nous le rapportons ici dans les termes mêmes dont s'est servi M. Moll ¹.

I^{re} CLASSE. — Roches formant des sols très riches.

1^o Toutes les formations calcaires en général ; parmi elles le *tuf calcaire*, par sa facile décomposition, forme d'ordinaire les plus fertiles.

2^o Les différentes couches secondaires de gypse et de marne de diverses natures.

3^o Les formations volcaniques (laves) ; celles du basalte, du trappe et des brèches trappéennes.

4^o L'euphotide, le chlorite ou grès flexible, la serpentine, le schiste magnésien et le schiste argileux lorsqu'il contient également de la magnésie.

5^o La marne oolithique, lorsqu'elle a plus de 10 p. 100 de chaux.

6^o Les gisements quartzo-calcaires de quelques couches de grès, lorsqu'ils forment un sol calcaire ferrugineux.

7^o Les porphyres.

Les sols de cette première division peuvent, suivant Hundeshagen, faire croître, même sans mélange d'humus et d'engrais, les essences de bois les plus exigeantes, ou du moins les empêcher de dépérir. Les essences qui se contentent d'un sol moins bon, comme le bouleau, les pins sylvestre et maritime, s'y rencontrent rarement, et la surface n'est jamais couverte de fougères, de bruyères et de genêts, mais présente une végétation vigoureuse de bonnes plantes qui exigent et révèlent un sol fécond.

II^e CLASSE. — Roches formant des sols de fécondité moyenne.

1^o Le schiste argileux, abondant en quartz et pauvre en chaux, en magnésie et en oxyde de fer.

(1) *Journal d'agriculture pratique*, février 1845, p. 372.

2^o Le granit et le gneiss.

3^o Le schiste siliceux.

4^o Le tuf quartzeux et ordinaire.

5^o Le schiste micacé.

6^o Le grès primitif.

7^o Les meilleures variétés (les plus riches en argile) du grès bigarré et du grès oolithique.

Les essences qui exigent un bon sol ne viennent déjà plus aussi bien dans les terres de cette nature, à moins qu'elles ne contiennent des détritiques organiques en suffisante quantité; lorsque ces détritiques manquent, elles dépérissent bientôt. Les autres essences plus sobres s'y développent fréquemment, de même que des arbrisseaux tels que le genêt, la bruyère, la myrtille.

III^e CLASSE. — Roches formant des sols pauvres.

1^o Les grès bigarrés en général.

2^o Les grès de nouvelle formation reposant sur la chaux coquillère, les grès de *Keuper* et du *Lias*.

3^o Les brèches.

4^o Les molasses et en général les grès de la plus nouvelle formation.

La croissance des arbres sur les terrains de cette nature est encore plus dépendante de la portion de matière organique (humus) qui entre dans leur composition. Les essences qui exigent beaucoup de fécondité, comme le hêtre commun, le charme, le tilleul, le sapin, le pin du Nord, etc., ne s'y conservent que par des soins et un traitement convenables. Le frêne, l'aune, l'érable, etc., n'y viennent plus originairement, et le gazon et les herbes n'y croissent que dans les places riches en humus; en revanche, les fougères, les genêts, les bruyères s'y rencontrent en grande quantité, quoique ne montrant plus la

même vigueur de végétation qu'elles ont dans les sols précédents. Situés à des expositions sèches et chaudes, ces terrains risquent de devenir tout à fait stériles.

IV^e CLASSE. — Roches formant des sols très maigres.

Cette dernière division comprend les terrains formés de cailloux roulés, de galets et de sable mouvant.

Ce sont des terrains de transport qui possèdent tous les défauts de la classe précédente, mais à un degré beaucoup plus fort. La surface en est tellement aride que les bois les plus sobres n'y viennent que très mal, et, lorsque la situation n'est pas naturellement fraîche, n'y viennent pas du tout.

On voit que Hundeshagen ne considère presque ici que les terrains formés en place, et qu'il semble jeter un regard de mépris sur les terrains de transport, relégués par lui dans sa classe des sols très maigres, et qui, cependant, fournissent les terres les plus fertiles du monde. D'ailleurs, ses déductions pourraient être contestées, car, en plaçant chacun de ses terrains dans des circonstances physiques différentes, il sera facile de faire de chacun d'eux un terrain supérieur ou un terrain inférieur aux autres. De pareils travaux peuvent bien servir de renseignements sur les dispositions relatives des terrains; mais, pris d'une manière absolue, comme les présente l'auteur, ils ne sont propres qu'à égarer les esprits qui n'ont pas été prémunis contre ces erreurs par les leçons de l'expérience.

SECTION II. — *Classification fondée sur les propriétés physiques du sol.*

Pendant que les savants étaient occupés, dès les temps les plus anciens, à classer les sols d'après leurs principes compo-

sants, le vulgaire s'en tenait toujours à leurs propriétés physiques. Varron fut l'expression de la première tendance, Columelle le fut de la seconde. Il distinguait les terres de la manière suivante : 1° grasses, 2° maigres, 3° meubles, 4° fortes, 5° humides, 6° sèches, et il en formait huit classes principales :

1° Grasse, meuble, humide. (Quand elle était médiocrement humide, c'était la terre qu'il appelait *pulla*, la terre par excellence.)

2° Grasse, forte, humide.

3° Grasse, meuble, sèche.

4° Grasse, forte, sèche.

5° Maigre, forte, humide.

6° Maigre, forte, sèche.

7° Maigre, meuble, sèche.

8° Maigre, meuble, humide.

On n'a rien fait de mieux ni de plus complet, depuis cet auteur, pour classer les terres selon leurs propriétés physiques, isolées de toute autre considération. Ceux qui ont voulu retoucher à cette classification, qui reproduit si bien le langage populaire, n'ont fait que la mutiler.

Elle pouvait suffire dans ce sens à l'agriculture quand elle ne connaissait pas les propriétés attachées à la composition minérale des terrains, les propriétés des terres calcaires, par exemple, en opposition avec celles des terrains qui ne possèdent pas l'élément calcaire. Les progrès de la science et ceux de l'observation agricole elle-même exigent que l'on fasse entrer de nouvelles considérations dans la formation d'une nomenclature.

SECTION III. — *Classification fondée sur les genres de cultures convenables aux terres.*

La plus ancienne classification de ce genre est celle de Caton, car elle est entièrement relative aux cultures déjà établies sur le sol. Selon lui, on distingue les terres : 1° en vignes, 2° jar-

dins, 3^o saussaies, 4^o olivettes, 5^o prairies, 6^o terres à blé, 7^o bois, 8^o vergers, 9^o chenevières. C'est la division d'un cadastre, mais nullement celle qui est propre à donner une idée de la nature des terres, car l'erreur du cultivateur qui planterait une vigne sur une terre de jardin la classerait parmi les terres fort différentes des autres vignobles.

Mais les Allemands, qui ont aussi adopté une classification tirée des cultures, ne sont pas tombés dans cet empirisme; ainsi Thaër divise les terres : 1^o en terres à froment, 2^o terres à orge, 3^o terres à seigle, 4^o terres à avoine; mais en même temps il joint à ces dénominations des analyses chimiques qui, dans son esprit, se lient intimement aux propriétés agricoles qu'il leur attribue. Les analyses de Thaër ne sont que de simples lévigationes précédées de l'action d'un acide pour enlever la chaux, et c'est d'après le résultat d'une telle opération qu'il a présenté un tableau de la valeur relative des terrains, et leur a assigné la culture qui leur convenait¹, sans songer que le troisième lot de la lévigation peut, au lieu d'argile, ne contenir que de la silice très divisée. Au reste, Burger² a déjà fait justice de cette prétention en nous donnant l'analyse suivante de deux terrains selon la forme adoptée par Thaër :

Parties constituantes.	Terre A.	Terre B.
Parties solubles dans l'eau froide.	0,001	0,000
Parties combustibles.	0,066	0,069
Parties terreuses impalpables (lot n ^o 3) . . .	0,178	0,192
Sable fin (lot n ^o 2).	0,071	0,216
Gros sable mêlé de gravier (lot n ^o 1)	0,681	0,523

A l'examen de ce tableau, on trouve les lots numéros 2 et 3 de la terre A égaux à 249, et ceux de la terre B à 408; qui ne croirait que la terre B est plus tenace, moins légère? et cependant c'est le contraire qui est vrai : A forme des mottes

(1) *Principes d'agriculture*, § 554.

(2) *Cours d'économie rurale*, traduit par Noirot. Dijon, 1836, p. 23 et 24.

dures, B se pulvérise facilement. Nous avons déjà montré plus haut et par expérience qu'il en devait être ainsi toutes les fois que le troisième lot n'était pas formé uniquement d'argile dans deux terres que l'on compare. Selon Thaër, A serait classé comme un bon terrain à avoine, B comme une terre à orge de deuxième classe, et cependant A est une terre extrêmement fertile, qui convient au maïs et au froment, et B est d'une maigreur et d'une aridité presque absolues. Ce seul exemple prouve le danger des classifications par culture, quand elles sont basées sur un seul caractère et non sur un ensemble de caractères qui se rapportent aux besoins des plantes. Ainsi, l'on pourrait sans danger définir une terre à froment celle qui, n'étant pas trop humide lors de la semaille, conserve 0^m,12 de son poids d'eau à 33 centimètres de profondeur jusqu'à la maturité du froment, et terre à seigle celle qui ne conserve cette humidité que jusqu'à la maturité du seigle. Hors de ces caractères synthétiques, qui sont le résultat et la combinaison d'une foule de données diverses, on n'agit plus avec sûreté.

La classification de Kreissig est aussi fondée sur les cultures qui conviennent aux terres. Cet auteur a cherché à se garantir de la faute que Thaër avait commise en donnant un ensemble de caractères pour signaler ses classes, au lieu d'un seul caractère tiré de la lévigation. Il divise les terres en terres à céréales d'hiver et terres à céréales de printemps. Les terres à céréales d'hiver sont celles qui ne sont pas trop humides dans cette saison; les terres à céréales de printemps sont celles qui se dessèchent de bonne heure au printemps et peuvent être ensemencées après être restées tout l'hiver dans l'humidité. Ces considérations annoncent que le système a été fait pour un pays où l'on se préoccupe peu de la sécheresse précoce de l'été; il n'a donc pas le degré de généralité que l'on peut désirer sous le point de vue scientifique.

Les terres à céréales d'hiver sont divisées en trois classes, auxquelles Kreissig assigne les caractères suivants :

1^o Terres à froment, celles où l'argile prédomine, qui se crevassent par la sécheresse et se divisent en grosses mottes difficiles à rompre ;

2^o Terres à seigle, peu argileuses, qui ne se crevassent pas et dont les mottes se divisent facilement ;

3^o Terres à céréales de printemps.

Ces ordres sont divisés en classes ; mais ici les caractères cessent d'être précis ; ils sont fort multipliés, tiennent à des modifications ambiguës et qui, n'étant pas complètes, laissent le plus grand nombre des terrains en dehors du cadre.

On peut en outre objecter que, borné au point de vue de la culture des céréales, considéré seulement dans les circonstances qui conviennent à l'Allemagne, ce cadre manque d'universalité, et que son utilité se borne, comme l'a voulu son auteur, à servir de base aux opérations cadastrales de son pays.

Plus récemment encore, M. Moll, professeur au Conservatoire des arts et métiers, vient de nous donner¹ un système de classification et d'appréciation des terrains, basé sur leur aptitude à produire des fourrages, genre de produit très propre à indiquer les propriétés agricoles des sols. Il admet neuf classes de terrains, selon la réussite constante de certains fourrages les plus généralement cultivés : la luzerne, le trèfle rouge, le sainfoin et le trèfle blanc.

1^{re} CLASSE. — Terre à luzerne de première classe.

(a) Sol d'alluvion, profond, argilo-calcaire, riche en terreau.

(b) Terre franche, moins argileuse que la précédente, profonde, riche, mais sujette au déchaussement. Le colza, le blé,

(1) *Journal d'agriculture pratique*, février 1845, p. 273.

les fèves, la luzerne y viennent parfaitement. La luzerne produit 10,000 kilog. de foin par hectare.

II^e CLASSE. — Terre à trèfle de première classe.

Argilo-calcaire, suffisante quantité de terreau à sous-sol un peu humide. La luzerne y dure peu. Le trèfle produit 7,500 kilog. par hectare.

III^e CLASSE. — Terre à luzerne de seconde classe.

Terrain léger, profond, à sous-sol sec. Le trèfle et le blé y souffrent dans les années sèches. La luzerne produit 6,000 kilog. de foin par hectare.

IV^e CLASSE. — Terre à sainfoin de première classe.

Terrain calcaire léger, à sous-sol moins compacte. Le seigle, l'orge, les pommes de terre, toute récolte printanière, y réussissent bien; le blé y donne passablement de grain, peu de paille. Le sainfoin produit 5,000 kilog. de foin par hectare.

V^e CLASSE. — Terre à trèfle de seconde classe.

Argile compacte, peu de terreau, sous-sol imperméable; convient encore au trèfle, au blé, et surtout à l'avoine. Récolte assez considérable, frais de culture élevés. Le trèfle produit 5,000 kilog. de foin par hectare.

VI^e CLASSE. — Terre à luzerne de troisième classe.

Terrain sablonneux, sous-sol de sable et de cailloux. Les récoltes-racines, la navette, le seigle, le sarrasin y donnent des

récoltes avec de fortes fumures. Le blé n'y réussit que dans les années humides. La luzerne y vient peu ; elle produit 3,000 kilog. de foin par hectare.

VII^e CLASSE. — Terre à trèfle blanc de première classe.

(a) Sol argileux, maigre, sous-sol imperméable.

(b) Terrain quartzeux, sous-sol imperméable. Ce terrain ne convient qu'au trèfle blanc et à l'avoine ; le blé n'y donne de bonnes récoltes qu'à l'aide de fortes fumures et du marnage ou du chaulage. Ce terrain nourrit une vache un quart par hectare.

VIII^e CLASSE. — Terre à sainfoin de seconde classe.

(a) Sable calcaire, sous-sol rocheux.

(b) Marne sablonneuse, brillante.

(c) Terre pierreuse, reposant sur de la rocaille.

(d) Sol crayeux, sous-sol de craie pure. Le sainfoin produit 2,000 kilog. de foin par hectare.

IX^e CLASSE. — Terre à trèfle blanc de seconde classe.

Sol sablonneux, pauvre ; sous-sol de même nature. Terres ordinaires des landes *noires*. Ce terrain nourrit 4 moutons par hectare.

Cette classification nous semble de beaucoup préférable à celles qui l'ont précédée, et si l'auteur était parvenu à donner des caractères univoques auxquels on pût reconnaître d'avance la classe d'un terrain donné, nous n'hésiterons pas à dire qu'elle nous paraîtrait éminemment agricole. Mais les caractères choisis par l'auteur et tirés de la nature du sol sont loin d'être sûrs. Accordez de l'humidité à ses terres à luzerne de troisième classe, placées si bas dans son échelle, et nous l'amènerons

facilement à entrer dans sa première. Elle serait d'ailleurs évidemment supérieure à celle de la troisième. Or, si nous faisons abstraction de ces caractères minéralogiques, que reste-t-il ? L'indication de la nature des récoltes ; c'est-à-dire que l'auteur définit une terre à luzerne de première classe celle où la luzerne vient parfaitement, et ainsi de suite. Nous ne doutons pas qu'en faisant cette classification il n'ait en vue des faits de pratique ; nous croyons seulement qu'il a trop voulu les généraliser. Nous verrons plus loin que M. Moll a très bien su apprécier la valeur des terrains qu'il décrivait, et la critique que nous hasardons ici ne doit être considérée que comme une preuve de l'estime sincère que nous avons pour ses talents et ses solides connaissances économiques.

On ne peut trop louer ces tentatives vraiment agricoles ; leurs auteurs se sont séparés, en grande partie, de l'école purement minéralogique ; ils ont cherché à faire une classification en rapport avec les besoins de l'agriculture. La spécialité de leurs sols allemands ou les étroites limites d'un assolement exclusivement composé de céréales et de fourrages ne leur a pas permis de s'apercevoir des cas nombreux où d'autres terrains et d'autres genres de culture exigeaient un plus large développement de leurs cadres.

SECTION IV. — *Classification mixte.*

Après avoir constaté si souvent l'impuissance d'un principe unique pour présider à la classification des terrains, il était naturel d'essayer de réunir plusieurs principes différents. Mais peut-être que, pour réussir dans cette entreprise, il aurait fallu que l'analyse des terres fût plus avancée qu'elle ne l'était quand la Société économique de Berne proposait la classification suivante :

(1) T. X, p. 15.

- | | | |
|---------------------|---|---------------------------------------|
| I. Terres fortes. | { | Argile. |
| | { | Marne. |
| | { | Terre de marne. (<i>des marais</i>) |
| II. Terres légères. | { | Mélangées. |
| | { | Sables. |

Ici les principales divisions étaient tirées de la ténuité des terres et les divisions secondaires de la nature minérale. Mais d'abord les terres de marais sont bien éloignées d'être toutes des terres fortes ; celles qui sont fortement calcaires, comme les terres du Trentin (Vaucluse), ont à peine quelque tenacité. Malgré ce défaut, on voit combien le bon sens pratique des membres de la Société économique se rapproche de la bonne route.

Plus tard, Arthur Young s'en écartait visiblement quand il donnait, dans son *Guide du fermier*¹, le plan de classification suivante :

- | | | |
|-----------------------|---|--------------------|
| I. Terres compactes. | { | Motteuses. |
| | { | Friables. |
| | { | Loam compacte. |
| II. Sols graveleux. | { | Sains et chauds. |
| | { | Humides et froids. |
| III. Sols sablonneux. | { | Légers. |
| | { | Compactes. |
| IV. Crayeux. | | |
| V. Marécageux. | | |

Ici les éléments physiques se trouvent mêlés aux éléments minéralogiques, mais sans ordre, sans logique, puisqu'on admet des terres compactes friables, des terres crayeuses qui ne pourraient être graveleuses, des sols sableux compactes qui ne seraient pas placés parmi les terres compactes.

L'examen rapide que nous venons de faire des divers systèmes de classification de terres proposés jusqu'ici doit nous faire sentir que ce qui leur manque, c'est d'avoir été précédés d'un examen sérieux des principes sur lesquels doit être basée une telle classification ; nous allons nous efforcer de les établir.

(1) T. XI, p. 2 de la traduction de ses œuvres.

CHAPITRE II.

Principes de la classification des terres.

Si nous étudions les corps pour les connaître en eux-mêmes et sans but prochain d'application, c'est dans leur être intime, dans les rapports de leurs parties, dans leur ressemblance et leur dissemblance que nous trouvons les moyens de les grouper entre eux, sans aucun égard aux circonstances étrangères à leur existence propre ; c'est ainsi que Jussieu a établi ses familles de plantes, Cuvier celles des animaux ; chacune de leurs *gr*oupes réunit les êtres qui se ressemblent le plus entre eux, sous tous les rapports de leur organisation, sans aucun mélange de l'idée étrangère de leur utilité : c'est de l'histoire naturelle pure.

Mais si nous changeons de point de vue, si ce n'est pas l'être et le corps en lui-même que nous voulons étudier, mais seulement telle ou telle de leurs propriétés, dès lors la classification cesse d'être une *méthode naturelle* et devient une *méthode usuelle*. Ainsi, quand nous voulons étudier les plantes sous le point de vue agricole, la considération des familles ne pourrait que nous égarer, nous ne trouverons aucun principe agricole commun à une famille entière. Celle des graminées, par exemple, nous présente le blé, le seigle, l'orge, le riz, la canne à sucre, le fromental, le ray-grass, qui exigent des soins et servent à des usages différents. D'ailleurs, le nombre des familles cultivées est peu considérable, et en suivant l'ordre des familles dans un cours d'agriculture, on n'aurait plus que des lambeaux de ces familles, qui, séparées de leur ensemble, ne formeraient plus qu'un chaos, quand on aurait fait disparaître les chaînons intermédiaires qui établissent l'ordre de leur en-

chainement. Que ferions-nous donc dans ce cas? Nous rapprocherions entre elles les plantes dont le genre de culture a le plus d'analogie, et nous aurions, par exemple : 1° les arbres forestiers; 2° les arbres et arbustes récoltés annuellement (mûriers, vignes, arbres à fruit); 3° les plantes à grains féculents (blé, avoine, sarrasin); 4° les plantes à graines huileuses (colza, pavot); 5° les plantes fourragères (luzerne, ivraie vivace, spergule); 6° les plantes textiles (chanvre, lin); 7° les plantes à tige tinctoriale (indigo, gaude, pastel); 8° les plantes oléacées (épinards, chicorée); 9° les racines (pommes de terre, betteraves, carottes, garance, etc.). Nous formerions ainsi des classes dans lesquelles les affinités des plantes sont brisées, mais qui nous offrent un autre genre d'affinité, celui qui résulte de leur mode de culture, qui est devenu l'objet principal de nos études. Ce sont des classes naturelles sous le rapport agricole, tandis qu'elles cessent de l'être sous celui de la botanique.

C'est ce qui a été fait aussi pour les matières médicales, alimentaires, etc. La chimie elle-même a classé les êtres naturels dans un autre ordre que la minéralogie. Ainsi non-seulement les sciences d'application (sciences technologiques), mais les sciences pures elles-mêmes, modifient leur classification selon l'objet qu'elles se proposent, en la faisant dériver de celles des propriétés des corps qui importent à leur objet.

En agrologie, ce ne sont déjà plus des substances simples, des corps dans leur état individuel, comme une plante, un cristal, que nous avons à examiner; ce sont des mélanges de plusieurs substances dont on ne forme des individus que par abstraction, ainsi que cela a lieu pour les roches, et formées comme celles-ci de la réunion de plusieurs minéraux simples. Mais cette opération intellectuelle, qui saisit la réunion habituelle de plusieurs substances pour en former un être collectif, est bien plus naturelle dans la pratique que celle qui ne consi-
dererait dans un granite les $\frac{2}{3}$ que trois minéraux qui le compo-

sent, sans avoir égard à leur mode d'agrégation, ou mieux encore à celle qui décomposerait ces minéraux en leurs derniers éléments chimiques, rayant ainsi le granite des nomenclatures, pour ne plus y placer que l'oxygène, le silicium, l'aluminium, le potassium, le magnésium et le fer.

Il en est ainsi des terres, soit qu'elles ne présentent qu'une seule espèce minérale, la silice, par exemple; soit, comme cela arrive le plus souvent, qu'elles en présentent plusieurs, et qu'on les trouve associées à des débris végétaux et animaux. Nous pouvons considérer abstractivement chacun de ces mélanges comme une roche pulvérisée, et agir sur lui comme l'on a agi sur les roches pour en former un ensemble systématique.

Après avoir montré que la raison et l'usage nous autorisent à proposer une classification des terres sous le point de vue spécial de l'agriculture, nous devons examiner : 1° quels sont les caractères que l'agriculture doit rechercher dans les terres; 2° la valeur relative de chacun d'eux; 3° leur application à la classification.

SECTION I^{re}. — *Caractères des terres relativement à l'agriculture.*

Quand un agriculteur s'attache à l'étude d'une terre, il lui est fort indifférent qu'elle soit composée d'alumine, de silice, ou que ces substances soient à l'état de quartz ou de feldspath, ou que, dans leur agrégation, elles soient les débris d'un granite, qu'elles appartiennent aux terrains primitifs ou d'alluvion; ce qu'il demande, c'est de savoir quel genre de plante la terre qu'il observe portera avec le plus d'avantage, la force qu'exigera sa mise en culture, les amendements qu'elle réclame pour acquérir son maximum d'effet; voilà les vrais caractères agricoles, ceux qui s'adaptent au plan de l'agrologie, ceux qui portent la lumière dans ses recherches.

Or, ce que nous avons dit en parlant de la composition des sols nous prouve que certains éléments sont en rapport avec les propriétés recherchées par les agriculteurs. Ainsi, les terrains qui contiennent en certaine proportion les carbonates de chaux et de magnésie sont éminemment propres à la culture du froment; si l'on y ajoute du gypse, les légumineuses y prospèrent aussi; les glaises qui abondent en silice sont le sol spécial des forêts.

Les propriétés physiques des terres les rendent aussi plus ou moins convenables à certains végétaux; les terres constamment fraîches portent de belles prairies; les terres sèches en été sont propres au froment ou au seigle, selon l'époque de leur dessiccation; les terres humides en hiver veulent des récoltes de printemps, si à cette époque elles ont perdu une partie de leur humidité; les terres sèches à la surface et à sous-sol frais s'utilisent pour les arbres et les arbustes; les terres inondées produisent de précieuses récoltes de roseaux servant aux litières.

Sous le point de vue de la facilité et de la difficulté des travaux, les terres siliceuses et sablonneuses s'ouvrent sans effort, ainsi que celles de nature organique; les terres argileuses, les glaises et les terres mélangées offrent des degrés assez différents à cet égard, selon la quantité d'argile propre à faire pâte qu'elles renferment.

Sous le rapport des amendements, les terres sablonneuses et calcaires, plus perméables à l'air, décomposent plus facilement les engrais et demandent des fumures fréquentes, tandis que les argileuses retiennent le fumier, ne le cèdent qu'après s'en être saturées, et peuvent ainsi être fumées à de plus longs intervalles et avec plus d'abondance; les terres abondantes en principes organiques exigent l'emploi de la chaux; celles où cette substance manque s'améliorent par son addition, etc.

Ainsi, nous retrouvons tous les caractères minéralogiques et physiques des terres en certains rapports avec les caractères

agricoles. Il y a des groupes entiers de terres dont les caractères naturels répondent à un caractère agricole. Voyons maintenant quelle est leur importance et leur généralité.

SECTION II. — *Valeur des caractères.*

Pour apprécier la valeur relative des caractères agricoles, il faut rechercher quels sont les plus indispensables, ceux qui, s'ils n'existaient pas, apporteraient le plus de perturbation dans l'agriculture. Le degré de cette nécessité indiquera leur subordination.

La physiologie végétale nous a appris que les semences peuvent germer, les tiges et les feuilles s'accroître par le seul secours de l'eau et de l'air atmosphérique. Cette végétation est sans doute imparfaite; elle absorbe le carbone de l'air, elle puise de l'oxygène et de l'hydrogène dans l'eau; mais elle ne peut augmenter la dose d'azote et de sels alcalins et terreux que ses semences renfermaient déjà. Cependant c'est une végétation, et, sans eau, la terre la plus fertile ne développerait pas le germe. On peut donc affirmer qu'un degré convenable d'humidité dans le terrain est le premier de tous les caractères agricoles.

Mais nous ne pouvons concevoir l'action de l'eau dans la culture sans l'intermédiaire de la terre: c'est elle qui a conservé et cédé à l'eau les éléments qui doivent composer la plante et permettent sa reproduction; ces éléments sont disposés de manière à favoriser l'accroissement de certaines plantes de préférence à d'autres. Or, cette appropriation des terres aux diverses cultures nous semble, après leur humidité, le caractère qui a le plus de valeur. En effet, c'est par cette considération que commence toute tentative d'exploitation agricole. Ce n'est qu'après avoir destiné telle ou telle terre aux cultures qui lui sont appropriées, que l'on pense aux travaux et aux amende-

ments qui lui sont nécessaires; ces travaux, ces amendements seraient sans but, si l'on ignorait à quelles plantes ils doivent servir. La force nécessaire pour exécuter les travaux a aussi une grande importance; si l'appropriation du sol décide le côté physiologique d'une culture, le travail qu'elle exige s'adresse à son côté économique; il modifie le plan d'assolement, que l'on arrêterait trop légèrement sur la première considération isolée; il a une influence décisive sur le choix des moyens à employer pour vaincre la résistance, sur le nombre, le genre de forces à appliquer aux machines, sur les machines ou les outils que l'on doit choisir.

Enfin, quant aux amendements nécessaires aux plantes sur un sol donné, ils sont sans doute le signe et le couronnement d'une bonne agriculture, mais leur usage est loin d'être général; le plus grand nombre des terres se cultive presque sans leur secours; on ne pourrait donc considérer l'usage intelligent des engrais, qui malheureusement n'est encore qu'une exception, comme un caractère aussi général que les précédents.

SECTION III. — *Subordination des caractères.*

En cherchant le caractère qui doit être pris pour dominer la classification des terres, qui doit en faire la division primordiale, nous remarquons que leur humidité, qui est le premier caractère physiologique, n'est pas complètement dépendante de la nature et de la composition des terrains. C'est une propriété trop souvent variable, qui s'applique, selon le cas, aux mêmes natures de sol; elle est essentiellement locale, s'étend à tous les genres de terrains quand elle provient d'une qualité excessive du climat; d'autres fois elle tiendra à sa disposition topographique, et elle embrassera toute une section de territoire, quelle que soit la nature des terres. Ainsi, en Arabie, on n'aura que des terres sèches qui seront argileuses, sablonneuses,

calcaires ; en Irlande, on n'aura que des terres humides, argileuses, sablonneuses, calcaires ; ailleurs, une partie du territoire située sur un plateau sera sèche, tandis que les pentes et les vallées formées des mêmes terrains seront humides. Il y a plus, un canal d'arrosage, un fossé de dessèchement changeront complètement l'état du sol sous le rapport de l'humidité, sans affecter nullement la nature des terres, et sans rien avoir de permanent, car la clôture du canal, le comblement du fossé changeront sur-le-champ la qualité de la terre. Ainsi l'humidité du sol, qui est la propriété physique la plus importante, celle dont le cultivateur doit surtout se préoccuper, n'est pas propre à régir une classification, et ne ferait que la rendre confuse. Elle marche en première ligne dans l'*appréciation* des terrains, elle doit être écartée dans leur classification.

Il n'en est pas de même de l'appropriation des terres aux différentes cultures. Celle-ci présente ce premier avantage, qu'elle s'allie à la classification la plus naturelle du sol ; sous le rapport minéralogique, elle rompt le moins d'affinités, et par conséquent rend plus satisfaisante et plus facile la détermination des terrains. Ainsi, en supposant l'existence de la quantité d'humidité nécessaire, toutes les terres calcaires sont propres au froment et aux légumineuses. On n'obtient d'une manière complète ces mêmes récoltes sur les glaises (terres argilo-siliceuses) qu'en leur fournissant, par le moyen de la marne ou de la chaux, l'élément calcaire qui leur manque ; ces terres ont besoin d'engrais ou d'un long repos pour pouvoir rester soumises à la culture. Les sables permettent aux racines de s'étendre pour aller chercher leur nourriture au loin ; ils sont secs de bonne heure au printemps, et, par conséquent, s'échauffent plus facilement en cette saison que les autres natures de terre ; ils sont donc propres aux récoltes de printemps. Les terreaux ont pour caractère général de se tuméfier à l'humidité, de s'affaïsser par la sécheresse, d'exiger

l'ombre en été pour être maintenus dans un état moyen d'humidité, et alors d'être propres à un grand nombre de cultures, avec l'aide de la chaux. Voilà donc les ⁹⁷coupes minérales qui se trouvent coïncider parfaitement avec un grand nombre de propriétés agricoles.

Il est remarquable que, sous le rapport des amendements, ces mêmes groupes restent aussi presque dans leur entier. Ainsi l'azote, qui généralement est en trop petite quantité ou manque dans les terres, nécessite, pour toutes, l'emploi d'engrais animaux, si l'on veut en obtenir de pleines récoltes; mais les engrais sont suppléés en partie par les nitrifications dans les groupes calcaires qui présentent aux influences atmosphériques une base salifiable, ou par les oxydes de fer, les terreaux et les argiles, qui condensent dans leurs pores l'ammoniaque de l'atmosphère; les amendements calcaires sont propres aux glaises, aux terres siliceuses et aux terreaux; le gypse convient aux mêmes terrains, et quelquefois aussi aux terres calcaires qui ne l'ont jamais contenu ou qui en ont été dépossédées par la succession des temps; les phosphates manquent rarement aux terrains calcaires, aussi les os en poudre y font-ils moins d'effet que sur les terrains glaiseux et siliceux; sous le rapport des amendements, il n'y aurait donc, dans l'identité des coupes minérales et des coupes agricoles, qu'une exception, celle qui exigerait l'emploi du gypse pour quelques terrains calcaires.

Il n'en est pas de même de la tenacité des terres; son application à la classification romprait ces groupes naturels; car toutes les espèces minéralogiques sont susceptibles d'un degré plus ou moins grand de tenacité. Si les sables à gros grains n'offrent aucune résistance, la silice elle-même, quand elle est très atténuée, se réunit en masse et présente quelque tenacité; et quant aux terres mélangées, qui sont les plus nombreuses, les glaises très abondantes en silice sont peu tenaces, celles

chez lesquelles l'argile domine le sont beaucoup; les calcaires purs ou seulement siliceux sont peu consistants, mais leurs mélanges avec l'argile produisent des sols très tenaces. Ainsi, tous nos groupes formés par l'accord d'un caractère minéralogique et de deux caractères agronomiques (l'appropriation des plantes et les amendements) cessent d'être d'accord avec les caractères économiques tirés de la tenacité des terrains.

Il ne s'agit donc plus que de décider lequel des deux premiers ou du dernier devra prédominer. Mais d'abord, quant à l'importance agricole de ces caractères, il est facile de juger qu'une plus ou moins grande facilité de travail, séparée de la faculté de produire les plantes les plus utiles, est une qualité tout à fait négative, et qu'entre deux terres d'une égale tenacité, on choisira toujours la plus fertile; que la marne grasse et difficile à travailler sera préférée au sable aride et sans cohésion; et qu'enfin, dans l'examen d'un domaine, c'est l'aspect des plantes que l'on interroge, avant de calculer la force qu'elles ont coûté; que si ce n'est dans certains sols exceptionnels, une bonne récolte sur un sol tenace compense toujours, et au delà, la dépense qu'elle occasionne, comparée à une mauvaise obtenue avec un travail moindre sur un sol favorable.

La tenacité des terrains nous semble donc moins importante à considérer que leur appropriation aux récoltes, et ne devra servir que comme caractère du second ordre, pour différencier les genres dans chaque division de la classification.

CHAPITRE III.

Classification primordiale du terrain.

D'après ce que nous avons dit précédemment, il ne nous sera pas difficile maintenant de choisir les caractères qui de-

vront former la première division de notre tableau. Une propriété très remarquable nous présente d'abord deux coupes primordiales. Les terres calcaires, par l'action qu'elles exercent sur les engrais atmosphériques et artificiels, les mettent rapidement en état de servir d'aliment aux plantes et sont la matière la plus précieuse pour une culture riche où les rentrées doivent suivre de près les avances. Il faut aux terres qui ne renferment pas de chaux des avances considérables d'engrais qui y reste à l'état latent, ou la longue permanence des pâturages, qui ne sont eux-mêmes qu'une manière de fournir des engrais, et enfin des chaulages et des marnages qui leur donnent le principe qui leur manque pour pouvoir continuer à être cultivées avec fruit. De plus, la végétation des deux groupes est complètement différente, et, outre les plantes adventices caractéristiques pour l'un et pour l'autre, on remarque, pour les plantes cultivées, que le froment double de produit dans les terrains non calcaires, même les mieux fumés, quand on y ajoute la chaux, et que le produit des fourrages légumineux y augmente dans la même proportion. Ainsi ces deux coupes sont parfaitement naturelles et agricoles à la fois.

Si c'est l'élément organique, le terreau, qui domine, il constitue une nature de terrain qui, quelles que soient les substances minérales qui lui sont associées, a des propriétés particulières : celle de changer de volume par les variations hygroscopiques, celle de se dessécher promptement, et par sa couleur sombre de s'échauffer beaucoup, celle enfin d'offrir un mauvais appui aux plantes. Nous avons donc cru devoir en faire une troisième division de notre tableau.

Dans les deux premières divisions, ce qui nous importe surtout, c'est la proportion des différents éléments minéraux qui entrent dans la composition des terres et qui indique à quel point elles participent aux propriétés agricoles que nous re-

cherchons. Ainsi, dans la première division, les trois principaux éléments, la silice, la chaux, l'argile, sont-ils dans une espèce d'équilibre, nous aurons les *limons*¹, parmi lesquels se trouvent les meilleurs sols connus; la silice est-elle en quantité moindre du dixième, nous avons les terres argilo-calcaires; l'argile est-elle moindre du dixième, la chaux forme-t-elle la plus grande partie des principes constitués, nous avons les *craies*; et si c'est le sable siliceux ou calcaire qui domine, nous avons les *sables*.

Dans la division des terres non calcaires, si la silice prédomine, nous avons les terrains *siliceux*; si c'est l'argile, ce sont les *glaises*.

Enfin, dans le terreau, nous trouvons le terreau *doux* n'ayant pas de réactions acides, le terreau *ferrugineux* ou terre de bruyère, et le terreau *acide*.

Les qualités exceptionnelles du terrain, comme d'être salifère, ocreux, caillouteux et graveleux, forment des espèces particulières qu'il est bien difficile de faire entrer dans une classification qui ne doit renfermer que les grandes généralités.

Les sections de chaque division seront déterminées par leur tenacité et leur hygroscopicité, d'autant plus facilement, que leur lévigation et leur lotissement nous fournissent, comme nous l'avons vu, des données très approximatives pour ces propriétés.

Le tableau synoptique qui va suivre est la réalisation de la théorie que nous venons d'exposer. Nous avons eu le soin d'adopter les noms les plus usités, ceux qui sont déjà dans la bouche et les écrits des agriculteurs, pour les appliquer à nos ordres de terrains agricoles; mais nous les avons définis et caractérisés par des signalements univoques, faciles à vérifier, et nous espérons qu'après un petit nombre d'essais il sera

(1) C'est par ce mot que nous remplacerons celui de *loam* que nous avons adopté dans notre première édition.

presque inutile de recourir aux expériences indiquées, et que dans la plupart des cas le coup d'œil les remplacera en grande partie.

Terrains renfermant l'élément calcaire	{	limons	{	inconsistants.
			{	meubles.
			{	tenaces.
		argilo-calcaires.	{	argileux.
			{	calcaires.
	{	craies	{	fraîches.
			{	sèches.
		sables	{	meubles.
Terrains ne renfermant pas l'élément calcaire	{		{	inconsistants.
		siliceux	{	secs.
			{	frais.
			{	glaiseux
			{	meubles
Argiles.	{		{	micacés.
			{	schisteux.
Terreux	{		{	volcaniques.
			{	sablonneux.
			{	tenaces.
	{	doux.		
		acides	{	terre de bruyère.
			{	terre de bois.
			{	tourbe.

NOTA. La vérification des caractères des terres peut être pratiquée à l'aide du petit nombre de réactifs et d'instruments suivants :

- 1° Un trébuchet ;
- 2° Un crible de fer-blanc percé de trous de 0^m,0005 de diamètre ;
- 3° De l'acide nitrique ;
- 4° Du nitrate d'argent ;
- 5° Du carbonate de potasse ;
- 6° Du papier de tournesol.

SECTION I^{re}. — Terres calcaires ou magnésiennes.

CARACTÈRES. L'acide produit avec ces terres une effervescence plus ou moins vive. Si l'on verse dans la solution de l'eau

saturée de carbonate de potasse, il se forme un précipité de chaux et de magnésie.

§ I^{er}. — Les limons.

CARACTÈRES. Après l'action de l'acide nitrique, le résidu présente de l'argile et de la silice libre, qui, séparées par la lévigation, donnent au moins chacune un dixième du poids de la terre.

OBSERVATIONS. Dans notre première édition, nous avons donné le nom anglais de *loams* aux terres de cette section qui comprennent une partie de celles que, dans cette langue, on désigne par ce nom. Nous croyons devoir y substituer le mot français de *limon*. Celui-ci n'a pas une signification assez précise, comme mot usuel de la langue française, pour nous empêcher de lui donner un sens défini et précis, comme terme de science. D'ailleurs, le plus grand nombre des terres auxquelles nous les appliquons sont de véritables *limons*, dans le sens vulgaire du mot, c'est-à-dire des terres de dépôt et d'alluvion. Ainsi, toute terre qui, contenant de la chaux et de la magnésie, ou de l'une et de l'autre en quantité appréciable, aura en outre au moins 0,10 de silice et 0,10 d'argile, sera un limon.

Ainsi l'on pourra avoir un limon composé comme suit :

Terreau.	4
Carbonate de chaux. . . .	43,5
Argile.	32,5
Silice libre	20
	100

C'est une excellente terre d'alluvion formée par le Rhône, à Gabet, près Orange, facile à travailler, produisant de beaux blés, de beaux légumes et de beaux mûriers. On pourra aussi avoir un limon composé ainsi qu'il suit :

Terreau.	4
Carbonate de chaux. . . .	2
Argile.	58
Silice libre.	36
	100

Thaër qualifie cette terre de riche terre argileuse. La présence de la chaux, quoique en petite quantité, la modifie au point de la retirer de la classe des glaises, où elle serait d'une moins grande valeur, car cet auteur l'estime à 77, tandis qu'une terre semblable à laquelle manquait la chaux n'était plus portée par lui qu'à 65 de valeur relative.

H. Davy cite comme des sols riches ceux de la vallée de l'Avon, de la vallée de Tiviot, qui sont des limons de différentes proportions.

	Vallée de l'Avon.	Vallée de Tiviot.
Alumine	35	42
Silice.	41	42
Carbonate de chaux	14	4
Oxyde de fer.	3	4
Matière organique	7	8
	100	100

Les limons se couvrent naturellement d'herbes; les bonnes graminées, le petit trèfle dominant parmi les plantes adventices; ils sont la base de la culture la plus riche; ils allient le mieux une tenacité modérée et une suffisante disposition à retenir une humidité convenable; ils n'exigent pas des marnages et des chaulages coûteux pour être portés à leur maximum de produit; d'un autre côté, ils ont assez de liant pour que les racines trouvent un ferme appui, et pour que l'air échauffé ou refroidi ne pénètre point sans intermédiaire jusqu'aux racines des plantes, comme cela a lieu dans les craies et dans les sables.

1. *Limon inconsistant.* Lorsque l'argile est en trop petite quantité, et que la chaux et la silice dominant, on a des terres légères qui se remuent à la pelle, et dont la culture coûte peu

de travail; mais leur tenacité n'est jamais nulle, comme dans les terrains sablonneux et siliceux, car un dixième d'argile suffit pour leur donner un liant suffisant.

2. *Limon meuble*. Quand les proportions des différents éléments sont mieux équilibrées, le limon a une tenacité moyenne qui dépasse 800 grammes et ne dépasse pas 1,500, et alors il n'est pas seulement une bonne terre à blé, mais les fourrages légumineux y prennent tout leur développement; la terre s'émiette facilement: on peut la travailler pendant la sécheresse, sans crainte de former des mottes difficiles à briser, ce qui favorise beaucoup les secondes semailles.

Nigra ferre et presso pinguis subvomere terra
Et cui putre solum namque hoc imitatur arando
Optima frumenti.

VIRGILE, *Georg.*, l. II.

Ce genre de terrain offre en Russie, par son étendue et son uniformité, un exemple très remarquable. M. de Meyendorff l'a signalé le premier à l'attention publique en 1841¹; puis M. Murchisson l'a fait connaître plus en détail à la Société géologique de Londres². Une terre noire, fertile, qu'à la première vue on pourrait croire formée d'un terreau végétal, occupe une étendue immense de pays (80,000,000 d'hectares), limitée par une ligne courbe tirée du 54^e de latitude au sud de Lichwin au 57^e sur la rive gauche du Volga. Cette même formation apparaît près de Kasan et sur le flanc asiatique de l'Oural à Crasnoï-Glasnova, s'étendant beaucoup en Sibérie, où ses limites septentrionales ne sont pas encore définies. On le rencontre à tous les niveaux jusqu'à une hauteur de 122 mètres.

Ce genre de terrain prend, en Russie, le nom de *tchernoyzen*. « C'est le champ et le potager de la Russie, dit M. Meyendorff,

(1) *Compte rendu de l'Académie des sciences*, t. XII, p. 1223.

(2) *Annales des sciences géologiques*, mai 1842, p. 457.

région agricole qui nourrit au delà de 20,000,000 d'habitants, et qui déverse annuellement sur l'étranger et sur les autres parties de l'empire au delà de 20,000,000 d'hectolitres de céréales. »

M. Philips, chimiste au muséum de géologie britannique, et M. Payen, ayant fait l'analyse de cette terre, elle s'est trouvée composée ainsi qu'il suit :

ANALYSE DE M. PHILIPS.		ANALYSE DE M. PAYEN.	
Silice.	69,8	Silice.	71,56
Alumine.	13,5	Alumine.	11,40
Oxyde de fer. . . .	7,0	Oxyde de fer. . . .	5,62
Carbonate de chaux. .	1,6	Chaux.	0,80
Terre végétale. . . .	6,4	Magnésie.	1,22
Acide humide. . . }		Chlorures alcalins. .	1,21
— sulfurique. . . }	traces.	Acide phosphoriqu. .	traces.
Chlore.		Matière organique ¹	6,95
Perte.	1,7	Perte.	1,24
	100,0		100,00

C'est donc un *limon meuble*, d'après la théorie ; et, en effet, M. Murchisson nous apprend qu'étant humide, cette terre présente une masse tenace ; mais que, quand elle est sèche, elle se réduit en poudre impalpable, qui s'élève dans l'air par la simple pression des pas des chevaux au-dessus des gazons. Elle se compose de particules très fines de couleur noire et mêlées de grains de sable. Partout où se présente le tchernoyzen, le sol est riant, couvert de champs de blé et de prairies, et n'exige généralement qu'une année de jachère pour recouvrer ses qualités productives premières.

Cette vaste formation, dont on ne connaît pas l'origine, n'est pas l'analogue des diluviums de l'Allemagne et des autres pays, ni même des terrains de transport superficiels, car elle recouvre ces derniers en certains endroits ; elle ne contient

(1) Contenant 2,45 p. 100 d'azote ou 0,0118 p. 100 de la terre. C'est une terre très riche.

aucun testacé fluviatile ni terrestre; elle ne présente non plus aucun débris des troncs, des branches ou des fibres des végétaux, même dans les points où ce dépôt acquiert 5 et 7 mètres d'épaisseur. M. Murchisson, en ayant égard à ces circonstances et à sa position particulière jusque sur le sommet et les flancs des coteaux, à ses caractères uniformes sur de grandes étendues, croit lui reconnaître des signes non équivoques d'une accumulation sous-marine, déposée tranquillement loin des courants et des autres agents perturbateurs, et conséquemment au delà du cercle d'opération de la grande formation de transport du nord de la Russie. Il pense que sa couche, uniformément noire, est due à la décomposition de la matière végétale qui se trouvait mêlée au limon et au sable fin.

Après le grand diluvium argilo-siliceux et les steppes salines, c'est sans contredit une des formations les plus étendues où l'on remarque l'uniformité de nature du sol.

3. *Limon tenace*. Quand l'argile est prédominante, le limon peut avoir une assez grande tenacité. Ce genre de limon est réputé la terre à froment par excellence, parce qu'elle conserve mieux son humidité au retour des chaleurs, et parce qu'il tient en réserve, dans le tissu de son argile, des sels ammoniacaux que le blé semble plus propre que toute autre plante à lui enlever.

L'exemple le plus remarquable du limon tenace est, sans contredit, le limon du Nil, analysé récemment par M. Lassaigne, sur un échantillon qui nous avait été communiqué par M. Élie de Beaumont.

Ce limon a la couleur d'un jaune brunâtre. Il happe fortement à la langue; son toucher est doux et un peu savonneux. Desséché à 100 degrés, il perd 8 p. 100 de son poids; sa pesanteur spécifique est de 2,85. Sa tenacité n'a pas été éprouvée à cause de la petitesse de l'échantillon; mais elle doit être au moins de 5^k,0. Sa composition est la suivante :

		M. Regnault avait obtenu en 1812.	
Silice.	42,50	Silice.	4
Alumine.	24,25	Argile.	48
Peroxyde de fer. . . .	13,65	Oxyde de fer.	6
Carbonate de chaux. . .	3,85	Carbonate de chaux. . .	18
Carbonate de magnés. .	1,20	Carbon. de magnésie. .	4
Magnésie.	1,05	Terreau.	9
Matières organiques		Eau.	11
azotées, solubl. dans			100
l'ammoniaque.	1,80		
Eau.	20,70		
	100,00		

Les résultats de cette analyse, comparés à ceux obtenus par M. Regnault en 1812, démontrent que le limon du Nil, recueilli en différents lieux, est susceptible de présenter des variations dans sa composition. Le nôtre pourrait être regardé comme un véritable silicate d'alumine formé de deux atomes d'acide silicique et d'un atome d'alumine, tandis que celui de M. Regnault paraît être de l'alumine hydratée mêlée à de la craie magnésienne et un peu de silicate.

La fertilité du sol est évidemment due au terreau azoté qu'il renferme en proportion assez considérable.

§ II. — Terres argilo-calcaires.

CARACTÈRES. Après l'action de l'acide qui enlève du poids de la terre plus d'un dixième de chaux, il reste de l'argile dont la lévigation ne sépare pas un dixième de sable siliceux libre.

OBSERVATIONS. Des terrains considérables, formés des débris de calcaires argileux, se trouvent dans des formations géologiques différentes, dans les bassins dominés par le calcaire jurassique, la craie, les formations d'eau douce, ou dans les alluvions des rivières qui en découlent. Le fonds de la vallée du Rhône, bordée de chaînes calcaires, en est rempli. Ce sont

des terres assez fortes, mais fertiles en blé, et propres aux prairies artificielles. Les prairies naturelles y donnent d'excellents foin, et deviennent d'autant meilleures qu'elles sont plus vieilles, ce qui n'a pas lieu dans d'autres terrains, où il faut les défricher de temps en temps. L'action des fumiers, plus lente que dans les craies, y est plus active que dans les glaises; en général, ce sont des terres tenaces, formant, quand on les travaille par la sécheresse, de grosses mottes qui se brisent par la gelée. Le tussilage, la lupuline, la ronce, le chardon hémorrhoidal (*serratula arvensis*) sont les plantes qui annoncent ces terrains.

Quoique ces terres soient, comme la marne, un composé d'argile et de chaux, nous n'avons pas cru devoir leur conserver ce nom. Le mélange qui constitue la marne est un corps *sui generis*, où les molécules diverses sont croisées et juxtaposées d'une manière intime, qui provoque sa pulvérisation à la moindre humidité. Rien de pareil dans beaucoup de terrains argilo-calcaires; les mottes persistent à l'humidité et sans se déliter. La marne n'est qu'un cas particulier, un genre, si l'on veut, de ces terres.

A. — *Terres argilo-calcaires, argileuses.*

CARACTÈRES. Terres ayant au moins 0,50 d'argile.

Ce genre de terrain n'offre jamais une terre meuble. Il se rapproche des limons tenaces, dont il ne diffère que par une moins grande quantité de silice libre et en a toutes les propriétés, tout en étant plus difficile à travailler et exigeant plus de soin pour l'écoulement des eaux.

B. — *Terres argilo-calcaires, calcaires.*

CARACTÈRES. Ayant au moins 0,50 de carbonate de chaux ou de magnésie, et au moins 0,10 d'argile.

1. *Tenaces*. Ce genre se rapproche du précédent, et fait, comme lui, de bonnes terres à blé.

2. *Meubles*. La quantité de calcaire augmentant, la terre devient plus friable, et la tenacité ne dépasse pas 2 kilog.

3. *Inconsistantes*. La tenacité diminue encore avec l'accroissement de la quantité de chaux; elle ne dépasse pas 1^k,5. L'argile y est en faible quantité. Ces terres sont généralement des terrains paludiens, formés au fond des étangs. Elles sont blanches, ce qui les rend difficiles à échauffer; mais leur légèreté et leur porosité ne permettent pas aux engrais de s'y conserver longtemps. Les récoltes — racines y prospèrent. Les meilleures terres à garance de Vaucluse appartiennent à ce genre ou au genre suivant, qui n'en diffère que par la disparition presque complète de l'argile.

§ III. — Les craies.

CARACTÈRES. Ayant au moins 60 de carbonate de chaux, et au plus 10 d'argile.

OBSERVATIONS. Les terrains auxquels nous donnons le nom de *craie* en agriculture ne répondent pas exactement à ceux que l'on désigne par ce nom en géologie. Pour nous, nos craies ne sont caractérisées que par l'abondance de l'élément calcaire, associé avec un peu d'argile, et en quantité plus ou moins grande de sable siliceux ou de petites coquilles microscopiques, qui la rendent rude au toucher et la font craquer sous la dent, ce que le blanc de Troyes, qui n'est autre chose que la craie dépouillée des particules étrangères à son élément calcaire, ne fait pas.

La couleur blanche des craies rend ces terrains froids et tardifs; leur peu de liant permet aux vents de les déplacer et de découvrir les racines des plantes; aux gelées de les soulever; enfin, les engrais s'y décomposent avec rapidité. L'aridité des

terrains crayeux est absolue dans les pays chauds et secs; la végétation disparaît en été, et les plantes vivaces ne peuvent y vivre; aussi, dans ce cas, les plaines crayeuses sont-elles absolument nues, si ce n'est au printemps et à la fin de l'automne. Dans les pays à pluies fréquentes, les craies présentent des gazons d'herbes fines, délicates, et qui fournissent une alimentation supérieure au bétail et donnent à sa viande des qualités très estimées. Tels sont les herbages de South-Dowers et des côtes de Sussex en Angleterre. Voici l'analyse de deux terrains crayeux, la première faite par Schweitzer, et l'autre par Barruel :

CÔTES D'ANGLETERRE.		BRIMONT, PRÈS REIMS ¹ .	
Carbonate de chaux. . .	98,57	Carbonate de chaux. . . .	66,7
— de magnésie. . .	0,38	Phosphate de chaux. . . .	2,0
Phosphate de chaux. . .	0,14	Hydrate de peroxyde de	
Protoxyde de fer. . . .	0,08	fer.	2,0
— de magnésie. . .	0,06	Alumine.	2,3
Alumine.	0,16	Sable siliceux.	27,8
Silice	0,64		100,0
	100,00		

La craie, fortement tassée par le temps, a une certaine ténacité; mais quand, à force de labours superficiels, on est parvenu à créer une certaine profondeur de sol meuble, elle se laboure avec la plus grande facilité, ce qui rend le travail des terrains crayeux très économique.

L'absence de la végétation, ou au moins sa rareté, est cause que les terrains crayeux manquent généralement de terreau, et par conséquent de toute source d'alimentation de carbone pour leurs racines. Quand, à la suite de fumures abondantes et répétées, on est parvenu à créer dans ces terres un excédant de débris végétaux, on dit en Champagne que les terres sont

(1) Mémoire de M. de Brimont dans ceux de l'Académie de Reims, t. I, p. 148.

rateintes. Les autres parties de l'engrais, et surtout l'azote, disparaissent dès la première année; mais le carbone reste et, déjà disposé par la fermentation à passer dans la végétation, devient un élément des plus précieux et qui constitue, pour les plantes, la base de leur premier développement. Ce n'est que quand les terres possèdent cette avance, que l'on peut commencer à se promettre des succès marqués de l'emploi des engrais subséquents.

Alors l'expérience indique que le froment, par exemple, peut, avec une fumure de 45,000 kilog. de fumier, douer ces pauvres terres d'une récolte de 33 hectolitres par hectare ¹. Cette dose d'engrais représente une récolte de 47 hectolitres; le blé s'est donc emparé d'un peu plus des deux tiers des portions azotées de l'engrais, l'autre tiers s'évapore en partie; mais il reste en terre la partie charbonneuse qui vient s'ajouter à celle qui existait auparavant, et augmenter la richesse du sol. Dans les terrains argileux, une partie de cet ammoniacque perdu se serait conservée dans les pores de l'argile, mais aussi une moindre partie aurait été absorbée dès la première année par la végétation.

La luzerne, le sainfoin sont les fourrages par excellence des terrains crayeux; ils sont moins exposés que le trèfle à être déchaussés par les gelées, à cause de la longueur de leurs racines. Mais la luzerne ne donne pas de bonne coupe d'été, à cause de la sécheresse des craies. Le froment est le grain qu'on y préfère.

Les arbres qui croissent mieux sur les craies sont le saule marceau, le mahaleb, le merisier, l'aubépine, le rosier et le buis; mais ils restent toujours grêles; le peuplier de Virginie y croît mieux que ses congénères. On y a planté des pins sylvestres qui y vivent difficilement d'abord. Il ne faut pas

(1) *Mémoires de l'Académie de Reims*, t. I, p. 166. *Mémoires de MM. Laurent et Paillet*.

songer à les y semer, à cause du déchaussement produit par les gelées.

1. *Frâches*. Nous appelons craies frâches celles qui ont un sol profond en communication avec le réservoir d'eau, et qui conservent 0,10 de leur poids d'humidité, en été, à 0^m,30 de profondeur.

2. *Sèches*. Si le sous-sol imperméable est rapproché de la surface, les craies seront sèches, et alors elles ont tous les inconvénients de leur nature, sans autre compensation que la facilité du travail.

§ IV. — Les sables calcaires (terrains sablonneux).

CARACTÈRES. Le sol contient 0,50 de sable siliceux et calcaire qui ne passe pas par un crible dont les trous ont un demi-millimètre de diamètre.

OBSERVATIONS. Ces terrains se trouvent au bas des montagnes de grès vert, et le long des rivières qui en découlent. Moins difficiles à traiter que les terres crayeuses, parce que la pluie ne les réduit jamais en bouillie, que les plantes ne déchaussent pas en hiver, et qu'on peut y entrer par tous les temps, ce sont de très bons terrains pour les arbres et les légumes, pourvu qu'ils aient de la profondeur. Ils sont ordinairement colorés et sont aussi moins froids que les craies. Les sables des dunes de la Méditerranée, qui sont souvent de cette nature, se couvrent de pins d'Alep, de genévriers de Phénicie, et de *clematis flamula*, que les habitants récoltent pour fourrage sec, quoique cette plante soit vésicante étant fraîche ¹.

1. *Meubles*. Quand la craie fine et l'argile se trouvent dans ces terrains en certaine quantité, ils prennent une consistance convenable, et qui les rend propres à la culture des froments

(1) *Mémoires de la société d'agriculture de Paris*, 1787, hiver, p. xxviii.

et des autres plantes qui mûrissent au commencement de l'été.

2. *Inconsistantes*. Si le sable est prédominant, le terrain n'est plus propre qu'au seigle, parce qu'alors il se dessèche de bonne heure ; mais les vignes et les mûriers y prospèrent, pourvu qu'il ait de la profondeur.

SECTION II. — *Terres non calcaires.*

CARACTÈRES. Terres ne faisant pas effervescence avec les acides ; leur solution par l'acide ne donne aucun précipité par le carbonate de potasse.

§ 1^{er}. — *Terres siliceuses.*

CARACTÈRES. La lévigation fournit au moins 0,55 de silice libre.

OBSERVATIONS. On trouve ces terres dans diverses situations géologiques : formées en place des détritits de roches qui ne contiennent pas de carbonates insolubles, ou qui en ont été dépouillés par l'action du lavage par les eaux de pluies chargées d'acide carbonique, comme on le voit à la Grande-Chartreuse ; on les trouve sur les grèves de la mer, les bords des rivières, à la surface des terrains glaiseux où le principe siliceux a dominé, enfin transportés par les vents et formant des dunes sur les bords de la mer et des rivières. La facilité de la culture de ces terres, en réduisant les frais, en rend souvent la culture possible dans les climats pluvieux.

1. *Sèches*. Quand les terres siliceuses sont dans un climat sec, et qu'elles ne peuvent être arrosées, elles sont peu riches. Le chiendent y pullule, mais les pins sylvestres, maritimes, le laricio, le cèdre y prennent un grand développement dans des terres qui portent à peine du seigle, pourvu qu'elles aient une certaine profondeur. On y voit aussi de beaux bois de bouleaux

et de chênes. Si elles ont un sous-sol glaiseux qui retienne l'eau, la lande, la bruyère, les genêts sont les plantes les plus communes.

Quand ces terres possèdent une certaine quantité d'argile, elles deviennent très propres à la vigne. C'est dans des terres de schiste minacé avec prédominance de quartz que viennent les vins de Lamalgue, près de Toulon. Ces terrains contiennent de la potasse et de la soude, mais manquent de principes charbonneux; aussi les amende-t-on avec les sarments de la vigne elle-même.

2. *Frâches*. Quand les terrains siliceux sont naturellement frais ou peuvent être arrosés, ils sont propres à toutes les cultures, au moyen des engrais et des amendements. L'expérience que l'on fait en ce moment à La Teste prouve tout le parti que l'on peut tirer de ces terrains par le moyen de l'eau. Dans les climats humides, le spergule est le fourrage qui s'accommode le mieux avec les terrains siliceux. M. Oscar Leclerc a observé sur la Loire, aux environs de Chalonne, un sable siliceux très fin et presque pur, et qui est d'une grande fertilité, grâce au climat et à la fraîcheur du sous-sol ¹.

Dans les pays les plus chauds eux-mêmes, près des grands fleuves ou des grands amas d'eau qui entretiennent la fraîcheur dans l'intérieur du sol, les terres siliceuses passent pour très fertiles; telles sont les terres du Sénégal, analysées par Laugier, et qui ont de 72 à 91 p. 100 de silice; tel est le terrain de Ceylan, décrit comme il suit par Campbell ²: « Le sol du jardin des cannelliers, dans le voisinage de Colombo, où croît naturellement le cannellier, est un exemple remarquable de terre à silex. La surface de la terre est blanche comme la neige; c'est du sable de quartz tout pur. A quelques pieds de

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1837, novembre, p. 756.

(2) Excursion à Ceylan.

profondeur, le sable est de couleur grise. Un échantillon soigneusement séché et analysé donne pour résultat :

Silice.	98,5
Matière végétale	1,0
Eau.	0,5
	100,0

« Il peut sembler surprenant que le cannellier réussisse dans un sol aussi pauvre, mieux qu'ailleurs, mais plusieurs circonstances peuvent expliquer le fait. Le jardin avoisine une plaine au niveau du lac de Colombo; sa situation abritée, le climat fort humide, les pluies qui y sont fréquentes, la température élevée et rarement égale; telles sont les principales causes auxquelles on peut attribuer la riche végétation de ce précieux arbuste dans un sol qui paraît si ingrat. »

§ II. — Glaises (varènes, puisayes, bolbènes, terres blanches).

CARACTÈRES. Donnant par la lévigation au moins 0,45 d'argile et 0,10 de silice libre.

OBSERVATIONS. Les glaises sont un mélange d'argile avec une quantité plus ou moins grande de silice libre, mais qui ne peut dépasser 0,55; sans quoi l'on arrive aux terrains que nous avons désignés sous le nom de *siliceux*. Elles composent le sol d'une grande partie de l'Europe, couverte par le *diluvium*.

Les qualités des glaises varient selon la proportion des deux éléments qu'elles contiennent. Jusqu'à un certain degré, celles qui contiennent le plus d'argile sont les plus estimées, pourvu que l'on ait assez de pente pour se procurer l'écoulement des eaux pluviales, parce que, conservant mieux leur fraîcheur, le froment y vient bien, et que les trèfles y donnent une seconde coupe; elles conservent aussi mieux le fumier. La grosseur des particules de sable est aussi à considérer. S'il est

fin et abondant, on a des terres très compactes quand elles sont tassées par les pluies ; si, au contraire, la silice est en gros grains et abondante, la terre devient plus sèche, perd de sa consistance, et reprend les qualités des terres siliceuses.

Après les pluies, les glaises, en se séchant, prennent à leur surface une consistance qui, sans ressembler à la croûte superficielle des craies, oppose les mêmes obstacles à la sortie des germes. On ne peut bien les cultiver ni dans l'arrière-saison ni au printemps, car, quand elles sont fraîches, elles se pétrissent, et forment des mottes difficiles à briser ; pour les labourer avec avantage, il faut qu'on puisse compter sur une série de beaux jours, car elles se tassent par la pluie, et deviennent très compactes ; et après les labours il ne faut pas trop herser et émietter la terre : il vaut mieux que la surface reste un peu inégale, car dès que les particules sont en contact, elles tendent à se lier et à faire corps de nouveau.

Les glaises abondantes en sable sont généralement pauvres en principes nutritifs ; elles deviennent meilleures en prenant de l'argile, sans cependant pouvoir se passer d'engrais. Les glaises abondantes en peroxyde de fer tendent toujours à s'agglomérer en masses et deviennent très denses si elles ne sont pas incessamment cultivées.

1. *Inconsistantes*. Quand les glaises renferment beaucoup de silice, elles ont peu de tenacité, surtout si la silice est en gros grains ; elles sont sèches en été, et se réduisent en bouillie en temps de pluie. En été, leur sol est peu adhérent et se pulvérise. Ce sont ces terres que les paysans appellent *vaines* et *creuses*, dans lesquelles toutes les cultures trouvent des inconvénients. Remettre de pareilles terres en bois nous semble le parti le plus avantageux.

2. *Meubles*. Celles-ci ont une tenacité de 0,5 à 1 kilog. ; elles offrent plusieurs variétés, dont quelques-unes constituent des sols excellents.

A. *Meubles micacées*. Ces terres, formées de débris de schistes micacés, quand elles ne sont pas très abondantes en quartz, sont douces, liantes, retiennent bien l'humidité et s'égouttent convenablement. Quand le quartz domine, elles sont maigres, légères, et rentrent alors dans la classe des terres siliceuses. Les arbres et surtout les châtaigniers viennent admirablement dans ces terres.

B. *Meubles schisteuses*, formées de débris de schistes argileux et d'ardoises. Quand le quartz y est très abondant, ou les débris d'ardoises non décomposés, ce terrain devient inconsistant; mais si la silice à gros grains ou les débris d'ardoise ne dominant pas, il est frais, perméable aux racines, et ayant en partie les avantages de l'argile sans en avoir sa tenacité. Sa couleur noire le rend plus facile à échauffer et à sécher que les autres glaises.

C. *Meubles volcaniques*. Ce terrain, composé de débris de basalte, de vaques et de lapilles, est perméable, et cependant retient suffisamment l'humidité. Sa couleur est grisâtre, rougeâtre, ou noirâtre; généralement, il renferme beaucoup de potasse et de soude qui doivent être la source de sa grande fertilité. Les campagnes de Naples en sont un témoignage. La Limagne d'Auvergne est mélangée de beaucoup de débris volcaniques, et peut être rangée en partie dans ce genre.

D. *Meubles sablonneuses*. Ce genre de glaise présente à la lévigation cette particularité, que chaque lot contient une assez grande quantité de sable, de plus en plus fin, de sorte que le troisième lot lui-même a quelquefois de la peine à faire corps.

3. *Tenaces*. La tenacité surpasse 1 kilogr.

Quand ces terres sont mouillées, elles forment une pâte grasse où la charrue ne peut marcher; lorsqu'elles sont sèches, elles sont très dures et résistent au labour. La gelée les ameu- blit. Lors des semailles de printemps, il faut se défier de l'ap-

parence de sécheresse de la surface, et si le fond est encore humide, il vaut mieux faire les semailles de cette saison sur un hersage que sur le labour, qui pétrirait ensemble la terre sèche et la terre humide et formerait un ciment dont les germes des plantes ne pourraient se dégager. Ces terres se fendent profondément en été et retiennent l'eau en hiver. Elles sont aussi d'une culture difficile, et quand elles n'ont pas une pente suffisante, il faut les disposer en billons ou en ados. En général, ce sont des terres à blé et à trèfle; la luzerne et le sainfoin n'y prospèrent pas; les fèves y viennent particulièrement bien. On a remarqué que les blés durs y venaient mieux que les tendres. Quand ces terres sont ocreuses, fortement colorées, on y plante la vigne dans le midi; le vin en est gros, épais et peu spiritueux.

§ III. — Argile.

CARACTÈRE. Plus de 85 d'argile. et de la silice libre.

Ce sont des terres d'une tenacité si grande qu'elles sont tout à fait impropres à la culture et ne peuvent servir qu'à faire des briques et de la poterie. Dans une terre qui a 15 kilogr. de tenacité, les frais de culture excéderaient la valeur de tous les produits, si toutefois on pouvait espérer que les germes pussent s'y développer.

SECTION III. — *Terres à bases organiques (terreau, humus).*

CARACTÈRE. Terre qui, étant préalablement desséchée, perd un peu plus d'un cinquième de son poids par la combustion.

§ 1^{er}. — Terreaux doux.

CARACTÈRE. L'eau dans laquelle ces terreaux ont été mis

en digestion ou dans laquelle ils ont bouilli ne rougit pas le papier de tournesol.

Terre de jardin (marais). Ces terrains se forment des débris de végétaux au fond des étangs et des marais et sur un sol calcaire. Ils sont généralement accompagnés de débris de coquilles d'eau douce.

C'est dans ces terrains que les marachers se plaisent à placer leur culture; mais l'engrais animal en abondance ou la chaux y sont nécessaires pour neutraliser l'acide carbonique superflu qui nuirait à la végétation.

§ II. — Terreaux acides.

CARACTÈRE. L'eau dans laquelle les terres ont été mises en digestion ou dans laquelle elles ont bouilli, rougit le papier de tournesol.

1. *Terre de bois.* Les défrichements récents de bois présentent une couche de feuillages peu consommés, et contenant du tannin qui donne à la terre pendant longtemps des qualités acides. Une dissolution de gélatine détermine un précipité blanchâtre dans l'eau qui a bouilli ou infusé sur cette terre; la présence du tannin et la production d'une quantité surabondante de gaz acide carbonique nuisent à la végétation de ces terres. On combat ces vices par le chaulage, le marnage, les fumiers, les cendres, l'écobuage. On a remarqué que le colza réussit bien sur ces terres noyales, et brave des influences qui nuisent aux autres plantes.

2. *Terre de bruyère.* Ce terreau se forme, dans les terrains secs, du détrit des bruyères, des genêts, des fougères; sur les Alpes, des rhododendrum, vaccinium et d'autres plantes qui contiennent beaucoup de tannin et de fer; à la loupe, on y reconnaît des débris entiers de plantes dicotylédones. C'est par la présence d'une quantité plus considérable de fer et par sa

nature siliceuse qu'il diffère de la terre des bois, provenant du détritux d'autres espèces de végétaux et ayant pour base toute espèce de terrain. Un grand nombre de végétaux dont les débris concourent à sa formation se plaisent dans ce terrain, et les jardins de botanique l'exportent quelquefois de fort loin pour la culture de ces plantes.

M. Berthier a analysé des terres de bruyère employées à Paris, et il a trouvé :

	1 ^{er} échantillon	2 ^e échantillon.
Racines moyennes et petites. . .	2,5	2,5
Radicules et terreau	7,8	2,8
Terreau.	4,3	8,0
Sable quartzeux et argile. . . .	85,4	86,7

Cette terre se prend en masse brune fendillée par la dessiccation. L'ammoniaque en dissout une assez grande partie ; la potasse plus encore ; enfin, si on la traite par l'ammoniaque après l'avoir lavée avec l'acide chlorhydrique, il s'en dissout autant que dans la potasse¹.

Quand on veut utiliser les champs qui en sont formés par la culture des végétaux étrangers au sol de bruyère, on peut y cultiver des arbres et des vignes, et même du seigle et des racines, au moyen de la chaux ou de l'écobuage ; mais il faut toujours avoir soin d'y ajouter du fumier animal, car la base terreuse de ce sol étant la silice, il est généralement maigre.

3. *Terre tourbeuse*, formée dans les terrains marécageux ou inondés, non calcaires, des débris de plantes monocotylédones ou agames, dont on reconnaît les débris à la loupe. Dans la décomposition des végétaux, les principes acides, ne trouvant pas de base à laquelle ils puissent s'unir, restent libres ; on y trouve donc de l'acide acétique, de l'acide phosphorique, et plus tard du tannin.

(1) Berthier, *Mémoires*, p. 150.

Les analyses des tourbes prouvent qu'elles contiennent de 82 à 93 parties de matières organiques sur 17 à 7 parties de matières minérales diverses. Les terrains tourbeux sont de couleur brune, spongieux et élastiques.

La tourbe employée comme combustible est aussi exploitée en grand dans les marais et étangs desséchés.

Les tourbes ont deux grands inconvénients : 1^o leur imbibition en hiver qui tient les végétaux dans un véritable état de macération, si on ne divise pas le terrain par des fossés profonds et rapprochés ; alors la nature des plantes qui croissent spontanément sur la tourbe s'améliore avec l'emploi de la chaux ou de la marne et des engrais, qui neutralisent les acides libres de la tourbe. On peut y cultiver de l'orge et de l'avoine qui y viennent mieux que le froment, celui-ci exigeant un terrain plus ferme ; les trèfles y réussissent aussi. 2^o Mais pour que ces cultures y aient tout leur succès, il faut remédier aussi à la dessiccation excessive de la tourbe pendant l'été. Cette dessiccation est favorisée par la nature du sol, par sa coloration et sa grande porosité. Alors la couche du sol où végètent les plantes manque bientôt de l'humidité nécessaire, et quelquefois jusqu'à plus de 18 à 20 centimètres de profondeur la sécheresse est presque absolue. Mais le remède est le plus souvent à côté du mal ; les fossés d'écoulement produisent des roseaux, des typhas, et il suffit d'en recouvrir la terre pour la dérober aux effets du soleil et y maintenir l'humidité nécessaire. C'est ainsi que dans les marais de Donges (Loire-Inférieure), on est parvenu à se procurer de belles récoltes de seigle et de chanvre dans des tourbes que l'on croyait stériles.

L'aune, le bouleau, les pins, les saules et un petit nombre d'autres espèces d'arbres viennent dans les tourbes bien desséchées.

CHAPITRE IV.

Des caractères spécifiques.

Il faudrait plutôt appeler caractères *individuels* que caractères *spécifiques* ceux qui ne s'appliquent qu'à un terrain donné, qui n'a d'analogue complet nulle part. Après être parvenu, au moyen de la classification que nous venons d'indiquer à rapprocher ce terrain, autant qu'il est possible, de ceux qui lui ressemblent le plus, il ne nous reste plus qu'à donner son signalement particulier, qui établisse son individualité ; on conçoit toute l'importance de ces caractères, qui vont achever de peindre le terrain dont nous voulons raisonner, en le séparant de ceux de la même division, de la même section, du même genre.

Certaines modifications peuvent affecter tous les genres de terre qui n'ont pas été pris pour base de la classification générale, quelle que soit d'ailleurs leur importance agricole. Nous allons les indiquer et les analyser successivement.

SECTION I^{re}. — *Fraîcheur de la terre.*

Nous avons déjà fait ressortir l'intérêt agricole que présente cette propriété, elle ne devra donc jamais être négligée quand on décrira un terrain. On indiquera : 1^o si la terre est fraîche en été et fraîche en hiver ; 2^o ou fraîche en été, humide en hiver ; 3^o ou sèche en été, humide en hiver ; 4^o ou sèche en été et sèche en hiver. Toutes ces modifications peuvent être saisies à la simple inspection avec un peu d'habitude ; mais pour l'acquérir, il sera utile de réitérer l'expérience qui sert d'épreuve à ce jugement empirique, et qui est basé sur les principes suivants :

1^o Nous appelons terre fraîche, en été, celle qui, au milieu de cette saison, du 10 au 20 août, huit jours au moins après une pluie, possède encore 0,10 de son poids d'humidité à 33 centimètres de profondeur;

2^o Nous appelons terre humide, en toute saison, celle qui trois jours après la pluie conserve plus de 0,23 d'eau.

3^o Les terres qui, huit jours après la pluie, contiennent moins de 0,10 d'eau, sont des terres sèches.

SECTION II. — *Terres caillouteuses, graveleuses, etc.*

Nous appelons terres rocheuses celles à la surface et dans le sein desquelles on trouve des roches ayant plus de 20 centimètres de diamètre; 2^o terres caillouteuses celles qui portent de fragments de pierre de 1 à 20 centimètres de diamètre; 3^o terres graveleuses celles qui sont remplies de particules de 2 à 10 millimètres de diamètre; 4^o terres sablonneuses celles dont les particules les plus grosses ont de un demi-millimètre à 2 millimètres de diamètre.

Endécrivant une terre, on indique autant que possible la proportion des différentes parties qui se trouvent dans cette terre, et de cette manière, par exemple : terre ayant 0,25 de roches, pour indiquer que le quart de sa surface est couvert de roches; terre 0,75 caillouteuse, pour indiquer que sur un poids donné de terre, les trois quarts se trouvent être de cailloux; terre 0,50 graveleuse, pour indiquer enfin que la moitié du poids de la terre est formée de menus graviers. Nous avons indiqué plus haut, à l'article de la lévigation, de quelle manière on sépare ces différentes parties.

Les roches, en occupant une partie de la surface, ne se bornent pas à réduire l'étendue cultivable du sol, elles mettent encore obstacle aux labours par l'irrégularité de leur dissémination; quelquefois, cachées en terre, elles brisent la charrue

qui les rencontre. Quand on peut vendre les débris de ces roches comme matériaux à bâtir, ou qu'on peut en profiter soi-même pour enclore le terrain, c'est une bonne opération que d'en débarrasser le champ.

Les terres caillouteuses sont très chaudes en été, et les arbres et arbustes qui s'enracinent profondément peuvent seuls y venir avec profit, outre que les cailloux couvrent une partie du sol et le rendent inutile. Quand Arthur Young blâmait ces propriétaires du Languedoc qui faisaient épierrier, il n'avait pas l'expérience des effets du soleil de ce climat, et sa pensée le rappelait au souvenir des champs d'Angleterre que ces cailloux auraient si bien réchauffés. Les terres graveleuses sont encore plus sèches que le sable, et quand les graviers sont abondants, ce sont encore des terres à plantes frutescentes.

Nam jejuna quidem clivosi glarea ruris
Vix humile apibus cæsias roremque ministrat.
Georg., II.

SECTION III. — *Terres ocreuses, ferrugineuses.*

Les terres renferment presque toutes une plus ou moins forte dose d'oxydes de fer; quelquefois ils sont à l'état de protoxyde noir, plus souvent à celui de peroxyde rouge, brun, jaune. Le caractère de ces terres est de tacher par le contact. Leur couleur foncée les rend plus chaudes que ne le comporterait leur nature, et les récoltes y sont plus précoces que dans les autres fonds. Ainsi l'on indiquera soigneusement la nuance de coloration; on dira: une terre ferrugineuse, rouge, brune, jaune, noire. L'analyse fera connaître la proportion du fer qu'elles contiennent.

SECTION IV. — *Terres salifères.*

Les terres salifères occupent de si vastes étendues de ter-

rain, non-seulement sur les côtes, mais dans l'intérieur des continents, où elles constituent les steppes de l'Asie, que nous avons cru d'abord devoir en faire une division de la classification générale. Cependant, en y réfléchissant, nous avons vu que cette qualité pouvait affecter tous les genres de terrains, et qu'ainsi, pour subdiviser les terres salifères, nous serions conduit à reproduire toutes les sections des autres divisions; nous aurions donc eu des terres salifères calcaires, argilo-calcaires, glaiseuses, etc., faisant descendre ainsi au rang de simple épithète les mots qui avaient servi auparavant à caractériser des ordres de notre classification. De plus, la même considération qui nous avait porté à créer un ordre de terres salifères nous conduisait à tenir compte des autres circonstances accessoires et à former aussi un ordre de terres graveleuses, par exemple. Le sel que renferment les terres n'a donc plus été pour nous qu'un caractère spécifique, et c'est ainsi que nous le considérons en ce moment.

En mettant une pincée de terre sur la langue, le goût avertit, avant toute analyse, de la présence du sel qui peut y exister. C'est ordinairement le sel marin, plus rarement le sulfate de soude, de magnésie ou de fer, ou le nitrate de chaux et de potasse. On connaît la saveur du sel marin; celle du sulfate de fer est styptique, celle du sulfate de soude est d'abord fraîche et puis amère; le sulfate de magnésie est amer; la saveur fraîche et ensuite d'une amertume particulière des nitrates de chaux et de potasse est aussi remarquable.

Les terres qui contiennent une quantité de sulfate de fer appréciable aux sens sont complètement infertiles.

Quant aux terres qui contiennent du sel marin, un simple essai vient aider le jugement du goût; leur solution dans l'eau donne un précipité avec le nitrate d'argent. On peut s'assurer de la proportion de ce sel en faisant évaporer l'eau dans laquelle on aura mis à digérer une quantité de terre. Quand la

dose de ce sel dépasse 0,02, elles sont impropres à la culture, et ne portent plus que les plantes qui sont spéciales à ces terrains : les salicornes, l'atriplex maritime, le tamarisc, les soudes, l'inula crithmoïdes, etc. Elles cessent elles-mêmes d'y croître si la dose s'en élève à 0,05.

Ces chiffres sont ceux obtenus par M. Plagniol, chimiste habile, inspecteur de l'académie de Nîmes. Julia Fontenelle portait à 0,04 et à 0,06 la quantité de sel marin que peuvent contenir les terres salées propres à la culture aux environs de Narbonne. « Au-dessus de ce point, dit-il, elles ne sont propres qu'à la culture de la soude. » Les soudes cessent de croître quand la dose de sel dépasse 0,12 ou 0,14 ; il regardait le sable calcaire comme un excellent amendement pour dessaler les terres, le sel marin se décomposant en partie pour former du carbonate de soude ¹.

Quand ces terrains sont sablonneux et profonds, ils ne tardent pas à se dessaler par l'action des eaux pluviales ; d'ailleurs, ayant peu de capillarité, ils ne ramènent pas à la surface le sel qui est dans les couches inférieures. Ces terrains sont alors assez fertiles dans les contrées humides, d'autant plus qu'ils sont généralement mêlés à des débris calcaires et animaux. On s'en sert comme engrais pour les terres fortes des environs.

Les terrains salins tenaces sont mous, glissants, noirs quand ils sont humides, durs quand ils sont secs, et alors le sel se montre en efflorescence à leur surface. On les reconnaît de loin à une humidité superficielle qu'ils conservent par l'effet de la délquescence du sel marin, qui attire sans cesse l'humidité de l'atmosphère et celle du sol.

Cultivés à l'état humide, ces terrains salés se corroient et forment des mottes très difficiles à briser ; on ne peut les cultiver que pendant la sécheresse, et la présence du sel ajoute beaucoup alors à la dureté du terrain. Aussi sont-ils coûteux

(1) *Annales de l'agriculture*. 1832, t. X, p. 48.

à travailler. Les récoltes y sont chanceuses dans tous les pays où l'atmosphère, habituellement sèche, n'entretient pas une certaine fraîcheur dans le sol ; car si le printemps est sec, le collet des plantes se trouve tellement serré par le durcissement de la terre, qu'elles souffrent et ne profitent pas ; mais aussi, quand les années sont favorables, on y obtient de superbes récoltes de blé. On a trouvé le moyen de maintenir artificiellement l'humidité nécessaire en couvrant de roseaux les semis de blé. Cette pratique, généralement adoptée dans les terres salées du midi de la France, a rendu très précieuse la récolte des roseaux (*arundo phragmites*, *typha*, *sparganium*, etc.). Les pâturages des terrains salants sont estimés et très favorables aux moutons ; les prairies y sont excellentes quand on peut les arroser avec de l'eau douce, à condition de n'y pas faire entrer l'eau quand elles sont sèches, pendant les grandes chaleurs ; mais on peut les arroser aussi en été, quand on y entretient constamment la fraîcheur. Comme, en général, le sous-sol est plus salé que la surface, les arbres y viennent mal, à moins qu'ils ne soient placés dans le voisinage de courants d'eau douce. Le sel de l'intérieur est sujet à remonter à la surface à la suite des grandes pluies, ce qui empêche que, par l'effet du temps et des météores, le sol finisse par s'adoucir complètement.

CHAPITRE V.

Description des terrains.

La description d'un terrain est le tableau fidèle de toutes les propriétés générales et de toutes les circonstances particulières qui lui assignent un rang dans la classification et qui le distinguent de ceux qui lui ressemblent le plus. Elle doit en

donner une idée distincte, elle doit le mettre sous les yeux du lecteur. Voici l'ordre dans lequel nous croyons qu'elle doit être faite :

- 1° La situation topographique du terrain ;
- 2° Son altitude, ou son élévation au-dessus de la mer ;
- 3° La place que le terrain occupe dans la classification ;
- 4° Sa place géologique, le genre de formation des terrains agricoles dont il dépend ;
- 5° Sa pesanteur spécifique ;
- 6° Sa tenacité ;
- 7° Son hygroscopicité ;
- 8° Sa fraîcheur ;
- 9° Sa couleur à l'état sec ou humide ;
- 10° Son lotissement ;
- 11° Son analyse complète ou abrégée ;
- 12° L'épaisseur du sol, la nature du sous-sol ; la profondeur du réservoir d'eau intérieur ;
- 13° L'inclinaison de la surface ;
- 14° Son exposition ;
- 15° Ses abris, leur direction, leur hauteur ;
- 16° Circonstances accidentelles prévues : inondations, gelées blanches, etc. ;
- 17° Plantes adventices les plus communes ;
- 18° Etat de la végétation des arbres et des plantes cultivées ;
- 19° Les notes historiques que l'on aura pu se procurer, le prix de fermage, l'assolement, l'état des communications et des débouchés, l'impôt, les charges.

EXEMPLE D'UNE DESCRIPTION COMPLÈTE :

- 1° Terre dite du Borgelet, commune de Saint-Just, département de l'Ardèche ; échantillon pris au sud des bâtiments ;
- 2° Quarante-huit mètres au-dessus du niveau de la Méditerranée ;
- 3° Loam meuble ;
- 4° Alluvion de l'Ardèche ;
- 5° Pesanteur spécifique, 2,25 ;
- 6° Tenacité, 0^k,750 ;
- 7° Hygroscopicité, 40,5 ;
- 8° Frais en hiver, frais en été ;
- 9° Légèrement rougeâtre ;
- 10° Lotissement ;

EXAMEN MICROSCOPIQUE.

- Lot n° 1. 45,7 Quartz, feldspath, mica en lames, comme s'il provenait d'un granite décomposé; grenats, olivines et autres minéraux volcaniques, petits fragments de carbonate de chaux.
- Lot n° 2. 27,1 Mêmes débris, ceux de mica proportionnellement plus nombreux.
- Lot n° 3. 27,2 Mêmes débris réunis en plaque après la dessiccation par un ciment argileux.

 100,0

11° Analyse :

Azote, 0,0003.

PARTIE SOLUBLE.

Sulfate de magnésie	0004	} 0020
Carbonate de chaux	0006	
Carbonate de magnésie.	0002	
Nitrate de potasse	0005	
Matières organiques.	0003	

PARTIE INSOLUBLE.

Silice.	660	} 990
Alumine.	80	
Oxyde de fer	40	
Carbonate de chaux.	120	
Carbonate de magnésie.	20	
Terreau.	70	} 1010

 1010

12° Les sols actif et passif peuvent se confondre à cause de la nature sablonneuse de la terre qui ne se tasse pas sous le poids des chevaux. Le sous-sol est à 3 mètres de profondeur, formé par une couche de cailloux roulés. Dans ce lit de cailloux coule une eau qui filtre de l'Ardèche et du Rhône;

13° La surface est sensiblement plane, mais réellement inclinée de quelques degrés du nord au midi;

14° L'exposition est au sud;

15° Il y a au nord un abri formé par une chaîne de hauteurs qui s'élèvent jusqu'à une centaine de mètres au-dessus de la plaine, vers Saint-Marcel-d'Ardèche;

16° Les accidents que l'on peut redouter proviennent tous des crues

de l'Ardèche qui descend avec impétuosité des montagnes du Vivarais et qui, en 1827, ont emporté le pont et couvert une partie des terres de sable et de graviers. Mais, dans ses crues habituelles, cette rivière apporte un limon excellent qui fertilise tous les terrains où il se dépose;

17° Les plantes adventices les plus communes sont : les adonis, fumaria, saponaria, panicum, paspalum et le chiendent;

18° La végétation des arbres et des vignes est magnifique et citée par tous ceux qui la voient; la luzerne y vient sans fumier; le maïs, le millet, le blé, les pommes de terre, les betteraves y croissent bien et donnent de bonnes récoltes;

19° Le prix de fermage actuel est de 350 fr. l'hectare; le débouché des denrées est le Pont-Saint-Esprit, Bagnols et Bourg-Saint-Andéol; on peut les transporter aussi aisément à Avignon par le Rhône.

AUTRE EXEMPLE :

1° Terre située à Orange (Vaucluse), quartier du Prébois, section de Couavedel; domaine appelé la Tour du Prévôt; échantillon pris au nord des bâtiments;

2° Soixante mètres d'élévation au-dessus de la mer;

3° Argilo-calcaire, *calcaire*;

4° Paludienne;

5° Pesanteur spécifique, 2,5;

6° Tenacité, 2^k,40;

7° Hygroscopicité, 49,5;

8° Sèche en été, humide en hiver; possibilité d'arroser une partie du domaine;

9° Couleur : grisâtre étant sèche, noirâtre étant humide;

10° Lotissement :

Lot n° 1.	6
Lot n° 2.	52
Lot n° 3.	42
	100

11° Analyse abrégée :

Silice.	24
Alumine.	22
Fer.	3
Carbonate de chaux. .	51
Sulfate de chaux . . .	4
	104

12° Sol actif, 0^m,13 à 0^m,16; sol passif, 0^m,16 à 0^m,48; sous-sol, argile compacte; profondeur des eaux, 120 mètres; des sources traversent la masse d'argile et viennent se rendre à la rivière sur plusieurs points de ses bords; les puits qui atteignent ces sources sont peu profonds, de même que ceux où filtrent les eaux de la rivière à travers le sol;

13° Surface inclinée de peu de degrés du nord-est au sud-ouest:

14° Exposée à l'est;

15° Un léger coteau à l'est, mais le terrain est exposé en plein aux vents du nord qui y soufflent avec violence;

16° Les gelées pulvérisent la surface du sol, qui alors est emporté par les grands vents; les plantes se déchaussent; la terre manque souvent de profondeur, et les blés pourrissent en hiver; une culture profonde, comme celle qu'on donne pour la garance, fait disparaître cet inconvénient;

17° Plantes adventices : ammi glaucifolium, adonis æstivalis, juniperus phœnicæa;

18° Arbres venant mal, excepté les ormeaux, les saules et les peupliers blancs, dans les parties voisines des arrosages; récoltes chancelées, belles prairies arrosées;

19° Prix de fermage, 64 fr. l'hectare; débouchés : marchés d'Orange, route départementale d'Orange à Carpentras.

Ces exemples, en indiquant la marche que l'on doit suivre pour décrire les terres agricoles, montrent comment on peut les individualiser et en donner une idée nette à celui qui en lit les descriptions. On supprimerait même une partie de ces données faute de temps pour les recueillir, on ne donnerait qu'une analyse incomplète, on se bornerait à un simple lotissement, qu'encore ce qui resterait d'une description faite sur ce modèle aurait une toute autre importance que les termes vagues par lesquels nos auteurs agricoles désignent les terres dont ils nous signalent la culture. Le nom systématique de la terre, pourvu qu'il fût bien établi d'après les principes que nous avons indiqué, serait seul plus positif. Désormais nous pourrions comparer facilement et sûrement tous les terrains; une nomenclature saine et précise fera pénétrer dans la pratique l'habitude de les juger et d'apprécier leurs besoins. Les récits de voyages agricoles ne sont plus d'éternelles énigmes; ils dé-

pouilleront leur étrangeté, leur merveilleux quand la nature du sol que l'on aura parcouru sera bien connue, et on y démêlera de plus en plus, au milieu de si grandes diversités apparentes, l'uniformité réelle qui résulte de la nécessité d'obéir partout aux lois du sol, du climat et des débouchés.

SIXIÈME PARTIE.

TENTATIVES FAITES POUR APPRÉCIER LA VALEUR DES TERRAINS.

Les hommes ont dû chercher de bonne heure les moyens de connaître la valeur relative des terrains ; mais cette connaissance n'est devenue un véritable besoin que quand les terres, se subdivisant, sont devenues un objet de commerce. Jusque-là, les vastes domaines des seigneurs ne pouvaient les intéresser que sous le rapport de leurs produits, et ce produit, quand l'espace ne manque pas, se mesure plus encore sur la population et sur son industrie que sur la valeur intrinsèque du fonds ; mais quand cette population s'est pressée sur le sol, quand la civilisation a permis et facilité le mouvement des hommes d'un lieu à un autre, quand chaque pièce de terre a acquis son prix réel, quand les capitaux éloignés ont cherché des placements territoriaux, quand les propriétaires ont voulu proportionner leur rente aux produits, et les gouvernements l'impôt à ces mêmes produits, alors le propriétaire, le fermier, l'État ont été intéressés à trouver un juste mode d'appréciation des terres. La méthode historique dont nous parlerons plus loin, et qui consiste dans la discussion des faits accomplis et l'évaluation des récoltes précédentes pour en faire une moyenne de produits, doit avoir été employée la première comme la plus simple, et on l'emploie encore aujourd'hui avec les mêmes avantages partout où l'agriculture est stationnaire, car partout où elle avance, les progrès de quelques terres influent sur toutes les autres en élevant leur prix ; cependant on connaissait aussi

divers procédés empiriques pour juger de la bonté d'une terre.

Nous avons déjà dit que pour connaître si une terre était propre au blé ou seulement à la vigne, si elle était grasse ou légère, Virgile conseillait de faire creuser une fosse profonde, d'y remettre ensuite toute la terre qu'on en aurait tirée; si cette terre ne suffisait pas pour combler le fossé, c'était un signe qu'elle était légère et seulement propre à la vigne; que si au contraire il restait de la terre après avoir comblé le fossé, le champ était fort, gras, les mottes grosses, difficiles à rompre, et la terre était une terre à blé. Nous avons expliqué ce qu'il fallait entendre par cette expérience.

Le même poëte enseigne à se défier des terres amères (qui communiquent une saveur amère aux eaux qui les traversent).

La tradition des terres amères subsiste encore parmi nos paysans du midi; pour eux, certaines terres appauvries, qui ne répondent plus aux soins du cultivateur, sont des terres amères, sans cependant qu'ils aient jamais essayé de les déguster. Cependant nous avons trouvé enfin des terres vraiment amères; elles contenaient du sulfate de magnésie, qui par la chaleur s'effleurissait même à leur surface, et la végétation ne paraissait pas là où ce sel était surabondant. On voit de vastes espaces de terrains de ce genre dans les alluvions de la Durance. Y a-t-il donc assez de sols pareils dans les terrains volcaniques de l'Italie, pour qu'ils y soient un objet de remarque?

La végétation naturelle du sol paraissait à Olivier de Serre le véritable *criterium* des bons terrains. « Si vous ne pouvez savoir ce que rapporte une terre, année commune, regardez les arbres de toutes sortes, sauvages et cultivés; leur grandeur, leur petitesse, leur beauté, leur laideur, leur abondance, leur rareté vous serviront à juger solidement de la fertilité ou de la stérilité de la terre, sur tous lesquels les poiriers, les pommiers, les pruniers sauvages assurent le terroir être propre pour tous les blés; sous cette particularité que la terre à fro-

ment est propre aux poiriers, et celle à seigle où le pommier est abondant. Demeurent les pruniers de facile venue presque en tous bons lieux, soit argileux et sablonneux ; servent aussi à telle adresse les chardons qui marquent le terrain propre aux poiriers, et la fougère aux pommiers. Ces plantes-là supportent, les premières l'argile, les secondes le sablon, selon les diverses natures des blés. Les bons et menus herbages croissant naturellement es champs, vous aideront beaucoup à ceci ; car jamais bonnes et franches herbes ne viennent abondamment aux terres de peu de valeur¹. »

Enfin, ce père de notre agriculture complète en deux distiques ses conseils agrologiques :

Tu n'emploieras ton labeur
En terre de bonne senteur.
En terroir pendant
Ne mets ton argent.

Il y a quelques observations à faire sur ces signes diagnostiques donnés par Olivier de Serre ; il est certain qu'au moins dans notre midi, où il écrivait, le poirier réussit mieux dans les terres argilo-calcaires et le pommier dans les glaises ; que les chardons sont plus abondants dans les premières, et qu'on n'y voit pas de fougère, tandis qu'elles abondent dans les secondes ; il a donc raison de dire que les poiriers sauvages et les chardons sont des indices des terres à froment ; les pommiers et la fougère, des terres à seigle. Cette règle est-elle assez générale pour être admise partout, et en Normandie, par exemple, les pommiers ne réussissent-ils pas sur les terres calcaires ?

Des terres de très chétive qualité, à cause de leur peu de profondeur et de leur sécheresse, les plaines caillouteuses de la Crau par exemple, portent d'excellentes herbes pour les bestiaux ; le petit trèfle, la fétuque ovine croissent au milieu des cailloux ; il est vrai qu'elles n'y croissent pas abondamment,

(1) Olivier de Serre, liv. I, ch. 1.

mais cette terre est excellente partout où elle a de la profondeur et où on peut l'arroser. Le fait ne contredirait donc pas le principe; les glaises froides, dépouillées de calcaire, ne présentent que les oseilles, les oxalides, la matricaire et d'autres plantes peu agréables aux bestiaux; la règle se trouverait encore exacte sous ce rapport.

Les terrains secs, caillouteux et peu profonds abondent en thyms, serpolet, lavande, romarin et autres herbes odoriférantes; Olivier de Serre ne veut pas qu'on y perde son travail.

Enfin les terrains qui ont trop de pente sont difficiles à travailler, les terres y sont entraînées par les pluies; il faut les abandonner à la production du bois, ou faire des travaux constants pour les maintenir en terrasses. Il a donc encore raison en thèse générale pour ne pas en conseiller l'achat.

Au reste, les herbes qui croissent naturellement sur un terrain peuvent réellement aider à juger de sa qualité. On raconte qu'un aveugle, voulant acheter un champ, monta sur son âne et s'y fit conduire par son fils; ses voisins se riaient de lui, ne comprenant pas comment un homme privé de la vue pourrait juger de la qualité d'un champ. Mais lui, y étant arrivé, dit à son fils : « Attache l'âne aux yèbles (*sambucus ebulus*) qui sont au bord des fossés. — Mon père, répond celui-ci, il n'y a pas d'yèbles ici. — Cela étant, dit le vieillard, retournons chez nous; je n'achèterai pas la terre. » Ce conte est fondé sur la prédilection de l'yèble pour les terres fraîches et grasses.

Nous sommes tous portés à juger de la valeur des terres par leur végétation, et il ne manque à ce procédé, fondé sur la véritable nature des choses, que d'avoir été réduit en principes par l'observation et l'analyse. En attendant que les botanistes aient fait cette étude et en aient communiqué les résultats, nous dirons qu'il ne faut pas toujours juger d'un terrain par le mauvais état des récoltes annuelles qui peuvent avoir éprouvé des saisons contraires, mais qu'une belle récolte de blé, haute

et très bien grainée, par exemple, annonce un bon sol ; que la grosseur du chaume, le nombre des tiges qui sortent d'une même racine, est aussi un excellent signe quand on examine le terrain après la récolte, comme il faut alors se défier des chaumes minces et des tiges isolées sur chaque racine. Mais il faut se garder de négliger l'examen des plantes pérennes. Ainsi l'on conclura qu'un terrain est bon et profond si les rameaux des arbres sont allongés, les feuilles écartées, les branches rapprochées de l'horizontale ; si les cercles qui séparent les couches concentriques du bois sont écartées ; si l'écorce des jeunes arbres est unie, peu gercée, sans mousses et lichens.

Quand la terre est gazonnée, on remarquera si le gazon est composé de dactyle pelotonné, de pâturin trivial, de fétuque de fléole et de vulpin des prés ; si les bords des champs montrent le chardon lancéolé, le mille-feuille, la bardane, l'ortie, l'yèble, la saponaire ; ces plantes aiment tous les terrains gras.

Si, au contraire, les arbres présentent un aspect rabougri, que les pousses annuelles soient courtes, ainsi que les espaces interfoliaires, que les couches de bois soient pressées, que l'écorce des jeunes arbres soit gercée, couverte de mousse et de lichen ; si la végétation du gazon est composée de nard resserré, d'agrostis vulgaire, d'eriophorums, de caille-lait, d'airas, d'arenaires, d'oseilles, de joncs, d'euphraises ; que les bords des champs présentent la bruyère, le genêt, le cnique des marais, on pourra juger que les terres sont de qualité inférieure.

Un grand nombre d'auteurs ont cherché ensuite à donner un caractère général auquel on pût reconnaître les bonnes terres. M. Symonds¹ regardait comme une preuve de leur excellence quand elles se pulvérisent après une longue pluie ; nous en avons dit assez pour montrer que ce signe peut être équivoque. Comme, après chaque découverte, les imitateurs cherchent à s'en emparer par quelque bout, M. Ross cherche à appliquer

(1) *Ann. d'agriculture* d'Arthur Young, t. XV, p. 117 de ses œuvres.

les recherches d'Erhenberg sur les craies, et prétend que les terres fertiles renferment des milliards d'animaux infusoires; sans doute, elles renferment un grand nombre d'animaux vivants et de dépouilles d'animaux, mais quant à des infusoires, nous avons soumis au microscope des terres d'une grande fertilité, et soit que nous observions mal, soit que l'observation de M. Ross ne soit qu'un cas particulier dont il a fait une règle générale, nous n'avons rien vu de ce qu'il annonce, quoique nous ayons suivi la méthode indiquée par M. Erhenberg.

Enfin plusieurs autres agriculteurs ont voulu nous donner des formules de composition normale des terrains; ainsi Giobert indiquait, dans les environs de Turin, un sol qui contiendrait :

Pour un terrain fertile.		Pour un terrain stérile.	
Silice.	48 à 80	Silice.	42 à 88
Argile	7 à 22	Argile	20 à 30
Chaux	6 à 11	Chaux	4 à 20

Ces terrains, dont les limites sont d'ailleurs si mal définies, peuvent être bons ou mauvais, selon le sous-sol et l'humidité.

Pour montrer le peu de cas qu'il faut faire de pareilles formules isolées de ces circonstances, nous opposerons à celles de Giobert celle que donne M. Vilmorin; elle est intitulée *composition de la terre franche de Clamart*. L'auteur ajoute que non-seulement cette terre est très fertile sur le lieu, mais qu'elle est encore la seule estimée et employée par les plus habiles jardiniers de Paris comme base de leurs compositions :

Argile sableuse.	57,0
Argile fine	33,0
Sable siliceux en gros grains	7,4
Carbonate de chaux en fragments	1,0
Carbonate de chaux en poussière.	0,6
Débris ligneux	0,5
Terreau.	0,5
	100,0

Malheureusement, nous n'avons ici qu'une analyse incomplète et une lévigation de cette terre; mais telle qu'elle est,

elle nous suffit pour voir qu'avec 1,6 de carbonate de chaux, dont 1 en gros grains, Giobert l'aurait rangée parmi ses plus inférieures. Maintenant (1845), on ne se sert plus de la terre franche de Clamart, mais de celle de Massy, que M. Neumann, chef des cultures au Jardin du Roi, regarde comme au moins égale à celle de Clamart. Son lotissement est le suivant :

Gravier.	95
1 ^{er} lot.	467
2 ^e lot.	387
3 ^e lot.	53
	1002

Sa tenacité est de 2^k,8; le poids d'un mètre cube 1,044^k.
Son analyse nous a donné :

Silice.	350
Alumine	170
Quartz	240
Sulfate de chaux	100
Carbonate de chaux.	22
Fer.	84
Acide phosphorique.	2
Matières organiques	30
Perte.	2
	1000

Ainsi, nous trouvons ici une argile mêlée de gypse, ayant peu de carbonate de chaux, assez de quartz, et rien de ce qui constitue, d'après Giobert, une bonne terre. On voit cependant qu'elle peut prendre assez de consistance et que, par la variété de ses éléments, elle peut convenir à beaucoup de plantes.

M. Girardin, dans ses leçons de chimie agricole¹, nous fait connaître des expériences plus récentes de M. Drapier sur des mélanges de sable, d'argile et de calcaire, pris dans le plus grand état de pureté; elles donnent ce résultat : que ce qui est le plus favorable aux plantes, c'est un mélange par parties égales de ces trois substances; mais, faites trop en petit, ces expériences présentent des faits que la pratique en grand rend

(1) *Du sol arable*, p. 37.

inadmissibles. Par exemple, le défaut de réussite du mélange de parties égales de sable et d'argile ne s'explique que par la privation absolue de toute substance organique dans la terre; car il y a un grand nombre d'excellents terrains qui ne contiennent pas de calcaire. D'ailleurs, qui ne connaît la difficulté d'opérer un mélange intime de substances pures? Nous n'attachons donc pas un grand prix à ces expériences; mais celles qui suivent, faites aussi par M. Drapier, nous paraissent en avoir davantage. Elles étaient faites, non plus sur quelques kilogrammes de terre et quelques graines de semences, mais sur un demi-hectare de terrain et 25 kilogr. de froment, de seigle et d'avoine par chaque demi-hectare.

PREMIÈRE TERRE.

Composition : sable, 60; argile, 25; calcaire, 15.

		Froment.	Seigle.	Avoine.
Récolte	{ Grains	54 kil.	172 kil.	57 kil.
	{ Paille	258	342	163

DEUXIÈME TERRE.

Composition : sable, 15; argile, 20; calcaire, 65.

Récolte	{ Grains	47	104	53
	{ Paille	27	782	167

TROISIÈME TERRE.

Composition : sable, 52; argile, 10; calcaire, 38.

Récolte	{ Grains	52	201	57
	{ Paille	262	1,420	142

QUATRIÈME TERRE.

Composition : sable, 20; argile, 65; calcaire, 15.

Récolte	{ Grains	108	162	123
	{ Paille	446	1,302	380

CINQUIÈME TERRE.

Composition : sable, 45; argile, 35; calcaire, 30.

Récolte	{ Grains	290	458	246
	{ Paille	1,080	1,280	810

Ces expériences confirmeraient donc le principe que le meilleur des sols serait un *loam* composé de doses à peu près égales

des trois parties constituantes principales des sols. Quoique nous n'élevions aucun doute sur des résultats attestés par une autorité aussi grave que celle de M. Girardin, nous ne pouvons nous empêcher de manifester quelque étonnement sur les anomalies que présentent les récoltes de paille et surtout de paille de seigle. Le rapport ordinaire de la paille de seigle au grain est de 100 : 31 (Bürger), et il serait ici de 100 : 12 pour la première terre, et de 100 : 36 dans la cinquième seulement. Nous avouons aussi que nous ne saurions reconnaître une aussi grande différence dans les récoltes, sans soupçonner que plusieurs de ces terres se trouvaient dans un état de fertilité bien plus grand que les autres. M. Girardin pourra éclaircir ces doutes, si, quand on répétera ces expériences, il veut bien faire l'analyse de l'azote de chacune de ces terres.

D'autres travaux ont encore été produits ; ils ont attaqué la question par plusieurs faces, et méritent que nous nous y arrêtions. Pour juger de la fertilité des terres, on pouvait considérer : 1^o la nature des productions ; 2^o le produit des cultures ; 3^o la terre en elle-même, sa composition et ses propriétés physiques. Ici ce ne sont plus des considérations vagues, comme celles que nous venons d'exposer à la hâte, pour arriver à des détails plus sérieux ; ceux-ci méritent de nous arrêter quelque temps.

CHAPITRE I.

Caractères de la valeur des terres tirés de la nature de certains produits.

La valeur des terres assignée d'après leur produit n'est autre chose que le procédé historique que nous décrirons plus tard ; mais quelques agronomes ont cru trouver dans certains de ces

produits une base suffisante et plus facile à déterminer, et ils ont cru pouvoir négliger les autres. Borgstède, le premier, a cherché cette base dans la production du fumier, ou, pour mieux dire, dans celle de la paille de litière combinée avec le produit du foin et la durée du pâturage. C'est de ces trois données qu'il tire son principal caractère¹, dont il forme les classes suivantes :

- A. Il y a des fourrages en quantité suffisante, en sorte que chaque vache a au moins 8 quintaux de foin;
- B. Il y a des fourrages en surabondance;
- C. Il n'y a pas la quantité suffisante de fourrages.

Sous le rapport du pâturage, il a les subdivisions suivantes :

- a. Le bétail va au pâturage de la mi-mai à la mi-novembre;
- b. Le bétail va au pâturage de la fin de mars à la mi-décembre;
- c. Le bétail reçoit toute sa nourriture à l'étable;
- d. 100 bêtes à laine qu'on ne fait pas parquer;
- e. 100 bêtes à laine qu'on fait parquer pendant 5 mois, et qui pendant 7 autres mois passent la nuit à la bergerie.

Sous le rapport de la litière :

- a. On a de la paille en surabondance : 1,465 à 1,781 kil. par hectare;
- b. On a de 1,338 à 1,465 kil. de paille par hectare;
- c. On a moins de 1,338 kil. de paille par hectare, et par conséquent on manque de paille de litière;
- d. On peut suppléer à la paille par d'autres substances;
- e. On peut acheter de la paille à bon compte.

En combinant ces trois ordres de considérations, on arrive à la table suivante, où le chiffre en litres exprime le chiffre de la semence de blé que l'on met dans l'espace de terrain que l'on peut fumer avec les ressources de la ferme, et le fumier d'une vache et de dix bêtes à laine. Mais il faut remarquer que l'auteur admet des qualités différentes d'engrais, pour ce qu'il appelle terrain froid ou chaud; nous pensons que le premier est une glaise et que le second est siliceux ou calcaire.

(1) *Graendsætzen ueber die general Verpachtungen der domainen*, Berlin, 1785.

	A. FOURRAGES en quantité suffisante.		B. FOURRAGES en quantité surabondante.		C. FOURRAGES en quantité insuffisante.		
	Terre froide	Terre chaude.	Terre froide	Terre chaude.	Terre froide	Terre chaude.	
	litres.	litres.	litres.	litres.	litres.	litres.	
a' Paille surabondante.	61,57	68,41	75,41	83,09	48,56	51,75	a. Le bétail entre au pâturage
b' De 1,538 à 1,405 kil. de paille.	49,24	51,75	61,57	68,41	45,49	51,50	à la mi-mai et en sort à la mi-
c' Moins de 1,538 kil. de paille.	53,47	41,04	45,69	47,88	51,20	57,62	novembre.
d' Paille supplée par d'autres substances.	57,86	44,46	48,90	54,75	41,04	47,88	
e' Paille achetée.	49,75	51,75	61,57	68,41	44,46	51,50	
a' Paille surabondante.	40,24	51,75	51,75	61,57	47,88	51,50	b. Le bétail entre au pâturage
b' De 1,538 à 1,405 kil. de paille.	51,47	41,04	41,04	47,88	35,49	57,62	à la fin de mars et ne rentre
c' Moins de 1,538 kil. de paille.	27,59	51,20	50,78	57,62	25,94	50,78	qu'à la mi-décembre.
d' Paille supplée par d'autres substances.	31,86	44,46	49,25	54,75	41,04	47,88	
e' Paille achetée.	40,24	51,75	61,57	68,41	44,46	51,50	
a' Paille surabondante.	75,88	82,69	82,69	88,77	68,41	71,85	c. Le bétail nourri à l'étable
b' De 1,538 à 1,405 kil. de paille.	65,99	71,85	71,85	68,41	61,57	65,99	toute l'année.
c' Moins de 1,538 kil. de paille.	Agriculture impossible.	54,75	51,75	61,57	41,04	47,88	
d' Paille supplée par d'autres substances.	49,25	68,41	68,41	71,85	61,57	65,99	
e' Paille achetée.	61,57						
a' Paille surabondante.	52,49	41,04	50,51	47,90	25,99	54,20	d. 10 moutons qu'on ne fait
b' De 1,538 à 1,405 kil. de paille.	25,69	52,85	52,85	58,51	24,50	27,56	pas parquer.
c' Moins de 1,538 kil. de paille.	41,50	24,62	22,58	28,75	17,79	20,52	
d' Paille supplée par d'autres substances.	18,43	26,68	26,68	31,15	19,15	23,51	
e' Paille achetée.	25,99	32,85	32,85	35,49	24,50	27,56	
a' Paille surabondante.	49,06	35,94	25,19	51,15	45,22	19,94	e. 10 moutons qu'on fait par-
b' De 1,538 à 1,405 kil. de paille.	15,22	39,15	18,95	25,74	14,25	16,01	quer pendant 5 mois.
c' Moins de 1,538 kil. de paille.	41,44	14,15	15,34	16,76	10,56	12,04	
d' Paille supplée par d'autres substances.	12,10	15,92	15,92	18,15	11,22	13,65	
e' Paille achetée.	15,22	19,15	18,95	21,51	14,50	16,01	

Nota. On compte que 40 bêtes à laine ou pores peuvent fumer l'espace où l'on repand 27,36 litres de semences; cet engrais est regardé comme suffisant par l'auteur, quand il revient tous les trois ans.

Ce travail mérite une grande attention, car il est fait par un homme expérimenté et représente bien les rapports qu'ont entre elles les différentes situations de tous ces genres d'exploitation agricole, fort usités en Allemagne. On désirerait sans doute qu'il fût plus généralement applicable. La situation pour laquelle il est fait est une situation pauvre, et que le pays où elle existait a sans doute dépassée depuis les écrits de Borgstède. En effet, le maximum de produits en paille de 1,781 kilogr. par hectare ne représente guère qu'une récolte de blé de 11 hectolitres, et il la considère comme fournissant une quantité surabondante de litière; ce qui ne serait pas vrai pour des terrains où l'on récolterait parallèlement 5 à 6,000 kilogr. de trèfle et 12 à 13 mille kilogr. de luzerne par hectare. Il faudrait donc agrandir le cadre de ce tableau et le rectifier au moyen d'observations faites dans d'autres climats. C'est une heureuse idée que celle de prendre les engrais produits pour mesure de la valeur relative des domaines, mais c'est à la condition de comparer des terrains de nature identique. Il y a tels sols du midi de la France, de l'Italie et de la Sicile, qui ne fournissent pas un atome de fourrage, ne nourrissent pas une tête de bétail, et qui, par la force du climat et des principes nutritifs qu'ils renferment, donnent des récoltes supérieures à celle des meilleurs terrains compris dans ce tableau.

Il est évident que l'auteur a considéré le nombre de vaches, bien ou mal entretenues, comme constant; sans quoi la quantité de fourrage, insuffisante pour un certain nombre, deviendrait suffisante et surabondante pour un nombre moindre. On peut aussi affirmer qu'il n'apprécie pas à sa juste valeur l'industrie des bêtes à laine. Enfin, on voit que ce système suppose que le produit des terres est proportionné aux quantités d'engrais dont on dispose. En admettant que cela fût complètement vrai, et se bornant à comparer des terrains de la même nature et dans une même position, encore faudrait-il tenir compte et

déduire de chaque terme les frais de culture. Supposez, pour le moment (et cette hypothèse devrait être remplacée par la réalité dans la pratique), que ces frais soient représentés par le produit donné par une terre où l'on appliquerait seulement du fumier à l'espace propre à être ensemencé de 10^{lit}, 36 par tête d'animal existant dans la ferme, c'est le moindre terme de ces tables. Ainsi, à 10,36 le produit net serait nul ; à 95,77, terme le plus élevé, la valeur relative de la terre serait représentée par $95,77 - 10,36 = 85,41$; ce serait, d'après l'auteur, une terre chaude, ayant surabondamment de fourrage et de paille, et où le bétail serait nourri à l'étable ; elle serait de 71,73 pour une pareille situation, où le bétail resterait six mois au pâturage ; de 51,21 pour celle où il y resterait huit mois et demi ; de 37,54 là où l'on aurait des moutons qu'on ne ferait pas paquer ; de 20,79 si les moutons parquaient six mois de l'année. Voilà dans quel esprit ces tables sont applicables.

M. Royer, professeur d'économie rurale, a pris le même point de départ, l'abondance du fourrage et par conséquent de l'engrais, mais il n'avait pas cru d'abord pouvoir s'en servir pour faire une appréciation rigoureuse ; il s'était borné à assigner des rangs aux terres et à en former différentes catégories, sous forme d'échelle ascendante, ne prétendant pas assigner la valeur relative des différents degrés.

Sans entrer dans les considérations de la nature des terres, qu'elles soient siliceuses, calcaires, glaiseuses, l'auteur de ce système les classe selon six périodes de fécondité de la manière suivante : 1^o période forestière ; 2^o pacagère ; 3^o fourragère ; 4^o céréale ; 5^o commerciale ; 6^o jardinière. Il est bien évident qu'il y a des terres qui, par leur fertilité intrinsèque, ne se trouvent jamais dans les périodes inférieures, mais qui sont dès leur défrichement dans la période céréale ou commerciale, comme au contraire il en est d'autres qu'il ne faut jamais faire sortir de la période forestière, et d'autres, comme les steppes,

les garigues, les terres salées ou manquant de fonds, qui seront dans une période pacagère inférieure à la période forestière et d'une moins grande valeur, et y resteront toujours; ce serait une période à ajouter à celles de M. Royer. Examinons maintenant les définitions de celles qu'il a indiquées.

1^o La période forestière est celle où les terres manquent de principes végétatifs et ne portent qu'un pâturage à peu près nul. Il ne faudrait pas juger cependant de cette faculté productive par une seule saison de l'année; ainsi on trouverait dans les pays méridionaux d'excellentes terres qui paraissent absolument sèches en été. C'est donc sur l'état d'enherbement du sol, dans la saison humide, qu'il faut seulement les juger.

Selon l'auteur, les terres qui sont dans la période forestière ne paient que le quart, ou au plus la moitié du travail qui leur serait consacré; pour les faire passer à un état meilleur, il faudrait employer des masses d'engrais qui surpasseraient de beaucoup la valeur des terres; aussi le moyen d'exploitation le plus sûr est encore de les semer ou planter en bois, laissant aux siècles à venir et à la nature le soin de les porter à la période suivante.

2^o La période pacagère est caractérisée par la pousse chétive des luzernes, trèfles, sainfoins qui n'y deviennent pas susceptibles d'être fauchés, et forcent à les consacrer au pâturage. Dans cette période, le prix de ferme dépasse 10 fr. par hectare, et les terres, donnant une production annuelle, possèdent en elles-mêmes les moyens de production d'engrais et d'avancement. Il n'est pas rare qu'un marnage ou un chaulage fassent passer immédiatement à la période suivante les glaises tenaces de cette période, en favorisant le développement des légumineuses. Cette espèce de puissance cachée des glaises, si facile à mettre en action, tandis que les terres calcaires manifestent spontanément toute leur fertilité, justifie l'auteur qui

met les premières, parvenues à l'état pacager, au-dessus des calcaires qui se trouvent dans la même période.

3^o La période fourragère est indiquée par la réussite à peu près complète de l'un de ces trois fourrages, luzerne, sainfoin, trèfle, dont on obtient le produit moyen de 1,500 à 2,000 kil. par hectare. Ce faible produit indique l'inégalité de richesse des terres dont certaines portions ne peuvent encore se faucher, et la nécessité de consacrer la plus grande partie du terrain à la production exclusive du fourrage, à l'effet de multiplier les engrais nécessaires pour arriver à un plus haut degré de fertilité.

4^o La période céréale. Le produit moyen des fourrages étant arrivé de 3,000 à 5,000 kil. par hectare, la production céréale peut marcher de pair avec celle des fourrages et lui fournir la paille pour les litières. Alors s'introduit la nourriture à l'étable.

5^o La période commerciale commence quand les engrais sont surabondants. Les céréales exposées à verser par trop de richesse ne sont plus le produit le plus avantageux de la ferme, si on ne les intercale pas avec des récoltes épuisantes, comme les plantes oléagineuses, textiles, tinctoriales, etc.

6^o Enfin la période jardinière ne diffère de la précédente qu'en ce qu'une nombreuse population permet de substituer la bêche à la charrue, et que la possibilité d'acheter des engrais dispense de les créer sur le domaine. Telle est la classification naturelle que nous présente M. Royer¹. Elle annonce l'habitude de bien voir et de réfléchir, celle de classer les faits synthétiquement, et elle peut être d'un grand usage quand on voudra considérer les terres d'une manière générale.

L'auteur n'avait pas osé d'abord assigner la valeur du pro-

(1) Dans un excellent mémoire intitulé : *De l'acquisition, de la propriété et de l'évaluation du sol*; dans l'*Agriculture de l'Ouest*, de M. Rieffel, p. 465 et suiv.

duit net de chacune de ces périodes ; aujourd'hui, devenu plus hardi par les progrès de ses expériences, il nous donne un tableau où il cherche à apprécier la valeur des terres qui se trouvent aux divers degrés de son échelle¹. Mais arrivé à ce point, il a senti qu'il avait un pas de plus à faire et que la nature du sol amenait de graves variations dans cette valeur. Il admet donc trois grandes divisions : les terres calcaires, les terres siliceuses, les terres argileuses, qui répondent aux grandes divisions de notre classification. Prenant pour base de la valeur proportionnelle des terres celle des terres siliceuses dans la période fourragère et celle des terres argileuses dans la période pacagère qu'il suppose l'une et l'autre égales à 1, il assigne, pour les autres circonstances des terrains, les valeurs relatives suivantes pour leur prix de location.

PÉRIODES.	Terres calcaires.	Terres siliceuses.	Terres argileuses.
1 ^o Forestière	0,1	0,25	0,5
2 ^o Pacagère.	0,25	0,5	1,0
3 ^o Fourragère.	0,5	1,0	2,0
4 ^o Céréales	8,0	5,0	10,0
5 ^o Commerciale.	12,0	12,0	15,0
6 ^o Jardinière	15,0	20,0	25,0

M. Royer fixe la valeur de son unité à 10 francs qui est le loyer au-dessous duquel il croit que l'on ne peut faire valoir les terres avec profit ; ainsi, selon lui, les terres calcaires ne commenceraient à être profitables que dans leur transition de la période fourragère à la période céréale, les terres siliceuses dans la période pacagère, enfin les terres argileuses déjà dans la période pacagère. Les terres calcaires l'emportent sur les siliceuses dans la période céréale, mais elles leur sont égales seulement dans la période commerciale, et inférieures dans la période commerciale ; les terres argileuses sont toujours et dans toutes les périodes supérieures aux autres.

(1) *Agriculture de l'Ouest*, de Rieffel, t. II, p. 321 et suiv.

Nous ne pensons pas que l'on puisse ainsi donner une évaluation générale d'une classe entière de terres ; leurs caractères physiques entrent pour une trop grande part dans cette estimation pour qu'on puisse en faire abstraction ; nous croyons donc que les chiffres de M. Royer doivent s'appliquer principalement aux terres sèches des pays à grandes cultures de la région des céréales, et que, hors de là, ils présentent de graves erreurs.

L'auteur essaie dans son tableau de comparer la valeur du fonds de terre à la rente, mais nous ne pouvons comprendre comment il a pu admettre qu'il y avait en France des fonds de terre qui se payaient 100, 80, 60 fois la rente (période forestière), qu'il y en avait d'autres qui ne se payaient que 12 à 15 fois la rente (périodes céréale, commerciale et jardinière). Ces écarts n'existent pas entre les fonds de terre les mieux placés sous le rapport du voisinage, de la population et des capitaux, et ceux qui le sont le plus mal. Il existe une différence de 2 à 3 pour 100 dans la rente que rapporte le prix d'achat ; mais on ne trouve nulle part des terrains à acheter pour 12 à 15 fois la rente.

Il ressort de ces tableaux une vérité importante, c'est que la valeur locative d'une même nature de terre peut devenir 50, 100, 150 fois plus forte en passant d'une période à une autre. Ajoutons que c'est surtout par des irrigations que l'on produit cette transformation, séduisant appât pour les améliorateurs.

Nous avons vu que la base dont part M. Royer est la production des fourrages ; s'il avait vécu dans les contrées méridionales, il aurait pu ajouter quelques traits à son tableau. Ainsi après les terres qui produisent de beau sainfoin et au-dessus d'elles, il aurait trouvé celles qui produisent de belles luzernes, et ce sont deux degrés différents de fertilité ; il aurait trouvé enfin des alluvions qui portent ces luzernes sans engrais. Nous aurions encore un reproche à faire à cette classification ; préoccupé de la grande culture des céréales et des fourrages, M. Royer a complètement oublié la possibilité de tirer des

terres de ses trois premières divisions un autre parti que celui que l'on en tire dans le nord. La vigne, l'olivier, le mûrier élèvent quelquefois le produit de ces terres négligées au niveau de celui des meilleures terres. L'exposition et la profondeur du sol jouent ici un rôle qui ne peut être passé sous silence. Il y a donc un nouveau perfectionnement à faire à ce tableau, c'est d'y introduire la considération des arbres et arbustes qui résument les qualités du sol, du sous-sol et celles du climat.

CHAPITRE II.

Caractères de la valeur des terres tirés des produits annuels. Système de Thaër.

Le régénérateur de la science agricole, Thaër, ne fut pas plus tôt lancé dans l'exploitation rurale, qu'il sentit le besoin de se rendre compte du rapport qui existait entre les produits des terres et les moyens de reproduction. Sans méconnaître les effets des agents atmosphériques, en les admettant positivement, au contraire, comme nous le verrons plus loin, il comprit que dans une culture active, les moyens réparateurs fournis par les engrais étaient d'une bien autre importance que les principes nutritifs inhérents au sol, que la nature dispense d'une main avare, parce qu'elle n'a pour but que le maintien des espèces, et non le luxe de leur végétation. En cherchant donc la proportion selon laquelle une dose d'engrais augmente le produit d'une plante, il arriva en même temps, et par le même moyen, à trouver des caractères pour estimer la valeur des terrains. Mais en prenant ses premières données dans des analyses chimiques imparfaites, il aurait pu être entraîné dans de graves erreurs, si son tact agricole n'y avait suppléé, et s'il n'avait abandonné à temps ces vues *à priori*, pour en revenir aux résultats de la pratique.

Voici les données dont il est parlé. Einhoff a trouvé que dans diverses espèces de grains la quantité de principes nourriciers (selon lui le gluten, l'amidon, le mucilage sucré) étaient dans la proportion suivante :

Dans le blé-froment	0,78
le seigle	0,70
l'orge	0,65 ou 0,70 selon la bonté.
l'avoine	0,58
les lentilles	0,74
les pois	0,755
les haricots	0,85
les fèves de marais	0,685
les féverolles	0,73

Ainsi, un hectolitre de

Blé pesant. 78 ¹ kil.	contiendrait	60,84	de suc	nourriciers.
Seigle . . . 73	—	51,10		
Orge. . . . 65	—	39,65		
Avoine. . . 41	—	23,78		
Pois 84,8	—	64,02		
Féverolles. 87,3	—	63,73		

Thaër, partant de ces données et les modifiant, dit-il, d'après *quelques* différences dans la nature des suc, dans la quantité de paille, et d'après des *expériences*, en conclut que les céréales ont la faculté d'épuiser le sol dans les rapports suivants :

Blé-froment	13
Seigle	10
Orge	7
Avoine	5

De manière que 6 hectolitres de seigle sont égaux, quant à l'épuisement qu'ils occasionnent :

- A 4,61 de froment;
- A 8,58 d'orge;
- A 12,00 d'avoine.

(1) Selon Thaër, l'hectolitre de blé pèserait 78^k,15, puisqu'il contient 1 décimètre cube, et que le scheffel, qui ne contient que 55 millimètres cubes, pèse 45^k,56. Nous avons conservé les poids donnés par Thaër aux différents grains, quoiqu'ils diffèrent de ceux qu'ils ont en France.

Maintenant, si l'on suppose qu'un hectolitre de seigle appauvrise le sol de 9^o,15,

Chaque hectolitre de froment l'appauvrira de. .	11,89
— d'orge	6,40
— d'avoine	4,57

Après la récolte, les champs ne restent pas dépourvus de tout principe nutritif, puisque l'on peut immédiatement en tirer une récolte nouvelle. Les plantes ne s'emparent donc que d'une partie de la fertilité de la terre, proportionnée à leur vigueur et à l'activité du sol. Thaër admet, d'après ses expériences, que :

Le froment appauvrit le sol de. . .	0,40	de sa fertilité.
Le seigle.	0,30	
L'orge.	0,25	
L'avoine.	0,25	

Ajoutons encore que Thaër admet, comme résultat de ses expériences, que la jachère restituée à la terre une certaine dose de fertilité proportionnelle à sa fertilité déjà acquise, et qu'ainsi :

10 degrés de fertilité reçoivent de la jachère. .	4 degrés.
20	6
30	8
40	10
50	11
60	12
70	13
80	14
90	15

Maintenant, il nous sera facile de juger ce système et d'en faire voir les erreurs. D'après lui, toute terre peut être réduite par une courte série de récoltes à une valeur presque nulle. Ainsi, une terre partant d'un produit de 20 hectolitres ne porte plus que 5 hectolitres un tiers à sa troisième récolte de blé, ce qui est contraire à toute expérience dans nos régions du midi, où l'on sème trois fois du blé après la luzerne, sans que le produit tombe au-dessous de 12 à 14 hectolitres. Selon ce système, la valeur d'une terre consisterait uniquement dans cette ferti-

lité acquise, et rien ne pourrait être plus avantageux que de l'enlever d'un seul coup et par une seule culture. Supposons que ce cas extrême pût se réaliser ; un sol qui porterait 20 hectolitres de blé, et qui aurait 595° de fertilité, aurait donc seulement une valeur totale de 50 hectolitres de blé, déduction faite des frais de culture. Nous trouverons aussi à critiquer son échelle croissante de la fertilité reçue par le sol au moyen de la jachère. Nous avons déjà parlé des terres calcaires du midi qui, au moyen d'une année de jachère alternant avec une année de blé, produisent indéfiniment et sans engrais 8 hectol. Selon Thaër, les 8 hectolitres supposent un épuisement de 95°, 11, avec un résidu de 237° de fertilité, en totalité 332°, 11; or, l'échelle croissante de Thaër ne s'étend pas au delà de 90°, et il est difficile d'imaginer comment il l'a conclue de l'expérience, car il ne doit jamais avoir eu à traiter des terrains aussi pauvres, et surtout des terrains ne possédant que 10°. Si, en suivant la même loi de progression, nous voulions pousser les nombres de la deuxième colonne jusqu'au chiffre correspondant à 332°, nous arriverions beaucoup plus bas que 95°. Aussi, tout en convenant que le bon état du terrain doit contribuer pour beaucoup à la fertilité que procure la jachère, parce qu'elle met en contact avec l'air un plus grand nombre de débris organiques à proportion que le terrain en est plus saturé, nous admettrons aussi que cette loi se modifie d'après la nature de terrains, et que l'on ne peut la poser d'une manière aussi absolue.

Mais si, sous les rapports théoriques, le système exposé par Thaër nous paraît manquer de vérité, voyons jusqu'à quel point il peut nous indiquer la valeur relative des terrains.

Prenons le sol qui produit 20 hectolitres avec 595° de fertilité ; sa culture est payée avec 5 hectolitres, plus un hectolitre de semence ; reste 14 hectolitres de produit net ; un sol produisant 10 hectolitres ne représente pas la moitié de la valeur de celui-ci, car il ne rend que 4 hectolitres nets ; or, ce sol aura

pour formule 297⁰, moitié de 595, et cependant la valeur relative est de 14 à 4. Il est donc bien évident que si l'on voulait se servir des formules de Thaër pour l'évaluation des terrains, il faudrait ne les prendre que pour ce qu'il les a faites, c'est-à-dire comme un moyen d'indiquer le produit brut, et c'est sous cette réserve seulement qu'on pourrait, en les supposant rectifiées, les appliquer à un objet auquel l'auteur ne pensait pas en les rédigeant, car son but unique était de chercher à représenter l'épuisement du terrain, de manière à faire juger des effets des assolements. Mais nous avons dû y chercher à notre tour les éléments qu'il y avait mis et qui étaient aussi ceux de la question qui nous occupe. M. Varemby a développé ce système sans en changer les bases dans ses lettres sur l'euphorimétrie.

CHAPITRE III.

Continuation du même sujet. Système de M. de Woght.

M. de Woght, célèbre philanthrope allemand, en se livrant à l'agriculture, chercha à appliquer la méthode de Thaër, mais il ne tarda pas à reconnaître qu'elle ne tenait pas compte de l'état et de la nature du sol, que les engrais n'agissaient pas de la même manière dans tous les terrains et après toutes les cultures; il adopta alors un procédé empirique, inventé par Wulfen, qui consistait à regarder cette propriété complexe à laquelle il donne le nom de *fécondité*, et qui est la source des produits, comme étant le résultat de deux facteurs, l'un la *puissance* du sol ou la faculté actuelle qu'il a de mettre en action les principes nutritifs¹; l'autre la *richesse*, ou l'ensemble des principes nutritifs, naturels ou artificiels, contenus dans le sol.

(1) Dans une notice sur les échelles statiques d'agriculture, insérée dans les *Annales d'agriculture*, 2^e série, t. XXX (et imprimée avec

Attribuons une fécondité de 600 degrés à un champ d'un hectare, qui sans addition de fumier produirait 1,614 k. de blé (20,18 hectol., en supposant 80 k. à l'hectol.); il s'agit de trouver les deux facteurs, *richesse* et *puissance*, qui ont produit 600 par leur multiplication. Nous avons l'équation $600 = R \times P$.

M. de Woght a ajouté 76,7 mètres cubes ou environ 6,000 kilogr. de fumier au terrain, il a obtenu 1,937 kilogr. de blé; il en conclut que cette quantité d'engrais a augmenté la fécondité d'une quantité correspondante; c'est-à-dire de 120 degrés, et que la nouvelle fécondité est de 720 degrés; mais la richesse a été augmentée d'une nouvelle quantité que nous appellerons r , la puissance restant la même, c'est-à-dire que l'on a $720 = (R + r) \times P$.

L'erreur de M. de Woght est d'avoir cru le problème résolu avec ces deux équations, en donnant arbitrairement une valeur à la puissance. Elles sont indéterminées, puisqu'il y a deux équations, mais trois inconnues, et c'est ce que nous lui avons objecté autrefois; mais en examinant de près ses autres travaux, on suit de l'œil le tâtonnement qui l'a conduit à son résultat. Il a sans doute augmenté et diminué successivement le chiffre de la puissance et celui de la richesse, jusqu'à ce qu'il ait trouvé le produit d'accord avec les résultats pratiques; il s'est arrêté à fixer à 8 degrés le chiffre de la puissance de son sol, et dès lors il a obtenu les résultats $R = 75$ pour 1,614 kil. de blé, et $r = 15$ degrés (r richesse ajoutée pour 6,000 kil. de fumier).

beaucoup de fautes), nous avons traduit le mot *kraft* de M. de Woght par le mot français *activité*; dans une lettre que le célèbre auteur écrit à M. Briane, et qui est insérée dans la 3^e livraison des *Annales de Grignon*, p. 159, il donne la préférence au mot *puissance* adopté par M. de Dombasle sur le mot *activité*, que nous avions proposé, et celui de *force* que présentait M. Briane. Sans rentrer dans la discussion métaphysique et assez obscure de l'auteur, nous cédon's à ses vœux, car il nous paraît fort indifférent d'adopter l'un ou l'autre de ces termes, dès le moment qu'ils sont définis. La livraison citée des *Annales de Grignon* contient la meilleure exposition du système de M. de Woght.

Il n'a pas tardé à voir que la puissance augmentait ou diminuait selon les saisons et les circonstances météorologiques. Ainsi un champ, qui avait 90 degrés de richesse, lui produisait quelquefois 2,130 kilogr. de blé, ce qui supposait 792 degrés de fécondité et 8,8 degrés de puissance, au lieu de 8. C'était donc alors 0,8 de puissance qui étaient ajoutés par l'influence de l'année. M. Bella fils ¹ a fait voir aussi que l'on ne pouvait pas regarder la puissance comme une quantité invariable, puisqu'elle était modifiée elle-même par les effets des engrais sur le sol, qui changeaient sa tenacité, sa porosité et son hygroscopicité.

De plus, les différentes cultures faisaient aussi descendre ou monter le chiffre de la puissance. Ainsi la présence prolongée du blé en terre la prive, pendant ce temps, des influences atmosphériques; elle se durcit et perd 0,10 de puissance, et seulement 0,05 dans les étés humides, ou si du trèfle était semé sur le blé. Les pommes de terre, en épuisant la richesse, augmentaient la puissance de 0,01 à 0,02, à cause des sarclages et de l'humidité entretenue sur le sol par les feuilles de cette plante. Le trèfle augmentait la puissance et la richesse; le marnage augmentait la puissance de 3 degrés dans la 1^{re} année, de 4 dans la 2^e, de 3 dans la 3^e; au bout de quinze ans, la terre revenait à sa puissance première. Au reste, ces derniers chiffres devaient être relatifs à la qualité de la marne employée, et l'auteur du système avait tort d'attribuer à la seule puissance une bonification qui tournait aussi au profit de la fertilité.

La richesse diminuait ainsi selon les récoltes :

	degrés.
Pour 100 kil. de blé.	2,46
pommes de terre. . .	0,21
colza.	3,30
seigle.	2,21
orge.	2,21
avoine.	2,46

(1) *Annales de Grignon*, année 1843, p. 147.

Ces produits consommaient la fécondité ainsi qu'il suit :

	degrés.
Pour 100 kil. de blé.	19,68
pommes de terre.	1,68
colza.	26,40
seigle	17,62
orge.	17,68
avoine.	19,68

Ils indiquaient dans la terre la fécondité suivante :

	degrés.
Pour 100 kil. de blé par hectare. . . .	44,2
pommes de terre. . . .	4 à 5
colza.	41,2
seigle.	44,2
orge.	44,2
avoine.	49,0

Au moyen de ces trois tableaux, on peut appliquer le système de M. de Woght à toutes les situations où l'on cultive les plantes qui ont été le sujet de ses expériences. Ainsi, nous savons qu'une terre a rapporté 18 hectol. de blé par hectare (1,440 kilogr.), qu'elle a reçu une fumure de 4,000 kilogr. ; une autre terre de même qualité, mais fumée depuis longtemps, a produit 12 hectol. 8 (1,023 kilogr. de blé). La fécondité après la fumure est de 604,80 degrés ; la fécondité naturelle de 544 degrés ; le fumier l'a donc augmentée de 60°.

La fertilité est donnée par les proportions :

$$1440 - 1023 = 417 : 60 :: 604 : x = 86,9 \text{ dans le 1}^{\text{er}} \text{ cas.}$$

$$417 : 60 :: 544 : x = 78,2 \text{ dans le 2}^{\text{e}} \text{ cas.}$$

La puissance par la division :

$$\frac{604}{86,9} = 6,9 \text{ dans le 1}^{\text{er}} \text{ cas.}$$

$$\frac{544}{78,2} = 6,9 \text{ dans le 2}^{\text{e}} \text{ cas.}$$

On voit donc qu'il s'agit, pour pouvoir se servir de cette méthode, d'avoir les résultats de deux expériences, l'une qui

donne la fécondité naturelle du terrain, l'autre l'effet du fumier sur le terrain, afin de pouvoir déterminer la puissance. Ces expériences doivent être faites sur la même espèce de terrain et après les mêmes cultures. Alors on aura une base d'évaluation, la fertilité à un prix relatif à la valeur de l'engrais dans le pays; mais en achetant une terre, c'est la puissance, qualité inhérente à la terre, qu'il faut surtout payer. Ainsi, dans les cas que nous avons cités, la première terre, plus la valeur de 4,000 k. de fumier, vaudrait exactement la seconde.

Mais l'usage de ce système est loin d'être aussi sûr et aussi exact qu'il le paraîtrait par cet exemple. Dans une année sèche, par exemple, le fumier ne déploiera pas toute sa fertilité, et alors on risque d'avoir des chiffres très différents pour exprimer la puissance dans la terre fumée et dans la terre non fumée; tout l'avantage sera alors pour cette dernière qui paraîtra avoir une puissance plus considérable que l'autre. Tout cet appareil d'hypothèses, auxquelles il faudrait retoucher sans cesse, comme l'a fait l'auteur pendant toute sa vie, pour les ramener dans la voie de la vérité, ne pourrait qu'égarer ceux qui y mettraient trop de confiance. J'admets cependant que la fécondité pourrait être évaluée au moyen de ces formules, avec une certitude au moins égale à celle des formules de Thaër; mais quand on voudra les décomposer en leurs éléments, on éprouvera toujours une difficulté réelle qui naîtra de l'indétermination des bases du calcul, et de ce que, pour les adapter à un sol quelconque, il faut se résoudre à passer par les tâtonnements qui ont rempli la fin de la carrière de M. de Woght.

Au reste, le but de cet estimable auteur, pas plus que celui de Thaër, n'a jamais été de faire servir ses échelles statiques à la détermination de la valeur des terrains; il les destinait aussi à apprécier les assolements et les effets des différentes cultures sur le sol; mais il en a tiré des conclusions pratiques intéressantes qui pour nous, au moins, ont besoin d'autres preuves

que celles tirées de ses calculs. Cependant il est évident que si les éléments de puissance et de fertilité se fondaient sur des données positives, on aurait résolu le problème de l'agrologie, résultat immense qu'il ne nous est pas encore donné d'atteindre par des moyens aussi simples.

CHAPITRE IV.

Caractères tirés de la composition de la terre. Système de Thaër.

Nous ne nous arrêterons pas à une foule de tentatives superficielles que l'on a faites pour essayer de lier la valeur relative des terres à leurs caractères minéralogiques et physiques. A quoi bon rappeler ces essais malheureux, fruit d'une demi-science, et qui n'ont pu résister aux moindres épreuves? C'est en Italie, surtout, qu'ont abondé les travaux de cette espèce; plus l'art des experts du cadastre y était avancé, plus la pratique y avait développé ce tact admirable qui leur fait juger si vite et si bien le produit brut et le produit net d'une terre; plus cette profession a été répandue par l'introduction déjà ancienne de cadastres territoriaux exacts dans la haute Italie, plus aussi il s'est trouvé de ces experts qui ont cru pouvoir formuler les inspirations de leur tact intime, réduire leur art en science, et qui malheureusement l'ont fait sans avoir les connaissances qui leur eussent été nécessaires pour y parvenir. Nous nous bornerons donc à décrire deux de ces tentatives faites en Allemagne, l'une par Thaër et l'autre par Kreyssig.

Après avoir fait l'examen et l'analyse d'un grand nombre de sols, Thaër crut pouvoir les classer et les estimer, comme on va le voir dans le tableau suivant. La dernière colonne suppose que le terrain de première classe a une valeur de 100, et les autres terrains sont estimés en centièmes de cette valeur.

DÉNOMINATION méthodique des terres.	DÉNOMINATION DE THIER.	DÉNOMINATION USUELLE.	PROPORTION DES ÉLÉMENTS.				VALEUR relative.
			Argile.	Sable.	Chaux.	Terreau.	
1. Argilo-calcaire argi- leux.	Argile fortement impré- gnée de terreau.	Riche terre à froment.	74	10	4,5	11,5	100
2. <i>Idem.</i>	Terre très tenace impré- gnée de terreau.	<i>Idem.</i>	81	6	4	9	98
3. <i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>	79	10	4	7	96
4. Limon.	Riche terre marneuse.	<i>Idem.</i>	40	22	36	4	90
5. Terreau.	Terrain léger imprégné de terreau.	Terrain de prairies.	14	49	10	27	79
6. Terrain siliceux.	<i>Idem.</i>	Riche terre à orge.	20	67	3	10	78
7. Limon.	Riche terrain argileux.	Bon terrain à froment.	58	36	2	4	77
8. <i>Idem.</i>	Terrain marneux.	Terrain à froment.	56	30	12	2	75
9. Glaise.	Terrain argileux.	<i>Idem.</i>	60	38	"	2	75
10. <i>Idem.</i>	Terrain glaiseux.	<i>Idem.</i>	48	50	"	2	65
11. <i>Idem.</i>	Glaise.	<i>Idem.</i>	68	30	"	2	60
12. Terrain siliceux.	Terrain glaiseux.	Terre à orge de 1 ^{re} classe.	38	60	"	2	60
13. <i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>	Terre à orge de 2 ^e classe.	33	65	"	2	50
14. <i>Idem.</i>	Glaise sablonneuse.	<i>Idem.</i>	28	70	"	2	40
15. <i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>	Terrain à avoine.	23,5	75	"	1,5	30
16. <i>Idem.</i>	Sable argileux.	<i>Idem.</i>	18,5	80	"	1,5	20
17. <i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>	Terre à seigle.	14	85	"	1	15
18. <i>Idem.</i>	Terrain sablonneux.	<i>Idem.</i>	9	90	"	1	10
19. <i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>	Terre à seigle tous les 6 ans.	4	93,25	"	0,75	5
20. <i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>	Terre à seigle tous les 9 ans.	2	97,5	"	0,5	2

L'esprit qui préside à cette table est de regarder l'union de l'argile et du terreau comme donnant à une terre le prix le plus élevé, et le manque d'une de ces substances comme réduisant cette valeur. Dans les terres argilo-calcaires, chacune des unités de l'argile paraît entrer dans les calculs pour environ 0,78 et le terreau pour 3,7; ainsi nous avons, pour la terre n° 1, $74 \times 0,78 + 11,5 \times 3,7 = 100,27$; pour la deuxième, $81 \times 0,78 + 9 \times 3,7 = 96,48$, ce qui ne s'éloigne pas du rapport admis par l'auteur; mais alors la troisième devrait être de 87,52, et l'on ne s'explique pas trop bien la raison qui a porté Thaër à l'élever presque à l'égal de la précédente.

Dans les limons, on ne reconnaît plus de loi; le n° 4, qui a 40 d'argile et 4 d'humus, est taxé beaucoup plus haut que le n° 7 qui a 58 d'argile et également 4 d'humus; et qu'on ne dise pas que c'est le calcaire qui établit cette différence, car le n° 8, qui a 12 de calcaire tandis que le n° 7 n'en a que 2, descend au-dessous de lui, mais d'une si petite différence, qu'elle n'est pas expliquée par la réduction de moitié du terreau. Il semble évident que l'auteur a peu observé les terres calcaires.

Dans les glaises, l'argile acquiert une valeur plus grande que dans les terres argilo-calcaires et dans les loams; elle varie de 1,25 à 1,30; mais l'auteur a eu tort de ne pas expliquer la cause qui fait descendre le taux de la terre n° 11 qui possède une plus grande quantité d'argile que les précédentes.

Le même avantage reste à l'argile dans les terrains siliceux; sa valeur est de 1,50 tant que la quantité de terreau reste la même, mais si elle vient à descendre, et se réduit à presque rien, la valeur de l'argile n'est plus que de 1,0.

Ainsi, en résumé, Thaër estime avant toutes choses les terres argileuses riches en terreau, ensuite les limons riches en argile; enfin, les glaises et les silices n'ont de prix à ses yeux qu'en raison de l'argile qu'elles contiennent. Cette préférence pour les terres argileuses, ce second rang assigné aux terres cal-

carifères par les agronomes du Nord, tient sans doute à des effets de climat; la nitrification s'y fait moins bien, la chaux n'y a pas cette propriété fécondante qui la fait estimer dans le midi, les cultures industrielles moins fréquentes n'y font pas apprécier les avantages d'une prompte décomposition du fumier. Bürger a raison de refuser sa confiance au système d'appréciation de Thaër¹, système basé sur des analyses imparfaites, où l'on s'est borné à séparer la prétendue argile de la silice par la lévigation. Nous avons déjà fait voir que l'argile était loin de pouvoir être obtenue par ce procédé, que ce n'était pas d'ailleurs une substance identique à elle-même, que sa composition variait infiniment, et que, selon ces variations, elle donnait aux terrains des propriétés différentes. Bürger cite deux terres dont la tenacité était en raison inverse de l'argile qu'elles contenaient, et dont celle qui en avait le moins se rapprochait par conséquent davantage des terres à froment de Thaër. Mais de quelle argile s'agissait-il? Était-ce seulement le résidu de la lévigation, le troisième lot? Mais qui assure qu'il n'était pas composé presque entièrement de fine silice, dans la terre la moins tenace? C'était par la recherche seule de l'alumine qu'on pouvait prononcer avec certitude sur l'état de ces terrains. Nous pensons donc qu'on ne peut avoir qu'une confiance conditionnelle aux évaluations de Thaër en ce que d'abord elles sont faites pour le climat de l'Allemagne et pour le genre de culture usité dans ces terres, dont la principale base était les céréales, et ensuite à cause de l'incertitude attachée à son mode d'analyse.

CHAPITRE V.

Méthode historique.

Ce que nous appelons la méthode historique dans l'évaluation des terrains consiste à se servir de tous les renseigne-

(1) *Traité d'économie rurale*, § 11.

ments que l'on a pu recueillir sur leurs produits bruts, sur les frais et sur les produits nets; de composer un produit moyen à l'aide des résultats d'une série d'années la plus longue que l'on puisse se procurer, et d'obtenir ainsi non plus la valeur relative, mais la valeur positive du sol que l'on veut connaître. Nous avons déjà exposé cette méthode dans le *Guide des propriétaires de biens ruraux affermés*¹, et nous ne pouvons mieux faire que de reprendre ici cette exposition.

SECTION Ire. — *Estimation en bloc.*

L'estimation en bloc a lieu, ou par la comparaison de la cote d'imposition du domaine à celle des terres voisines, ou par celle du montant de leurs baux.

Dans les pays où le cadastre a été fait passablement, on peut se servir de la première méthode, mais cependant toujours avec quelque défiance. Dans ceux, au contraire, où il n'y a pas de cadastre, ou bien où le cadastre a été fait avec négligence, on ne peut nullement compter sur cette base; car fort souvent c'est au moyen du bail que les anciennes matrices de rôle ont été faites, et les circonstances de culture ayant tout à fait changé les proportions des valeurs des terres entre elles, les mêmes rapports n'existent plus.

Nous citerons un fait. Avant le cadastre, nous avions une terre qui était cotisée 200 fr. et une autre 48 fr.; la seconde, qui était autrefois humide et de peu de valeur, ayant été convertie en prairie depuis cinquante ans, la cotisation était restée immobile. A la confection du cadastre, la première de ces terres est restée à 200 fr.; la seconde est montée à 210 fr., et sans qu'il y ait dans ce changement une injustice criante. Quelques années encore, et ces défauts des anciennes matrices deviendront sensibles pour le cadastre, et il faudra aussi se défier de

(1) Un vol. in-8°, prix : 7 fr. 50, à la Librairie agricole, rue Jacob, 26.

ses indications. En attendant, on peut s'en servir comme d'un auxiliaire; mais c'est un allié d'une fidélité douteuse.

Voici la manière d'opérer au moyen de la cote des impositions : on s'informe des terres affermées aux conditions les plus équitables, et qui sont de la nature la plus analogue à celles que l'on veut louer; du revenu réel qu'elles donnent et de leur revenu estimatif dans le cadastre : on établit ainsi le rapport entre le revenu de la matrice de rôle et le revenu réel; on multiplie le revenu présumé du domaine que l'on veut évaluer par ce rapport, et l'on a le revenu réel qu'il doit donner.

Ainsi prenons pour point de comparaison trois domaines :

	Revenu de la matrice de rôle.	Revenu réel.
1 ^o	2,000	2,600
2 ^o	1,750	2,400
3 ^o	1,420	2,000
Totaux. . . .	5,170	7,000

Le rapport entre le revenu cadastral et le revenu réel étant de 5,170 : 7,000, nous multiplions par 7,000, et nous divisons par 5,170 le revenu cadastral du domaine à évaluer, qui est de 3,100 : nous trouvons 4,197 fr. 29 c. pour le revenu réel cherché.

Si l'on en obtenait davantage, on pourrait l'attribuer ou au mauvais choix que l'on aurait fait des points de comparaison, ou à une erreur du fermier, erreur qui finit toujours par tomber au préjudice du propriétaire, si elle est trop considérable, ou à une augmentation dans la concurrence, qui réduit la portion que le fermier s'attribue sur les récoltes de la ferme pour paiement de son travail.

Outre ce premier moyen d'estimation, on doit aussi employer l'estimation en bloc, en comparant les baux à ferme des terres de la nature la plus analogue possible à celle dont on cherche le prix; on évalue alors le prix de location de l'hectare

de terre, et l'on multiplie ce prix par le nombre d'hectares de terre de pareille qualité que l'on possède.

	hectares.		fr.
Ainsi, 1 ^o un premier domaine de. . .	100	donne de rente	5,000
2 ^o	75	—	4,000
3 ^o	50	—	2,700
Totaux.	225	—	11,700

Ce qui donne 52 fr. par hectare. Le domaine à évaluer étant de 85 hectares, le prix proportionnel de sa rente doit être de 4,420 fr.

Mais ces estimations en bloc ne peuvent guère se faire que dans les pays où les terres ont une grande uniformité : si la nature du sol varie beaucoup, ou que les genres de culture soient très différents et exigent des terrains qui aient des qualités spéciales pour chacune d'elles, on ne pourrait se prévaloir de ce genre d'estimation qu'en risquant de commettre de très grandes erreurs. Il vaut mieux alors recourir à l'estimation parcellaire, dont nous traiterons plus loin.

Mais quand cette estimation est possible, c'est celle où l'on se rencontre le plus souvent avec les fermiers, parce qu'alors ils ne font pas autrement leur compte.

Dans les cas où les terres ont le plus d'uniformité, il y a cependant quelques circonstances qui peuvent élever ou abaisser l'appréciation qui résulte de la comparaison dont nous venons de donner des exemples. Ainsi, récolte-t-on des fourrages au delà des besoins, ou est-on réduit à en acheter? Les transports au marché sont-ils plus aisés ou plus difficiles que ceux des terres prises pour point de comparaison? Quand le fourrage manque à un fermier, tandis qu'il suffit dans les autres fermes, il faut retrancher du prix de location la valeur du fourrage supplémentaire, plus les frais de transport. Les prairies, au contraire, surabondent-elles? Il faut faire entrer en considération la valeur des fourrages qui peuvent être vendus ou consommés

en sus de la consommation des fermes de comparaison.

Le mauvais état des communications ou l'éloignement des marchés est une circonstance qui peut diminuer beaucoup la valeur d'une terre, comme une situation contraire peut aussi l'augmenter. Dans son *Guide des Fermiers*, Arthur Young calculait que quand le marché était éloigné de 50 kilomètres, il en coûtait au fermier 24 fr. pour porter 29 hectolitres de blé au marché, en comprenant un retour de charbon à porter en déduction, ce qui n'a pas lieu chez nous; c'est à peu près 80 c. par hectolitre. Il voulait, avec raison, qu'une partie de ces frais fût portée en déduction du prix de ferme.

En France, on peut dire qu'en général un pareil transport, qui exige deux journées de charroi, coûterait 30 fr., ou 1 fr. 10 c. par hectolitre, soit en loyer ou usé des harnais et charriots, soit en conducteurs et faux frais.

Supposons donc que les autres fermiers, qui servent de point de comparaison, pussent faire ce trajet en une seule journée, la moitié du prix de ce transport devrait être déduite de l'évaluation première; et si l'on avait à vendre 500 hectolitres de blé sur une pareille ferme, ce serait une somme de 225 fr. qu'il faudrait rabattre du prix de ferme.

Si l'éloignement du marché est si préjudiciable aux intérêts du propriétaire, d'un autre côté son voisinage augmente le fermage dans une proportion plus forte que l'on ne saurait le croire, quand on est fort rapproché d'une ville considérable. C'est qu'alors le fermier peut se livrer à des cultures jardinières qui rapportent un grand profit, et dont on aurait tort de rapprocher le produit des terres à blé. On doit donc se garder de prendre un pareil domaine pour régulateur, si l'on ne possède que des terres à blé; de même que si l'on en possède une de cette nature, on ne doit pas l'évaluer d'après le prix de domaines plus éloignés.

On voit donc que, quoi qu'on fasse, il règne toujours quel-

que vague dans une estimation fondée sur ces genres de comparaison, parce qu'il est impossible de trouver des objets semblables à comparer ; sa justesse dépend beaucoup du jugement et de l'expérience de celui qui l'opère ; rien ne supplée, à cet égard, à l'habitude de voir les champs et d'en faire souvent l'objet de ses conversations avec ses fermiers, ses voisins, ses ouvriers. Si tout se cache quand il s'agit d'un marché, tout se dit dans l'épanchement d'un entretien que l'on croit désintéressé, et l'on en retire des lumières précieuses quand on sait les mettre à profit.

SECTION II. — *Estimation parcellaire.*

L'estimation parcellaire, ou celle qui consiste à estimer séparément les différentes portions de terre d'un domaine, est utile surtout quand les cultures et les produits en sont variés. Dans ce cas, une estimation en bloc ne pourrait être qu'erronée.

Un fermier se tire beaucoup mieux d'une estimation parcellaire dans le canton qu'il est accoutumé à cultiver, que le propriétaire lui-même ; mais l'éloigne-t-on de son sol d'habitude, il y sera tout aussi novice. Il paraît, par la lecture des auteurs agronomiques anglais, que l'esprit de détail et d'exactitude de cette nation se retrouve dans l'estimation des terres comme ailleurs. Un fermier anglais, en parlant d'une pièce de terre, dira : C'est une terre de 25 schellings de rente ; c'est une terre de 2 livres de rente, etc. Cette habitude lui permet de former avec exactitude des estimations parcellaires, et c'est ce genre d'estimation que conseille Arthur Young dans son *Guide du Fermier* ; mais cette exacte appréciation tient beaucoup à l'habitude qu'ont ces fermiers d'écrire leurs comptes dans un meilleur système que l'informe brouillard de ceux qui écrivent quelque chose chez nous, et aussi de ce que, contrairement à l'opinion générale, les fermiers y changent beaucoup

plus souvent que chez nous. Les baux à longs termes y sont rares, les baux à volonté très communs, et le changement de fermier à la fin d'un bail presque habituel : aussi parviennent-ils à connaître leur marchandise beaucoup mieux que les nôtres, qui, dans la plupart des provinces, sont presque inamovibles, quoique vivant et travaillant sur la foi incertaine d'une tacite reconduction.

On conçoit donc que, dans les pays où l'on n'a pas la coutume d'affermir des terres en détail, où les changements de fermiers sont rares et où l'on ne tient pas des notes exactes du produit de chaque terre en particulier, il est très difficile d'acquiescer l'habileté nécessaire à une estimation parcellaire. Les notes qui seraient nécessaires pour y parvenir ne peuvent même pas être tenues régulièrement par un propriétaire qui ne réside pas sur sa ferme ou qui n'y fait pas de visites très fréquentes. Ainsi, par exemple, une telle estimation exige que pendant de longues années on ait connu la valeur des récoltes de chaque nature de terrain, ce qui suppose que l'on a vu ces différentes récoltes sur les champs; que l'on sache quelle est la quantité moyenne de gerbes, de raisins, de fourrages produite par chacun d'eux. Quand on a longtemps suivi ces détails, on finit par se former une certaine habitude de juger le produit d'une terre, en voyant le blé en herbe, le chaume, la force des souches d'une vigne, etc., mais seulement dans le canton où l'on a observé : c'est ainsi que, dans les Cévennes, on juge, au milieu de l'hiver, la quantité précise de feuilles que produira un mûrier.

Si à cette première notion on joint celle des frais de travail pour chaque étendue de terre donnée, on pourra estimer, avec beaucoup de certitude, le véritable produit net des parcelles; mais, sans ces connaissances indispensables, nous ne conseillons à personne de s'y hasarder : car ce genre d'estimation, qui est le plus exact de tous quand on sait le faire, risque de de-

venir le plus fautif quand on n'a pas les connaissances exigées pour s'y livrer.

Dans les pays où l'on loue beaucoup de terres à petites parties, comme dans le midi, on connaît aussi fort bien la valeur de chaque mesure de terrain; les paysans ne s'y trompent pas et la voix publique en instruit le propriétaire; mais s'il partait de ces données, il risquerait encore beaucoup de se tromper quand il voudrait estimer un corps de domaine. En voici les raisons : dans les pays où l'amodiation parcellaire est introduite, tous les champs qui en sont susceptibles ont fini par être soumis à cette pratique, qui est sans contredit la plus avantageuse de toutes; ces champs sont ceux qui sont à la proximité des villes ou des noyaux de population; or, si le domaine que l'on veut estimer n'est pas dans cette position et qu'il ne soit pas réellement susceptible de l'amodiation parcellaire, c'est à tort qu'on croirait pouvoir en retirer le même prix. Une diminution d'un quart n'est quelquefois pas suffisante pour exprimer la différence qui existe entre ces deux positions de terres de même nature.

La culture à la bêche et l'emploi du temps perdu des ouvriers font cette énorme différence. Ce n'est donc qu'avec la plus grande précaution que l'on emploiera les données fournies par ce genre d'exploitation.

Tout en désirant donc aux propriétaires qui liront ceci l'instruction nécessaire pour pouvoir pratiquer l'estimation parcellaire, nous les engageons à s'en abstenir s'ils ne possèdent pas parfaitement tous les éléments que nous avons exigés pour ce genre d'estimation.

SECTION III. — *Estimation détaillée par les récoltes et les frais*

L'estimation par le produit des récoltes est la plus sûre et

même la plus facile quand on a su se préparer d'avance les matériaux nécessaires. Muni de ces données, possédant le tableau des récoltes successives, on pourra en déduire le produit de la ferme de la manière dont nous l'indiquerons dans les différents articles qui vont suivre.

§ 1^{er}. — Évaluation des récoltes par les semences.

Quand la masse des terrains d'une ferme consiste en terres en blé, on peut arriver à des résultats assez positifs par la connaissance de la quantité de grains semée sur la ferme. M. de Morel de Vindé, qui attachait beaucoup de valeur à cette méthode, l'a recommandée dans son *Mémoire sur les troupeaux de progression*.

La quantité de grains semée dans une terre n'est pas une quantité fixe que l'on puisse juger en connaissant seulement la contenance du terrain; elle varie, et quelquefois beaucoup, d'un pays à l'autre: c'est donc la connaissance positive du grain semé dans le pays par hectare, et mieux encore celle de la quantité de grain semé habituellement sur la ferme elle-même qu'il faut connaître. Or, il n'est pas difficile d'y parvenir, parce que cette quantité variant peu d'une année à l'autre, les valets de ferme, les voisins en sont instruits, si l'on ne le sait pas déjà soi-même, et que le fermier lui-même ne peut guère refuser de donner une réponse exacte à cette question.

La récolte produite par chaque mesure de semence est une chose plus vague: on vous dira bien dans le pays que le grain multiplie cinq fois, six fois, sept fois en terre; mais nous avons toujours éprouvé, en voulant vérifier ces données, qu'elles manquaient généralement d'exactitude. Ainsi, dans un pays où le grain a la réputation de reproduire huit fois la semence en terme moyen, nous avons trouvé, par une observation de douze années, qu'il ne le multipliait que six fois trois quarts.

On voit donc que les indications des fermiers eux-mêmes, tenant à des souvenirs confus, sont moins des données exactes que des aperçus vagues, dans lesquels la pente qu'a la nature humaine à se flatter et à exagérer les qualités de ce qu'elle possède entre toujours pour beaucoup. Cependant, en accordant quelque chose à cette cause, on ne doit pas dédaigner absolument ce moyen d'estimation. M. de Morel de Vindé, dont le nom fait autorité en agriculture, assure s'en être toujours bien trouvé, et il est certain que toutes les recherches auxquelles nous sommes obligés de nous livrer quand nous manquons de base fixe ont toujours leur part d'incertitude, et qu'il suffit que nous soyons prévenus que les erreurs ont des limites qui ne sont pas trop éloignées.

Nous verrons plus tard l'usage que nous devons faire de cette appréciation.

§ II. — Estimation des récoltes moyennes par les produits d'une ou de plusieurs récoltes de la ferme.

Nous continuerons à être ici dans le vague, et nous y resterons tant que nous n'aurons pas un état exact, et tenu pendant plusieurs années, du produit des récoltes diverses. Cependant, comme il importe de s'aider de toutes les lumières, quelque faibles qu'elles soient, quand des renseignements positifs viennent à nous manquer, nous ne négligerons pas ici d'indiquer le moyen d'évaluer approximativement les récoltes moyennes quand cet état circonstancié vient à nous manquer.

Ayant examiné un grand nombre de résultats de produits, nous avons vu qu'en général si l'on appelle 1 le produit d'une année moyenne, les récoltes les plus fortes d'une terre étaient 1,5, et les plus faibles 0,66. Or, si les fermiers ne gardent guère le souvenir des récoltes annuelles médiocres, ils se rappellent parfaitement les termes extrêmes, et il n'est pas très

difficile de savoir d'eux ou des gens du pays le maximum ou le minimum des récoltes d'une ferme.

Supposons que le minimum soit de 80 hectolitres, la récolte moyenne s'obtiendra par la proportion $66 : 100 :: 80 : x = 121$ hectolitres.

D'un autre côté, sachant que la récolte maximum a été de 180 hectolitres, nous avons $150 : 100 :: 180 : x = 120$. La récolte moyenne serait donc de 120 à 121 hectolitres.

Le plus souvent on ne tombe pas aussi exactement sur le même résultat en partant du maximum et du minimum, c'est que les récoltes désignées alors comme telles ne sont pas un minimum et un maximum absolus ; mais il suffit que les deux termes se rapprochent pour que, prenant un terme moyen, on ne s'éloigne guère de la vérité.

On sent toute l'imperfection de ce moyen ; nous ne le donnons ici que pour ce qu'il vaut, nous nous en sommes servi souvent avec succès ; mais il peut se présenter des cas où il soit très fautif : ce n'est donc que comme auxiliaire, comme moyen de vérification, plutôt que pour parvenir à un résultat définitif, que nous le conseillons ici.

§ III. — Estimation des récoltes moyennes par des résultats positifs de plusieurs années.

Nous arrivons à des résultats beaucoup plus sûrs quand nous avons des notes exactes sur un assez grand nombre de récoltes. Ils deviendront d'autant plus exacts que le nombre de ces récoltes sera plus grand, et quand on en réunira douze ou quinze, on pourra espérer de n'avoir que des changements insensibles à leur faire subir, tant que la culture ne changera pas notablement.

En général, on prendra dans ces notes un nombre d'années qui soit multiple de la durée de l'assolement, puisque, à la fin de chacune de ses rotations, toutes les terres de la ferme, quelle

que soit leur qualité, ont fourni toutes les natures de produit ; si les terres étaient d'une nature fort égale, on pourrait, sans inconvénient, s'écarter de cette règle. Ainsi l'assolement étant de trois ans, on prendra six, neuf, douze et quinze années.

Si l'on n'avait qu'une seule rotation à soumettre au calcul, on risquerait de commettre des erreurs considérables, à moins que l'assolement ne fût très long. En effet, on voit souvent trois bonnes ou trois mauvaises récoltes de suite ; il ne faudrait pas manquer alors de s'informer soigneusement de l'opinion que l'on a des produits de ces récoltes dans le pays, et de vérifier le résultat moyen que l'on aurait obtenu par les deux méthodes indiquées ci-dessus.

Le domaine présente souvent plusieurs natures de récoltes ; mais il en est, dans le nombre, dont il est facile de connaître le produit. Ainsi l'on saura toujours le produit d'une récolte d'huile au moulin à huile, d'une récolte de vin par une visite dans le cellier et le nombre des tonneaux et des foudres pleins.

Pour le produit des bestiaux, il y a ordinairement des formules toutes faites dans chaque pays, et il est facile de les appliquer ; mais ces produits sont si variables, que nous ne pouvons donner ici aucune règle à cet égard.

Au reste, ce qui facilitera les recherches que l'on aura à faire, c'est qu'il ne s'agit ici que de produits bruts. Ainsi, quand on saura le nombre de veaux, la quantité de fromages, de beurre, on aura toutes les données nécessaires pour une exploitation de vaches ; pour les bœufs à l'engrais, il suffira de savoir le poids moyen auquel on les achète et celui auquel on les porte dans le pays. Cette approximation est suffisante pour le but qu'on se propose.

§ IV. — Du loyer des bâtiments.

Il se présente ici un problème qu'il est important de ré-

soudre. Doit-on faire entrer dans les produits du domaine la valeur locative des bâtiments, et sur quel pied doit-on la compter? Il suffit de considérer qu'en faisant un tout autre emploi de son temps, le fermier devrait se pourvoir d'un logement pour lui et sa famille; que, d'ailleurs, ce logement est le fruit d'un travail avancé par le propriétaire, et l'on ne mettra plus en doute que cette jouissance ne doive être portée en recette. Mais le fermier ne peut être soumis qu'à un loyer en rapport avec sa position sociale, et ne doit entrer pour rien dans les dépenses de luxe qu'on aurait pu être tenté de faire pour embellir ces constructions.

La valeur réelle des bâtiments n'est donc pas la base dont nous devons partir; mais celle-ci n'est autre que la proportion ordinaire qui existe entre la richesse et le loyer. Cette proportion variera selon les pays, les climats, les habitudes, et elle ne sera certainement pas la même à Naples qu'en Angleterre. C'est donc un calcul différent à faire pour chaque localité.

Dans le midi de la France, le prix du loyer d'une famille, qui ne s'élève pas jusqu'à l'opulence, est en général le douzième de son revenu. Ainsi le fermier qui dispose d'un capital de 6,000 fr., qui doit lui rapporter 10 pour 100 (taux moyen actuel des entreprises industrielles), paiera un loyer de 50 fr. environ. Cette rente et ce loyer sont ceux des familles d'ouvriers qui ne disposent que de leur travail.

Le fermier qui, outre son travail et celui de sa famille, peut encore disposer de quatre bêtes de travail et d'un valet, se trouve avoir un capital d'au moins 12,000 fr., ce qui porte sa rente à 1,200 fr. et son loyer à 100 fr. : or, une ferme suffisante pour lui coûtera, dans le pays, au moins 6,000 fr. de construction et un entretien annuel de 20 fr.; ainsi, la rente réduite à 100 fr. ne représente pas tout à fait 2 p. 100 de la valeur de cette construction. D'où l'on voit que les bâtiments de ferme sont une charge pour le propriétaire qui, au reste, ne

porte que la peine commune à tous ceux qui font bâtir dans une situation qui, faute de concurrence, n'est pas favorable aux loyers.

SECTION IV. — *Continuation de l'estimation par les produits et les frais.*

La portion attribuée à l'ouvrier pour paiement de son travail n'est pas une aliquote fixe du produit. Elle est proportionnée à la concurrence des locataires de fermes, et n'a souvent qu'un rapport éloigné avec la valeur plus ou moins grande du sol et la quantité plus grande ou plus petite de denrées que l'ouvrier peut en obtenir par son travail.

Le minimum en est la subsistance de l'ouvrier et de sa famille, et ce minimum n'est pas susceptible de grandes variations dans un même pays, quoiqu'il soit fort différent d'un pays à l'autre, selon le genre de nourriture et le climat; mais le maximum n'a d'autre borne que le produit total du sol, qu'il est bien près d'atteindre quelquefois. Ainsi, l'Américain, qui donne 50 fr. de la propriété de 10 acres de terre sur le Missouri, ne paie en réalité que 3 fr. du fermage d'une terre qui rapporte le triple de sa subsistance. Quand la concurrence sera aussi étendue dans ce pays que sur les bords de la Seine ou de la Tamise, au lieu de recevoir trois fois sa subsistance de son travail annuel, il lui restera à peine de quoi vivre, lui et la famille qui l'aidera dans son travail.

Dans les pays où il n'y a pas de capitaux nombreux en proportion de l'étendue des fermes, on voit donc les produits des fermiers s'élever, tandis qu'ils sont nuls et se réduisent au strict nécessaire dans les pays bien peuplés, et où les fermes n'ont d'étendue que celle des forces d'un ouvrier et de sa famille. C'est la circonstance sociale qui porte au maximum le taux du fermage, parce que c'est celle aussi où la concurrence est la plus grande.

Mais cette concurrence ne peut se mesurer par elle-même ; elle n'a d'autre expression numérique que le taux des profits : ainsi, nous ferions une entreprise inutile si nous cherchions le taux des profits en voulant évaluer la concurrence ; il faut chercher à la connaître directement.

Nous appellerons profit de l'ouvrier ce qui reste à la famille de l'ouvrier au delà de sa subsistance, après paiement de la rente du propriétaire. On sent que ce profit est parfaitement distinct ou plutôt opposé à ce que l'on nomme profit du fonds, qui est le revenu qu'en tire le propriétaire.

Ce profit n'est pas égal pour toutes les classes d'ouvriers. Ainsi, dans un pays à grandes fermes, les fermiers sont ceux seulement qui ont le capital nécessaire à leur exploitation : il y a un taux de profit pour ceux-ci, mais il n'est pas nécessairement le même que celui des prolétaires qu'ils emploient. Il peut être plus grand si les ouvriers sont nombreux ; il peut être plus petit s'ils sont insuffisants. Ainsi, dans les pays malsains de la côte de la Méditerranée, le profit de l'ouvrier est proportionnellement plus considérable que celui du fermier, tandis que, dans la Picardie et la Brie, le profit du fermier est beaucoup plus considérable que celui de l'ouvrier.

Pour trouver le profit de la classe des fermiers que nous devons employer, c'est donc ce profit lui-même qu'il faut observer ; il a ses limites dans la nature des choses, et en connaissant celui de plusieurs fermiers, on ne manquera guère de connaître celui de tous.

La dépense du fermier se distribue en plusieurs parties : 1^o le paiement du travail fait, soit par les hommes, soit par les animaux ; 2^o l'intérêt du capital d'exploitation ; 3^o les profits qu'il fait dans la ferme ; 4^o le fermage du propriétaire. C'est pour arriver à cette dernière valeur que nous voulons connaître les trois autres éléments, c'est-à-dire que nous avons cette équation : le produit brut = le travail + le profit du fer-

mier + le fermage du propriétaire. Ici nous connaissons le produit brut par les investigations auxquelles nous nous sommes livré dans le chapitre précédent; il nous reste à chercher les autres éléments, c'est ce que nous allons tâcher de faire.

§ I^{er}. — De la valeur du travail fait sur une ferme.

La masse de travail au moyen de laquelle une terre est mise en état de production n'apparaît pas toute sous la même forme; il y a du travail actuel et du travail accumulé: le premier seul retient le nom de travail ou de capital circulant; les auteurs agronomiques donnent au second le nom de capital de cheptel. Que celui-ci ne soit en dernier résultat, aux yeux de l'économiste, que du travail accumulé, c'est ce dont il sera facile de se convaincre au moyen de quelques observations.

Le capital de cheptel du fermier consiste en outils et en bestiaux: il est assez évident que les outils ne sont que le produit du travail des ouvriers qui les ont confectionnés, mis en réserve par le fermier. Quant aux bestiaux, ils ne sont également que la représentation des fourrages qu'ils ont consommés, et sans lesquels ils n'auraient pu vivre; la valeur du germe animé de l'animal n'est elle-même qu'une partie de la valeur de la nourriture de la mère, et peut-être cette valeur est-elle négative pour le fermier, qui perd une partie du travail ou du produit de la mère pendant qu'elle porte son fœtus. Ainsi le capital de cheptel tout entier n'est que du travail appliqué à l'exploitation de la ferme.

On sent donc qu'il n'y a qu'une nuance légère entre le capital circulant et le capital de cheptel: l'un paie un travail actuel, qui doit être renouvelé chaque année, ou du moins chaque fois que l'on prépare de nouveau le champ qui doit porter une plante; l'autre paie un travail fait, dont la durée doit être de plusieurs années; mais que de nuances insensibles entre l'un et l'autre!

Pour semer une luzerne, il faut accumuler un travail dont les résultats doivent s'étendre à cinq ou six années ; si nous plantons une vigne, l'effet de ce travail durera cinquante, cent ans. Le premier travail est-il compris dans le capital circulant, le dernier dans le capital de cheptel ou dans celui du fonds ? Le bœuf acheté pour l'engrais est revendu au bout de quelques mois, une vache n'est vendue qu'après quelques années. On voit donc que cette classification des capitaux est purement artificielle, et qu'il est difficile de tracer une ligne bien tranchée entre eux. D'ailleurs, quant à leurs effets économiques sur l'estimation du bail, une loi générale les régit : c'est que les fermiers, pour pouvoir continuer à perpétuité l'exploitation du sol, doivent se trouver, à l'expiration du bail, quant à leurs capitaux, dans la même position, au moins, où ils étaient à son origine : ainsi les produits du sol doivent entretenir le capital en état de service, et le reproduire à mesure qu'il éprouve une déperdition ; ce qui exige nécessairement, pour le capital du cheptel, un renouvellement annuel, que l'on ne peut pas fixer au-dessous d'un douzième de sa valeur.

La quantité de travail employée sur une terre est en rapport avec le genre d'exploitation auquel elle est soumise ; ainsi, une faible étendue de jardin occupe un homme toute l'année ; dans le système avec jachère, il cultive commodément 10 hect. à l'aide de deux bêtes de travail seulement. Pour nous faire une idée nette de ce que les différentes positions agricoles exigent d'avance en main-d'œuvre, il nous semble donc que le meilleur moyen sera d'établir cette proportion dans plusieurs classes d'exploitation, qui comprennent les principales situations agricoles que l'on rencontre sur notre continent ; il sera facile ensuite au propriétaire de se classer dans une de ces positions ou entre les limites qui les séparent. Nous aurons ainsi fait tout ce qu'il est possible de désirer dans les bornes que nous nous sommes prescrites.

Nous allons donc examiner la valeur du capital circulant (travail annuel) et du capital de cheptel (travail accumulé) du fermier : 1° dans les pays où la terre est employée à des cultures sarclées de végétaux de commerce (plantes tinctoriales, oléagineuses, maraichères, etc.) ; 2° dans ceux où les prairies artificielles occupent au moins un quart de la ferme, tandis que les récoltes sarclées de commerce n'y occupent qu'un espace insignifiant, et où, si l'on fait des récoltes sarclées, ce sont encore des récoltes de plantes propres à être consommées dans la ferme (assolements avec fourrages et racines) ; 3° dans ceux où l'on a conservé le système de la jachère, et où les prairies artificielles, quand il en existe, n'occupent qu'une partie peu considérable du terrain de la ferme ; 4° dans ceux des fermes à pâturages où les terrains cultivés ne sont qu'un accessoire de la ferme.

A. — *Culture sarclée des végétaux de commerce.*

La Flandre est certainement le pays de France et peut-être de l'Europe où la culture des plantes sarclées a été poussée le plus loin. Un tiers de l'étendue des fermes est consacré, dans les environs de Lille, aux cultures du lin, du colza, du tabac ; le capital du fermier, qui doit, aux prix actuels, représenter ce travail disponible sur la ferme, y est de 256 fr. 60 c. par hectare, sans y comprendre la partie qui sert à payer le fermage¹. Cette somme est répartie de la manière suivante :

Travaux annuels.	112 fr. 10 c.
Achats d'engrais	124 50
Cheptel, 240 fr. par hectare, qui demandent un entretien annuel d'un douzième au moins	20 »
	256 60

(1) Ces données sont tirées de l'ouvrage de M. l'ingénieur Cordier sur l'agriculture de la Flandre française et l'économie rurale, 1 vol. in-8 avec atlas. A la Librairie agricole.

A l'autre extrémité de la France, dans le midi, on trouve aussi des exemples frappants de culture des végétaux de commerce. Le département de Vaucluse, dans sa partie cultivée spécialement pour la garance; le département des Bouches-du-Rhône, dans toute la contrée qui reçoit les arrosages de la Durance; les environs de Marseille et de Nîmes offrent, à cet égard, des positions agricoles très riches et très curieuses à étudier.

Dans l'assolement de garance, luzerne et blé, qui est le plus perfectionné de tous ceux où l'on intercale cette racine tinctoriale, et quand la culture a toute son activité, les capitaux du fermier sont distribués ainsi qu'il suit ¹ :

Travaux et récoltes.	158 fr.
Fumier.	135
Cheptel, 200 fr., dont le douzième. . .	17
Par hectare, annuellement. . .	310'

Un cultivateur, M. Quenin, a donné une description très intéressante de la culture de Château-Renard (Bouches-du-Rhône) ² : les détails en sont d'une parfaite exactitude. La multiplicité et la perfection des cultures introduites dans cette commune industrielle doivent frapper d'étonnement toute personne versée dans l'agriculture : c'est la Flandre transportée en Provence, au moyen des arrosements, qui suppléent au ciel d'airain du climat.

Nous voyons dans ce mémoire que le capital du fermier est réparti ainsi qu'il suit :

Travail.	206 fr.
Engrais	61
Cheptel, 200 fr., dont le douzième. . .	17
	284

(1) *Guide du propriétaire de biens soumis au métayage*, par M. de Gasparin; *Culture de la garance*, p. 189 et suiv. A la Librairie agricole.

(2) *Mém. de la Société royale et centrale d'agricult.*, t. XVI, p. 199.

On observera, dans ce compte, que le travail y devient l'article principal, tandis que la valeur de l'engrais l'égale ou le surpasse dans les deux autres ; mais c'est un avantage de la localité, qui est rapprochée d'Arles, où les fumiers ont moins de valeur : d'ailleurs, le transport des produits du jardinage dans les marchés des environs entre pour une très grande partie dans les frais de travail.

En Alsace, les cultures jardinières sont aussi soignées qu'en Flandre ; et cependant la scène semble changer complètement quant à la distribution des capitaux. Dans ce pays il existe de vastes communaux où chaque propriétaire peut conduire ses vaches toute l'année. Ces terrains sont leur fabrique d'engrais ; les cultivateurs sont en plus petit nombre, et les grandes fermes sont peu productives. La raison en est que la petite ferme entretient, proportion gardée, une plus grande quantité de bétail que la grande. Tout ce bétail est faible, maigre et de peu de produit ; mais il fournit complètement aux besoins d'engrais de ces petits propriétaires et fermiers. Ce qui est surtout remarquable dans ce système, c'est que les bêtes de travail y sont plus nombreuses que le bétail de rente, parce qu'une vache nourrie sur le terrain communal rend très peu de lait et donne par conséquent peu de profit ; les chevaux étant nécessaires, et leur faible nourriture ne leur donnant pas beaucoup de force, il faut suppléer à la qualité par le nombre : c'est le secret de ce grand nombre de juments de l'Alsace.

Il faut considérer maintenant que cet état de choses tient à l'existence de pâturages et de prairies dans la proportion d'un hectare sur deux hectares un tiers de terre labourable. Ces pâturages ne sont pas du tout des terres de qualité inférieure ; très souvent, au contraire, ils sont les meilleurs fonds du territoire : d'où il suit que le propriétaire, en louant un hectare de terre, y joint 43 arcs de pâturages : c'est là le capital qui fournit le fumier ; il est ici avancé par la communauté. Voilà ce qui

ne permet pas de comparer cette économie à celles dont nous venons de parler. On peut voir, au reste, des détails sur cette culture dans l'ouvrage de Schwerz *sur l'Agriculture de l'Alsace*.

B. — *Assolement avec prairies artificielles.*

Cette agriculture perfectionnée est celle qu'adopte tout fermier qui, voulant sortir de l'aveugle routine, se trouve dans une position où les achats d'engrais à des prix convenables ne sont pas possibles; c'est à ce système que conduit aussi la préférence accordée dans un pays à la nourriture animale sur la végétale; enfin, l'éloignement des villes où se fait la consommation des légumes, celle des manufactures et du commerce, qui facilite la vente des produits tinctoriaux ou industriels, la difficulté des transports, nécessitent aussi son adoption, qui permet d'envoyer au loin, à peu de frais, les bestiaux qui en sont le principal produit. On trouve donc une multitude de circonstances favorables à ce genre d'exploitation, fondé sur la multiplication et l'élevage des animaux: c'est lui, en effet, qui domine en Angleterre et qui s'étend rapidement en Allemagne. Il s'est introduit aussi en France, mais il n'y a fait encore que des progrès trop bornés. Les auteurs agronomiques lui ont consacré de nombreux développements; c'est à son exposition que sont principalement destinés les ouvrages d'Arthur Young, de Thaër, de Pictet, de Crud, de Morel de Vindé, d'Yvart, de Bosc, etc.; c'est lui, enfin, dont on cherche à étendre une des formes en France sous le nom d'assolement quadriennal, et que la ferme expérimentale de M. de Dombasle a eu pour but d'acclimater dans les départements du nord-est.

C'est en me servant des données de ces différents auteurs que je crois pouvoir établir de la sorte la répartition des capitaux annuels du fermier dans ce genre d'exploitation :

Travaux.	100 fr.
Cheptel, 300 fr., dont le douzième. . .	25
Par an, pour un hectare. . .	125

non compris une année de fermage.

C. — Culture avec jachères.

La pénurie de capitaux, l'ignorance, des moyens défectueux de communication, retiennent encore une partie de l'Europe dans cette déplorable routine. Ici, le cheptel ne consiste proprement qu'en bêtes de travail et en instruments d'agriculture; on y joint un petit nombre de bêtes de rente, destinées à augmenter la faible quantité de fumier que produit ce système, et cet engrais ne profite en général qu'à quelques terres voisines de la ferme et privilégiées par leur qualité.

Dans le nord de la France (je prends les environs de Provins pour exemple), sur une terre de 216 hectares, plus 10 hectares de prairies, partie nécessaire de ces exploitations, le cheptel est composé comme il suit :

Quatre cent cinquante moutons à 8 fr.	3,600 fr.
Dix chevaux à 350 fr.	3,500
Charrettes et instruments aratoires. . .	2,000
Instruments divers et meubles.	2,000
Quinze vaches et un taureau.	2,400
	13,500

qui donnent, par hectare de terre labourable, 62 fr. ; mais ce calcul, fait sur des terres de première qualité, se réduit à 45 ou 50 fr. sur les terres moyennes ; nous aurons, dans ces exploitations, la répartition suivante de capitaux :

Travaux et semences.	65 fr.
Cheptel, 60 fr., dont le douzième. . . .	5
	70

Dans le sud-est de la France, le capital de culture se trouve

élevé par l'effet de la concurrence des cultures industrielles qui occupent beaucoup de bras et renchérissent le prix du travail; le nombre des charrettes et chariots se trouve augmenté, afin que le fermier profite de la saison de l'hiver pour faire des charrois sur la route, menant ainsi de front deux genres d'industrie; mais la quantité de bétail de rente se trouve réduite. Ayant sous les yeux l'inventaire d'un fermier de 40 hectares de terre, je trouve que son cheptel est ainsi qu'il suit :

Sept mules.	1,806 fr.
Cent soixante brebis.	1,280
Basse-cour.	85
Charrettes ou instruments divers. . . .	3,189
	6,360

ou, par hectare, 159 fr.

Son capital se trouve réparti ainsi qu'il suit :

Travaux et semences.	80 fr. » c.
Cheptel, 159 fr., dont le douzième . .	13 25
	93 25

D. — Ferme en pâturages.

Ici il n'y a pas un chiffre fixe de capital; il dépend beaucoup de la nature et de la richesse des pâturages, qui permettent d'y nourrir un nombre plus ou moins grand de bestiaux. Le genre de ces bestiaux décide aussi des soins qu'ils doivent recevoir, et qui varient beaucoup selon les pays. Ainsi, en Suisse, on trouve un vacher pour dix à douze vaches, tandis qu'en Auvergne, où l'on ne s'en occupe guère que pour les traire, un homme peut en soigner un plus grand nombre. Ce genre de calcul ne sera jamais embarrassant pour le propriétaire, parce que rien n'est plus invariable et mieux connu que ce qui se passe à cet égard dans chaque pays; mais ce n'est plus par hectare, c'est par tête d'animal qu'il faut faire ici le compte des travaux.

M. de Fellenberg les estime comme il suit, par vache :

Travaux, soins du vacher, travail du		
mager.	37 f. 50	} 72 fr. 50 c.
Fauchage, fanage et charroi de 50		
quintaux métriques de foin à 35 fr.	35 "	
Cheptel, 240 fr., dont le douzième.	20 "	
	92	50

C'est le maximum des soins que l'on puisse donner à cet animal, et le plus haut prix moyen qu'il puisse avoir ¹; si l'on se figure que le produit brut d'une vache d'Auvergne n'est pas de plus de 72 fr. ², on jugera quelle peut être la part de travail qui lui est consacrée.

Le capital affecté aux moutons varie de la même manière, depuis le misérable troupeau qui vit des herbes de la jachère, jusqu'au mérinos traité avec opulence dans l'étable. Il serait trop long d'insister ici sur toutes ces variations, et probablement nous n'indiquerions que très insuffisamment les différentes situations agricoles, en y consacrant un grand nombre de pages. Nous ne pouvons donc que renvoyer aux ouvrages qui en traitent spécialement, et principalement à ceux qui se sont occupés de la partie économique de cette éducation ³.

E. — Conséquences.

Dans les paragraphes qui précèdent, nous avons tâché d'indiquer des termes-limites des frais de travail de chaque genre d'exploitation; nous les avons indiqués en argent, et nous sentons ici qu'en adoptant cette mesure commune, nous n'avons peut-être montré que d'une manière imparfaite la quantité absolue de travail exigée par chacune d'elles; nous n'avons

(1) Rapport de M. Crud, p. 81.

(2) Yvart, *Excursions agronomiques en Auvergne*, p. 78.

(3) Voir les *Mémoires sur l'éducation des mérinos, comparée à celle des autres bêtes à laine*, par M. de Gasparin.

pas cru cependant devoir prendre une autre marche, et nous pensons nous être plus rapproché de la vérité qu'en choisissant tout autre procédé.

En effet, supposons que nous eussions adopté, pour mesure commune, des journées de travail, croit-on donc que cette expression soit toujours un terme identique? Voudrait-on, par exemple, mettre en comparaison la valeur du travail d'un Français et celle d'un Indien? Nous aurions donc pris un terme de comparaison très inexact, et jusqu'à ce que l'on ait estimé au juste la force déployée par les ouvriers de chaque pays, on doit éviter de s'en servir. Nous n'en sommes qu'aux plus simples éléments de cette connaissance, et ce que nous en savons tendrait à nous faire présumer que la quantité absolue de force déployée par les ouvriers est en raison de la valeur réelle de leur subsistance. Or, la valeur vénale mesure assez bien cette valeur réelle dans le cas d'un commerce libre : d'où il suit qu'en partant de cette valeur vénale nous avons pris encore pour base de calcul le terme le plus près de la vérité.

Mais dans l'usage que l'on pourra faire de ces données, il ne faut jamais perdre de vue que l'on trouve rarement, dans l'application, des cas aussi simples que ceux que nous avons pris pour modèles ; que presque toujours plusieurs genres de culture se trouvent combinés ensemble, et que, pour opérer les déductions convenables, il faut d'abord faire l'analyse exacte du domaine que l'on veut juger, pour appliquer à chacune de ses parties les éléments que nous venons de trouver.

Enfin, nous avons considéré chaque système dans un état moyen, et on doit éviter d'en rien conclure de trop absolu pour ces pays, où l'agriculture n'est pratiquée qu'avec beaucoup de négligence : on pourrait quelquefois s'y tromper d'un quart et même de moitié. L'habitude de voir rectifiera, à cet égard, comme en tant d'autres choses, les données absolues que la théorie est forcée d'admettre, parce qu'elle n'est jamais dans

les sciences d'application que la peinture d'un état moyen qui n'existe nulle part, mais autour duquel oscillent, à de plus ou moins grandes distances, toutes les situations réelles.

§ II. — De l'intérêt du capital d'exploitation.

Toute entreprise de culture suppose l'avance d'un capital. Le simple cultivateur qui, armé de sa bêche, entreprend de mettre sa terre en valeur, doit posséder au moins sa subsistance assurée pendant le temps de ce travail, qui ne lui rapportera un produit qu'après un certain laps de temps. Le fermier doit avoir en avance la somme nécessaire pour payer sa subsistance, celle de sa famille, de ses ouvriers, et les avances du fermage, jusqu'à la vente de la prochaine récolte. Cette somme serait susceptible de lui rapporter un intérêt dans tout autre emploi, et c'est avec juste raison qu'il doit ne pas en être privé quand il l'avance sur des travaux agricoles qu'il n'entreprendrait pas s'il n'y trouvait un avantage au moins égal à celui de tous les autres emplois qu'il pourrait faire de son capital.

Le fermier peut prétendre à cet intérêt ou cette rente de son capital, parce qu'il ne fait en cela que ce que fait aussi le paysan qui cultive son champ, et qui préférerait offrir son travail pour cultiver celui des autres, s'il ne trouvait pas un avantage quelconque à user ainsi des avances qu'il a faites, et qui le mettent en état d'attendre jusqu'à la récolte suivante la rentrée de son salaire, grossi d'un certain intérêt qu'il voit en perspective.

Dans tout ce que les auteurs d'économie et d'agriculture ont écrit sur ce sujet, même dans l'ouvrage de Thaër, on a confondu ici, sous le titre de rente ou d'intérêt, deux éléments extrêmement distincts. Le premier est la prime d'assurance pour le paiement du capital au terme fixé; le second est l'in-

térêt lui-même, qui représente seulement le dédommagement que l'on offre au prêteur pour la non-jouissance de ce capital. Dans les placements très solides, faits à court terme, et où, par conséquent, les chances de non-solvabilité sont presque nulles, la prime d'assurance peut être regardée comme très petite et même inappréciable; le taux de l'intérêt donne alors réellement la véritable mesure de ce dédommagement. Il varie beaucoup selon les époques et les emplois plus ou moins profitables que les emprunteurs peuvent faire des fonds; mais il est toujours facile d'en connaître le taux dans chaque pays en particulier.

Quant à la prime d'assurance, ce n'est autre chose, dans notre cas, qu'une certaine somme que le fermier doit économiser chaque année sur les produits, pour pourvoir aux remplacements des pertes de son capital circulant et de cheptel, de manière à ce qu'à la fin du bail il ait la certitude de se retrouver dans la position où il était en commençant. Sa fixation dépend donc d'une juste estimation des risques que peuvent courir ces capitaux. Essayons de nous en former quelque idée.

Le capital destiné aux travaux est perdu pour le fermier quand il ne recueille pas, outre le prix de son fermage, un produit égal à ses frais. Après la récolte, la terre se trouve dans l'état où elle était avant les cultures, et tout est à refaire; il faut un nouveau capital pareil pour préparer la terre à une autre récolte.

Mais si, au lieu d'une simple culture annuelle de blé avec jachère, nous parlions d'une culture plus soignée, de celle avec fourrages, par exemple, nous verrions que les risques diminuent, parce que la culture qui a été perdue pour les grains peut profiter aux fourrages semés avec eux; s'il était question de la culture soignée des plantes de commerce, nous trouverions que, le travail n'étant que la plus petite partie des frais et les engrais restant dans le sol, la perte n'est jamais to-

tales : on voit combien les circonstances diverses mettent de différence dans les risques que court le capital de culture. Les chances fatales se réunissent en plus grand nombre sur la culture la plus pauvre, tandis que la plus riche en est presque à l'abri. Nous ne pouvons donc pas attribuer une même prime d'assurance à ces différents capitaux, quoique réunis sous une même dénomination.

Mais ce n'est pas tout encore, et en prenant pour exemple les fermiers de la culture avec jachère, on verra que, selon les climats, les chances sont très différentes. Dans tel pays, une récolte moyenne est presque assurée ; dans tel autre, on est fréquemment exposé à une perte totale de récolte. Ceci est alors une question de localité, et comme l'attention n'a pas encore été appelée sur cette matière importante, il n'existe aucun travail qui puisse l'éclaircir dans les différents pays.

Il n'est guère possible d'avoir des données exactes sur les risques que courent les récoltes d'un pays, sans posséder des relevés de l'état annuel des récoltes depuis une longue suite d'années : car on voit souvent des séries assez prolongées de bonnes ou de mauvaises récoltes, et l'on ne peut se faire une idée des chances moyennes qu'en réunissant au moins les détails des récoltes de vingt années. Quand on peut avoir des renseignements positifs, il faut regarder comme une perte totale des frais de culture toutes les récoltes qui ne s'élèvent pas à quatre hectolitres de blé par hectare dans les bonnes terres, à trois dans les moyennes, et à deux dans les mauvaises. Cette quantité ne représente en général que la rente, dans l'état actuel des choses en France. C'est d'après ce procédé que nous avons trouvé que, dans le sud-est de la France, la perte du capital de culture avait lieu en moyenne tous les six à sept ans, et que par conséquent la prime d'assurance des fonds devait se porter dans ce pays à 16 p. 100 des frais pour les terres cultivées avec jachère. Je ne doute pas que dans le nord et

l'ouest, moins exposés à ces sécheresses redoutables du sud-est, cette déduction ne doit être beaucoup moindre ; en Allemagne, Thaër ne l'estime qu'à 8 p. 100, puisqu'il porte à 12 l'intérêt total du capital circulant, auquel il réunit la prime d'assurance.

Le capital employé en achats d'engrais est beaucoup moins exposé que celui des cultures, soit qu'on l'emploie en cultures variées qui se succèdent rapidement, et dont la seconde culture profite de l'excédant d'engrais non consommé par la première, soit qu'on le destine à des cultures d'une longue durée, à la garance ou à la luzerne, qui, ayant plusieurs années de végétation, font, dans une année favorable, des progrès qui dédommagent des pertes de l'année précédente ; on peut dire que l'argent employé en engrais est de tous les capitaux le moins compromis.

Cependant on peut encore estimer les risques qu'il peut courir dans un assolement donné. Pour que le capital entier destiné aux engrais fût perdu, il faudrait supposer que, pendant la durée de l'activité de l'engrais, toutes les récoltes que l'on aurait tentées sur le sol qui l'a reçu auraient manqué. Cette durée est en rapport avec la perméabilité du sol, qui permet aux eaux pluviales de l'entraîner dans les couches inférieures, à mesure que ses parties deviennent solubles, et cette même disposition du sol favorise sa décomposition. Le temps nécessaire pour cet effet est très bien connu des cultivateurs dans chaque pays. Supposons donc qu'au bout de quatre ans, tous les effets du fumier aient disparu, il y aurait une déperdition d'un quart environ chaque année ; mais la chance de non-réussite des deux récoltes de blé que l'on fait en quatre ans est très petite, et au plus d'un vingt-quatrième dans les pays qui ont un non-succès tous les six à sept ans : ainsi, dans les cas les plus défavorables, on ne pourrait pas accorder une assurance de plus de 4 p. 100 à ce capital.

La partie du cheptel destinée à acheter du bétail de rente peut être employée de plusieurs manières, ou à l'achat de vaches et de brebis, ou à l'achat de bœufs et moutons à l'engrais. Les premières fournissent chaque année leur propre remplacement, les seconds doivent représenter dans leur prix de vente la valeur de l'achat et celle des denrées qu'ils consomment. Dans l'un et l'autre cas, on doit imputer au capital les chances de mortalité qui menacent chaque espèce de ces animaux : elles varient selon les pays. Quand une contrée est affligée du mal de sang (gastro-enteritis charbonneux), on voit périr quelquefois des troupeaux entiers en une année, et alors on peut regarder la spéculation comme très mauvaise. Dans les situations saines, on laisse peu mourir de vaches et de brebis dans une ferme, on les vend et on les remplace quand elles avancent en âge ; mais il y a une dégradation annuelle dans leur prix, que l'on peut estimer à un douzième tout au plus : c'est donc 8 p. 100 d'assurance à passer à ce capital ; et quant aux bêtes à l'engrais, comme on choisit des bêtes en santé, que leur régime est très bon, et que d'ailleurs elles passent peu de temps sur la ferme, on ne peut guère en estimer l'assurance qu'à un vingt-cinquième ou 4 p. 100.

Quant aux bêtes de travail, les lois de mortalité varient aussi selon leur âge et leur espèce ; mais en général l'expérience nous apprend qu'il suffit de les renouveler par douzième, et que ce que l'on retire des vieux animaux couvre la perte de ceux qui meurent avant cette époque.

On ne peut faire aucune exception pour les juments poulinières, en raison des élèves qu'elles peuvent produire, parce que l'on tire moins de travail de ces animaux pendant l'allaitement, et que cette perte compense et au delà le bénéfice que l'on pourrait faire sur les poulains. Et quant aux veaux, il est bien prouvé que le lait qu'ils ont consommé est plus que l'équivalent de leur valeur à l'époque du sevrage.

L'entretien des charrues et harnais se porte de 20 à 25 fr. par bête d'attelage, plus ou moins, selon que le terrain est plus ou moins caillouteux. Les cailloux parsemés dans le sol usent avec rapidité le fer des socs. La fréquence des charrois rend aussi le renouvellement des chariots plus onéreux; mais si l'on ne fait que ceux qui sont nécessaires à une ferme, on peut en porter la dépense à un huitième des frais d'établissement, ou à environ 15 fr. par tête d'attelage. Ainsi, en comptant en bloc huit pour cent d'assurance pour le capital de cheptel, nous sommes évidemment au-dessus de la proportion requise; et quand on voudra atteindre à plus d'exactitude, on distinguera dans le cheptel ces différents emplois, et l'on attribuera à chacun d'eux le taux d'assurance convenable.

Ce que nous venons de dire prouve à l'évidence que les déductions à faire pour assurance du capital sont d'autant plus fortes que la culture sera plus mauvaise: en effet, dans une bonne culture, le capital est employé principalement en engrais, dont l'assurance est de 4 p. 100, ou en cheptel, où elle est de 8 p. 100; dans les terres avec jachère, il est employé en bêtes de travail, dont l'intérêt est à 8 p. 100; en instruments, où il est de 12 p. 100, et en travaux annuels, qui coûtent jusqu'à 16 p. 100 d'assurance.

Tels sont les tristes effets de la pauvreté volontaire à laquelle se condamnent tant de terrains susceptibles d'acquérir une plus grande valeur.

§ III. — Profit du fermier.

Le profit du fermier est partout un secret, peut-être pour lui-même; car il est bien peu d'hommes de cette classe qui sachent, au moyen d'une bonne comptabilité, se rendre un compte exact des résultats de leur culture.

Ce que quelques-uns appellent profit n'est pas autre chose

que le salaire de leur propre travail et de celui de leur famille; ce que d'autres entendent par ce nom, c'est le bénéfice des bonnes années, que l'on n'a pas balancé avec les pertes des mauvaises. Dans la plupart de nos provinces, le profit réel, celui qui reste après le paiement du fermage, des travaux, et le solde de l'intérêt du capital, est presque nul; je n'en veux pour preuve que l'état stationnaire de la plupart des familles de nos fermiers; mais dans d'autres pays, il peut être porté en ligne de compte, et c'est principalement dans ceux à grandes fermes, où la concurrence des fermiers étant moindre, il n'y a pas autant de chaleur dans les enchères, et où les agriculteurs, recevant une éducation plus soignée, parce qu'ils sont possesseurs de capitaux plus forts qu'ailleurs, savent mieux calculer leur position.

Nous avons eu l'occasion de faire le compte d'un fermier qui prospérait, et son profit moyen n'était pas au delà du dixième de son capital. Je n'oserais pas dire qu'en comprenant dans ce calcul les mauvaises années qui viennent de passer, il lui restât beaucoup des bénéfices des quinze années précédentes; mais certainement, en tout comptant, il n'a pas doublé son capital en vingt ans.

Les exemples que l'on citerait et qui paraîtraient contraires à notre opinion ne seraient guère pris que de domaines loués depuis longues années, à un bas prix, et par des propriétaires négligents, qui n'ont pas suivi les variations du cours des fermages, et jamais, nous osons l'assurer, sur des fermes exposées à la concurrence.

Nous savons qu'avec de l'activité, un bon système, un long bail, un domaine très étendu, il est possible de porter le profit plus haut; mais ce n'est pas ce cas qui se présente généralement; et ici il faut parler des réalités. Nous pensons donc que l'on sera beaucoup au-dessus de la vérité dans les pays que nous connaissons, en portant les profits aux taux ci-après.

	Du capital total de l'exploitation.
Pour les domaines de 100 hectares et au-dessus. . .	10 p. 10
de 50 à 100.	8
de 25 à 50.	6
de 10 à 25.	5
de 1 à 10.	3

Ceci est une de nos inconnues, que nous ne pouvons déterminer que par une espèce d'empirisme et de tâtonnement.

Au reste, pour ne pas s'en tenir à ce que nous avons pu observer dans un pays où les fermages sont assez élevés et les grandes fermes rares, il est nécessaire de répéter ces observations, et de s'informer, par exemple, de la situation ancienne et des progrès de la richesse de plusieurs familles de fermiers des environs. On pourra mieux juger ainsi de leurs profits quand on connaîtra les accroissements de leur fortune et le temps qu'ils ont mis à les réaliser, et que l'on aura retranché de ces accroissements les intérêts annuels des capitaux. Toutes ces opérations sont délicates, et le hasard seul, ou la bonne foi de quelques fermiers, peut en apprendre quelquefois à cet égard plus que des recherches pénibles et toujours un peu douteuses.

SECTION V. — *Évaluation du fermage.*

Tous les éléments nécessaires pour résoudre la question que nous nous étions proposée étant maintenant rassemblés, il ne s'agit plus que de montrer la manière de les mettre en œuvre, et c'est ce que nous allons faire, en employant les différentes méthodes indiquées dans les articles qui vont suivre.

§ 1^{er}. — Ferme à cultures industrielles.

Nous avons vu que, dans ce genre de ferme, la variété des produits ne nous permet pas d'adopter la marche d'une éva-

luation détaillée. En effet, quand même nous parviendrions à obtenir le total des produits bruts, il serait très difficile d'apprécier leur valeur moyenne pour les réduire à la mesure commune du numéraire : cette méthode donnerait lieu à de graves erreurs. C'est donc par le montant des impositions et par la comparaison des fermages à ceux des fermes environnantes que l'on doit opérer.

1° Supposons un domaine situé près de Lille (Nord), composé de 25 hectares 50 ares de terres labourables : il paie 433 fr. 50 c. d'impositions directes, qui sont en général dans le canton le cinquième du fermage, ce qui nous donne 2,167 fr. 50 c. pour prix de ce fermage.

2° Ce domaine peut être comparé à deux autres domaines, qui sont approximativement de la même étendue et de la même valeur ; le second est plus rapproché, le troisième plus éloigné du marché que le premier. Celui-ci peut envoyer au marché quatre fois dans une journée ; son prix de location est de 100 fr. par hectare y compris le pot de vin, du neuvième, ce qui fait, pour 25 hect. 5, un fermage de 2,550 fr.

Le second ne peut envoyer au marché que deux fois en un jour ; les frais de transport sont donc doublés. On fait, dans le premier domaine, 30 journées de charroi à deux chevaux, valant 10 fr. (ci 300 fr.) ; c'est donc la moitié de la valeur des transports du domaine à retrancher de son fermage ; et en supposant que leur nombre soit le même que dans le domaine de comparaison, ces transports reviendront à 600 fr., dont la moitié (300 fr.), déduite de 2,550 fr., nous donne 2,250 francs pour le prix de ferme que nous pouvons demander.

Le troisième domaine de comparaison ne fait qu'un voyage par jour ; son prix de ferme est de 75 fr. l'hectare ; ce qui fait, pour les 25 hect., 50 ares, un fermage de 1,912 fr. ; mais les frais de transport sont quadruples de ceux de la première

ferme de comparaison . ils valent ici 1,200 fr.; en supposant que le nombre de ces transports soit aussi de cent vingt voyages, ils sont le double de ceux du domaine que nous lui comparons; c'est donc 600 fr. à ajouter à son prix de location, ce qui nous donne 2,512 fr. 50 c.

Ainsi, par la première comparaison, nous avons.	2,250 fr.	» c.
Pour la deuxième	2,512	50
Total.	4,762	50

Prix moyen, 2,381 fr. 25 c.

En opérant ainsi sur des bases différentes, on trouvera souvent des écarts dans les résultats, et nous n'avons pas voulu les dissimuler dans notre calcul : ils viennent de ce que telle ou telle base est trop élevée; de ce que, par exemple, le fermier de la troisième ferme de comparaison paie trop cher son fermage, en raison de l'excessive quantité de charrois dont il est chargé et proportionnellement au premier, qui paie trop bon marché. En général, en agriculture, on doit soupçonner que plus on part d'une position défavorable, et plus le résultat comparatif que l'on obtient est en excès. Les terres les plus chères sont toujours celles où le fermier fait le mieux ses affaires.

Quoique le nombre des moyens que nous avons ici pour estimer les fermages soit borné, il faut convenir que, dans cette situation agricole, ils sont beaucoup plus sûrs. Dans ces petites fermes à industrie, dans ces pays où les hommes croissent en masses aussi serrées que les légumes de leurs champs, la concurrence est ordinairement très grande et éclaire parfaitement le propriétaire : il suffit donc d'avoir un point de départ quelconque pour être assuré que l'on louera sa ferme à sa véritable valeur.

§ II. — Estimation d'une ferme soumise à la jachère à Provins (Seine-et-Marne).

Les données de cette estimation nous ont été fournies par le

procès-verbal d'une séance publique de la Société d'agriculture de Provins; on y trouve des détails intéressants sur la culture d'un pays qui peut servir de type à une vaste contrée qui avoisine Paris. Cette circonstance nous l'a fait choisir entre plusieurs autres localités, pour lesquelles nous avons des renseignements qui nous étaient propres. D'ailleurs, les documents ne manquent pas pour ce genre d'exploitation, mais ils ne peuvent pas tous être employés sans précaution. Plusieurs auteurs, en nous les donnant, ont eu pour but de faire valoir de nouvelles méthodes de culture, et ont présenté leurs résultats d'une manière trop défavorable à l'ancienne; d'autres ont rendu compte de leurs résultats sans avoir une idée nette des éléments qui devaient les former. Nous nous en tenons donc à l'exemple que nous allons développer.

ESTIMATION DU FERMAGE DU DOMAINE DE CHAMPCENETZ

(canton de Villiers-Saint-Georges, arrondissement de Provins).

Cette ferme est composée de 216 hectares de terre labourable et de 10 hectares de prés, qui sont consommés par les bestiaux de la ferme.

1. Evaluation par les impositions.

Mille francs d'imposition, qui sont, dans le pays, un sixième environ du produit net ou fermage. 6,000 fr.

2. Evaluation par la comparaison.

Ici les données nous manquent entièrement.

3. Evaluation des produits.

1^o Saison des blés froments, 72 hectares, qui produisent 152 décalitres, donnant pour la totalité 1094^{hectol.}, 4, qui, à 15 fr., prix moyen des trois dernières années, donnent. 16,416 f.

2^o Saison d'avoine de mars, 72 hectolitres, qui produisent 729^{hectol.}, 6 de grains, à 6 fr. 25 c. 4,560

Quatre cent cinquante moutons, donnant pour leur tonte 450 kilogr. de laine, à 4 fr. le kilogr. 1,800

Cinquante moutons et brebis de réforme. 600

Quinze vaches et un taureau produisant, outre leur recrutement, dix veaux de vente à 35 fr. 350

A reporter. 23,726

	<i>Report.</i>	23,726 f.
Quinze vaches produisant, par une formule usitée dans le pays, du lait et du beurre pour.		1,000
Deux vaches de réforme.		240
Vingt cochons de lait.		200
Quatre porcs.		360
Basse-cour.		200
		25,726

DÉDUCTION.

PREMIER CHAPITRE.

Grains pour semence, 2 ^{hectol.} , 8 par hectare, ci : 201 ^h , 60,	
à 15 fr.	3,024
Semence de mars, 172 ^{hectol.} , 8 d'avoine.	1,080
	4,104

DEUXIÈME CHAPITRE.

Frais de culture.

Un premier charretier	300 f.	}	1,710
Deuxième charretier	250		
Troisième charretier.	200		
Un berger	250		
Première et deuxième servantes.	200		
Quatrième charretier.	150		
Deux garçons de ferme	160		
Deux filles de laiterie.	200		
(Ces cinq derniers sont les enfants du fermier.)			

NOTA. La moyenne du salaire des valets est de 225 fr.; le prix des journées de travail, dans le pays, est de 1 fr. 50 c., qui, multipliés par 280, nombre des jours occupés dans l'année, donnent 420 fr.; d'où il résulterait que la nourriture vaudrait 195 fr., ce qui, multiplié par 16, nombre de personnes de la ferme, compris le fermier et sa femme, donnerait 3,120 fr. L'auteur de cette notice ne porte cette nourriture qu'à 1,800 fr., attendu, dit-il, qu'une portion en est prise sur la ferme et n'est pas portée en recette : c'est ainsi, sans doute, qu'il faut opérer quand on ne compte pas tout dans les produits, mais qu'on ne fait état que de ce qu'on vend. Nous observons donc qu'on ne doit plus compter ici que le blé, le sel et le vin consommés : ainsi

Ouvriers auxiliaires, pour récolte.	2,600
	1,800
<i>A reporter.</i>	6,110

TENTAT. POUR APPRÉC. LA VALEUR DES TERRAINS. 371

	<i>Report.</i>	6,110 f.
Entretien de la ferme et soins pour dix chevaux.		200
Avoine et grains pour la nourriture.		3,580
Fauchage des prés		119
		10,009

NOTA. Le montant de ces deux chapitres est de 14,113 fr. Si on s'était servi de la formule indiquée pour les terres en jachère de première qualité, on aurait trouvé 65 fr. $\times$ 216 hect. = 13,650 fr.

TROISIÈME CHAPITRE.

Intérêts du capital.

1° Assurance des frais de culture à 8 p. 100, plus intérêts à 4 p. 100, ci : 12 p. 100. 1,685 f. 80 c.

2° Intérêts et assurance du capital de cheptel, 12 p. 100 valant pour :

Instruments.	2,000 f.	} 14,900 fr.	1,788 "
Bêtes de travail.	3,500		
Meubles, semences, etc.	2,000		
Bêtes de vente.	7,400		
			3,473 80

QUATRIÈME CHAPITRE.

Profit du fermier sur 26,924 fr. de capitaux, au 10 p. 100.	2,901 30
---	----------

RÉCAPITULATION.

DOIT.

Le fermier doit pour récoltes.	25,726 "
Pour loyer de bâtiments sur un revenu de, savoir :	
Pour intérêts.	3,473 f. 80 c. }
Pour profit	2,901 30 }
dont le douzième est de.	531 25
	26,257 25

AVOIR.

Le fermier doit retirer pour remboursement de son capital circulant.	14,113 f. " c. }	
Pour intérêts du cheptel et assurance des frais de culture.	3,473 80 }	20,488 10
Pour profit.	2,901 30 }	
Reste pour solde de fermage au propriétaire.		5,769 15
Somme égale.		26,257 25

L'auteur du mémoire ne portait le fermage qu'à 5,228 fr.; mais il faisait un double emploi de 1,080 fr., car, après avoir compté cette somme pour semence de mars, il la comptait une seconde fois dans le total, et ces 1,080 fr., ajoutés aux 5,228 fr., donnaient 6,308 fr., terme qui s'élève au-dessus du nôtre.

La différence, s'il en existe réellement, doit consister dans ce que les risques du capital de culture sont moins grands que nous ne les avons évalués, ou que les profits du fermier sont moindres.

Quoi qu'il en soit, nous n'avons prétendu ici que tracer un modèle de la manière d'opérer pour fixer le produit net; c'est à ceux qui s'en serviront à se rendre très circonspects dans le choix des éléments de leur calcul.

En Allemagne et ailleurs on a abusé de la méthode historique en cherchant à substituer de simples formules aux faits que l'on peut recueillir; c'est ce qu'a fait en particulier Kreyssig dont le système est décrit dans le quatrième volume de la *Maison rustique du XIX^e siècle*. Nous n'avons pas besoin de dire que ces formules sont basées sur un certain ordre de cultures, sur des faits spéciaux à une contrée, et qui ne peuvent se reproduire avec exactitude ailleurs. Tout en reconnaissant l'utilité de pareils travaux pour le pays à l'usage duquel ils sont faits, nous ne pouvons en recommander l'usage ailleurs, et l'on agira prudemment en employant de préférence la méthode historique qui est toujours la plus sûre toutes les fois que l'on pourra obtenir les renseignements qu'elle exige. Il y a cependant quelque chose de plus à désirer dans l'intérêt de la science; c'est une théorie qui embrasse et discute tous les éléments de ces calculs, et permette de les appliquer à toutes les situations, en se servant de l'observation des faits actuels et sans se préoccuper du passé. Nous allons tracer l'ébauche d'une pareille méthode dans la partie qui va suivre.

SEPTIÈME PARTIE.

DÉTERMINATION DE LA VALEUR RELATIVE DES TERRAINS.

Nous avons beaucoup hésité avant de livrer au public cette partie de notre travail ; l'exposition des principes de l'agrologie, celle des travaux auxquels elle avait donné lieu, était terminée, et nous pensions nous arrêter, sans crainte d'être accusé d'avoir laissé cette tâche incomplète ; si nous nous sommes décidé à poursuivre, c'est dans le seul but de provoquer des recherches dans cette direction. Nous ne doutons pas qu'on ne parvienne à fonder une méthode sur des faits inébranlables quand l'on s'en occupera avec suite ; c'est elle seule qui couronnera l'édifice de l'agrologie. Les recherches physiques et chimiques que nous transmet cette science sont sans doute d'une grande valeur pour éclairer les faits de la culture ; nous nous en apercevons à chaque page de ce travail, mais elle ne résout pas le problème fondamental que nous avons posé au début ; elle ne nous éclaire pas sur la valeur relative des terres. A cet égard, nous sommes encore livrés à l'empirisme de la méthode historique, qui se sert d'autres moyens que ceux qui seraient tirés de l'agrologie elle-même, qui n'a rien de scientifique et qui se borne à dire : si vous voulez savoir la valeur d'un terrain, demandez-le à ceux qui le savent. Voilà les motifs qui nous ont décidé à risquer nos faibles essais, tout en prévenant que les chiffres qu'ils contiennent ne sont la plupart que des approximations plus ou moins exactes, que nous nous empresserons de remplacer par ceux que nous fournira une

expérience plus avancée. C'est sous le bénéfice de ces réserves que nous allons entrer en matière.

TYPE IDÉAL D'UNE TERRE PARFAITE.

Que devons-nous entendre par ces mots : *terre parfaite* ? Selon nous, c'est celle où les plantes, trouvant un ferme appui, soustraites aux alternatives de sécheresse et d'humidité, conservant constamment la quantité d'eau nécessaire à leur végétation, et pas au delà, rencontrent tous les éléments de nutrition qu'elles doivent trouver dans le sol ; c'est en outre celle qui, par son exposition et ses abris, est soustraite autant que possible au froid de l'hiver, seule modification atmosphérique qu'il nous soit impossible de conjurer sans des moyens artificiels coûteux ; enfin c'est celle qui, à ces qualités, joint une faible tenacité, et qui, par conséquent, peut se cultiver aux moindres frais possibles.

Les botanistes préparent du mieux qu'ils peuvent cette terre parfaite dans leurs serres ; avec des terres mélangées, de l'engrais, des arrosements, de la lumière, de la chaleur, ils procurent aux plantes un développement qui surpasse quelquefois celui de leur pays natal ; mais les agriculteurs ne peuvent approcher de cette perfection presque absolue que pour un certain nombre de ces conditions ; ils ne peuvent ni modifier parfaitement la température de l'atmosphère, ni augmenter la quantité de lumière solaire. Sous ce rapport, la perfection des terres est toujours relative au climat où elles sont situées, et nous en étudierons plus tard les influences ; mais ils peuvent presque partout se procurer de l'eau pour la distribuer aux plantes, selon les différentes saisons ; la seule question qui puisse les arrêter est celle de la dépense. Ainsi, pour nous, l'idéal d'une terre parfaite ne se sépare pas de la possibilité de l'irrigation.

En second lieu, il faut que l'eau surabondante puisse descendre au-dessous des racines, pour que celles-ci ne macèrent pas dans cette eau croupissante, si elle était retenue par un sous-sol imperméable. L'idée d'une terre parfaite s'unit donc encore pour nous à celle d'un terrain profond. Toutes les autres qualités que nous avons assignées à un sol parfait sont secondaires et relatives à des circonstances particulières que nous examinerons plus loin.

Après ces terres parfaites, qui possèdent, dans un climat sans hiver rigoureux, une fraîcheur toujours proportionnée aux besoins des plantes, viennent en seconde ligne les terres naturellement fraîches, c'est-à-dire celles qui, par le bénéfice du climat ou de la position du réservoir inférieur des eaux, ont en moyenne, pendant la sécheresse, 0^m,10 au moins de leur poids d'eau à 0^m,30 de profondeur, et jamais plus de 0^m,23 en hiver. Mais quand on parle d'un état moyen, on suppose qu'il est constitué par des oscillations entre un maximum et un minimum. Les terres naturellement fraîches sont quelquefois, selon les années, des terres sèches et des terres humides; elles s'éloignent donc toujours plus ou moins du degré de perfection qu'un agriculteur habile sait entretenir par le moyen des irrigations.

Viennent enfin les terres sèches et les terres humides, qui sont encore plus éloignées de notre idéal, et qui, malheureusement, constituent la plus grande masse des terrains. Ce sont ces trois divisions qu'il nous faut parcourir.

CHAPITRE I^{er}.

Qualités des terres arrosées.

Dans les climats chauds et secs, les terres qui jouissent des bienfaits de l'irrigation ont des avantages immenses et bien

appréciés des peuples du midi, si l'on en juge par les sacrifices qu'ils ont faits en tous temps pour se les procurer. Les débris de la canalisation souterraine de la Perse, les traces des canaux de la Mésopotamie et de l'Égypte, le système de conduite des eaux sur la côte orientale de l'Espagne, dans le Milanais, dans la Provence, à la Chine, en sont d'éclatants témoignages. Soleil, plus humidité, égale végétation; c'est par cette expression que M. Aug. de Gasparin a résumé ces avantages dans deux petits ouvrages où l'on trouve les faits appréciés dans un style plein de mouvement¹.

Les terres arrosées produisent seules d'une manière certaine, dans ces pays, les fourrages nécessaires aux bestiaux; seules elles bravent les retours de sécheresse qui y rendent les récoltes de foin si chanceuses, même dans les terres fraîches, et qui arrêtent les progrès de l'agriculteur incertain sur la reproduction des engrais. Le haut prix auquel ces circonstances y maintiennent le fourrage constitue par contre-coup l'élévation de celui des terres arrosées.

En second lieu, les récoltes de la fin du printemps sont soustraites aux dangers de la sécheresse. Un printemps sec détruit les espérances que l'on fondait sur les céréales elles-mêmes. Le pouvoir de l'irrigation les ranime, et si les terres sont maintenues en bon état d'engrais, on s'assure des récoltes constamment abondantes.

Immédiatement après la moisson, une irrigation met la terre en état d'être travaillée et ensemencée, et cette seconde récolte de millet, de pommes de terre, de haricots, etc., a souvent une valeur qui approche de celle de la récolte principale.

Enfin, quand des récoltes-racines sont en terre au commencement de l'automne et que la sécheresse de la terre empêche de les en extraire sans des dépenses énormes, une irrigation ameublir la terre et permet de faire les travaux avec des frais

(1) *Des machines. Du plan incliné.* A la Librairie agricole.

réduits de plus de moitié. Les cultivateurs de garance connaissent bien cette propriété des irrigations ; ils donnent un prix de faveur pour les terres qui en jouissent et qui, à l'avantage de l'économie de main-d'œuvre, joignent celui de pouvoir envoyer les premières leurs produits sur le marché.

Toutes ces considérations donnent une grande valeur aux terres arrosées, dans toutes les régions méridionales du globe ; mais devraient-elles être sans effet hors de cette ligne que nous avons tracée¹, et qui sépare les pays à pluies d'automne des pays à pluies d'été ? Pour être souvent favorisées par les saisons, ces contrées du nord de l'Europe n'ont-elles pas souvent appris par de funestes expériences le prix de l'irrigation ? Nous croyons pouvoir affirmer, sans crainte d'être démenti, que, pour toutes les terres sèches de toutes les régions de l'Europe, elle est d'une nécessité indispensable quand on veut y faire une agriculture régulière, et que la recherche des moyens de disposer des cours d'eau en faveur de la terre est au nombre des devoirs les plus importants du gouvernement et des besoins les plus urgents des peuples.

SECTION I^{re}. — *Caractères qui font la perfection des terres arrosées.*

De l'eau à discrétion et à bon marché, c'est là le premier et le principal caractère qui met de la différence entre les terres complètement ou incomplètement arrosées ; car l'eau peut être assez rare et distribuée à des intervalles de temps tels que les principaux avantages de l'irrigation seraient fort affaiblis. On doit donc faire entrer d'abord l'abondance de l'eau dans la considération de la valeur d'une terre arrosée. L'eau peut-elle être prise à volonté, soit pour le temps, soit pour la quantité ;

(1) Des climats par rapport aux pluies ; *Bibliothèque universelle de Genève*, 1829, et dans le second volume de cet ouvrage.

la terre approche de la perfection, sauf les autres *desiderata*, dont nous parlerons plus loin. Alors la terre est, pour nous, dans cet état que M. Royer a appelé la période jardinière.

L'eau peut-elle être prise tous les huit jours au plus; la terre cesse de pouvoir porter une grande variété d'hortolages, il faut se réduire à une culture plus symétrique; mais pour le plus grand nombre des produits ruraux et dans la plupart des terrains, nous ne mettons pas de différence entre cet intervalle et la faculté illimitée.

Si l'intervalle s'accroît et si l'eau ne s'obtient plus que tous les quinze jours, il y a beaucoup de terrains qui peuvent souffrir; ceux qui sont fortement siliceux sont de ce nombre.

Le prix d'achat de l'eau entre comme second élément dans l'appréciation du terrain. Si l'eau vient d'une source abondante dont on soit possesseur, elle ne coûte que le travail des hommes chargés de la diriger; si elle vient d'un canal creusé par le propriétaire, elle coûte en outre les intérêts de la construction et l'entretien du canal; si on la prend dans un canal appartenant à autrui, et qui en vende les droits de jouissance, elle peut avoir une valeur assez variée. Celle que l'on obtient par le moyen des machines mues par la force des animaux est beaucoup plus chère, et ne peut servir utilement que pour les cultures jardinières qui n'exigent que peu d'eau, ou pour celle des jardins; mais quand on a de vastes terrains à arroser, et que l'on dispose d'une masse d'eau considérable, on l'obtient à un prix beaucoup inférieur par le moyen de la pompe à vapeur, pourvu que le réservoir de l'eau ne soit pas trop profond et le charbon trop cher.

Le calcul de l'eau nécessaire à l'irrigation est modifié par la nature du sol que l'on doit arroser, et qui exige des irrigations plus ou moins répétées. C'est ici qu'entre comme élément la composition des terrains.

SECTION II. — *Des effets de la composition du terrain sur la valeur des terres arrosées.*

La succession rapide de récoltes que l'on exige des terres arrosées indique que l'on doit peu compter sur les seuls matériaux nutritifs qu'elles possèdent, et que ce n'est que par une succession continuelle de nouveaux engrais que l'on peut en espérer des produits, à moins que l'irrigation n'ait lieu au moyen d'eaux chargées de principes fécondants qui équivalent à des engrais. Comparée aux doses d'éléments de fertilité que ces engrais apportent, la fertilité naturelle des terrains disparaît, et peut être éliminée du calcul, si ce n'est pour les gazons perennes des prairies, qui gardent en réserve une provision considérable d'azote, mais qui ne reparait que quand on défriche la prairie. Il ne reste plus d'autre différence entre les terres arrosées que celle de leur tenacité et de leur dessèchement plus ou moins rapide.

La tenacité de la terre peut toutefois être modifiée quant à son action sur les instruments de culture, par une irrigation faite quelques jours avant les labours; mais quand la terre est trop abondante en argile, sa plasticité la rend plus adhérente aux outils, et force à attendre un dessèchement assez avancé pour la travailler. Il y a donc une limite, passé laquelle l'augmentation de l'argile dans le sol pourrait être préjudiciable; nous ne croyons pas qu'elle puisse dépasser sans inconvénient (24 à 30 d'argile); passé ce terme, le terrain est difficile à traiter, et il devient plus opportun de le laisser en prairie permanente, que d'y introduire des cultures annuelles.

La rapidité du dessèchement des terrains et la nécessité d'y renouveler fréquemment les irrigations méritent une attention plus particulière, et dépendent beaucoup aussi,

toutes les autres circonstances étant égales, de la composition du sol.

En observant l'effet des irrigations sur des terres de différente nature, on reconnaît que la cause principale de la rapidité de ce dessèchement est la quantité de sable siliceux et calcaire qu'elles contiennent. Cette quantité nous est donnée par la lévigation. Dans la Lombardie comme en Provence, il suffit d'arroser tous les quinze jours les prairies d'un terrain qui ne contient pas plus de 0,20 de sable (premier lot de la terre); quand il en contient 0,40, elles doivent être arrosées tous les huit ou dix jours, pendant les chaleurs de l'été; au delà de 0,60 elles devraient l'être tous les cinq jours, et quand la terre contient beaucoup d'oxyde de fer, est fortement colorée, et a 0,80 à 1,00 de sable, on ne pourrait se dispenser de l'arroser tous les trois jours; pour ces différentes terres et leur besoin relatif d'eau, nous trouvons une différence de 0,12 jours pour chaque centième de sable ajouté. Si l'on part de cette base, que nous croyons assez exacte pour les climats du midi de l'Europe, il sera toujours facile de calculer la valeur relative et les frais que coûtera chaque terrain pour son irrigation. Soit la rente d'un hectare de 300 fr., la valeur de l'eau 5 fr. les mille mètres cubes (arrosage d'un hectare); nous avons pour le midi de la France, où les arrosages commencent au 1^{er} avril et finissent le 3 septembre :

Pré permanent.	Avec 20 de sable.	40 de sable.	60 de sable.	80 de sable.
	Tous les 15 jours à 5 fr.	Tous les 11 jours.	Tous les 6 jours.	Tous les 3 jours.
Arrosage.	60	85	150	180
A retrancher de la rente.	300	300	300	300
Reste. . .	240	215	150	130

Ce qui nous donne la valeur relative de ces différents terrains arrosés; elle est descendue de moitié de 20 à 80 de sable.

Ces calculs devront être modifiés s'il y a un changement dans le prix de l'eau, ou dans le genre de culture ; ainsi, dans la culture de la luzerne, par exemple, il suffit d'une irrigation par mois ou à chaque coupe dans les terrains à 0,20 de sable ; il en faudrait une tous les vingt jours à 0,40 de sable ; une tous les 16 à 0,60, ou deux par coupe ; une tous les dix jours, ou 3 par coupe à 0,80. Nous ne posons donc ici que les bases approximatives de ce calcul. Il serait encore tout autre en changeant de climat. L'évaporation est très forte dans le département de Vaucluse, où ont été faites les observations agricoles sur lesquelles ces bases sont établies. La chaleur, mais surtout les vents, y dessèchent rapidement la terre. Il faudrait donc de nouvelles formules pour un autre climat, et dans celui qui serait plus humide, la valeur des terrains sablonneux décroîtrait moins rapidement.

SECTION III. — *Consommation des engrais dans les terres arrosées.*

Nous avons dit que nous comptions pour peu de chose l'état de fertilité où se trouvent momentanément les terrains arrosés. La rapide succession des cultures y crée des besoins qui ne peuvent être satisfaits que par des engrais abondants et réitérés, et si ces cultures sont bien dirigées, leurs produits marchent d'un pas égal avec l'engrais, et laissent toujours le terrain à peu près épuisé de principes azotés. Une irrigation trop abondante, faite avec imprudence et par submersion, entraîne même une partie de l'engrais sans profit pour le champ. Les habiles irrigateurs savent obvier à cet inconvénient ; nos paysans s'y laissent prendre trop souvent, ne croyant jamais saturer leur terrain d'assez d'eau. Mais une faute dans la pratique d'un bon procédé ne peut jamais infirmer en rien son excellence.

Ce qui est vrai pour les terres arrosées en culture annuelle doit être modifié quand il s'agit des prairies. Celles-ci forment, par les nombreuses racines qui composent leurs gazons, une espèce de tissu, dans lequel se dépose et se conserve un terreau riche en azote, qui, une fois parvenu à son maximum, reste dans un état à peu près stationnaire, jusqu'à ce que l'on défriche la prairie; alors il profite aux cultures qui lui succèdent. Mais tant que le pré dure, cette portion d'engrais reste latente, et l'on n'obtient de récolte de foin qu'à l'aide des quantités supplémentaires d'engrais qu'on y ajoute. Nous traiterons en détail de ce phénomène en parlant des prairies; dans ce moment nous dirons seulement que le gazon d'une prairie en bon état de production retient environ l'équivalent de 250,000 kilogr. de fumier par hectare. C'est donc le capital qu'il faudra ajouter à la valeur de la terre, quand on comparera un pré arrosé à un terrain arrosé et nu; quand on comparera deux prairies entre elles, on pourra en faire abstraction.

Les terrains arrosés et les prés eux-mêmes, une fois pourvus de leur avance d'engrais, sont donc une matière propre à transformer perpétuellement et rapidement l'engrais en denrée, sans laisser chômer ce précieux capital. Ce n'est donc pas sur l'azote que contient un tel terrain qui n'est pas en prairie qu'il faut le juger; cette quantité pourrait être surabondante sur un terrain inférieur dont on n'aurait pas exigé tous les produits, et après l'avoir épuisée on se trouverait en présence de ses seuls défauts.

Mais si les terrains arrosés consomment rapidement les principes azotés de l'engrais, il n'en est pas de même des principes charbonneux; ceux-ci se décomposent plus lentement, et quand on se sert de fumiers d'étable, de nouvelles doses de paille viennent s'ajouter sans cesse aux débris non encore consommés de la culture précédente. Aussi tous ces terrains bien

traités tendent-ils sans cesse à devenir plus légers et plus propres aux hortolages et aux cultures herbacées. Cet effet est sensible dans tous les terrains anciennement soumis aux irrigations et à une bonne culture ; la proportion du terreau y augmente, à moins que les eaux qui les arrosent ne soient chargées de dépôts terreux qui rétablissent l'équilibre. Les terres fortes profitent le plus de cet ameublissement, et leur valeur s'accroît avec les années ; un ancien jardin, une ancienne prairie dans des terrains de cette nature ont d'autant plus de prix qu'ils sont soumis depuis plus longtemps à cette riche culture.

CHAPITRE II.

Des terres fraîches.

Rappelons d'abord ce que nous entendons par *terre fraîche*, cette heureuse et rare combinaison de toutes les qualités du terrain qui ne permet pas qu'à trente centimètres de profondeur il ait jamais moins de 0,10 d'humidité dans les plus grandes sécheresses de l'été, ni plus de 0,23 dans la saison des pluies. S'il existait une terre qui réunit complètement ces qualités, elle aurait une valeur plus grande que les terres arrosées, puisque sans frais, sans peine, elle posséderait les propriétés que nous cherchons à leur donner par l'irrigation. Mais l'examen des conditions qui constituent une terre fraîche nous prouvera que ce que nous pouvons appeler de ce nom ne remplit pas toujours parfaitement l'idée que nous nous en sommes formée.

Comment une terre sera-t-elle fraîche ? Il faut qu'elle reçoive une quantité d'eau suffisante, qu'elle la laisse écouler avec facilité, que sa surface soit évaporante, son intérieur fil-

trant et cependant absorbant, de manière à ce que la profondeur se mette rapidement en communication avec la partie supérieure.

Quelle sera la source de l'humidité? ou un climat à pluies fréquentes et modérées, ou un réservoir d'eau placé à une petite profondeur sous un terrain doué de beaucoup de capillarité. Quelle sera la condition du prompt écoulement de l'eau reçue par la surface? un sol profond et filtrant. Celle du dessèchement de la surface? un terrain coloré et assez chargé de silice ou de sable calcaire. Reprenons une à une toutes ces conditions.

Si les terres sont fraîches par le bénéfice du climat, il faudra que les pluies soient tellement réparties, qu'elles se balancent sans cesse avec l'évaporation et l'écoulement des eaux. Cette condition se rencontre dans les parties occidentales, et souvent aussi dans l'intérieur de notre continent, dans les pays habituellement nébuleux et peu ventilés. Il y a des terres fraîches dans ceux de nos départements des côtes de l'Océan qui sont formés par les anciennes provinces de Bretagne, de Normandie, de Picardie et de Flandre; on en trouve surtout en Hollande, dans la Grande-Bretagne et aussi en Allemagne. En traitant de la météorologie agricole, nous établirons mieux encore ces conditions de climat.

Un réservoir des eaux à niveau constant ne peut dépendre des infiltrations des eaux pluviales sur un sous-sol imperméable. Ces sortes de nappes d'eau se dessèchent en été après avoir noyé les terres en hiver; il tient uniquement à l'existence de sources ou de rivières souterraines coulant à travers les cailloux, les graviers et les sables sur un lit imperméable. La terre qui est placée au-dessus s'humecte au contact de l'eau et de sa vapeur, et l'humidité gagne de proche en proche jusqu'à une hauteur déterminée par la nature du sol. Dans un terrain composé moitié de silice, moitié d'argile et de chaux, le résér-

voir des eaux étant à 2^m,50 de profondeur, le sol se maintient pendant la sécheresse de l'été à 0,10 d'humidité, et à 0^m,30 de profondeur, dans le midi de la France. Dans les terrains tourbeux, l'ascension de l'eau est encore plus forte; dans un terrain de silice pure, elle se fait sentir à peine à 0^m,30.

Si le terrain n'est arrosé que par les eaux de pluie, le degré de perméabilité du sol doit être proportionnel à la durée et à la fréquence de ce météore, pour que le terrain reste frais et ne devienne pas humide; mais comme un terrain n'est frais par la vertu du climat que dans un pays pluvieux, on conçoit que la perméabilité y est d'une grande importance; de même que la capillarité ou la force ascensionnelle est plus à rechercher quand la fraîcheur du sol dépend d'un réservoir inférieur d'eau. Aussi, les terres fraîches des pays secs sont-elles moins sili-
ceuses que celles des pays à pluies d'été.

La rapidité de l'évaporation de la terre est diminuée par les labours qui rompent la continuité de la surface et de l'intérieur; elle est diminuée aussi par la grosseur des particules de la terre qui empêche leur facile communication; ainsi, la surface d'un terrain sablonneux se dessèche avec rapidité, mais les couches inférieures perdent plus lentement leur humidité que si elles étaient composées de fines particules calcaires ou argileuses. La composition sablonneuse du terrain, qui est un obstacle à l'ascension de l'eau inférieure, s'oppose donc aussi à sa propre évaporation par la surface. Nous ferons sentir au reste, en passant, combien il importe aux cultivateurs de maintenir leur terrain en culture superficielle pendant les chaleurs de l'été pour qu'il ne perde pas de son humidité intérieure.

Nous avons vu que la coloration du sol accroissait prodigieusement l'absorption de la chaleur lumineuse, et par conséquent l'évaporation. Les terrains chargés de terreau attirent fortement l'humidité du réservoir inférieur, ou absorbent celle qu'ils ont reçue de l'atmosphère; mais, d'un autre côté, ils

évalorent considérablement par leur surface, au point qu'elle est quelquefois entièrement desséchée, tandis que l'on trouve la fraîcheur à 0^m,30 de profondeur. L'équilibre ne se rétablit pas assez promptement pour que les plantes à racines superficielles n'aient pas beaucoup à souffrir.

Pour obtenir une terre qui ait toutes les qualités des terres fraîches sans avoir celles des terres humides, il faut donc une coloration qui aide à l'évaporation, mais qui la maintienne en équilibre avec les proportions d'eau que la terre reçoit. Cette coloration doit être plus forte dans les climats pluvieux que dans les climats secs, et dans ceux-ci d'autant plus que le réservoir des eaux est plus près de la surface ; quand il est peu profond, certaines terres fraîches du midi, qui sont complètement blanches, deviendraient sèches si leur surface était colorée.

On sent assez que jusqu'ici nous n'avons pu donner que des indications. Les circonstances varient au gré de tant d'éléments divers qu'il y aurait de la témérité à vouloir les réduire en chiffres. C'est l'expérience seule, l'expérience qui, faisant une synthèse de tous ces éléments, pourra nous apprendre si telle terre est fraîche, et à quel degré elle l'est. On parvient à s'en rendre compte exactement si l'on peut consacrer plusieurs années à ces expériences, si l'on peut, pendant chacune de ces années, essayer la terre en hiver et en été. On peut aussi juger instantanément de l'humidité ou de la sécheresse en examinant la terre en hiver ou en été, et en comparant son état avec la qualité connue de la saison, qui passe pour humide ou pour sèche ; mais ces moyens sont rarement à la portée de ceux qui font de semblables recherches ; ordinairement ils veulent savoir immédiatement la nature du sol qu'ils cherchent à connaître ; la synthèse dont nous parlons ne peut alors être obtenue qu'au moyen de quelques observations : 1^o la luzerne réussit-elle dans la terre ? combien de coupes y fait-on ? quel est le produit comparé des différentes coupes ? celles des mois de

juillet et d'août ne sont-elles pas sujettes à manquer ou à donner de très faibles produits? Telles sont les données que l'on peut obtenir facilement dans les pays où cette excellente plante est cultivée. Son introduction dans la culture annonce un terrain qui n'est pas trop humide en hiver; le nombre de ses coupes, leur proportion, le manque de coupes d'été indiquent si la terre est sèche ou fraîche dans cette saison. Dans une terre fraîche, la somme de 600° de chaleur moyenne, depuis l'époque où la luzerne a été fauchée, amène de nouveau le terme de sa floraison; ainsi, dans notre midi, elle se coupe environ tous les mois jusqu'au moment où la température moyenne descend au-dessous de 13°; dans les terres sèches, la luzerne ne repousse pas immédiatement après la coupe si elle manque d'humidité; elle attend une pluie pour repousser; ainsi les coupes d'été sont plus retardées que celles de printemps et d'automne. Le nombre des coupes d'un terrain comparé à celui des coupes d'une terre arrosée est donc un très bon moyen pour juger de la sécheresse du sol que l'on examine. La proportion de fourrage obtenu par les différentes coupes n'est pas un moyen moins sûr. Dans les terres arrosées ou fraîches, toutes les coupes sont à peu près de la même quantité. Le rapport des coupes entre elles est donc un excellent indice du défaut d'humidité à l'époque où elles se font. Le manque complet des coupes de juillet et d'août n'en est pas une moins certaine.

Malheureusement ce *criterium* excellent n'existe pas partout, il manque quelquefois dans les circonstances où on le désirerait le plus; il faut alors recourir à d'autres indices. Dans tous les pays où l'agriculture est avancée et où le climat le permet, on ne manque pas de faire chaque année deux récoltes consécutives dans les terres fraîches. La possibilité de voir prospérer des semis faits après la moisson est une preuve certaine de la fraîcheur de la terre en été. Quant à l'humidité en hiver, elle s'annonce par la tendance à faire de préférence des

semis printaniers, à relever en billons les terres où l'on fait les semis d'automne. C'est à ces remarques que l'on est forcé de se borner, en les aidant toutefois de l'expérience directe sur la quantité d'eau que renferme la terre au moment où on les fait, si l'on ne peut pas s'aider d'une série plus longue d'observations.

Nous ne serions pas éloigné d'admettre qu'une terre dont l'état moyen, toute oscillation compensée, peut être réputé celui d'une terre fraîche, équivaut à une terre arrosée pour sa valeur, partout où l'eau occasionne une dépense de 5 fr. par 1,000 mètres cubes; au moins le prix de fermage des terres de cette catégorie que nous connaissons tend à leur attribuer ce rang.

CHAPITRE III.

Des terrains secs.

Nous répétons ici que nous entendons par terrains secs ceux qui, au milieu de l'été, ne conservent pas 0,10 de leur poids d'humidité, et qui n'en ont jamais plus de 0,23 en hiver, trois jours après la pluie. Ils composent la grande masse des terres agricoles; ils résultent d'un climat qui laisse en été de longs intervalles entre les pluies, et d'un sol qui est assez profond et filtrant pour recevoir et répartir à ses couches inférieures l'eau tombée en hiver. Cette profondeur du sol peut être assez médiocre dans les terres planes, en calculant sur la moyenne des pluies et non sur les orages qui imbibent profondément la terre, mais dont l'effet est passager. Mais il en est autrement dans les terrains concaves et qui reçoivent les eaux supérieures; l'expérience seule peut apprendre s'ils ne deviennent pas humides en hiver.

Par leur nature propre, les terrains secs ne sont pas favorables aux cultures herbacées qui végètent pendant l'été ; leurs produits sont bornés aux plantes dont la fructification est achevée à la fin du printemps, comme les céréales et les légumes ; parmi les récoltes fourragères, le sainfoin et le trèfle leur sont spécialement affectés ; la luzerne y vient, mais y donne la moitié moins de foin que sur les terres fraîches, par le manque des coupes d'été. Les arbres et les arbustes qui s'enracinent profondément leur conviennent principalement ; les récoltes-racines qui peuvent supporter pendant quelque temps la sécheresse y réussissent aussi, même dans les pays méridionaux où la terre ne s'humecte que tard, parce qu'elles y trouvent encore dans l'arrière-saison, après les pluies, une température suffisante pour leur développement.

Dans les pays chauds, le climat permet de faire des secondes récoltes dans les terres fraîches ; les terres sèches sont privées de cet avantage ; en outre, elles ne rendent que la moitié de la quantité de fourrage que produisent les premières ; enfin, les récoltes de céréales y sont moins assurées et d'autant moins abondantes qu'outre les fâcheux effets des variations du climat, elles ne fournissent pas en paille et en fourrages des moyens réparateurs aussi abondants. Ces terres ne compensent ces désavantages que par la propriété d'être propres aux cultures arbustives, les vignes, les mûriers, les oliviers ; mais, dans l'état actuel de la culture, leur valeur n'est que le tiers environ de celle des terres arrosées, pour les bonnes terres, et pour les terres sablonneuses ou graveleuses, quelquefois le dixième à peine.

Si, après les avoir comparées aux terres d'une autre classe, nous voulons les comparer entre elles, nous trouverons que leur valeur relative dépend de trois circonstances principales : 1^o la richesse en azote de la terre ; 2^o la durée de son état de sécheresse ; 3^o la facilité ou la difficulté des travaux. Nous

verrons que c'est de la combinaison de ces trois éléments que dépend leur évaluation.

SECTION I^{re}. — *Faculté de conserver l'engrais.*

Nous avons parlé, dans la première partie de cet ouvrage, de la faculté qu'a l'argile de s'emparer d'une partie des éléments de l'engrais et de s'en saturer ; dans cet état elle le conserve à l'abri de la décomposition, et ne le cède en partie que quand elle est humectée ou chauffée. Cette partie ainsi conservée a été le sujet constant des observations des agronomes allemands, qui la désignent sous le nom de *vieille graisse*. De cette propriété vient que, quand on fume une terre argileuse maigre, le fumier ne paraît produire aucun effet, l'argile s'en est emparée, et ce n'est quelquefois qu'après plusieurs fumures consécutives que les récoltes paraissent en ressentir l'influence. Rien n'est donc moins avantageux que d'entreprendre la culture d'une terre argileuse maigre, comme rien ne l'est davantage que d'avoir à traiter une argile riche. Il est par conséquent de la dernière importance de connaître précisément la richesse de la terre en azote, puisque, si la terre est argileuse, l'absence presque complète de l'azote annoncerait qu'il faut consacrer un capital considérable pour la mettre en état de porter de pleines récoltes.

Ayant pris des terres qui étaient en divers états de fertilité et en ayant dosé l'azote, nous avons trouvé que celles qui donnaient un produit proportionnel à l'engrais qui leur était fourni contenaient 0,0002 d'azote pour chaque centième d'argile du sol ; tout ce qui manquera à cette quantité sera donc une mise hors, un capital nécessairement consacré à le mettre en état de produire ; mais ces mêmes terrains, une fois mis en état, donnent quelquefois d'excellentes récoltes sans engrais, quand l'humidité de la saison végétative force l'argile à resti-

tuer une partie de son trésor. L'argile saura le reprendre plus tard, et cette bonne fortune ne peut être regardée que comme une avance dont il faudra la rembourser. Ce n'est donc que quand la terre est longtemps cultivée sans fumier que l'on rentre dans cette mise de fonds, par une succession de circonstances qui permettent aux plantes de s'emparer de l'engrais mis en réserve, quand il se trouve dissous par l'eau, et c'est ce que savent trop bien faire les fermiers qui ne quittent pas de pareilles terres sans les avoir épuisées.

Dans les terres siliceuses, sablonneuses ou calcaires, au contraire, il ne se fait pas d'accumulation, mais la partie de l'engrais qui n'a pas servi immédiatement à la végétation se trouve dissipée dans l'atmosphère en se résolvant en gaz, ou entraînée dans les couches profondes par la pluie. C'est donc ici une perte sèche que l'on subit. Aussi vaut-il mieux ici fumer souvent et à petites doses, tandis que les terres argileuses peuvent être fumées plus largement.

En effet, outre l'emmagasinement de l'engrais par l'argile, ces terres compactes laissent moins pénétrer l'air entre leurs pores.

On peut donc jusqu'à un certain point estimer que dans les terres inconsistantes, près du tiers de l'engrais est perdu, et que cette déperdition diminue à proportion que la terre devient plus forte. Il nous est impossible en ce moment d'assigner le rapport qui existe entre ces deux circonstances; cependant, pour la commodité de la pratique, et sans craindre une grande erreur, si l'on suppose qu'une terre complètement argileuse, renfermant 0,48 d'argile, mette l'engrais à l'abri de toute perte, et qu'à l'état inconsistant il s'en perde le tiers, on pourra admettre que chaque centième d'argile assure la conservation de 0,028 parties de l'engrais; et cette hypothèse pourra servir à établir la valeur relative des terrains.

On conçoit maintenant tout l'avantage des terres sèches un

peu chargées d'argile, et pourquoi, surtout quand elles tiennent beaucoup de terreau qui remplit en partie le même office, Thaër et les autres agronomes leur ont attribué un si haut rang; nous allons en trouver encore d'autres raisons.

SECTION II. — *Durée de l'état de sécheresse de la terre.*

Plus la terre est siliceuse ou sablonneuse, moins elle est disposée à retenir l'humidité; plus tôt elle perd au printemps, et plus tard elle reprend en automne la dose moyenne d'eau nécessaire à une bonne végétation. Il s'ensuit que les plantes dont la végétation est la plus longue peuvent se trouver exclues de ces terrains, si l'époque de leur dessèchement devance celle de la maturité de leurs fruits. Ainsi, le froment exigeant 2140 degrés de chaleur depuis le renouvellement de sa végétation au printemps jusqu'à sa maturité¹, si la terre n'a plus l'humidité nécessaire quand la somme des degrés accumulés n'est encore que de 1700, le froment séchera sur pied sans mûrir, mais l'orge aura pu mûrir, et le terrain sera un terrain à orge à l'exclusion du froment.

Cette disposition des terrains combinée avec les besoins d'eau de chaque plante les classera relativement aux cultures qui leur conviennent; ainsi le seigle ne mûrit qu'avec 1864 degrés de chaleur; mais évaporant moins que l'orge, il continuera sa végétation dans un terrain où l'orge aurait séché sans fructifier. Au-dessus de 0,50 de sable, Thaër n'admet pas que les terrains de l'Allemagne soient propres au froment; de 0,60 à 0,70, ce sont des terres à orge; de 0,75 à 0,80, des terres à avoine, et au-dessus de 0,80 des terres à seigle. On

(1) Nous ne donnerons ici que des exemples; nous ne discuterons pas la manière de compter la température nécessaire à la végétation des diverses plantes, nous réservons ce sujet pour la météorologie agricole, et nous adoptons les chiffres de M. Boussingault, sauf à les discuter plus tard, ainsi que ceux d'Adanson.

sent que ces proportions doivent varier selon les climats et les situations, et avant nous les cultivateurs ont su destiner leurs terres aux plantes auxquelles elles sont propres. Ainsi les terres sèches propres au froment auront une valeur plus considérable que celles qui ne portent que du seigle, dans la proportion de la valeur nette des récoltes de ces champs.

Mais ce n'est pas seulement sur les céréales que se feront sentir les effets d'un prompt dessèchement ; les fourrages printaniers seront seuls possibles sur les terres de cette nature, et on ne pourra en espérer de secondes coupes ; les récoltes-racines elles-mêmes y souffriront beaucoup ; si le terrain a du fond, c'est donc principalement par le moyen des arbres et des arbustes que ces terrains peuvent être mis en valeur. Les médiocres récoltes de vin que donnent les terrains sablonneux et secs font assez connaître combien la vigne elle-même, un des plus robustes végétaux, souffre de cette privation d'humidité.

SECTION III. — *Composition des terres relativement aux engrais.*

En combinant son système d'agrométrie, Thaër ne tarda pas à s'apercevoir d'une circonstance qui dérangeait tous ses calculs. Une année de jachère accompagnée de ses cultures ordinaires rétablissait la fertilité de la terre dans une certaine proportion. « L'épuisement causé par une récolte de grains se répare entre autres, dit-il (§ 256), par une jachère morte d'été avec les cultures convenables, laquelle non-seulement nettoie le terrain, mais encore lui procure de véritables sucres nutritifs, tant en soumettant successivement ses différentes parties au contact des éléments fertilisants des gaz de l'atmosphère qu'en favorisant la putréfaction des plantes et des racines enterrées par les labours... Au reste, sans aucun doute, la jachère absorbe et attire des sucres fertilisants de l'atmosphère, et la quan

tité de particules nutritives ainsi absorbées est d'autant plus grande que le sol est dans un état plus prospère... Si le terrain a 40° de fécondité, la jachère en ajoute 10; si cette fécondité est poussée à 50°, l'augmentation est de 11; si elle arrive à 60°, l'augmentation est de 12; et ainsi de suite. »

Nous avons vu, dans la première partie, que, pour les terres qui contenaient des carbonates, cet effet était dû à la transformation de ces carbonates insolubles en bicarbonates solubles et en nitrates; pour celles qui contenaient de l'argile, du fer et du terreau, cela tenait à l'absorption des gaz ammoniacaux et à leur conservation. Ainsi, dans la plupart des cas, c'est de l'azote qui se produit au profit de la végétation future. Cette production peut être comptée pour peu de chose dans les terres arrosées, et nous en avons dit les raisons; mais dans les terres sèches, traitées d'une manière plus économique, elle doit être prise en considération.

Que devons-nous entendre par les 40, 50, 60° de fécondité de Thaër? c'est la fécondité acquise qui produit 3^h, 40; 5^h, 30; 7^h, 50 de froment, et qui est représentée par 4,000; 5,000; 6,000 kilogr. de fumier selon Thaër; mais selon nous, par 5,317; 8,289 et 1,1730 kil. de fumier normal de MM. Bous-singault et Payen, et dont une partie seulement est consommée par la première récolte. C'est donc cette quantité d'engrais qui, selon Thaër, serait acquise par la jachère aux terres dans différents états, et en raison inverse de la silice que contient la terre, mais aussi en raison directe de la chaleur humide du climat et du calme de l'air.

La propriété d'absorber l'azote de l'atmosphère résulte donc d'éléments très complexes et qui ne peuvent être réduits en chiffres, au moins dans l'état actuel de la science. On ne peut entrevoir ici que des moyens d'approximation.

Dans les pays où l'on a conservé la jachère et où l'on cultive un grand nombre de terres sans engrais, on trouve une

de ces données qui consiste à prendre la moyenne de plusieurs récoltes successives, à en retrancher la semence et à calculer la quantité d'engrais que représente le produit moyen.

Dans la vallée du Rhône, les terres sèches qui renferment 70 d'argile ou de terreau doux produisent sans engrais 11 hectolitres de froment par hectare; défalquant 2 hectolitres pour semences, il reste 9 hectolitres qui sont produits par l'accroissement de fertilité provenant de la jachère et valant, au prix moyen de 20 fr., la somme de 180 fr. Ces neuf hectolitres résultent d'une addition d'engrais versée par l'atmosphère équivalant à $33^k,84$ d'azote, et qui, au prix des fumiers sur les marchés (1 fr. 66 c. le kilogr. d'azote), valent 54 fr. 17 c.¹.

Dans les terrains presque entièrement composés de sable quartzeux, on obtient encore tous les deux ans un produit de 6 hectolitres de seigle, ou 4 hectolitres, déduction faite de la semence, et valant 48 fr., résultant de $15^k,04$ d'azote qui valent 24 fr. 97 c. Il semblerait donc que l'accroissement de fertilité, ou, pour mieux dire, l'engrais atmosphérique retenu par la terre au profit des plantes est en raison inverse de la quantité de silice libre ou de sable que renferme la terre, que la différence de valeur des produits de 70 à 10 parties d'argile est de 132 fr. tous les deux ans, ce qui nous donne par chaque

(1) Ces $33^k,84$ d'azote fournis à la jachère par l'atmosphère, et qui ne sont probablement que la partie assimilée d'une quantité plus grande, dont une autre partie s'est évaporée sans profit pour les plantes, représentent $41^k,27$ d'ammoniaque qui, répartis sur les 750 mètres cubes d'eau qui tombent annuellement à Orange sur un hectare, donnent $0^k,055$ d'ammoniaque par mètre cube, et un kilogramme de vapeur d'eau saturant de vapeur 1,427 mètres cubes d'air; ce serait donc $\frac{33}{100000}$ de gramme d'ammoniaque que renfermerait chaque mètre cube d'air. Liebig en porte, par supposition, la quantité à $\frac{7}{1000000000}$ de gramme par $\frac{1}{100000}$ de mètre cube (100 centimètres cube) (*Chimie agricole*, 2^e édit., p. 82), ou $\frac{7}{600000}$ de gramme par mètre cube; c'est presque le double de la quantité absorbée par la végétation, mais ce peut bien être très près de la quantité réelle.

centième de ces matières ajoutées une diminution de rente de 1 fr. 90 c., en supposant que cette réduction suive une proportion arithmétique. Nous ne donnons ces résultats que comme des aperçus que l'expérience devra rectifier.

Au-dessus de 70 d'argile, le sol doit bien retenir une plus forte partie d'azote, mais les obstacles mécaniques augmenteront au point de réduire la récolte au lieu de l'augmenter. Il faut, à partir de ce point, opérer par réduction au lieu de le faire par addition.

La partie calcaire du sol n'est pas absolument incapable de recevoir de l'atmosphère des éléments azotés, surtout de l'acide nitrique, qui forme avec elle du nitrate de chaux ; mais c'est toujours en petite quantité, et quant à l'ammoniaque, elle la laisse évaporer presque avec la même facilité que le quartz. Aussi les terrains purement calcaires ne sont-ils pas, sans engrais, beaucoup plus fertiles que les sols quartzeux. C'est ce que l'on voit dans les plaines de la Champagne, et ce que les terrains paludiens de Vaucluse manifestaient aussi avant qu'on ne les eût traités par des fumures abondantes pour en obtenir de riches récoltes de garance.

SECTION IV. — *Facilité et difficulté des travaux.*

Mais si les terres peu consistantes ont tant de désavantages, elles ont aussi une large compensation dans la facilité des travaux qui s'y exécutent.

Nous verrons dans la mécanique que le travail d'une bonne charrue se compose . 1° de l'effort nécessaire pour vaincre la résistance opposée par la tenacité de la terre ; cet effort est opéré par le soc et le contre, et c'est le plus considérable. Il diminue avec l'augmentation de l'humidité du sol dans un rapport que nous savons à peu près proportionnel à la tenacité elle-même. Dans les terres qui sont dans l'état d'humidité

moyenne, où dans la pratique on commence à les travailler, la force nécessaire peut se calculer approximativement en multipliant la somme des centimètres de la largeur et de la profondeur du labour par la tenacité de la terre, si elle a été prise sur de la terre simplement coulée, ou par la moitié de la tenacité si elle a été prise sur un prisme corroyé de la tenacité de la terre. Le produit exprime en kilogrammes la force appliquée pour vaincre la résistance; c'est donc un élément variable du calcul relatif à cette tenacité.

2^o Mais on a de plus deux éléments que l'on peut considérer comme fixes pour la même charrue : 1^o l'effort nécessaire pour soulever et retourner le sol par le moyen de l'oreille, la différence de pesanteur de la terre n'étant pas assez considérable pour amener de grandes modifications dans un calcul approximatif; 2^o la force qui sert à vaincre la résistance opposée par les frottements des différentes surfaces. On peut l'estimer à environ 16 kilogrammes par cheval.

Une terre de moyenne consistance, ayant 2 kilogr. de tenacité, exige une force de tirage d'environ 200 kilogr.; les résistances fixes emportent 66 kilogr. environ, ou les 0,33 de la force totale. Les frais de culture pour la jachère d'une telle terre se portent à 65 fr. environ, dont le tiers est de 21 fr. 70 c. Si nous prenons cette somme pour celle qui représente l'effort fait pour vaincre la deuxième espèce de résistance, celle de 43 fr. 30 c. représente la première espèce et ce genre de terre comme unité. Nous pourrions arriver à des calculs assez exacts de la valeur relative des terres de différentes tenacités. Ainsi, pour celle de 2 kilogr.¹,

$$21 \text{ fr. } 70 \text{ c.} + 43 \text{ fr. } 30 \text{ c.} \times \frac{2}{2} = 65 \text{ fr.}$$

(1) Ces tenacités ont été prises sur des prismes corroyés, ce qui rend leur confection plus facile. Voir ce que nous avons dit sur la tenacité relative dans l'un et l'autre cas, p. 144 et 145 de ce volume.

Pour celle de 3^k,5,

$$21 \text{ fr. } 70 \text{ c.} + 43 \text{ fr. } 30 \text{ c.} \times \frac{3,5}{2} = 97 \text{ fr. } 47 \text{ c.}$$

Cette méthode empirique est basée tout entière, comme on le voit, sur le principe que la résistance est proportionnelle à la tenacité dans les différents états où se trouvent les terres, et, en second lieu, sur la culture de la jachère. Si l'on en excepte les terres mises en herbages, il est douteux que toute autre culture exige de moindres travaux.

SECTION V. — *Des terres sèches dans le midi.*

Nous n'avons comparé jusqu'ici les terres sèches entre elles que sous le rapport des produits obtenus par les cultures herbacées; mais elles sont aussi susceptibles de porter des arbres qui changent les conditions de leurs évaluations; à mesure que l'on avance vers le midi, le nombre des arbres productifs augmente, et tandis qu'au nord on ne trouve plus que les arbres des forêts, au sud la vigne, le mûrier, l'olivier, et plus loin le dattier, s'accroissent sur des terrains secs sous certaines conditions. L'olivier peut continuer à vivre dans des terrains peu profonds et très secs; mais, comme les autres arbres dont nous venons de parler, il ne donne de bonnes récoltes qu'autant qu'il trouve dans le fond du terrain l'humidité qui lui est nécessaire. La vigne produit d'excellents vins, mais en très petite quantité dans des terrains très secs; elle ne produit en abondance que quand elle peut s'y enraciner profondément; il en est de même du mûrier, et le dattier ne donne de belles récoltes que dans les oasis où coulent des eaux qui rafraîchissent le terrain.

On peut donc dire en général que, quant aux arbres, la valeur des terres sèches est en proportion de la profondeur de leur sol, toutes choses égales d'ailleurs, et que, jusqu'à celle

d'un mètre, cette valeur ne cesse de s'accroître rapidement pour les arbres dont nous venons de parler; cette augmentation est sensible à de plus grandes profondeurs pour les noyers et les châtaigniers. Elle dépend de la fraîcheur du fond qui remplace celle de la surface; plus cette fraîcheur normale constante de 0,10 du poids de la terre est près de la surface, et plus la terre a de valeur. Les terres sèches qui maintiennent cette humidité pendant le mois d'août à 0^m,60 de profondeur sont très propres au mûrier et à la vigne, quoique la sécheresse de la surface ne permette pas d'y attendre de bonnes récoltes herbacées. Leur prix s'élève alors au niveau de celui des terres à froment dans les pays où les récoltes du mûrier et de la vigne sont productives. Tout approfondissement ultérieur de la couche humide leur fait perdre de cette valeur, et à 0^m,90 elles n'ont plus que la valeur des terres à seigle. Voilà les seules données fournies jusqu'ici par l'expérience locale.

CHAPITRE IV.

Des terres sèches en été et humides en hiver.

Quand le sol manque de profondeur, et surtout quand il reçoit les écoulements des terrains supérieurs, il se forme, en hiver, sur le sous-sol imperméable, une espèce de marais souterrain, et le sol entier devient bourbeux, ou au moins humide. C'est une disposition très fâcheuse, en ce qu'elle doit faire renoncer à toute production d'hiver, et borne le cercle des cultures à celle des plantes qui peuvent croître et mûrir à partir de l'époque, quelquefois très avancée, où le terrain est suffisamment desséché, et jusqu'à celle où il est trop sec.

Les blés semés en automne dans ces terres jaunissent, leur racine se pourrit en partie, et ne pousse au printemps que

quelques fibrilles échappées à cette macération ; la terre se soulève par la gelée, et en été toute humidité manque aux plantes ; les arbres y viennent mal, faute de profondeur. Ces terres ne peuvent donc donner quelque espoir de récolte d'hiver qu'au moyen de billons relevés qui accumulent le sol sur certaines lignes, y maintiennent les racines des plantes au-dessus du niveau de l'humidité excessive, et facilitent l'écoulement des eaux. Malgré ces précautions, le nombre des années pluvieuses où l'humidité de l'hiver surmonte ces obstacles, combiné avec celui des années où la sécheresse de l'été est précoce, est assez grand pour rendre une telle culture très chanceuse.

Nous ne reproduirons pas ici ce qui a été si bien dit par M. Mathieu de Dombasle¹ sur les labours en billons en général ; dans le cas particulier qui nous occupe, celui des terres sèches en été et humides en hiver, on voit qu'il y a double chance d'insuccès, et qu'elles ne peuvent jouir ni des avantages spéciaux des terres humides, ni de ceux des terres sèches ; que dès qu'elles ont le défaut bien constaté de retenir en hiver 0,23 d'eau à 0^m,30 de profondeur, et d'en avoir moins de 0,10 en été, les plantes y souffrent également, quelle que soit la composition du sol, et celle-ci n'entre plus dans la question que pour le plus ou moins de facilité des travaux qui doivent se faire dans la saison sèche.

Pour évaluer ces terres, il importe de constater d'abord si leurs fâcheuses qualités tiennent à des obstacles tellement insurmontables qu'il ne soit pas possible de les vaincre. Car il est quelquefois moins difficile qu'il ne le semble d'arroser ces terres en été, et de les dessécher en hiver. Nous avons vu les affaires les plus lucratives résulter d'achats de terrains pareils que l'on transformait ensuite en excellents sols. Si de telles ressources ne sont pas possibles, nous croyons que l'on obtiendra la valeur approximative en faisant le calcul comme pour

(1) *Annales de Roville*, t. III, p. 124 et suiv.

les terres sèches, et en diminuant la valeur de moitié, relativement aux terres sèches de même nature. Ainsi, dans l'exemple cité dans l'article précédent, si la terre n° 1, sèche, vaut 3,000 fr., elle ne vaudra plus que 1,500 fr. étant aussi humide en hiver, et la terre n° 2 ne vaudra plus que 485 fr. Si, au lieu d'être seulement humide, le terrain était inondé en hiver, la valeur se réduirait encore, puisque la culture devrait se borner aux légumes de printemps, et que même au moyen de billons on ne pourrait plus y cultiver des céréales.

CHAPITRE V.

Des terres humides.

Les terres constamment humides peuvent avoir une valeur assez considérable si le fonds en est calcaire, que par conséquent les eaux qui y séjournent ne soient pas acides et puissent nourrir des roseaux (*arundo phragmites*), au lieu de typhas et de carex. C'est dans nos étangs du midi, dans les pays où le fourrage est rare, que l'on a compris combien cette nature de terrain consacrée aux roseaux devenait précieuse. Le roseau employé comme litière et même comme fourrage, coupé avant la maturité des graines, y rend les plus grands services; en outre, son usage en couverture sur les blés semés dans les terrains salants, sur les terrains secs et sur les terrains tourbeux, en consomme des quantités énormes. Toute la question de l'appréciation de ces terres humides consiste dans l'éloignement où se trouvent les roseaux des lieux où se consomment leurs produits, et dans les difficultés du transport. Au centre des pays cultivés, quand les transports sont faciles et à quelques kilomètres de distance seulement, les terrains bien garnis de roseaux s'affermement à raison de 33 fr. l'hectare. On trouvera la

valeur de ceux qui sont éloignés en faisant la défalcation des frais nécessaires pour arriver aux centres de consommation.

Si les terrains n'ont pas un degré extrême d'humidité, on peut y faire des oseraies; s'il était possible de les inonder une partie de l'année, ils pourraient devenir des rizières et prendre ainsi une très haute valeur. Nous parlerons en détail de ces spécialités en traitant des cultures.

CHAPITRE VI.

Valeur comparée des terres selon leur degré d'humidité.

Pour arriver à une comparaison complète de la valeur des terres selon leur degré d'humidité, il faudrait avoir recueilli une longue suite d'observations indiquant pour un assez grand nombre de terrains les rapports de cette humidité et de leurs produits.

Ces valeurs varieraient encore selon que l'on comparerait entre eux les résultats obtenus de récoltes hivernales, estivales et annuelles. Ainsi une terre, fraîche au printemps et sèche en été, pourra être très favorable aux récoltes céréales, et au contraire les autres végétaux qui prolongent leur vie jusqu'en automne y souffriront de la sécheresse de l'été et y donneront des produits inférieurs. Il y a une belle et longue étude à faire pour obtenir des résultats exacts applicables aux diverses circonstances; plusieurs vies y suffiraient à peine. M. Chevandier, jeune savant, qui dirige avec habileté l'exploitation de belles forêts dans les Vosges, et qui le premier a mis en pratique l'irrigation des arbres sur une grande échelle, vient de nous donner un premier essai de ce que le zèle et le talent peuvent tenter ¹. Exami-

(1) *Recherches de l'influence de l'eau sur la végétation des forêts*, 1844. On en trouve un extrait dans les *Comptes rendus*, t. XIX, p. 169.

nant la production du bois de sapin sur des terrains fangeux, secs, ou arrosés par les eaux de pluie qui s'écoulent des pentes que l'on avait disposées pour les conduire dans les massifs, ou enfin arrosés par l'infiltration des ruisseaux, il a trouvé les résultats suivants :

	Produit annuel en bois par arbre.	Valeur ¹ .	Age moyen des sapins.
	kilogr.	fr.	ans.
Terrains fangeux.	1,84	0,042	101,88
Terrains secs.	3,43	0,080	71,57
Terrains arrosés par les eaux de la pluie	8,25	0,192	74,45
Terrains arrosés par les eaux courantes.	11,57	0,269	99,45

En comparant les récoltes de blé dans les terrains arrosés et les terrains secs², nous avons trouvé que les premiers produisaient 10 kilogr. de blé pour 100 kilogr. de fumier, et les seconds 3^k,4 de blé pour la même quantité d'engrais. Les produits des premiers sont donc à ceux des seconds comme 1 : 0,34; mais les produits en bois des sapins dans les terrains arrosés et secs sont comme 11,57 : 3,43, ou comme 1 : 0,29. Qui ne voit apparaître dans la concordance de ces deux nombres une expression très approchée de la valeur comparée des terres dans ces deux situations? C'est aussi dans la même proportion de 1 à un tiers que l'on trouve les produits des prairies sèches et arrosées traités de la même manière sous le rapport des engrais. Tous les végétaux ne profitent pas au même degré du bénéfice de l'eau, tous n'évaporent pas dans la même proportion; mais ces faits rapprochés doivent faire entrevoir qu'il ne serait pas impossible d'arriver à des résultats très intéressants, si des observateurs exacts venaient à s'en occuper. En attendant, nous admettons entre les terrains frais et les terrains

(1) A 7 fr. le stère de 300 kilogr., comme le compte M. Chevandier.

(2) *Mémoire sur les engrais*, Soc. centr. d'agriculture, 1842; et plus loin, 9^e partie, chap. XI de ce volume.

secs de même nature le rapport de 1 à 0,33 que nous donnent les comparaisons que nous venons de faire.

CHAPITRE VII.

Valeur des sols selon leur profondeur.

Quand le sol meuble n'existe pas, quand il ne présente qu'une couche de rochers compactes ou de graviers non mélangés de terre, on peut dire que sa valeur agricole est nulle. Elle augmente à mesure que la profondeur du sol augmente aussi et dans une proportion que Thaër a cru pouvoir assigner (§ 747), en disant qu'elle s'accroît de 3 p. 100 pour chaque centimètre en sus de 0^m,16, et jusqu'à 0^m,27, et qu'elle diminue proportionnellement de la même manière quand la profondeur est moindre de 0^m,16. Le pays où nous avons cultivé admettant des cultures plus profondes que celles où le célèbre agriculteur prussien a écrit, nous avons observé que l'accroissement de valeur continue encore à partir de 0^m,27 jusqu'à 0^m,50 et dans une proportion que nous pouvons fixer à 2 p. 100.

Mais aussi il est évident que la diminution de valeur doit suivre une progression bien plus grande que celle qu'indique Thaër, de 0^m,16 à 0, puisqu'alors la valeur est nulle. Nous croyons pouvoir la supposer comme il suit pour chaque centimètre :

De 16 à 12.	5 p. 100
De 12 à 0.	8 p. 100

Soit donc un terrain de 0^m,16 de profondeur, et ayant une valeur de 1,000 fr. l'hectare.

Un terrain voisin, de même composition, ayant 0^m,50 de profondeur, vaudra :

DÉTERM. DE LA VALEUR RELATIVE DES TERRAINS. 405

Le prix du terrain de 16 centimètres	1,000 fr.	
Plus, pour la profondeur de 16 à 27, à 3 p. 100. 330		} 790
— — de 27 à 50, à 2 p. 100. 460		
Total.	1,790	

Un terrain semblable, n'ayant que 0^m,05 de profondeur, vaudra :

Le prix du terrain de 16 centimètres	1,000 fr.	
Moins, pour la profondeur de 16 à 12, à 5 p. 100. 200		} 760
— — de 12 à 5, à 8 p. 100. 560		
Reste.	240	

Il est sensible, en effet, que ce dernier terrain ne peut donner qu'un maigre pâturage, entièrement sec dès le printemps, tel que celui que l'on trouve dans la plaine de la Crau en Provence; tandis que le premier terrain verra croître la luzerne, la garance, les mûriers et les vignes. La profondeur du sol est donc un des éléments les plus nécessaires à considérer quand on veut apprécier sa valeur.

CHAPITRE VIII.

Compensation des divers éléments d'appréciation

SECTION I^{re}. — *Terres dans la période céréale.*

Nous ne croyons pas que le temps soit encore arrivé où l'on pourra assigner la valeur d'un terrain d'une manière absolue. Trop d'éléments doivent concourir à cette détermination, éléments de nature très diverse, moraux, politiques, géographiques, commerciaux et agricoles, pour que l'on puisse entrevoir la solution complète d'une telle question. Efforçons-nous cependant de montrer la voie par laquelle on pourra parvenir à une certaine approximation, surtout en s'aidant de points de comparaison et ne cherchant qu'une solution relative.

Nous appellerons valeur naturelle d'un terrain celle qui ré-

sulte des seules forces de la nature. Ainsi, le produit d'une prairie, celui d'un pâturage, celui d'une forêt, sont des valeurs naturelles. M. Liebig annonce que le produit naturel d'une prairie non fumée en Allemagne est d'un demi-kilogr. par mètre carré (2,500 livres par arpent de 2,500 mètres)¹, ou 50 quint. métriques par hectare; cette récolte, multipliée par la valeur d'un quintal de foin, serait le produit naturel de la prairie, et en le multipliant par 100 et le divisant par le taux de l'intérêt dans le pays, on aurait la valeur de l'hectare de prairie.

Mais à part les terrains placés dans des conditions spéciales qui les rendront propres à la production des herbages ou qui doivent les faire réserver pour celle des bois, la masse des terres ne peut développer de facultés réellement productives que par la production de végétaux qui exigent l'ameublissement du sol; dès lors les frais de culture entrent en déduction des produits naturels, et nous avons une seconde espèce de valeur du sol, c'est la valeur de culture; nous faisons encore ici abstraction des engrais.

Pour les terres qui sont dans la période céréale, cette valeur résulte de celle des produits naturels N, moins le prix des cultures O. Nous avons donc d'abord $V = N - O$; mais ces produits naturels peuvent être eux-mêmes améliorés par la culture seule, si l'on peut introduire certaines plantes qui exigent de la profondeur, et nous savons que cette profondeur est un élément qui agit puissamment sur la valeur du terrain, soit en l'accroissant, soit en le diminuant, d'une certaine quantité que nous appellerons H. Enfin le sol peut posséder des engrais naturels ou de vieux engrais F mis en réserve dans les pores des terreaux ou des argiles, et qu'il faut aussi apprécier. Il est donc bien évident que la valeur définitive de terrain nous sera donnée par cette formule $V = N - O \pm H + F$. Il ne faut

(1) Voir *Lettres sur la chimie*, p. 312, et pour l'étendue de l'arpent, *Chimie agricole*, p. 62.

plus que trouver le moyen de déterminer les différents éléments de la formule N, O, H, F.

Pour obtenir N, nous choisirons dans chaque pays le produit qui est le plus habituellement cultivé sans engrais; nous chercherons à déterminer les récoltes que l'on en obtient dans les deux compositions extrêmes du terrain, le terrain argileux et le terrain sablonneux et quartzeux, et pour une longue continuité de la même culture.

Appelons A le nombre de centièmes d'argile que renferme le terrain, P l'augmentation de produit pour chaque centième de cette substance, nous aurons $N = P \times A$. Ainsi, dans le midi, le produit naturel cultural des terres à blé étant une augmentation de 2 fr. pour deux ans et pour chaque centième d'argile, la formule y devient $N = 1 \text{ fr.} \times A$.

La valeur de l'ouvrage O, fait en deux ans, pour obtenir ce produit, est donnée en appelant G la valeur d'une journée de bête de travail, et T la tenacité du terrain, et en supposant que l'on se serve de bons instruments, par la formule $O = 11 G$

$+ 22 G \times \frac{T}{2}$. Dans les situations agricoles du midi, la journée de bête de travail est de 2 fr., et nous l'avons identifiée avec la journée de valet de ferme qui a le même prix. La formule se réduira donc à celle-ci : $22 + 44 \times \frac{T}{2} = O$. Nous n'aurons plus qu'à appliquer à la formule générale la modification exigée par la profondeur, et que nous avons appelée H, et enfin celle qu'indique la quantité d'azote trouvée dans le sol par l'analyse.

Soit donc un terrain ayant 0,70 d'argile et 3^k,5 de tenacité, situé dans le midi de la France. Nous avons pour la valeur de $N = 1,9 \times 70 = 133^1$, et pour celle de $O = 22 + 44 \times \frac{3,5}{2} = 99$, donc $V = 133 - 99 = 34 \text{ fr.}$ C'est la valeur du produit

(1) Voir ci-dessus, p. 395 et 396.

cultural, et au taux d'intérêt de 3 p. 100, la valeur du fonds est de 1,133 fr. l'hectare.

Soit un autre terrain dans la même position géographique qui possède seulement 30 d'argile et ait 0^k,8 de tenacité, nous aurons $N = 1,90 \times 30 = 57$, et $O = 22 + 44 \times \frac{0,8}{2} = 39,60$, donc $V = 60 - 39,60 = 17$ fr. 40; la valeur du fonds est de 580 fr.

Supposons maintenant que le premier sol n'ait que 16 centimètres de profondeur, et que le second en ait 40, la valeur du premier ne change pas; celle du second augmentant de 2 p. 100 par chaque centimètre de 16 à 40, ou 48 p. 100, donne une augmentation de 323 fr. 20 c. par an; la valeur de 580 fr. deviendra donc celle de 903 fr. 20 c.

Supposons enfin que l'analyse nous présentât 0,007 d'azote, qui supposerait une quantité de 400 kil. d'azote pour l'hectare jusqu'à 0,40 de profondeur, si l'on avait pris l'échantillon moyen de la terre analysée sur toute la profondeur du sol; cet azote, ayant une valeur de 684 fr., porterait la valeur de cette terre à 1,587 fr. 20 c.

M. Moll, dans sa classification des terrains (v. page 257) a cherché aussi à les apprécier, et pour y parvenir il a eu recours à l'évaluation des frais de culture et des produits d'un assolement donné; c'était spécialiser la question plus que nous ne devons le faire ici; ses résultats ont été les suivants :

	Produit net en kilogr. de froment.
1 ^o Terre à luzerne de 1 ^{re} classe	983 à 1030
2 ^o Terre à trèfle de 1 ^{re} classe	757 à 780
3 ^o Terre à luzerne de 2 ^e classe	546 à 585
4 ^o Terre à sainfoin de 1 ^{re} classe	390 à 429
5 ^o Terre à trèfle de 2 ^e classe	273 à 312
6 ^o Terre à luzerne de 3 ^e classe	203 à 234
7 ^o Terre à trèfle blanc de 1 ^{re} classe	156 à 179
8 ^o Terre à sainfoin de 2 ^e classe	125 à 148
9 ^o Terre à trèfle blanc de 2 ^e classe	62 à 86

Nous reconnaissons dans les développements que M. Moll a donnés la grande expérience de l'auteur, sa méthode n'est autre que celle que nous avons exposée plus haut sous le nom de *Méthode historique*; nous avons été curieux de comparer ses résultats avec ceux de la méthode générale et nécessairement plus ou moins approximative que nous venons de décrire.

Nous supposons, d'après ses données, que cette terre contient 60 d'argile, 20 de carbonate de chaux, 5 de terreau et 5 de silice; sa tenacité sera de 3 kilogr., la profondeur de son sol de 1 mètre. Nous aurons : $N = 1,9 \times 65 = 123,5$; $O = 22 + 44 \times \frac{3}{2} = 83$; $V = 123 - 83 = 40$ fr. Nous aurons pour la profondeur de 16 centimètres à 27, ou 11 centimètres à 3 p. 100, et de 27 à 50, ou 23 centimètres à 2 p. 100, en tout 79 p. 100, ce qui nous donne pour 40 fr. une addition de 31 fr. 60 c.; le terrain vaudra donc alors 71 fr. 60 c. L'azote contenu dans le terrain nous est aussi donné par M. Moll; il fume avec 18,750 kil. de fumier qui renferment 75 kilogr. d'azote, capables de donner seulement 10,5 hectol. de blé, consommant les deux tiers de l'azote du fumier. Or, il récolte sur cette fumure 26 hectol. de blé dont 15,7 hectol., provenant de la fertilité du sol, qui est alors de 101^k, 10 d'azote¹ valant 167 fr. 84 c. qui, ajoutés aux 71 fr. 60 c., nous donnent un total de 239 fr. 44 c. qui, selon nous, serait la valeur de la rente de l'hectare soumis à une rotation régulière. M. Moll trouve 193 fr. 50 c.

Mais il y a bien une autre différence : M. Moll n'estimait 700 kilogr. de fumier qu'à 35 litres de blé ou à 7 fr. (en supposant le blé à 20 fr. l'hectol.), ou à 1 fr. les 100 kilogr., au lieu de 1 fr. 30 c., que nous avons adopté pour prix normal, ce qui; pour une différence de 30 c. sur 17,500 kilogr. de fumier qui

(1) Nous supposons toujours que le blé ne s'empare que des deux tiers de l'azote dans une première récolte.

constituent la fumure qu'il accorde, nous donne un excédant de 51 fr. 50 c. à déduire de son estimation. Par cet exemple, il est aisé de comprendre comment la fixation de chaque article des frais dépendant de données différentes selon les circonstances locales, il est très difficile de se rencontrer parfaitement, et comment des formules plus générales, qui font abstraction de la plupart de ces détails en les comprenant dans un chiffre total, cachent des compensations qui les rendent quelquefois plus exactes que des évaluations plus étudiées, mais plus particulières.

SECTION II. — *Terres dans les périodes commerciale et jardinière.*

La puissance d'absorption et de conservation des substances fécondantes par les terres est d'une très grande importance dans les périodes céréales et celles qui leur sont antérieures, parce que la quantité d'engrais artificiel dont on dispose alors est peu considérable et dans un rapport assez peu élevé, en comparaison de celui fourni par l'atmosphère; parce que, de plus, les plantes cultivées occupent la terre pendant d'assez longues périodes, et que, par exemple, le blé semé en automne, mais ne se développant qu'au printemps et ne mûrissant qu'en été, doit pouvoir recueillir peu à peu, selon les besoins de son développement, les parties d'engrais qui lui sont nécessaires, et qu'en attendant qu'il s'en serve, il faut que cet engrais soit mis en réserve et conservé à l'abri des causes qui pourraient causer sa dispersion. Et comme le blé n'absorbe même pas tous ces engrais dans une seule récolte, il faut que cette conservation puisse se prolonger, même pendant plusieurs années. C'est ainsi que la puissance de l'engrais se reconnaît, même à la quatrième année, dans des terres suffisamment argileuses. Ces deux motifs de puissance accordée aux terres qui retien-

nent l'engrais, ou n'existent qu'à un degré beaucoup moindre, ou n'existent chacun que séparément, quand nous passons aux plantes appropriées aux périodes commerciale et jardinière. En effet, on emploie dans ces périodes des quantités d'engrais considérables par rapport à l'engrais atmosphérique, et celui-ci devient une partie aliquote très faible et moins digne de considération par rapport à lui ; en second lieu, un certain nombre de ces plantes (chanvre, lin, pavot, etc.) restent peu de temps en terre, soutirent rapidement la dose de fertilité qui leur est nécessaire et qui ne doit pas être retenue trop fortement par le sol ; les récoltes s'y succèdent dans la même année de manière à épuiser le terrain aussi complètement que possible. Ainsi la qualité conservatrice de l'engrais, qui joue un si grand rôle dans les périodes précédentes, perd de son importance et descend à un degré bien inférieur dans la période commerciale, et plus encore dans la période jardinière, où les produits épuisants se succèdent avec plus de rapidité encore. Cette qualité peut même devenir un défaut, et nous voyons en effet les terrains légers et frais acquérir alors une valeur très supérieure à celle des terrains forts. Ce n'est pas seulement parce qu'ils laissent l'engrais libre et prêt à entrer immédiatement dans la végétation qu'ils obtiennent ainsi une préférence incontestable, il y a encore un motif plus puissant et que nous devons développer.

Les cultures industrielles exigent ou des labours profonds, ou des labours fréquents, ou les uns et les autres. Dans tous les cas, ces travaux sont d'autant plus faciles que la terre est plus légère ; si elle est argileuse, quoiqu'elle soit fraîche intérieurement, le soleil en durcit la surface et en rend la culture plus coûteuse, et comme ils ont lieu pendant la chaleur progressive du printemps, et quelquefois en été, les frais accroissent les chances de l'obstacle opposé par ce durcissement. On peut donc affirmer qu'à égalité de fraîcheur intérieure, la valeur des

terres des périodes supérieures de culture est en raison inverse de leur tenacité.

Mais comme les terres légères sont en même temps celles qui retiennent le moins d'humidité, et que les cultures de printemps et d'été ne peuvent s'en passer, l'humidité intérieure du sol provenant de sa constitution devient un élément des plus indispensables de l'évaluation de ces terrains. Nous avons donc recherché dans une série de terrains soumis à la culture de la garance et d'une égale tenacité ($0^k, 8$) l'échelle de leur fraîcheur comparée à l'estimation que l'on en faisait, et nous avons trouvé cette loi très distincte, que leur valeur était en raison directe de la profondeur où, au mois d'août, huit jours après une pluie, se rencontrait la proportion d'au moins 0,10 d'eau sur 100 de terre.

	Profondeur de l'humidité. mèt.	Valeur estivative en francs par hectare.	Différence par centimètre de profondeur.
1 ^{er} terrain.	0,16	6,500 fr.	} 62 fr. 50 54 55 75 " 47 " 65 "
2 ^e terrain.	0,24	6,000	
3 ^e terrain.	0,35	5,400	
4 ^e terrain.	0,43	4,800	
5 ^e terrain.	0,60	4,000	
6 ^e terrain.	1,00	1,400	
Moyenne.			60 86

On voit la valeur décroître lentement de 16 à 35 centimètres, puis très rapidement de 35 à 43, reprendre une marche plus lente de 43 à 60, et enfin une marche plus pressée de $0^m, 60$ à 1 mètre; et la moyenne nous donne 60 fr. 80 c. de réduction de valeur par centimètre d'approfondissement de l'humidité, ou $\frac{9}{1000}$ environ de celle qu'a une terre qui conserve sa fraîcheur à $0^m, 16$ de profondeur pour chaque centimètre.

La valeur normale de 4,000 fr. pour la terre n° 5 ne serait pas une base générale pour tous les genres de culture; il s'agissait ici de culture de garance.

Il faudra donc chercher une nouvelle base, que nous appel-

lerons B, pour chaque pays et chaque genre de culture, et qui consistera à comparer des terres de même qualité, les unes sèches et les autres conservant de la fraîcheur (0,10 d'humidité), à une certaine profondeur, et diviser la différence de valeur par 1 mètre moins le nombre de centimètres où l'on trouve la fraîcheur la plus élevée.

Si, d'après ces données, nous supposons que la tenacité, égale à zéro, ne nous donne en travaux que 22 fr., comme nous l'avons indiqué plus haut, et que la base choisie B pour la valeur de la terre sèche soit égale, dans notre cas, à $1400 + (22 + 44 \times \frac{0,08}{2}) = 1439$ fr. 60 c.¹, nous aurons, à 0^m,16 de fraîcheur et en supposant 1^k,1 de tenacité, $1439,60 + 60,80 \times 84 - (22 + 44 \times \frac{1,1}{2}) = 6500$ fr. 06 c.

Si, à moins de 0^m,60, on rencontrait une couche de terre ayant plus de 0,22 d'eau, le terrain serait humide et cesserait probablement de convenir à un grand nombre de cultures industrielles. Il y en a quelques-unes, le chanvre entre autres, qui s'accommodent de ces terrains, pourvu que l'humidité extrême ne remonte pas plus près de la surface. Nous n'avons pas eu occasion d'étudier ces genres de terrains sous le point de vue de leur évaluation.

CHAPITRE IX.

Des circonstances qui affectent la valeur des terres.

Dans les chapitres qui précèdent, on a vu que nous avons toujours assigné aux terrains des valeurs relatives, et jamais

(1) D'après les formules de la page 409.

des valeurs absolues. Nous avons toujours pris pour terme de comparaison, pour module, une terre d'une valeur déjà connue, et c'est de celle-ci que nous avons déduit la valeur des autres. Nous ferons voir plus loin les raisons qui empêchent d'avoir un module universel, perpétuel; pour le moment, nous nous bornerons à montrer dans quelles limites et sous quelles modifications nos applications demeurent exactes.

En choisissant des caractères qui embrassent toutes les propriétés principales des terres et les sources de leur fertilité, nous avons écarté de grandes causes d'erreur; si, par exemple, nous avions cherché à apprécier séparément les modifications qu'apportaient à la valeur du sol sa profondeur, la nature de son sous-sol, sa composition, et la pluviosité du climat, sa nébulosité, sa ventilation, il est probable qu'outre l'incomplet des éléments d'une pareille recherche, nous aurions trouvé de telles complications dans leurs réactions réciproques, que tout calcul serait devenu impossible. Au lieu de cela, en partant du résultat complexe de ces éléments divers, de la sécheresse et de l'humidité du terrain, nous avons simplifié à la fois et les recherches de la théorie et l'usage qu'en fera la pratique. Nous avons agi de même pour les autres bases de notre appréciation.

Mais ce ne sont pas seulement les qualités de la terre considérée en elle-même qui constituent sa valeur, il existe encore une foule de circonstances extérieures qui agissent avec une grande puissance; nous en signalerons spécialement quatre: 1^o le mode et l'activité de la culture; 2^o la richesse locale; 3^o la répartition de la population; 4^o l'éloignement des terres des habitations et des marchés; et sans entrer dans tous les détails que comportent de tels sujets, qui appartiennent à l'économie politique, nous nous bornerons, dans les articles suivants, à faire ressortir leurs effets sur la valeur des terrains.

SECTION I^{re}. — *Activité de la culture.*

Un jour, notre digne et excellent confrère, M. Huzard, consulté sur la convenance d'acheter une terre dans certain canton de la France, répondit : « Prenez garde, vous ne tirerez pas de cette terre ce qu'elle paraît valoir : je connais les hommes de ce pays ; ils manquent d'activité, les élèves des écoles vétérinaires qui en viennent ne frappent pas dur sur l'enclume. » Quelle juste et fine appréciation ! là où les bras de l'homme sont énervés, soit par la débilité physique provenant d'un mauvais régime, ou par de longues habitudes de paresse ; là où ils ne frappent pas dur sur l'enclume, la valeur des terres se ressentira de leur mollesse. Il y a longtemps que nos pères l'ont dit : « Tant vaut l'homme, tant vaut la terre. »

Cette activité de l'homme rejaillit sur la culture et elle se traduit par le capital employé, mais il faut se garder de croire que la rente soit toujours proportionnelle à ce capital ; cela n'est vrai que jusqu'à un certain point, comme nous allons le voir. Supposons une terre négligée qui, avec 80 fr. par hectare de capital de culture, produise 120 fr. de produit brut, la rente sera de 40 fr. ; on met ce terrain en meilleur état, on extirpe les mauvaises herbes, on approfondit les labours, on marne, on fume, les frais de culture s'élèvent à 200 fr., le terrain rapporte 360 fr., la rente est de 160 fr. On ne se borne pas là : on porte les frais à 300 fr., les produits bruts sont de 500 fr., la rente est de 200 fr. Voilà ce qui aura lieu dans le développement progressif de l'industrie agricole de tout un pays, et remarquons que dans ces différents cas le rapport de la rente au capital employé se trouve comme 50, 80, 66. Il est d'abord évident que la rente n'est pas proportionnelle au capital de culture, mais qu'il y a un certain maximum que l'on peut atteindre, et jusqu'où les efforts du cultivateur sont secondés

par la fécondité de la terre et par la force d'absorption des plantes; jusqu'alors, pour chaque franc déboursé par la culture, il semble que le sol rende deux francs; mais quand on dépasse cette limite; quand, par l'activité de la culture et le choix des plantes cultivées, toute l'action du sol sur l'engrais a été mise en mouvement, il n'y a plus de produit dépendant directement de cette action; tout accroissement résulte d'une addition de l'engrais lui-même, et ne fait qu'en rembourser la valeur; arrivé à ce point culminant, le produit brut peut s'accroître, mais le produit net s'arrête, toutes les dépenses excédantes ne sont plus qu'un placement de capitaux qui doit rentrer en entier au fermier, au même taux et au même titre que pour toute autre espèce d'industrie. Le fermier peut s'enrichir, mais la rente reste stationnaire comme le produit net.

Il est donc très avantageux pour les propriétaires d'atteindre ce maximum (et combien ils en sont loin presque partout!); il leur est indifférent qu'il soit dépassé.

Dans l'évaluation des terrains, prendra-t-on pour type, pour module ce point de perfection? mais il n'est pas le même pour tous les terrains, pour tous les climats; mais peut-être l'état de la civilisation s'oppose à ce qu'il puisse être atteint longtemps. A quelle époque les terres de la Nouvelle-Zélande, celles du Texas seront-elles cultivées avec la riche activité de celles de Flandre? A quel point s'arrête la série croissante de la rente aux Antilles? A quel taux des frais de culture doit-on se borner pour les sables de Provence et pour ceux de la Prusse? Nous ne pourrions répondre de longtemps à toutes ces questions. On ne peut donc espérer de faire des évaluations exactes qu'en se réglant sur l'état des terres et sur l'emploi des capitaux fait dans le pays même dont on veut évaluer le sol. Nous sommes donc ramenés ici à la nécessité des types locaux, et à celle de ne faire que des évaluations comparatives, à l'exclusion des évaluations absolues qui n'auraient aucun résultat pratique.

On ne doit pas même étendre trop loin le cercle de ces comparaisons. D'une commune à l'autre, que dis-je, d'une section de commune à l'autre, les procédés de culture diffèrent quelquefois. Ainsi, ils sont ordinairement plus parfaits, plus soignés, plus actifs autour du centre des habitations. Là on consacre plus de travail, plus d'engrais aux terres qui semblent fertilisées, comme disent les habitants, par la fumée de la ville, mais qui le sont en réalité par l'œil et le bras du maître ¹. C'est donc autant que possible dans des situations analogues que l'on prendra des types de comparaison.

SECTION II. — *Richesse locale.*

La richesse immobilière d'un pays n'agit pas toujours de la même manière sur la valeur des terres. Les capitalistes se saisissent bien, dans tous les cas, des terrains voisins des villes pour les transformer en parcs et en jardins, mais ils affectionnent ceux qui sont dans la position la plus agréable, qui ont la plus belle vue, le meilleur air; ce n'est pas à la nature et aux produits du sol que s'adressent leurs préférences, mais à certaines qualités extérieures, indépendantes de la valeur agricole. Ces besoins satisfaits, le reste des terres demeure sous d'autres influences. Tant que l'intérêt de l'argent est élevé au-dessus de celui que procurent les terres, il est consacré aux spéculations commerciales et industrielles; mais dès qu'il tombe au même niveau, dès que son abondance le rend d'un placement difficile dans l'industrie, alors la valeur des terres augmente dans un rayon plus ou moins étendu, proportionné à la masse des capitaux disponibles, et les sommes employées à cet achat tendent à la diminuer en faisant remonter l'intérêt de l'argent.

On peut faire deux objections à cette théorie, que nous

(1) Il ne faut pas méconnaître cependant que l'atmosphère des villes paraît avoir un effet fertilisant réel sur les terres qui sont soumises à son influence.

croyons l'exacte représentation des faits ; ainsi l'on nous dira d'abord que l'argent employé en achats de terre ne fait que changer de mains, qu'il ne diminue pas la masse des capitaux, et que par conséquent il ne peut avoir aucun effet sur le taux de l'intérêt. L'effet que nous avons signalé tient à une distinction importante que l'on a négligée ; c'est celle qui existe entre la grande et la petite circulation. Ceux qui vendent leurs terres ne les vendent pas généralement pour placer l'argent qu'ils en retirent, mais pour se libérer de leurs dettes. Cet argent, qui dans les mains du capitaliste acheteur circulait sur la place, est dispersé dans un grand nombre de mains qui arrêtent ou ralentissent sa circulation, qui l'emploient à solder des comptes de diverses natures, et lui font faire un circuit, pendant lequel il se trouve soustrait au mouvement des capitaux disponibles. Les acheteurs eux-mêmes ne manquent pas de consacrer des sommes considérables en réparations et améliorations, et les jettent ainsi dans la petite circulation qui paie le maçon, le manouvrier, d'où l'argent va au boulanger, du boulanger au marchand de farine, au meunier, au propriétaire, et reste quelquefois un an entier hors du cercle de la grande circulation, où seulement il est disponible pour les emprunteurs. Il y a donc chômage d'assez grandes sommes quand les capitaux sont employés en achats de terre, chômage accru encore par les formalités, les délais de purge hypothécaire, etc., chômage qui est d'autant plus long et plus obligé que l'organisation financière d'un pays est moins avancée, et ce chômage ne manque pas de réagir sur l'intérêt des capitaux. Et qu'on ne croie pas que cet effet a lieu dans de petites proportions ; chaque année, en France, il se fait pour 12 à 1500 millions de vente à titre onéreux, qui, par les modes de paiements et les autres inconvénients que nous avons signalés, dans un pays où l'argent circule avec difficulté, doivent occasionner une augmentation sensible de l'intérêt.

La seconde difficulté consiste à nier qu'il soit nécessaire que l'argent descende au taux du produit net des terres pour qu'il y ait tendance à réaliser les capitaux en achats de biens territoriaux. Supposons l'argent dans le commerce à 4 p. 100, on achètera peut-être des terres à 2 et demi, et on ne taxe pas d'absurdité et d'ignorance ceux qui feront cet échange de placement. On restera persuadé qu'ils ont calculé le taux de l'assurance de l'argent placé chez les banquiers, et qu'ils ont bien vu qu'il s'élevait à 1 et demi par an. En effet, quand l'intérêt s'élève sur la place, non parce que les affaires deviennent plus brillantes et plus nombreuses, mais à cause de leur difficulté qui les rend plus chanceuses et fait resserrer les fonds, ne voit-on pas les ventes de terres devenir plus nombreuses et se faire à des prix plus élevés? La tendance à acheter, la valeur que l'on attribue aux terres est donc en raison des risques que courent les capitaux placés dans l'industrie; la différence qui existe entre la rente des terres que l'on achète et l'intérêt des fonds placés dans le commerce n'est donc que la prime d'assurance de ces derniers.

Nous concluons donc que les terres augmentent de valeur toutes les fois que les capitaux excèdent les besoins du commerce, et que l'intérêt des capitaux mobiliers se rapproche toujours de celui des capitaux immobiliers, augmenté de la prime d'assurance qui représente l'état de sécurité relatif de ces deux placements; que cet état de choses dépend de certaines circonstances qui ne peuvent être prévues *à priori*, que par conséquent il ne peut y avoir de module de la valeur des terres fixé à l'avance, et qu'il faut en choisir un pour chaque époque, dans les faits accomplis à l'instant même pour lequel on opère.

SECTION III. — *Richesse de la population agricole.*

Si l'abondance des capitaux des villes a une influence aussi

marquée sur la valeur de la propriété rurale, celle qu'exerce l'aisance des agriculteurs eux-mêmes est encore plus considérable dans les pays où les terres sont librement commercables. Jamais cet effet n'a été plus marqué qu'il ne l'est en France depuis la révolution de 1789. Avant ce temps, les paysans étaient propriétaires dans le sud-est de la France et cherchaient à étendre leurs propriétés; mais depuis lors cette tendance s'est manifestée au loin, et rien n'indique que les succès de ces compagnies de commerce de biens-fonds, que l'on a désignées sous le nom de *bandes noires*, soient prompts à s'arrêter. Ces compagnies, en vendant en détail les domaines qu'elles ont achetés en gros, ont fait faire des miracles de travail et d'économie aux paysans qui prennent des engagements considérables avec elles, et qui parviennent tous les jours à les remplir. Nous savons tout ce que l'on peut dire en politique et en économie sur cette vaste opération; mais nous laissons ces discussions pour un autre moment, et nous nous bornerons à constater ses effets sur la valeur des terres.

Quand un fermier ou manouvrier se trouve dans des circonstances telles qu'il peut réaliser des économies sur le prix de son travail, ce qui lui manque pour que ces petites sommes lui profitent, c'est un placement dans lequel il ait confiance. Une armoire fermant bien, une cachette bien secrète, tels ont été pendant longtemps les dépositaires de son petit trésor; et, dans le mystère dont il environnait sa propriété, l'exemple du progrès de sa fortune était perdu pour ses pareils. Le plus grand nombre, moins prévoyant, dissipait des économies à peine formées, pour de prétendus besoins ou pour des satisfactions d'amour-propre et de vanité. Les caisses d'épargne sont la véritable solution de la difficulté; espérons que leurs bienfaits ne se renfermeront pas toujours dans les villes: déjà ils se font sentir sur les classes agricoles qui les habitent, et si les administrateurs de ces caisses placées dans des centres de cul-

ture créaient des bureaux dans les communes rurales, si le clergé prenait à cœur les vrais intérêts de ses ouailles, s'il voulait devenir l'intermédiaire entre les caisses d'épargne et les villageois, s'il se rendait le promoteur de cette bienfaisante institution, il leur rendrait le plus grand service en travaillant efficacement à les éloigner des vices qu'ils contractent par la fréquentation des cabarets, cafés et billards¹.

Quand les habitants économes des campagnes sont parvenus à rassembler un certain capital, ils ne peuvent en suivre le mouvement à leur gré sur la place; il leur reste donc deux moyens de l'employer, ou en augmentant leur capital de cheptel et de culture, ou dans l'achat d'une propriété. Le premier moyen n'est pas à l'usage des métayers, qui verraient leurs propriétaires entrer en partage de leurs mises de fonds; les fermiers ne sont pas assez sûrs de la continuation de leurs baux pour changer leur mode de culture; reste donc l'achat des terres. En devenant propriétaires ou en augmentant leur propriété, ils satisfont à la fois leur intérêt et leur vanité. Ils achètent presque toujours pour des sommes supérieures à celles qu'ils possèdent, mais on leur donne du temps, et alors, par des efforts de travail, d'industrie, d'économie, ils parviennent à se créer cette petite fortune qu'ils n'auraient jamais su acquérir sans le puissant aiguillon du créancier, prêt à les dépouiller de cette propriété qui fait leur gloire et leur bonheur. Voilà comment la propriété se divise et comment cette division devient à la fois la source de la fortune du paysan et la grande école de cette agriculture qui donne des produits immédiatement réalisables.

Les qualités propres à cette école sont sensibles : 1^o elle sollicite à mettre en activité les plus forts capitaux possibles; or,

(1) Un de nos évêques les plus respectables, et qui concevait tout le bien que pouvait faire son intervention, s'y est refusé avec regret, à cause des *intérêts* que portaient les sommes placées et qui étaient contraires à ses principes!

le seul capital qui reste au paysan, après avoir payé les premiers à-comptes de son acquisition, ce sont ses bras. La terre reçoit alors des cultures profondes, soignées, qui doivent suppléer à l'engrais, en allant chercher dans le sein de la terre tous les principes de fertilité qui y sont cachés, en la pulvérisant, en exposant à fréquentes reprises ses particules à l'action de l'atmosphère; 2^o elle se préoccupera surtout de la culture du froment et de celle des végétaux de commerce, qui, les uns et les autres, se réalisent promptement en argent; sous ce rapport, elle vient en aide à l'industrie manufacturière, elle donne une vive impulsion au commerce intérieur des denrées, elle crée dans le pays des besoins d'activité, des rapports d'action qui pourront plus tard prendre une autre direction.

Ses défauts ne sont pas moins visibles : 1^o la fécondité de la terre résultant de deux éléments, le travail et les engrais, si l'on excède dans l'un ou l'autre, on n'obtient que des résultats temporaires; si c'est le travail qui surabonde, il arrive un moment où les sucres mis en réserve dans le sein de la terre sont épuisés; si ce sont les engrais, la tenacité du sol, son peu de profondeur, l'abondance des mauvaises herbes annulent leurs effets. Or, dans cette culture exigeante, talonnée par le créancier, l'équilibre est rompu entre ces deux puissances, le travail doit suppléer à tout; 2^o l'argent manque pour acheter du bétail, le temps manque pour faire croître des herbages qui le nourriraient et dont il faudrait attendre les rentrées. Il s'agit de trouver dans les produits du sol et dans un temps donné non-seulement l'intérêt, mais une partie du capital de sa valeur. La durée des journées de travail n'a plus de limite pour le cultivateur qui s'est enchaîné à cette galère; il travaille le jour, il travaille la nuit, soutenu qu'il est dans cette carrière laborieuse par la perspective de devenir enfin propriétaire de ce terrain. Ainsi plus de culture qui ne produise pas dans l'an-

née même l'argent qui est nécessaire pour solder le terme échu ; le lin, le colza, la garance, le blé, se succèdent sans interruption. Plus tard, quand on aura payé, ne sera-t-on pas à temps de réparer les pertes du terrain, ou plutôt ne se fait-on pas illusion ? Ne se figure-t-on pas que ces produits s'éterniseront sous le même système de culture ? L'expérience est déjà venue : déjà les mines de garance sans engrais sont épuisées en beaucoup de lieux, et bientôt la nécessité amènera un grand changement dans le système agricole. Il faudra en venir à adopter une forte proportion de récoltes fourragères ; mais alors le prix d'achat des terres sera liquidé en partie, et ne sera-t-il pas vrai de dire que l'introduction d'un bon assolement aura été provoquée par la culture forcée qui l'a précédé, par le réveil de l'industrie agricole, amenant les cultivateurs, sous peine de déchoir, à une culture qui multiplie les engrais, et que le trésor trouvé dans la terre par le travail, le désir de l'y voir s'y renouveler aura été le véhicule de cet important progrès ?

Que l'on se figure maintenant toute cette population animée d'une telle ambition, et arrivant aux enchères des terres que l'on met en vente en détail ; qui ne conçoit la vive concurrence qui va se déclarer, la surenchère qui en sera le résultat, et enfin l'augmentation du prix des terres, non-seulement de celles qui sont en vente, mais, par contre-coup, de toutes celles qui restent encore indivises et dont on a appris à connaître la véritable valeur ?

Cet accroissement de prix est dans chaque pays en raison directe de l'étendue des terres à vendre et du nombre d'habitants qui s'empressent de les acquérir. Il est immense dans les vallées resserrées, où la population s'est accrue par l'exercice de l'industrie manufacturière ; il est moins considérable dans les plaines où le nombre des habitants est moins grand en proportion de la surface. L'art des *bandes noires* est de ne pas

multiplier coup sur coup les ventes, de les proportionner aux facultés et au nombre des enchérisseurs, et, le nombre de ces compagnies étant assez limité, elles se sont partagé le territoire, ayant soin de ne pas empiéter les unes sur les autres, pour se conserver un prix de monopole.

La progression de valeur des terres vendues en parcelles continuera tant que la grande culture n'aura pas trouvé le secret de faire produire aux terres un revenu net égal à celui des parcelles. Mais ici se présente une autre difficulté : à mesure que la masse des cultivateurs devient propriétaire, le nombre des manouvriers à la journée diminue, et le prix de leur travail augmente; par contre-coup, il devient toujours plus difficile de conserver de grandes exploitations sous la grande culture; la lutte n'est pas égale entre un petit propriétaire qui cultive son champ sans se rendre compte du prix de son travail ni du nombre d'heures de sa durée, qui y met cette ardeur que l'on voit aux tâcherons, et le riche propriétaire qui paie un travailleur à journée, à année, travailleur qui se trouve souvent être de ceux qui, à cause de leur faiblesse ou de leur in conduite, n'ont pas su inspirer assez de confiance pour devenir propriétaires. Ainsi, il y a à la fois réduction dans le nombre des ouvriers, réduction dans la quantité du travail, et cependant augmentation du prix de ce travail; il faut donc chercher les moyens d'en réduire l'emploi, ou vendre des propriétés onéreuses. Le premier moyen existe; il est connu d'un petit nombre d'agriculteurs qui ont réfléchi sur leur position; nous le développerons dans le cours de cet ouvrage.

SECTION IV. — *Influence de la population.*

Tous les éléments qui constituent le mouvement social réagissent les uns sur les autres; la richesse de la population

amène à son tour son accroissement, et cet accroissement est aussi un signe visible de l'accroissement de valeur des terrains. Mais il faut surtout considérer la population agricole et ne pas la confondre avec celle des villes. Sans doute les terrains placés immédiatement autour des grandes villes acquièrent une grande valeur parce qu'ils sont convertis en maisons de plaisance ou en jardins maraîchers; mais si, en dehors de la sphère d'activité, on retrouve le désert ou une population agricole dispersée dans des manoirs éloignés les uns des autres, si la grande ville manufacturière attire à elle toutes les forces agissantes de la population rurale, on peut être certain que, loin d'accroître la valeur des terres, elle la diminue. Nous ne pouvons ici que nous réunir à l'opinion d'un de nos plus judicieux agriculteurs, M. Rieffel, en adoptant la base qu'il propose pour l'appréciation des terres relatives à la population.

« Rien de plus favorable à l'amélioration du sol, dit-il, ¹ que sa division entre une population très nombreuse, uniformément répartie; ainsi l'agglomération des grandes villes est une cause de la dépréciation du sol, aussi bien que les industries exclusives qui paient de forts salaires et éloignent les hommes des travaux champêtres, tandis que les bourgades et les hameaux rapprochés, dans chacun desquels certaines industries libres, par métiers isolés, peuvent employer les moments perdus par les pluies et les intempéries, sont une circonstance des plus favorables et qui double surtout la valeur du sol, ou, pour mieux dire, le produit du travail des hommes qui se partagent ainsi entre la production et l'industrie..... Les pays les plus peuplés, agricolelement, peuvent seuls perfectionner la culture et les produits, hâter, atteindre et devancer la période commerciale, et passer de celle-ci à la période jardinière. Il importe donc peu qu'un propriétaire vendeur vous affirme et vous prouve que ses terres peuvent porter du lin ramé, du tabac,

(1) *Agriculture de l'ouest*, t. II, p. 326.

de la garance, etc.; je ne donnerais pas un sou de plus de ses terres si le manque de population dressée aux manipulations de ces cultures ne me permet pas de les adopter avec profit.

« Il est très remarquable de voir que partout, à peu près, le produit net du sol soit en progression croissante avec la population, mais beaucoup plus rapide; ainsi en comparant au département des Basses-Alpes ceux :

1° du Nord, où la population est 7 fois plus considérable,	on trouve que	
	le produit est 15 fois plus	
2° du Rhône	6	6 [élevé.
3° de la Seine-Inférieure. . .	5,5	11
4° du Bas-Rhin.	5,5	7
5° du Haut-Rhin.	5	6
Population.	29 f. plus considér.,	prod. 45 fois.

« D'après ces données, je crois pouvoir établir cet ordre d'influence de la population sur le produit net, et partant sur la valeur du sol, en supposant ici comme toujours toutes les autres circonstances de climat, de région, de fertilité absolument semblables: quand la population serait de une âme par

EXEMPLES :

50 à 100 ares, la valeur serait 100	Nord, Seine-Infér., Bas-Rhin.
100 à 150.	50 Somme, S.-et Oise, Lot, Vaubl.
150 à 200.	30 Finistère, Sarthe, Loire, Gard.
200 à 280.	25 Meuse, Doubs, Hérault.
300 à 350.	14 Indre, Lozère, Pyrénées-Or.
500 à 600.	7 Basses-Alpes. »

Ces chiffres ne sont vrais que considérés en grand, car on trouverait dans chacun de ces départements des vallées, des cantons, où la population serait aussi pressée que dans les départements les mieux peuplés et où les terres seraient aussi chères. C'est donc sur la population locale et agricole d'une circonscription qu'il faut porter ses regards pour admettre la réalité des chiffres proposés par M. Rieffel. Mais il est vrai de dire que si l'on considère les produits d'une contrée tout

entière, dont la population n'est que de 1 habitant par 5 à 600 ares, la valeur des terres n'y sera probablement pas au delà des sept centièmes de celle de pays peuplés de 1 habitant par 50 à 100 ares.

Il faut aussi faire avec l'auteur la réserve de l'influence du climat qui balance et renverse quelquefois cette proportion; ainsi les terres de Vaucluse valent autant, à égale fertilité, que celles du Nord, quoique la population y soit moindre, parce que le premier département appartient à la région de l'olivier, et parce qu'aussi sa population est plus agricole et moins manufacturière que celle du Nord.

SECTION V. — *Distance des marchés; état des communications.*

La distance où une terre se trouve des lieux où l'on doit faire de fréquents charrois, des marchés où l'on vend les denrées, de ceux où l'on achète les engrais, des minières où l'on va chercher la marne, des fours où l'on cuit la chaux, est aussi une cause qui a une grande influence sur la valeur d'une terre; le bon ou le mauvais état des communications n'est pas moins important à considérer, et nous en avons donné le détail plus haut, en traitant de la méthode historique.

Quelquefois, l'éloignement et l'état des chemins sont tels que toute agriculture qui nécessite des transports devient impossible. Nous connaissons bien des positions en Corse et en Sicile qui sont dans ce cas; mais nous ne pouvons pas en citer d'exemple plus frappant que celui que nous donne Ramon de la Sagra dans son excellente histoire économique de l'île de Cuba¹. « Un grand obstacle aux progrès de l'agriculture dans cette île, dit-il, vient de la rareté des chemins et du mauvais état de ceux qui existent. Beaucoup de propriétaires sont obligés de renoncer aux riches cultures et de se borner à celles des

(1) En espagnol, p. 85.

vignes, du maïs et des autres vivres consommés sur place, parce que les frais de transport augmentent le prix de leurs produits de telle sorte qu'il est impossible de les vendre au marché. Ces frais paraissent incroyables en Europe; une caisse de sucre qui vaut, prix moyen, 100 francs, coûte au propriétaire de la vallée de Güines jusqu'à la Havane, trajet de 48 kilomètres, la somme de 20 francs, et 25 francs dans la saison des pluies, c'est-à-dire 20 et 25 p. 100 de sa valeur. Une pipe d'eau-de-vie distribuée en barils, dont le prix est de 75 francs, coûte 50 francs de voiture, ou 67 p. 100; le café, à la distance de 44 kilomètres, coûte 12 p. 100 de frais de transport, etc. Quelques produits volumineux et de peu de valeur coûtent plus qu'ils ne valent, comme la mélasse, qui paie 300 p. 100 de sa valeur. »

De tels exemples font comprendre combien, dans l'évaluation des terres, il importe de ne pas négliger l'état des communications; ils montrent toute la grandeur du bienfait de l'établissement des chemins praticables en toute saison. Nous avons vu cependant des cultivateurs faire entendre des murmures contre les dépenses que l'on exigeait d'eux pour les construire, et tel d'entre eux se remboursait en une seule semaine des journées de prestation qu'il avait faites pour leur établissement. Nous avons vu un chemin vicinal fait avec soin et dans des pays coupés, valoir aux habitants, chaque année, en économie de transport, le capital qu'il avait coûté; nous avons vu un propriétaire lutter six ans entiers contre l'expropriation d'un coin de terre dont on lui offrait trois fois la valeur et qui devait amener à sa porte une route départementale au moyen de laquelle il a pu retrancher la moitié de ses bêtes de transport, tant il est vrai que l'ignorance est le plus grand ennemi de nos intérêts.

Nous pourrions multiplier les différents points de vue dont nous venons de nous occuper, qui influent sur la valeur des

terres ; nous pourrions rechercher les effets de la fréquence des grêles, des inondations et des autres fléaux naturels sur les appréciations. Nous pourrions aussi, avec Thaër, faire envisager comme une cause défavorable la position d'un territoire sur une frontière qui est exposée à devenir le théâtre de la guerre ; insister sur ce que l'esprit processif des habitants apporte de dommages à la valeur du sol ; ces points de vue ne peuvent être niés quand il s'agit d'une estimation absolue ; mais nous n'avons pas pensé qu'elle fût possible, nous avons toujours pensé que l'on ne pouvait évaluer les terres que relativement à une valeur connue, et dès lors il est bien entendu que l'on doit choisir l'étalon dont on se sert dans les conditions les plus semblables possible avec la terre à apprécier.

CHAPITRE X.

Des circonstances qui affectent les produits de la valeur des terres.

Nous avons vu dans le chapitre précédent que nous ne pouvions établir une valeur absolue des terres, et qu'elle changeait selon les lieux ; nous allons rechercher maintenant si cette valeur est plus constante selon les temps, ou, en d'autres termes, quelles sont les variations que la valeur d'une même terre éprouve d'un siècle à l'autre. Il est bien aisé de voir, d'après ce que nous avons dit, que les changements dans la richesse du pays, dans sa population, dans ses voies de communication, dans son mode de culture, amènent aussi des changements corrélatifs dans la valeur. Le prix des denrées change aussi ; en partant du treizième siècle jusqu'à nous, les choses qui sont du superflu de la vie, dit Dupré de Saint-Maur¹, comme les amandes, les figues, les raisins, ont monté

(1) *Essai sur les monnaies*, p. 37.

de 1 à 16; les choses qui sont d'un plus grand usage, mais qui ne sont pas d'une nécessité indispensable, comme les bœufs, les moutons, etc., ont monté de 1 à 18; les choses absolument nécessaires à la vie, que tout le monde consomme, comme le blé et les grains, ont monté de 1 à 20. Mais les denrées exotiques ont singulièrement baissé de prix : ainsi le sucre se vendait 20 sous la livre en 1595, quoique la valeur de l'argent fût beaucoup plus grande qu'aujourd'hui; la livre de poivre coûtait un quart du prix d'un setier de froment; la livre de cannelle valait, en 1313, la moitié du prix d'un setier de froment.

A mesure que les pâturages se sont défrichés et que l'on a consacré plus de terrain à la culture des céréales, le rapport du foin à celui du blé s'est aussi élevé; la plus grande circulation sur les routes a contribué à cet effet, en augmentant la consommation des fourrages. Il n'y a donc rien de fixe dans le rapport des valeurs des choses; bientôt les prairies auront un avantage qu'elles perdront plus tard; des droits de douanes, des droits d'octroi sur les vins sont autant d'atteintes portées à la rente des vignobles, et par conséquent à leur valeur capitale; le changement de nourriture des habitants d'un pays change aussi ces rapports. En Lombardie, où le peuple se nourrit principalement de maïs, sa valeur relativement au blé est plus forte, et dans les années où le maïs ne réussit pas, il se paie quelquefois plus cher que le blé¹.

Au milieu de cette variation perpétuelle des prix relatifs des choses, on chercherait en vain une base stable qui servit de point de repère pour les comparer dans les différents temps. On vient de voir que le blé lui-même n'en est pas une, et que s'il l'était pour les pays où il fait une partie essentielle de la nourriture, il ne le serait plus pour ceux où il n'est que d'un

(1) Bürger, *Agriculture du royaume Lombard-Vénitien*, traduction française, p. 54.

usage secondaire; l'argent, que l'on a cru longtemps être la mesure invariable des valeurs, donna un démenti frappant à ceux qui lui attribuaient cette qualité après la découverte de l'Amérique. Rien n'est donc plus difficile que de mesurer à travers les siècles les accroissements ou les dépréciations qu'ont subies les terres.

Après avoir cherché un terme de comparaison qui pût nous donner cette mesure et qui fût d'une application agricole, nous croyons en avoir trouvé une beaucoup plus fixe que toutes les autres dans le travail des ouvriers qui cultivent la terre; profession qui n'exige pas d'apprentissage coûteux. Nous n'entendons pas par là le prix vénal de la journée, mais le prix d'un mètre cube de déblai. Le manouvrier dans chaque pays, hors de circonstances extraordinaires, reçoit exactement pour son salaire et celui de sa famille ce qui lui est nécessaire pour sa nourriture et son entretien; mais cet entretien est proportionné à la force et à l'activité de l'ouvrier, et son travail effectif représente partout son salaire. C'est donc un prix à peu près constant que celui du déblai d'un mètre de terre, et ce serait celui que l'on pourrait prendre le moins arbitrairement pour module de la valeur. Il nous donnerait le moyen de trouver la valeur de la qualité de terre la plus inférieure mise en culture : 1^o s'il y avait partout des terres d'une qualité assez inférieure pour ne produire que l'entretien de l'ouvrier et de sa famille; 2^o si dans chaque exploitation plusieurs qualités de terres n'étaient pas mêlées, de sorte qu'avec des terres produisant plus que l'entretien de l'ouvrier, il ne s'en trouvât pas qui, cultivées abusivement, produisissent moins que cet entretien. Il est donc rarement possible de prendre pour base les terres de qualité inférieure, quoique leur valeur en général ne dépende que de ces seuls éléments, le prix de l'entretien de l'ouvrier et l'étendue et l'intensité de sa culture. Il serait encore plus difficile d'établir ce module sur des terres de qualité supérieure, plu-

sieurs de celles-ci rendant un revenu élevé et demandant peu de travail : telles sont les bonnes prairies, les terres d'alluvion légères. Tout ceci achève de confirmer ce que nous avons dit, que le moyen le plus simple, le plus sûr d'évaluer les terres de qualités différentes, consiste à prendre pour type un terrain qui se trouve sous l'empire des mêmes circonstances extérieures, et dont la rente soit bien déterminée.

HUITIÈME PARTIE.

DES AMENDEMENTS.

Nous avons cherché jusqu'ici à connaître les terrains agricoles en eux-mêmes, à déterminer leurs qualités et leurs défauts; nous avons cherché à traduire en nombres leurs propriétés physiques et leurs propriétés agricoles. Nous ne nous sommes pas borné là; après avoir fait cet examen analytique, nous avons voulu déterminer les conditions qui constituaient les meilleurs sols agricoles et les rapports de valeur qu'ils acquièrent par leur possession ou leur privation. Ces recherches nous ont conduit à définir ce que nous entendons par un sol parfait, bon, médiocre, mauvais. Cette étude préliminaire d'un des instruments de l'art agricole n'était pas encore de l'agriculture proprement dite, qui met en œuvre ces instruments; c'était, comme nous l'avons dit dans l'introduction, une science nécessaire pour bien commencer l'étude de la science principale.

Après avoir reconnu ce qui manque aux terres pour être aussi propres que possible à l'agriculture, il semble qu'il ne reste plus qu'à rechercher les moyens par lesquels on peut remédier à leurs défauts, et rapprocher chacune d'elles de l'état de perfection que nous avons indiqué. Ce sujet découle directement de celui que nous avons traité jusqu'ici, il en est le corollaire immédiat et tient aux mêmes principes. C'est le complément naturel de l'agrologie; mais l'ordre logique que nous nous sommes prescrit exige que nous nous bornions à décrire ici les amendements et les engrais en eux-mêmes, réservant pour l'agriculture proprement dite l'application, la

mise en œuvre de ces ressources qui viennent compléter, pour ainsi dire, la terre qui devient le théâtre des travaux agricoles. Nos lecteurs voudront bien se rappeler tout ce que nous avons dit sur l'acquisition, la préparation, la valeur relative et absolue des amendements et des engrais, quand nous décrirons la préparation des terres pour la culture des plantes.

Nous avons vu, dans la septième partie, ce qui constitue une terre parfaite, et nous avons dit combien il est rare d'en trouver. Les terres s'éloignent de cet état de perfection, ou par leurs propriétés physiques, ou par leurs principes constitutifs. Si elles ont trop ou trop peu d'humidité, de tenacité, de coloration, et si elles manquent de principes azotés, charbonneux, alcalins, on peut rechercher les moyens de les compléter sous ces différents rapports; ce que nous avons à faire en ce moment, c'est l'étude de ces *compléments* des propriétés physiques, de ces *compléments* des principes composants. Ce sont deux grandes classes de moyens auxquels nous donnons les noms d'*amendement* et d'alimentation végétale.

Ceux qui nous ont précédé, égarés, à ce que nous croyons, par le mot d'*engrais*, qui semble indiquer une matière grasse et le plus souvent azotée, ont répugné à appliquer ce nom aux substances minérales d'apparence sèche. Ils ont exclu ces dernières de leurs engrais, et ont cru devoir créer pour elles une nouvelle classe à laquelle ils ont donné le nom de *stimulants*. Ils ont donc eu des amendements, des stimulants et des engrais; ces deux dernières divisions comprennent la classe que nous désignons sous le nom d'*aliments végétaux*; ils ont été aussi conduits à cette division par une théorie que nous ne croyons pas exacte, et qui ferait consister l'alimentation des végétaux uniquement dans l'assimilation du carbone, de l'oxygène, de l'hydrogène et de l'azote. Dans la neuvième partie, nous discuterons cette opinion, et nous montrerons que si la vie végétale peut exister sous ces conditions, elle reste imparfaite et ne

prend son développement complet, tel que le demande l'agriculture, que par l'intervention de substances fixes.

Mais dans ce moment nous n'avons à nous occuper que des amendements; or, les amendements ne s'adressent qu'aux propriétés physiques du sol; ils ont pour but de modifier ces propriétés au profit de la culture.

La marche que nous suivrons en parlant des amendements est toute tracée par ce que nous avons dit en commençant notre septième partie, et en traçant l'idéal d'une terre parfaite; la fraîcheur, alliée à une faible tenacité, tel a été pour nous ce type dont il fallait chercher à se rapprocher; et quant aux terres décidément sèches, nous avons vu qu'il y avait un équilibre à chercher entre les avantages de la conservation des engrais et de l'humidité pour les terres fortes et la facilité de travail des terres légères. Le but des amendements est donc de ramener les terres à un de ces deux types; ainsi augmenter l'humidité des terres sèches, diminuer celle des terres humides, augmenter la tenacité des terres légères, diminuer celle des terres fortes, c'est sur ces quatre points que roule ce que nous aurons à dire sur les amendements. Il y a en outre à considérer les moyens d'accroître la surface des terres rocheuses et caillouteuses par l'enlèvement des roches et des cailloux qui en occupent une partie, et les moyens de rendre dans certains cas les terrains plus aptes à absorber la chaleur et la lumière.

CHAPITRE I^{er}.

Moyens d'augmenter l'humidité du sol.

Quand un terrain conserve moins de 0,10 de son poids d'humidité en été, à 0^m,30 de profondeur, nous avons dit que la végétation y souffre, et que le nombre des plantes que l'on peut y cultiver est nécessairement limité par l'arrivée trop précoce

de l'époque d'une maturation forcée. Cette sécheresse provient ou du défaut de pluie dans cette saison, ou de la trop grande profondeur du réservoir intérieur des eaux, ou d'un sous-sol imperméable qui s'oppose à ce que cette humidité intérieure ne remonte à la surface par l'effet de la capillarité. Ainsi, suppléer à toutes ces causes de sécheresse par l'irrigation, détruire l'obstacle opposé à la communication du sol avec le réservoir des eaux, tels sont les deux moyens qui se présentent pour combattre ces fâcheuses dispositions du terrain.

CHAPITRE II.

Des irrigations.

SECTION I^{re}. — *Qualité des eaux.*

La qualité des eaux que l'on emploie à l'irrigation est loin d'être indifférente. Les paysans les plus grossiers savent que certaines eaux ne produisent aucun effet fécondant, que d'autres paraissent au contraire stériliser les terres, tandis que l'on en trouve qui semblent porter la fécondité sur les champs qu'elles arrosent. Les premières sont généralement des eaux peu aérées et peu oxygénées qui s'emparent de l'oxygène du sol et des plantes; les secondes sont des eaux qui contiennent en notable quantité des sels carbonatés de chaux ou de fer, ou des sulfates de chaux, car les carbonates, en perdant à l'air une partie de leur acide carbonique, se précipitent, encroûtent les plantes et ferment les pores de la terre, et les sulfates de fer en trop grande abondance sont de véritables poisons pour les plantes; enfin il y a des eaux fertilisantes : ce sont des eaux aérées, contenant des sels de potasse, de soude ou d'ammoniaque, des matières organiques ou de l'acide carbonique en solution. Il est donc bien essentiel de s'assurer de la nature des eaux

avant d'entreprendre de les dérifer ou de les élever pour l'irrigation. On pourrait quelquefois avoir à se repentir des dépenses que l'on aurait faites pour se les procurer.

Les eaux surchargées de sulfate de fer se décèlent par leur goût astringent et métallique. Nous ne nous en occuperons plus.

Pour déterminer la quantité d'air contenue dans l'eau, on remplit de cette eau un ballon auquel on adapte un tube recourbé plein d'eau bouillie, et on engage le bout du tube sous une cloche à mercure. On fait bouillir doucement; quand il cesse de passer des bulles d'air, on s'arrête. On mesure le gaz obtenu; on fait les réductions selon la pression et la température, comme on l'a indiqué à l'analyse de l'azote, dans la première partie. L'eau complètement aérée dissout un trentesixième de son volume d'air. Cet air est plus oxygéné que l'air atmosphérique. On trouve dans les eaux moyennement aérées deux litres d'air par cent litres d'eau. Mais au-dessous de cette quantité, et surtout si on est loin de l'atteindre, on doit regarder l'eau comme peu favorable à la végétation; les eaux de puits, dont l'eau est stagnante, sont souvent dans ce cas, ainsi que les eaux de neige fondue. M. Boussingault attribue au défaut d'aération de ces dernières la production des goîtres dont sont affectées les populations qui s'en abreuvent. La végétation n'en éprouve pas de meilleurs effets.

On peut s'assurer si une partie de l'air obtenu ne contient pas d'acide carbonique en en prenant une portion dans une éprouvette, et l'agitant avec de l'eau de potasse; ce qui manquera à son volume après cette agitation sera de l'acide carbonique. Les eaux chargées d'acide carbonique sont légèrement acides; le goût peut, dans ce cas, suppléer à l'analyse.

En portant l'eau à l'ébullition dans un vase ouvert, on force le gaz acide carbonique excédant à abandonner les matières terreuses. Celles-ci se précipitent au fond du vase. On constate ainsi la présence ou l'absence des sels carbonatés.

L'hydrochlorate de baryte détermine dans les eaux contenant des sulfates un précipité de sulfate de baryte. Les eaux gypseuses, que le vulgaire appelle des eaux crues, sont mauvaises pour la boisson, et aussi pour la végétation, quand le gypse s'y trouve en quantité suffisante pour former un précipité susceptible d'être pesé.

Le nitrate d'argent, en déterminant dans l'eau la formation de flocons blancs, annonce des hydrochlorates ou chlorures. Le goût avertit s'ils sont assez abondants pour être nuisibles à la végétation.

Après l'ébullition, les eaux chargées de carbonate de potasse ou de soude verdissent le sirop de violette.

Si l'on met de l'eau dans une cloche recourbée et un papier de tournesol à son entrée, on s'aperçoit de la présence de gaz ammoniacaux si le papier bleuit quand on chauffe la cloche.

Une solution d'acétate acide de plomb ou de nitrate de plomb donne un précipité noir si l'eau contient des hydrosulfates. Les émanations de gaz hydrogène carboné paraissent être nuisibles aux plantes, soit qu'elles les atteignent à l'état gazeux ou dissoutes dans l'eau. D'un autre côté, l'hydrosulfate d'ammoniaque paraît avoir agi favorablement sur les plantes.

L'acétate de plomb précipite aussi les matières organiques contenues dans l'eau, et qui sont si utiles à la végétation.

On doit toujours se défier d'une eau dans laquelle le savon se dissout mal, ou dans laquelle une solution alcoolique de savon se précipite en flocons. C'est le caractère des eaux crues et mal aérées. Les légumes, cuits dans de pareilles eaux comme dans les eaux gypseuses, restent durs à moins qu'on ne les aiguise avec un sel alcalin (carbonate de soude).

L'analyse des matières tenues en suspension dans l'eau n'est pas moins essentielle. Après les avoir laissé déposer, on décantera, et l'on procédera comme nous l'avons indiqué dans la première partie pour les terres. En rapprochant les résultats

obtenus de la composition minérale du terrain à amender, on verra si l'eau lui apporte des principes qui lui manquent, ou s'il lui en apporte d'autres dont il est déjà surabondamment pourvu, et si l'irrigation ne fait ainsi qu'aggraver ses défauts. Il ne faudrait pas cependant pousser trop loin ces conclusions, mais avoir toujours devant les yeux que les défauts d'un terrain sec sont souvent palliés ou détruits quand on peut le maintenir dans son état de fraîcheur.

SECTION II. — *De l'irrigation.*

L'irrigation se pratique de deux manières : ou en faisant courir l'eau à la surface du terrain, c'est l'irrigation par immersion ; ou en la faisant circuler dans des rigoles ouvertes de distance en distance, de manière à ce que le terrain compris entre les rigoles se pénètre d'eau sans que la surface en soit couverte ; l'eau s'infiltre dans la terre, l'abreuve et la pénètre jusqu'au centre de la planche ; c'est l'irrigation par infiltration.

L'un et l'autre procédé exigent que l'on dirige les eaux dans un canal principal qui suit une ligne de niveau plus élevée que celle du terrain à arroser. Ainsi, dans le terrain représenté

Fig. 5.

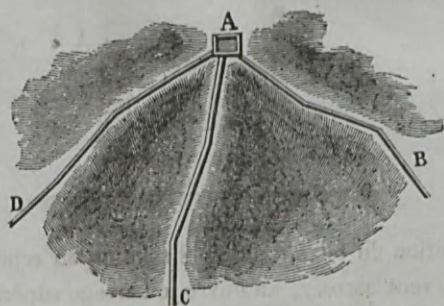


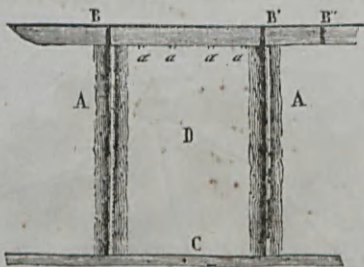
fig. 5, la prise d'eau se trouvant en A, et le terrain présentant

deux vallons et trois crêtes principales, on dirigerait un canal de A à B, un second de A à C, un troisième de A à D; la plus grande quantité d'eau passera par le canal AC qui a deux pentes à arroser, tandis que les deux autres en ont une seule. C'est seulement dans l'hydraulique appliquée à l'agriculture que l'on peut traiter des moyens de régler la quantité d'eau qui doit s'écouler par chaque canal, proportionnellement à la charge d'eau, à la pente et aux dimensions des ouvertures des canaux ¹.

Chaque terrain à arroser sera nivelé de manière à former un plan incliné, à partir du canal principal jusqu'à la partie la plus déclive, où devra se trouver un canal d'écoulement propre à recevoir les eaux superflues et à les diriger hors de la propriété.

La surface à arroser sera divisée en planches plus ou moins larges, au moyen de petites digues en dos d'âne de 0^m,60 à 0^m,80 d'élévation, qui viendront se rattacher au bord du canal principal. Ces digues prennent le nom de *coussinets* AA. Au point d'attache de chaque coussinet avec le canal, on construit un barrage (*fig. 6*) fermant au moyen d'une planche.

Fig. 6.



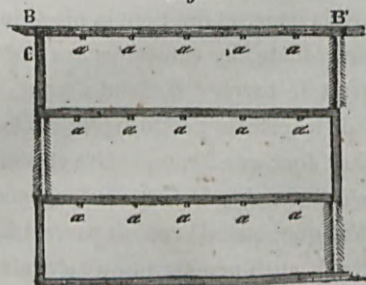
La disposition du terrain est alors celle qu'on représente ici. Quand on veut arroser, on ouvre le barrage supérieur B qui retenait les eaux pour l'arrosement de la planche A, et l'on

(1) Voir l'ouvrage de M. Nadaud de Buffon sur les irrigations, t. II.

tient fermé le barrage B' pour empêcher que l'eau ne suive la pente du canal; alors on ouvre sur les bords de la digue du canal les petits émissaires *aaa* par lesquels l'eau s'introduit sur la planche D, en couvre la surface, s'y imbibe, l'eau superflue s'écoulant dans le canal de décharge inférieur C. Quand l'eau est parvenue à la partie inférieure de la planche, on ouvre le barrage B'; on tient fermé le barrage B'' pour procéder à l'irrigation de la planche suivante.

Si la pente du terrain à arroser était très forte, et que l'on pût craindre que l'eau d'irrigation n'agit torrentiellement sans s'étendre sur la planche, on en réduirait la largeur, on multiplierait les émissaires *aaa* (*fig. 7*), l'on diviserait l'eau du

Fig. 7.



canal de manière à en diminuer le volume, et on la conduirait ainsi divisée aux différents étages du terrain; quand on ouvrirait le barrage, l'eau prendrait la direction du canal en zigzag, et arroserait en peu de temps, au moyen des ouvertures *aaa*, les différentes divisions de la planche, sans se creuser un lit irrégulier dans le terrain. La planche étant arrosée, on ferme le barrage C qui conduit l'eau dans les canaux secondaires, et l'on arrose la planche suivante en ouvrant le barrage B'.

Dans les terrains en pente, il arrive très souvent que l'on ne peut disposer que de l'eau d'une source peu abondante;

alors on laisse couler l'eau fort longtemps entre les deux barrages, et elle se répand en petits filets par les ouvertures sur la surface du pré; ce n'est que quand on s'aperçoit qu'une planche est suffisamment arrosée qu'on ouvre le barrage suivant, en fermant, comme on doit le faire dans tous les cas, les ouvertures *aaa* des planches qui ont reçu assez d'eau.

L'irrigation par infiltration se conduit de la même manière, excepté qu'au lieu des larges planches de la disposition précédente, où elles ne sont bornées que par la quantité d'eau dont on peut disposer, elles doivent l'être par le plus ou moins de perméabilité et de capillarité du sol. L'expérience règle cette largeur mieux que tous les principes que l'on pourrait donner; chaque planche est bordée latéralement d'une rigole peu profonde tracée avec la houe, et qui tient la place du coussinet de la disposition précédente, les émissaires *aaa* n'existant pas. Quand on a ouvert le barrage B, l'eau s'écoule par la rigole jusqu'au bout de la planche; cette rigole est fermée par son extrémité; il faut donc que l'eau pénètre et s'imbibe dans le terrain à droite et à gauche. La largeur des planches doit être réglée de manière que, quand l'eau est parvenue à l'extrémité de la rigole, elle ait aussi pénétré jusqu'au centre de la planche, vers son entrée et à 0^m,1 ou 0^m,2 de profondeur.

Ainsi, dans tous les cas particuliers que l'on peut décrire avec plus ou moins de détail, sans parvenir à les épuiser, toute la théorie des arrosements se réduit à ce petit nombre de principes : 1^o diriger un canal principal sur la crête du terrain la plus élevée que le permettra le niveau de l'eau; 2^o avoir à la partie la plus déclive de ce même terrain un canal de décharge, où se rendent les eaux excédantes; 3^o niveler le terrain à arroser de manière à ce qu'il forme un plan incliné du canal principal au canal de décharge; 4^o diviser le terrain en planches plus ou moins larges, suivant la quantité d'eau dont on dispose. Cette largeur doit être telle que toute la longueur de la

planche puisse être arrosée sans temps d'arrêt dans le mouvement de l'eau. Si le volume que débitent les émissaires pratiqués dans le bord du canal était trop faible, l'eau ne marcherait pas, s'infiltrerait dans la terre et s'y perdrait; c'est pour se procurer le volume suffisant que l'on arrête l'eau à chaque planche jusqu'à ce qu'on ait fini de l'arroser; 5^o quant aux arrosements par infiltration, la largeur des planches est relative aussi à la porosité du terrain et à sa capillarité; il faut que la planche entière puisse s'imbiber à peu près dans le temps que l'eau met à parcourir et remplir la rigole latérale. L'arrosage à la main par le moyen des arrosoirs n'est propre qu'à l'horticulture, et ne peut être admis dans l'agriculture, si ce n'est quelquefois pour favoriser la reprise de plantes précieuses.

SECTION III. — *Quantité d'eau nécessaire pour l'irrigation.*

Si nous trouvons de grandes différences dans l'appréciation de la quantité d'eau nécessaire pour l'irrigation d'un hectare de terre, cela tient: 1^o à la différence des climats, où l'évaporation a lieu avec plus ou moins de rapidité; 2^o à celle des terrains qui ont aussi une aptitude différente pour retenir l'eau, et à leur profondeur, ou à l'existence de couches imperméables près du sol; 3^o à la nature des cultures auxquelles on accorde les bienfaits de l'irrigation. Ainsi les luzernes se contentent d'un arrosage par chaque coupe; les prairies veulent un arrosage à chaque fois que la terre devient sèche à 0^m,20 de profondeur; les jardins exigent plus d'eau encore. Ne soyons donc pas surpris si nous voyons les uns exiger seulement 3000 mètres d'eau, les autres 5000, les autres 9 et les autres 10000 mètres pour la totalité des arrosages d'une année. Pour rapprocher ces opinions, il faut distinguer d'abord entre la quantité d'eau nécessaire pour un arrosage, et ensuite celle nécessaire pour l'irrigation de terrains pendant toute l'année, ou autrement la

première de ces quantités multipliée par le nombre des arrosages.

Si le terrain est moyennement filtrant, qu'il soit plané et qu'il ait une légère déclivité; que la terre soit dans un état habituel d'irrigation et ne soit pas trop desséchée; que de plus l'eau débouche sous un volume suffisant pour qu'elle ne soit pas arrêtée par les petits obstacles, mais avance sans interruption du haut en bas de la pièce de terre, on peut fixer à 800 mètres cubes la quantité d'eau nécessaire pour un hectare. On a 0^m,08 de hauteur sur toute la surface du terrain; cette hauteur se porte à 0^m,1 où à 1000 mètres cubes si le terrain est sec; s'il est très plat et si l'eau ne surgit pas avec abondance, rencontrant à chaque pas des obstacles qu'elle ne peut franchir, et alors s'infiltrant sans avancer sur la terre, on ne peut fixer la limite à laquelle s'arrêterait la consommation de l'eau.

Quand, au lieu d'arroser par submersion, on arrose par infiltration, si la marche de l'eau dans les rigoles est bien conduite, si celles-ci ont une pente suffisante et que l'eau arrive promptement à leur extrémité, ce mode n'exige pas une plus grande dépense d'eau que celui par submersion.

Maintenant, quel sera le nombre des arrosages nécessaires pour une irrigation complète? Il dépend d'abord du climat qui indique l'époque où la terre cesse d'être fraîche et celle où, par l'effet de pluies d'automne, elle le devient de nouveau. Il dépend ensuite de la texture de la terre, de sa profondeur et de l'inclinaison de ses couches, qui facilitent plus ou moins l'infiltration et l'écoulement des eaux. Dans le climat de la Provence et du Milanais, les arrosages doivent commencer au 1^{er} avril et finir au 30 septembre. Probablement dans le climat de Paris il suffirait de commencer au 20 avril, et de terminer au 10 septembre. D'après les observations rapportées plus haut ¹, nous trouvons que les terrains qui possèdent 0,20

(1) Page 380.

de sable ont besoin, dans le premier de ces climats, d'un arrosage tous les quinze jours pour que les prés n'y souffrent pas, et ceux qui ont 0,80 de sable (élément pierreux et premier lot de la légivation), d'un arrosage tous les trois jours. Ainsi nous voyons que pour chaque centième de sable ajouté, l'intervalle qui sépare les arrosages est diminué de deux dixièmes de jours. Il en résulte donc la nécessité de 12 arrosages pour les terrains qui ont 0,20 de sable ou de 9600 mètres cubes d'eau, et de 36 arrosages ou de 28800 mètres cubes d'eau pour ceux qui ont 0,80 de sable. C'est en comparant la quantité d'eau dont on dispose avec les qualités du sol que l'on pourra juger s'il est possible de le convertir en terrain arrosé; comme aussi en comparant la quantité d'eau nécessaire, le prix de cette eau et le revenu que l'on en attend, on reconnaîtra s'il convient économiquement de se procurer ce genre d'amendement. Le prix de l'eau dépend des moyens employés pour se la procurer, oue nous devons aussi examiner rapidement.

SECTION IV. — *Moyens d'obtenir l'eau.*

L'eau dont on peut disposer se trouve ou à un niveau supérieur à celui du terrain, ou à un niveau inférieur. Si c'est à un niveau supérieur, il ne s'agit que de la conduire à portée du terrain par des canaux d'irrigation; si elle est à un niveau inférieur, il faut, pour s'en servir, l'élever d'abord à un niveau supérieur. Dans l'un et l'autre cas, l'hydraulique fournira les méthodes d'opérer; ici nous ne devons examiner la question que sous le point de vue de la possibilité et de l'économie.

§ 1^{er}. — Canaux.

Si la prise d'eau pouvait toujours être placée en tête de la propriété, la convenance de se servir uniquement de canaux

pour conduire les eaux ne pourrait être la matière d'un doute; mais trop souvent il en est autrement. Si l'on veut dériver les eaux d'une rivière qui a peu de pente, il faut souvent aller chercher fort loin le niveau supérieur, et alors il y a une grande longueur de canal à creuser; le calcul des frais qu'entraînerait le canal de dérivation, la possibilité de son exécution, telles sont les premières difficultés à envisager.

Ces difficultés sont encore plus grandes lorsque l'on veut entreprendre seul la dérivation. Pour que l'eau pût être prise au loin, il faudrait que le domaine à arroser fût bien grand; autrement le produit ne balancerait pas les frais. On ne profitera donc réellement des eaux des fleuves qui, par leur peu de pente, exigent que l'on prenne les eaux à de grandes distances, qu'au moyen de compagnies qui exécutent les canaux pour en vendre les eaux. Nous en avons de beaux exemples en Lombardie; la Provence en présente de non moins frappants dans les canaux de Craonne, de Boisjelin, de Crillon et de Donzère; mais les trois premiers ont pris l'eau à une petite distance, favorisés en cela par la pente énorme de la Durance, dont ils ont dérivé les eaux; le dernier a pris les siennes au Rhône, mais à un point où il forme une cataracte, et où la nature avait préparé le barrage qui permettait de les porter sur des terres peu éloignées. Quand on a projeté un canal qui portât les eaux du Rhône dans l'île de Camargue, on a déjà été obligé d'indiquer la prise à Aramon, à 33,000 mètres de la pointe de l'île.

Il est évident qu'une canalisation générale du sol, dans le but de l'irrigation, est maintenant une des entreprises les plus utiles pour la fortune publique et particulière que puisse entreprendre le gouvernement. Bientôt la multiplication des chemins de fer rendra les voies navigables moins nécessaires, et les fleuves couleront presque inutiles sur le sol, si on ne les emploie pas à en doubler la fécondité; cette heureuse découverte aura donc mis enfin à la disposition de l'agriculture une

ressource que la préférence donnée de tout temps aux autres industries lui avait enlevée. L'agriculture semble n'être appelée qu'à recueillir les miettes qui tombent de la table des riches. Un exemple fera voir pourtant qu'elle sait mieux utiliser les eaux que les industries, au profit desquelles on l'en privait.

A Orange, une petite rivière, la Meyne, a été destinée, par d'anciens statuts, à desservir les moulins et les usines pendant six jours de la semaine; seulement, pendant vingt-quatre heures, du samedi soir au dimanche soir, ces eaux sont consacrées à l'irrigation. L'étendue des terrains arrosés par ces eaux est de 258 hectares; si l'on pouvait les employer pendant les six autres jours, on arroserait donc en plus 1,548 hectares, qui, au lieu de 124 fr. par hectare, produiraient 250 fr.; c'est une augmentation de 195,048 fr. de revenu. Ces eaux mettent en mouvement sept usines, dont le revenu moyen n'est pas de 30,000 fr.; voilà les avantages que l'agriculture peut tirer des eaux, mis en parallèle à ceux qu'en retirent les industries auxquelles on l'a sacrifiée. M. Aug. de Gasparin a donc eu raison de le dire, c'est par centaines de millions que les gouvernements doivent compter la perte qui résulte de la masse d'eau qu'ils laissent arriver à la mer sans avoir su en profiter. Au reste, les esprits sont déjà éveillés sur cette grave question, et il faut espérer que, mieux éclairés à l'avenir, nos travaux publics prendront cette noble direction.

§ II. — Réservoirs artificiels.

Quelquefois ce n'est pas d'un fleuve ou d'une rivière qu'il s'agit de diriger les eaux, mais on peut pratiquer dans un val-
lon fermé par le moyen de digues construites à cet effet un réservoir artificiel pour y réunir les eaux de pluie de l'hiver et du printemps, ou celles qui coulent, dans cette saison, de sources peu abondantes, pour s'en servir pendant l'été. Les Ro-

moins connaissaient ce genre de retenue ; on en voit un exemple près de Saint-Remi, en Provence. Il paraît, d'après les récits des voyageurs, que la Perse en était couverte, et que c'est de leur abolition, suite des guerres et des révolutions, que date la ruine de ce pays. Nos grands canaux sont entretenus par des bassins où l'on retient les eaux courantes et les eaux pluviales à leur point de partage, mais pour un autre usage que celui de l'irrigation. Tel est le bassin de Saint-Ferréol, à la tête du canal du Languedoc, qui a une capacité de près de 7,000,000 mètres cubes, et qui reçoit par jour 87,000 mètres cubes d'eau. L'agriculture n'a pas élevé si haut ses prétentions, et nous ne comptons que des réservoirs artificiels d'une bien moindre étendue. Le plus grand de ceux que cite Carena¹ est celui de Ternevasio, près de Turin, qui occupe un espace de 23 hectares, où l'eau s'amasse à la hauteur de 5 mètres, et qui peut arroser 57 hectares de prairies. Le réservoir ne contient que 115,000 mètres cubes, et l'irrigation de 23 hectares exigerait 570,000 mètres cubes ; on voit qu'il faut qu'il se remplisse plus de cinq fois pendant la saison des arrosages ; il réunit les eaux pluviales d'une vaste étendue de terrains boisés. Dans le courant du siècle dernier, une petite commune du département de Vaucluse, celle de Caromb, donna un exemple remarquable qui n'a pas été suivi : elle barra à ses frais l'entrée étroite d'un vallon où coulait un petit ruisseau ; elle forma, en élevant un mur de 50 mètres de hauteur sur 80 de largeur et 8 d'épaisseur, un réservoir qui peut contenir 400,000 mètres cubes d'eau, au moyen duquel elle donne le mouvement à ses moulins et arrose une partie de ses terres. Partout où un vallon recevant les eaux d'une vaste surface de collines laisse échapper, lors des pluies et des orages, un torrent passager qui souvent dégrade les terres inférieures ; partout où un ruisseau trop peu abondant pour être utile peut être retenu, et ses

(1) *Réservoirs artificiels*. Turin, 1811.

eaux mises en réserve pour le besoin, la création d'un réservoir peut devenir une source de richesse. Il suffit de calculer et la quantité d'eau que l'on peut recevoir, et l'étendue du bassin que l'on doit former, et les frais que coûtera sa construction, puis balancer ces dépenses avec l'accroissement de valeur qu'acquerront les terres à arroser.

Quant à la quantité d'eau à obtenir, s'il s'agit de barrer un ruisseau dont le cours est permanent, il est facile de le jauger; si ce sont des eaux pluviales s'écoulant par un vallon, le calcul est plus difficile, car il dépend non-seulement de la quantité d'eau de pluie qui tombe dans la contrée, de la surface des terrains tributaires du vallon, mais encore de la nature du sol de ce terrain, de son inclinaison, etc.; un terrain de sable faiblement incliné, par exemple, ne laissant arriver qu'une faible partie des pluies qu'il recevrait, tandis qu'un terrain argileux, gazonné, en absorberait une moins grande quantité; plus les pentes seront fortes, et plus aussi cette quantité sera grande. On compte en moyenne sur le septième de l'eau tombée qui s'écoule par les rivières et torrents; mais cette valeur moyenne ne peut pas être admise aveuglément partout : elle est dépassée dans les pays où les pluies tombent avec abondance, et où l'eau peut couler à la surface du terrain avant d'être absorbée; elle n'est pas atteinte, au contraire, là où il ne tombe que des pluies fines, quoique fréquentes. En multipliant le septième de la hauteur de l'eau tombée par la superficie des terrains qui penchent vers le vallon, on aura approximativement le cube de l'eau qui se rendra dans le réservoir; il faudra en retrancher l'évaporation qui a lieu relativement à la surface de ce réservoir, et cette considération doit faire sentir l'importance de rendre cette surface aussi petite que possible par rapport à la profondeur. L'évaporation est aussi un élément très variable, selon les climats plus ou moins chauds et venteux. Cotte a trouvé que l'évaporation enlevait, à Montmorency, 590 milli-

mètres d'eau; elle est de 1875 millim. à Orange, dans l'atmosphère agitée et chaude; enfin, il faut bien tenir compte des filtrations; comme elles dépendent de la construction des bassins, elles ne peuvent être données que par l'expérience. Le canal du Midi perd en moyenne par cette cause 3 à 4 centimètres par jour; M. Comoy estime à 35 millimètres la perte, par jour, du canal du Centre dans les terrains argileux, et à 25 millimètres dans les terrains sablonneux pendant les jours d'été.

Toutes ces déductions faites, on aura le nombre d'hectares susceptibles d'être arrosés, en divisant le nombre de mètres cubes qui restent dans le bassin par 1000 multiplié par le nombre d'arrosages nécessaires au terrain. Alors, si l'on fait un devis exact de ce que coûtera le nivellement du terrain, les canaux de conduite et de décharge, les écluses, etc.; et si l'on connaît approximativement le revenu de ce terrain ainsi transformé, on pourra juger du mérite de l'opération.

§ III. — Puits en étages.

La partie orientale de l'Asie, au sud de l'Himalaya, reçoit pendant quatre mois de l'année, par la mousson du sud-ouest, des pluies si abondantes qu'une agriculture régulière et riche y est possible, même sans le secours des irrigations, parce que le réservoir des vapeurs qui alimentent les pluies de ce pays consiste en une mer étendue, sujette à une grande évaporation par sa position tropicale, et qui n'est séparée de ce pays par aucun obstacle intermédiaire dans la direction des vents du sud-ouest au nord-ouest. Il n'en est pas de même à mesure que l'on s'approche de l'ouest, et déjà, dans l'Afghanistan et en Perse, la mousson qui parcourt des mers étroites et de vastes espaces de terre ne produit plus des pluies suffisantes, et la culture n'y devient profitable qu'au moyen des irrigations. On sait les soins que l'on mettait, en Perse, à recueillir et à met-

tre à profit les moindres filets d'eau, et à diriger les rivières par des canaux; mais on connaît moins les procédés employés dans ce pays et dans l'Afghanistan pour utiliser toute l'eau qui circule et se rassemble au-dessus des couches imperméables de terrains; ils méritent une attention particulière. Le mode de conduite employé prend le nom de *câriz* en Perse, et celui de *kândz* dans l'Afghanistan.

Quand les terrains que l'on veut arroser se trouvent sur la pente d'une colline, et que l'on a reconnu les points qui peuvent renfermer des sources ou des dépôts d'eau, on creuse au bas de la pente un puits très peu profond; puis, en remontant la pente, un autre puits plus profond; on creuse ainsi une file de puits que l'on met tous en communication par une voie souterraine. La profondeur de ces puits augmente à mesure qu'on remonte la colline, et on a soin de les disposer de façon que le canal souterrain ait une déclivité vers la plaine. La communication entre ces puits n'est ouverte définitivement que quand le puits supérieur est entièrement creusé. Alors les eaux trouvées au fond de chaque puits se dirigent par le canal dans le puits inférieur. Si elles le surmontent, on arrose directement le sol, sinon on y puise l'eau au moyen de machines pour la verser dans un conduit qui la transmet aux champs. La distance entre les puits varie de 10 à 100 mètres; elle est plus communément de 50 mètres. Les dimensions du canal de jonction des puits sont telles qu'un homme peut y passer, mais quelquefois elles sont beaucoup plus grandes. Le nombre des puits est en rapport avec le nombre des sources, et on l'augmente jusqu'à ce qu'on ait trouvé la quantité d'eau dont on a besoin. La longueur d'un câriz varie de 3 à 58 kilomètres. Un pareil travail, nécessairement très coûteux, est fait par de grands propriétaires, mais aussi quelquefois par l'association d'individus moins riches.

Cette opération est fondée sur le besoin de rechercher les

eaux souterraines qui se perdraient en s'enfonçant dans la terre, et de profiter de toutes celles qui se trouvent dans les terrains supérieurs à ceux que l'on veut arroser, comme aussi sur la nécessité de les réunir toutes ensemble, parce que l'on sait bien que les petits filets d'eau isolés manquent d'impulsion, et se perdent par infiltration pendant un trajet un peu long, ce qui n'arrive pas à une masse d'eau plus considérable¹.

§ IV. — Puits forés.

Quand la stratification du terrain peut faire présumer qu'à une certaine profondeur se trouve une couche d'eau contenue entre deux couches imperméables et alimentée par des niveaux supérieurs à la surface du sol, on peut pratiquer un forage qui amène cette eau à la superficie, et permette de s'en servir pour les irrigations. Nous avons décrit plus haut cette disposition du terrain². Cette opération comporte une grande incertitude soit pour la réussite, soit pour la difficulté et la dépense de l'opération. On n'a une probabilité un peu forte d'avoir de l'eau que quand les forages qui ont réussi ont été faits dans des terrains semblables du voisinage; la profondeur à laquelle on l'atteindra ne peut être prévue que dans des bassins à stratification très régulière comme celui de Paris, où M. Héricart de Thury annonça, par l'épaisseur des couches observées ailleurs, que l'on trouverait l'eau du puits de Grenelle de 550 à 560 mètres; elle fut trouvée à 548. Enfin, quant à la dépense, elle dépend non-seulement de la profondeur, mais des obstacles que la sonde rencontre sur sa route, des accidents qui surviennent et qui peuvent arrêter le travail plus ou moins longtemps. L'histoire du puits de Grenelle offre une grande

(1) Elphinstone. *Account of kingdom of Caboul*.

(2) Quatrième partie, chap. II, sect. 5.

partie de ces péripéties, et fait grand honneur à l'habile mécanicien, M. Mulot, qui a su les surmonter.

Les puits forés ont été usités dès la plus haute antiquité; les sources qui coulent dans les oasis de l'Égypte proviennent de puits forés, comme l'a reconnu M. Aymé; la pratique en était générale en Artois, où l'eau se trouve à une petite profondeur. Les fontaines de Modène proviennent aussi d'un forage; et quant à la théorie, elle avait été pressentie, devinée par ce prodigieux esprit de Bernard de Palissy, quand il disait: « Matière percerait aisément les bancs de pierre et trouverait au-dessous des marnes, voire même des eaux pour faire des puits, lesquelles, bien souvent, pourraient monter plus haut que le lieu où le point de la tarière les aurait trouvées, et cela se pourrait faire moyennant qu'elles viennent de plus haut que le fonds du trou. » *L'art du fontainier-sondeur*, par Garnier, et les *considérations géologiques* sur le gisement des eaux souterraines de M. Héricart de Thury, contiennent des détails, que nous sommes obligé d'omettre ici, sur le mécanisme de l'opération et sur les moyens de recherches. Mais ce que nous ne devons pas omettre, c'est qu'en général le forage a bien fourni des eaux qui peuvent passer pour abondantes s'il s'agit d'alimenter une fontaine publique ou les bassins d'un jardin d'agrément, mais que très souvent elles ont été au-dessous des besoins d'une irrigation étendue. Le département des Pyrénées-Orientales paraît être un de ceux où l'on a obtenu les plus grands volumes d'eau; le forage de M. Durand, à Bages, produit 2,000 mètres cubes d'eau par jour; à Tours on en a obtenu, à 0^m,50 du sol, 4,000 mètres cubes par jour; à Grenelle, par minute, 2,400 litres à la surface du sol, et 1,140 litres à 33 mètres de hauteur. Mais le succès n'a pas été partout aussi brillant, et les forages produisant de 50 à 100 mètres cubes par jour sont de beaucoup les plus nombreux. Ces considérations suffiront pour avertir les agriculteurs des chances

aléatoires d'une pareille entreprise. Nous n'en détournerons pas sans doute ceux dont la fortune peut en supporter les frais; nous leur dirons de consulter avant tout les hommes versés dans la géologie, dans la connaissance positive de la structure de leur localité; mais quand les probabilités seront pour la réussite, nous croyons qu'ils ne doivent la tenter qu'en s'adressant, pour se diriger, à des mécaniciens habiles dans l'art du sondage.

Aujourd'hui le prix de ces travaux est fixé proportionnellement à la profondeur : chaque mètre de plus d'approfondissement augmente de prix, de sorte que l'on ne peut pas prévoir d'avance les frais de l'opération, et à plus forte raison le prix auquel reviendra le mètre cube d'eau.

§ V. — Machines à élever l'eau.

Quand le niveau de l'eau dont on peut disposer est inférieur à celui du terrain, il faut employer une machine pour l'élever à ce niveau. Si cette eau coule avec rapidité dans une rivière, on peut se servir de la force du courant lui-même pour monter l'eau à une certaine hauteur qui ne dépasse pas cependant le diamètre de la roue garnie de godets tout autour; sur l'Adige, en Allemagne, en Égypte, on donne une hauteur considérable à ces roues.

Les roues à aube et à godets ne sont avantageuses que dans les rivières dont le cours est réglé, et qui n'ont pas des crues fréquentes; car celles-ci, en noyant la roue, opposent un obstacle à sa marche et peuvent même la renverser. La manière de se servir utilement des eaux courantes était donc encore un problème mal résolu jusqu'à l'invention des turbines qui utilisent cette force de la manière la plus complète et la plus constante.

On a imaginé une foule de machines pour profiter de la force

d'un cours d'eau ; nous aurons occasion de les décrire et de les discuter ailleurs ; elles ont toutes l'avantage de ne coûter que les frais de leur érection et ceux de leur entretien, puisque la force est donnée gratuitement. Quand on se trouve dans la position d'en profiter, on ne saurait donc mieux faire que de l'employer de préférence à toute autre force mécanique.

Le vent est encore une force naturelle et gratuite ; mais il n'a pas dans sa direction, dans sa vitesse, la constance des cours d'eau. Si certains pays placés près des côtes de la mer ont des vents assez réguliers, dès qu'on s'avance dans l'intérieur des continents, ces vents deviennent de plus en plus inconstants ; et l'époque des plus grandes sécheresses, l'été, est celle où leur action cesse souvent complètement. Ainsi, excepté dans les pays dont nous venons de parler, on ne peut employer le vent à une grande irrigation bien réglée qu'en associant au moulin à vent un réservoir capable de contenir une réserve de un ou deux arrosements. C'est donc la dépense d'un pareil réservoir qu'il faut joindre à celle de la machine et de son entretien, pour juger de la convenance d'un pareil moyen. Ou bien si l'eau est peu profonde, on peut associer au moulin à vent un noria prêt à fournir, au moyen de la force des animaux, le supplément d'eau que le vent refuse de donner. Ce choix est le résultat d'un calcul où l'on met en balance les frais de l'un et de l'autre parti.

Après avoir épuisé le champ des forces gratuites, il faut bien finir par aborder celles qui ne le sont pas. Celles-ci sont des forces animées ou la vapeur. Nous en traiterons en détail dans la mécanique agricole.

SECTION V. — *Du prix de revient de l'eau.*

Il est souvent facile et peu coûteux de se procurer l'eau par un canal de dérivation ouvert sur une rivière qui a une grande

penne; tout propriétaire qui se trouve dans le voisinage peut pratiquer cette opération. Il n'en est pas de même quand il s'agit d'amener l'eau de loin; une association de propriétaires, de capitalistes, ou l'administration elle-même, peuvent seuls l'entreprendre. Outre les difficultés d'exécution, il faut observer que le plus souvent les eaux du canal ne sont pas demandées immédiatement. Pour mettre une terre à l'arrosage, il faut des dépenses de première mise, telles que le nivellement, les conduits, les écluses, que tous les propriétaires qui pourraient en profiter ne se trouvent pas toujours disposés à faire; ce n'est donc qu'avec le temps que la contrée traversée par le canal emploie la totalité de son eau, et en attendant les intérêts du capital de construction s'accumulent et rendent l'opération moins lucrative. En outre, le prix de l'eau une fois réglé, il devient très difficile de le hausser. Il dépend le plus souvent des fixations de l'ordonnance de concession, qui n'ont pas pris en considération l'abaissement de la valeur monétaire. Ainsi l'arrosage d'un hectare sur le canal de Craponne est de 5 à 6 fr. par hectare à Salon, et de 22 fr. à Arles, point le plus éloigné. Sur le canal Crillon il est de 24 fr.; ce dernier canal, qui a coûté plus de 600,000 fr., vient de se vendre 300,000 fr. quoiqu'il ait l'emploi de toutes ses eaux. La redevance du canal des Alpines a été fixée par une loi à 1 litre et demi de blé par are, ou 15 décalitres par hectare; cette fixation en nature est une bonne précaution, mais au prix moyen du blé à 22 fr., le prix de l'arrosage d'un hectare ne sera encore que de 33 fr. On peut affirmer que ces prix ne sont nullement en rapport avec les frais de construction de la plupart de ces canaux, ni avec la bonification qu'en reçoivent les propriétés arrosées. Dans le Milanais, le prix de l'eau du canal de la Martesana a une valeur de 0^f,0012 par mètre cube, ou 9 fr. 60 c. pour l'arrosage d'un hectare de prairie. Les eaux de la Lombardie et du Piémont représentent une rente de 50,000,000 fr., ou

un capital de 1,000,000,000 fr. emprunté au fleuve et consolidé sur le sol¹.

En Espagne, les canaux d'irrigation sont des ouvrages publics, dont quelques-uns datent du temps des Maures, et leur jouissance n'est assujettie qu'à des droits qui représentent les frais d'entretien et d'administration².

On conçoit que la véritable valeur d'une eau dérivée est variable comme les dépenses qu'occasionne la construction des canaux, et nous voyons, par l'exemple du canal Crillon, que, pour couvrir les intérêts de cette dépense primitive, l'arrosage de l'hectare devrait être porté à 48 fr., et probablement au delà si l'on considérait les accumulations d'intérêts pour les temps de non-jouissance ou de jouissance incomplète pour les constructeurs du canal.

Le prix de l'eau, élevée par les machines au moyen des moteurs animés, coûte beaucoup plus que l'eau dérivée; ainsi nous voyons que l'eau du canal Crillon devrait coûter 0,005 le mètre cube, que celle de la Martesana ne coûte que 0,0012; tandis que, élevé par la force humaine à 1 mètre de hauteur seulement, ce mètre cube coûte 0,0149; par les chevaux, 0,0027 à 0,0032. On l'obtient, au moyen de vent, de 0,002 à 0,005 selon les situations; par les machines à vapeur de la force de 5 chevaux à 0^f,00119, et de la force de 45 chevaux à 0^f,00098; mais aussi il est bien rare qu'il ne faille pas l'élever de la hauteur de plusieurs mètres pour s'en servir pour l'irrigation, et à la hauteur de 4 mètres seulement, 10,000 mètres coûteront :

Force humaine	596 fr.
Chevaux	128
Vent	80 à 200
Machine à vapeur de 5 chevaux	48
— de 45 chevaux	39

(1) Peyret-Lallier, *Des irrigations*.

(2) Jaubert de Passa, *Voyage en Espagne*.

Ces chiffres suffisent pour faire comprendre le grand intérêt qu'offrent les moyens qui n'obligent pas à l'emploi de ces forces.

SECTION VI. — Valeur de l'amélioration comparée au prix de l'eau.

L'amélioration que l'on obtient en amendant les terres au moyen de l'eau dépend entièrement du besoin qu'elles ont de cet amendement. Ainsi, sur les bords du désert de Sahara, les terres entièrement et constamment sèches n'ont aucune valeur agricole par elles-mêmes, mais une source d'eau leur en donne une très grande, qui est due tout entière à la source, car tout le revenu lui est dû. Au contraire, une terre naturellement fraîche n'éprouvera le besoin de l'irrigation que dans certains moments, dans des printemps secs qui suivent des étés secs; après la moisson, pour rafraîchir la surface du sol, toujours plus sèche que le fond, et mettre les semences d'une seconde récolte en position de germer et de pousser. Ces circonstances extraordinaires se représentent peut-être pour ces terres une fois tous les quatre ou cinq ans, et le loyer annuel d'une irrigation ne pourrait être couvert par l'avantage éventuel que l'on en tirerait.

Dans les cas intermédiaires entre la sécheresse absolue des déserts de sables et les terres naturellement fraîches, la valeur de l'irrigation s'accroît en raison de la sécheresse des terres. Ainsi, à Pierrelatte, nous avons vu, ces dernières années, 14 hectares de terrains graveleux et sablonneux, provenant d'un bois défriché et ayant coûté 18,000 fr., produire en une seule année, par le moyen des irrigations du canal de Donzère, 350,000 kilogr. de luzerne, d'une valeur de 18,000 fr., prix d'achat du terrain; et, d'un autre côté, les terres de la plaine d'Orange, terres argilo-calcaires, qui ont un prix de ferme de 136 fr., se louent 323 fr. quand elles sont transformées en prairies par les arrosages, mais après avoir fait une avance de

3,250 fr. en engrais et travaux pour opérer cette transformation, capital dont l'intérêt de 162 fr. 50 c., retranché de 323 fr., ne laisse que 60 fr. 50 c., représentant le loyer des eaux et le bénéfice.

Ce dernier exemple ne prouve pas, au reste, que l'amendement des eaux fût une mauvaise entreprise sur ces terres, mais seulement qu'il n'y a pas d'avantages à les employer à arroser des prairies permanentes; car il serait facile de montrer qu'avec l'assolement de blé, luzerne et sainfoin usité dans la plaine de Nîmes, le bénéfice serait beaucoup plus considérable, ce qui résulte du compte suivant :

	Terre non arrosée.		Terre arrosée.	
5 années, luzerne . .	360 q. m.	à 5 f. 1,800 f.	720 q. m.	3,600 f.
2 années, sainfoin,				
une coupe.	132	4 520	200	800
		2,320		4,400
Différence.		2,080		
divisée par 7 ans.		297 fr. 14 par an.		

Cette différence résulte du plus grand produit des fourrages arrosés avec modération, une ou deux fois au plus par coupe, suivant la nature du terrain. On a une récolte pleine de luzerne arrosée dès la première année de semis, tandis qu'on ne recueille à peu près rien de celle qui ne l'est pas; dans les terres sèches, les troisième et quatrième coupes qui se font en été sont presque nulles, à moins de circonstances extraordinaires; elles sont assurées avec l'irrigation; les sainfoins donnent une seconde coupe presque égale à la première. Et qu'on ne dise pas que ces fourrages ont moins de durée, et que le fumier s'y conserve moins; ces effets n'ont lieu que dans le cas où l'on arrose fréquemment et par immersion; mais si l'on pratique l'arrosage modérément et par infiltration, on ne les éprouvera pas.

Nous n'avons pas tenu compte dans ce calcul ni de l'avantage de sauver une récolte de blé menacée par la sécheresse du

printemps ; ni de celui de pouvoir obtenir , si le climat le permet, de secondes récoltes, après celle du blé, et avant l'époque des nouvelles semailles, récoltes de haricots, de millet, de pommes de terre dont la valeur s'élève à plus de moitié de celle du froment.

Si on ne s'en tient pas à cette culture fourragère, si l'on est à portée des marchés d'une ville, ou que, comme à Cavaillon, on sache se créer un véritable commerce d'exportation de végétaux plus rares ; si l'artichaut, le melon, les fruits entrent dans la spéculation, alors les bénéfices croissent encore. Il ne suffit donc pas, pour évaluer les avantages de l'irrigation, de connaître la terre et le climat ; il faut encore comparer la culture possible sans irrigation avec la meilleure culture que l'on pourra adopter avec l'irrigation.

CHAPITRE III.

Communication du sol avec le réservoir inférieur des eaux.

Quand le sol est privé de communication avec le réservoir inférieur des eaux par l'interposition d'un sous-sol imperméable, ce n'est que des eaux pluviales qu'il reçoit la portion d'humidité nécessaire à la végétation ; et dans beaucoup de pays, les pluies sont distribuées de manière qu'après avoir été abreuvé d'une manière excessive, le terrain se trouve complètement desséché par l'évaporation, sans pouvoir ni répartir ses excédants d'humidité sur les couches inférieures, ni leur en retirer une partie par la capillarité quand il vient à en manquer.

On change la nature du sol si l'on parvient à rétablir sa communication avec le réservoir inférieur, communication interceptée par la couche imperméable, et pour cela il y a deux

moyens à prendre, ou détruire cette couche, ou la perforer.

Un trou fait avec la bêche nous apprendra bientôt s'il est possible de la détruire, car il faut pour cela deux conditions : 1^o que cette couche soit peu profonde ; 2^o qu'elle soit peu épaisse. Après avoir constaté la situation du terrain, l'existence du réservoir des eaux ; après s'être assuré qu'il est permanent en été et qu'il n'est pas enfoncé de plus de 2 mètres, il ne s'agira plus que de comparer la dépense du défoncement du sol et le mélange du sous-sol au sol, avec la plus-value de la terre quand elle aura passé de l'état de terre sèche en été, et humide en hiver, à celui de terre fraîche. Dans la plaine de Trenten (Vaucluse), la couche imperméable argileuse de quelques décimètres d'épaisseur, qui prive le sol de la communication avec un réservoir permanent d'eau courant sur des cailloux, a été brisée par la culture de la garance, et les terres ont sur-le-champ octuplé de valeur, de 468 fr. à 3,750 fr. l'hectare.

Au reste, les labours profonds seuls, en augmentant la masse du terrain qui peut s'imbiber d'eau pendant les pluies, et en la soustrayant à l'action de l'évaporation, accroissent la fraîcheur des terres, de même qu'ils diminuent leur humidité.

Si le réservoir des eaux n'est pas à une trop grande profondeur, et que cependant l'épaisseur du sol ou de la couche imperméable soit telle qu'il y eût perte à entreprendre son défoncement, ou que l'on craigne de mêler en trop grande proportion cette couche argileuse avec le sol de bonne qualité, on pourrait encore se procurer la communication du sol avec l'eau par le moyen de forages très répétés à travers la couche imperméable. L'humidité remonterait par les trous de sonde, et pénétrerait jusqu'au sol par la capillarité des parties de ce sol qui combleraient le trou de sonde. On a proposé de remplir ces trous au moyen de cordes qui transmettraient à la surface l'humidité prise au fond. Mais, dans tous les cas, nous doutons que si l'eau elle-même n'est pas comprimée sous la

couche imperméable et ne remonte pas par la force de son niveau, ces communications, quelque fréquentes qu'elles soient, puissent être d'un grand effet.

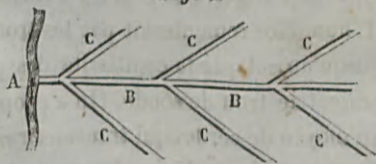
Notre confrère, M. Bory de Saint-Vincent, nous a assuré que son grand-père était parvenu à faire croître de superbes chênes sur le sol aride et peu profond des landes, en perçant avec un fleuret de mineur la couche de conglomérat ferrugineux (*alios*) qui forme la croûte imperméable, et en insérant dans le trou de fleuret le pivot du jeune chêne qui allait s'enraciner dans les sables humides qui sont au-dessous de l'*alios*. Cette méthode peut être suivie dans un grand nombre de cas semblables.

CHAPITRE VI.

Moyens de dessécher les terrains humides.

Quand les terrains sont trop humides ou habituellement couverts d'eau, dessécher un étang, un marais, c'est transformer le sol et non l'amender; c'est en traitant de l'hydraulique que cette opération peut être décrite; quant au terrain seulement humide, c'est-à-dire qui conserve habituellement plus de 0,21 de son poids d'eau, l'amendement qui lui convient dépend de la cause qui entretient l'humidité; si le terrain a de la pente et qu'on puisse en faire écouler les eaux, il suffit

Fig. 8.



d'ouvrir un fossé principal BB (fig. 8), se rendant au niveau

inférieur d'où les eaux peuvent s'écouler dans un ruisseau ou une rivière A, de faire aboutir à ce fossé principal d'autres fossés tirés obliquement (éperons) CCC; le terrain se trouve ainsi desséché et propre à la culture.

La multiplicité de ces fossés est très gênante pour la marche des charrues, et ne peut être admise que dans les terrains soumis à la petite culture; pour éviter cet inconvénient, on substitue des tranchées couvertes aux fossés; ces tranchées sont ou comblées de pierres et de cailloux à travers lesquels l'eau s'infiltre, ou formées d'un conduit avec deux murailles en pierres sèches, et recouvertes de pierres plates, ou enfin creusées en se rétrécissant par le bas et remplies de fascines qui ne peuvent pénétrer jusqu'au fond à cause de leur diamètre plus large que le fossé, laissant un conduit au-dessous d'elles. Nous avons vu des tranchées de cette nature, remplies par des fascines de saules, servir, pendant une dizaine d'années, dans une terre argileuse. Mais avec le temps elles ont besoin d'être renouvelées; il en est de même, au reste, de presque toutes les autres espèces de conduits.

Si l'humidité ne provient pas seulement d'une source que l'on aura pu saisir et conduire dans les fossés d'écoulement ou des eaux pluviales, si elle est causée par des filtrations nombreuses qui ont eu lieu sur la ligne où se rencontre une couche imperméable supérieure au sol, comme on le voit dans la figure 9, où l'eau coule à travers une mince couche de sa-

Fig. 9.



ble C, entre la couche argileuse A supérieure, et le sol B, il faut entourer le terrain par un fossé de ceinture, creusé ou

dans le sol, ou dans la couche d'argile, et, dans ce dernier cas, il faut en creuser le fond jusqu'à ce qu'on rencontre l'eau, et si cela n'est pas possible, le percer au moins de nombreux coups de tarière, pour que l'eau pénètre dans le fossé, et ne puisse pas continuer à couler au-dessus de la couche d'argile, jusqu'à ce qu'elle rencontre le sol à découvert.

Quand le terrain à dessécher est un bassin fermé sans moyen naturel d'écoulement, il faut examiner si les bords du bassin ne peuvent être percés, ou à jour, ou souterrainement pour faire écouler les eaux dans une rivière placée à un niveau inférieur. C'est par un canal souterrain à travers une montagne que, dans le midi de la France, on a desséché : à Orange, l'étang d'Agan ; à Courthézon, l'étang salé ; à Sérignan, l'étang de Rut, et qu'on a mis à la disposition de l'agriculture les terrains que les eaux recouvraient. Si le *tunnel* nécessaire pour faire écouler les eaux présentait trop de difficultés, il ne resterait que le moyen de faire un forage au point le plus bas du terrain, d'atteindre avec la sonde les couches perméables inférieures, et d'y précipiter les eaux qui se perdraient alors dans l'intérieur de la terre. Ce moyen a pu être suppléé par les *embucs* naturels qui se trouvent dans quelques bassins fermés, comme à Cujes, près Marseille ; mais depuis longtemps l'art a imité la nature ; on peut citer entre autres le dessèchement du marais de Larchant en Gâtinais. Depuis peu d'années, un puits a été foré, à Bondy, à 74 mètres de profondeur, pour y faire écouler les eaux vannes des vidanges de Paris ; il absorbe environ 133 mètres cubes en vingt-quatre heures¹. Il y a une foule de circonstances, surtout quand il s'agit de se mettre à l'abri des eaux pluviales, où un puits absorbant ou *boit-tout* est le moyen le plus simple et le moins coûteux pour préserver un terrain de l'humidité ; mais il ne faudrait pas se faire une idée trop exagérée de sa puissance ; malgré son em-

(1) *Annales des ponts et chaussées*, t. IX, p. 128.

buc naturel qui a un diamètre et une puissance incomparablement plus grande que celle des puits forés, la plaine de Cujes est quelquefois inondée dans les grandes pluies. Quand dans le midi de la France, par exemple, il tombe en vingt-quatre heures 140 à 150 millimètres d'eau, un puits semblable à celui de Bondy n'absorberait pas l'eau tombée sur 2 hectares; il faudrait donc multiplier beaucoup de pareils forages; ensuite il ne faut pas avoir une confiance absolue dans la possibilité de trouver près du sol des couches absorbantes; la sonde peut entrer dans des masses d'argile, dont quelques-unes que nous connaissons ont jusqu'à 400 mètres de puissance; mais comme ce dernier cas est rare et que le forage des puits absorbants ne présente pas des chances aussi graves de non-réussite qu'un puits jaillissant, nous pensons qu'on fera bien d'essayer de ce moyen avant de recourir à d'autres procédés qui seraient plus coûteux. Des succès obtenus en Allemagne et en Angleterre¹ doivent encourager ces tentatives.

Quand on a un vaste terrain à préserver des filtrations d'eau et des invasions de celles qui proviennent des terrains environnants, ou des rivières dont le niveau est supérieur, on doit commencer par s'entourer d'une digue fondée sur l'argile (si on les fondait sur le terrain tourbeux supérieur, l'eau filtrerait au-dessous de la digue) et élevée un peu au-dessus du maximum d'élévation des eaux extérieures. La partie intérieure de la digue est bordée d'un fossé de ceinture auquel viennent aboutir des fossés partant des différents points du terrain et y amenant les eaux. Sur le fossé de ceinture sont établies des machines d'épuisement d'une force proportionnée à l'eau à élever, et propres à la jeter par-dessus la digue. C'est ainsi que les Hollandais sont parvenus à dessécher et à mettre en état de culture des terrains surmontés par les hautes marées.

(1) *Encyclopédie britannique*, art. *Draining*.

Mais le moyen le plus sûr de garantir à perpétuité le sol de l'humidité consiste à l'exhausser au moyen de terres rapportées, non pas par des procédés mécaniques, ce qui ne saurait être exécuté que pour de petits espaces, mais par des colmatages que nous décrirons dans le chapitre VII, et qui réussissent très bien et sont économiques pour de très vastes surfaces, pour des pays tout entiers.

Enfin, si l'humidité du sol ne tient qu'à un excès d'argile dans un climat pluvieux, on peut y apporter des matières sablonneuses et calcaires, quand on peut les trouver près du champ et les mélanger à la terre arable; mais il ne faut pas se faire illusion sur ce procédé conseillé dans tous les traités d'agriculture; bien qu'il semble le plus simple, il est le plus coûteux. Supposons, en effet, que la terre ait 60 p. 100 d'argile et qu'on veuille ramener la proportion à 40, il faudra ajouter 20 centièmes de sable, ou le cinquième de la couche labourable, ou 2,000 mètres cubes; la fouille et le transport d'une pareille masse peuvent excéder le prix de la terre amendée, et remarquons que c'est toujours dans de grandes proportions que doivent se faire ces mélanges pour produire un effet remarquable.

Ce n'est pas tout; rien n'est plus difficile que de mêler, d'incorporer ensemble le sable avec l'argile; celle-ci faisant corps, ne se séparant que par masse, laisse le sable arriver dans ses fentes, sans qu'il puisse se mêler mécaniquement particule à particule avec l'argile; il s'entasse au fond des sillons, et ce n'est qu'à la longue que s'établit un mélange imparfait. Cependant, une partie de l'effet est obtenu quant à l'humidité, et la présence du sable ménage à l'eau certaines issues pour s'écouler. Toutes ces difficultés nous font préférer l'emploi des menus graviers qui ne se rassemblent pas par l'action de l'eau, et que l'on parvient par les labours à bien mélanger au sol.

On obtient un effet plus sûr par le brûlement de l'argile,

qui n'est pas l'écobuage dont nous parlerons plus loin. Le brûlement de l'argile n'exige pas que l'on pèle, pour ainsi parler, le terrain en enlevant la couche superficielle garnie de fibres végétales ; mais, dans ce cas, on divise l'argile par mottes, on en construit de grands fourneaux, on les remplit de bois, et quand la masse est incandescente, on ne cesse d'y jeter de nouvelle argile qui se brûle à son tour. On produit ainsi une assez grande masse d'argile brûlée qui a perdu sa plasticité, sa faculté de retenir l'eau, et le terrain devient plus poreux et plus sec. Ce procédé, fort recommandé par le major Bentson, exige seulement que l'on puisse se procurer du bois à bon marché.

Mais un moyen de dessiccation des terres qui ne doivent leur humidité qu'à la nature de leur sol et à l'atmosphère pluvieuse, moyen qui est à la portée de tous et qui s'allie avec tous les autres procédés d'une bonne culture, consiste dans les labours profonds. Il n'arrive que trop souvent que le sol arable est limité inférieurement, moins par un sous-sol réellement imperméable que par le terrain sans cesse durci, comprimé par le talon du soc de la charrue, et par le piétinement des animaux, lors des labours faits à une profondeur invariable et ordinairement trop faible. Augmenter la profondeur du labour, c'est augmenter le récipient où peuvent s'écouler les eaux surabondantes ; rompre le glacié formé par la pression de la charrue, c'est détruire le sous-sol artificiel, et permettre à ces eaux de descendre plus avant. Nous avons vu nombre de terrains humides perdre ce défaut par la seule application des labours profonds ; dans le midi surtout, où depuis quelques années tant de terres ont été soumises à la culture de la garance, qui exige qu'on aille chercher fort avant les racines qui forment son produit, nous avons vu des terres que l'on ne pouvait tenir égouttées qu'au moyen de fossés et de coulisses, devenir d'excellents sols d'une fraîcheur modérée, et propres à porter de la luzerne, tandis qu'auparavant cette plante ne pouvait pas y

vivre plus d'un an ou deux. Dans le cas actuel, c'est donc aux labours profonds que nous conseillons d'abord de recourir. Quelquefois le minage se fait en ouvrant des tranchées dans toute la longueur du champ, la terre extraite de la seconde tranchée servant à remplir la première; quand la terre supérieure est meilleure que celle du fond, on a soin de la réserver pour la replacer à la surface du fossé que l'on vient de combler. Mais nous pensons que d'autres travaux que nous décrirons, en parlant des labours, pourront suffire et seront moins coûteux.

CHAPITRE V.

Neutralisation des matières nuisibles au sol.

Les substances qui, dans certains cas, font partie des éléments constitutifs de la terre, et qui nuisent à la végétation, sont certains sels, comme le sel marin (chlorure de sodium), le sulfate de fer, et certains acides qui se trouvent dans les terrains tourbeux et dans ceux qui abondent en terreau, tels que l'acide acétique, phosphorique et carbonique, et enfin certains principes tels que le tannin.

Pour se délivrer de ces principes nuisibles, il y a deux moyens : les enlever ou les neutraliser. On ne peut espérer de dépouiller la terre de ces principes, tous solubles dans l'eau, que par l'irrigation, et c'est ainsi en effet qu'on dessale les terrains salants, complètement quand les couches inférieures ne renferment pas de nouvelles doses de sel, momentanément quand elles en contiennent; le sulfate de fer, les acides, le tannin, peuvent être enlevés par ce moyen. Mais quand on ne peut pas s'en servir, il devient impossible de remédier entièrement aux inconvénients produits par les sels; on pallie la mauvaise disposition d'un terrain qui ne contient pas une dose

de sel assez forte pour rendre la végétation impossible en y entretenant l'humidité par des couches de paille ou de roseaux ; le terrain infesté de sulfate de fer est intraitable ; quant à ceux qui contiennent des acides ou du tannin , on obtient un plein succès par leur marnage ou leur chaulage. Le carbonate de chaux, qui fait partie de la marne, suffit pour les acides acétique et phosphorique ; mais pour l'acide carbonique ou le tannin, c'est la chaux caustique qu'il faut employer pour obtenir un effet décisif. Dans l'un et l'autre cas, on obtient la neutralisation des acides nuisibles aux végétaux tout en donnant au sol le principe calcaire qui lui manque.

CHAPITRE VI.

Soustraction de matériaux nuisibles au sol.

Quand le sol se trouve composé en grande partie de graviers et de cailloux, une partie de sa surface se trouve soustraite à la végétation, et la chaleur du terrain s'en trouve fortement augmentée, ainsi que sa sécheresse. Il ne convient pas toujours d'en débarrasser le sol. Il faut examiner avant tout si la ténacité et l'humidité du terrain n'en seront pas trop fortement augmentées, s'il n'a pas besoin de cet excédant de chaleur dont on le priverait. Quand on se trouve dans un climat chaud et sec, l'épierrement offre des avantages qu'il est loin de présenter dans un climat qui a des qualités opposées. En Languedoc et en Provence, on voit un grand nombre de terres environnées d'immenses clapiers produits de l'épierrement du reste du champ ; on reconnaît ainsi d'anciennes cultures maintenant abandonnées, et qui remontent à des temps fort reculés, peut-être jusqu'à la domination romaine. Quand la nature de ces pierres est propre à la confection des routes, qu'on se trouve

dans le voisinage des grandes communications, on s'en débarrasse facilement, et l'on n'encombre pas une partie de la surface du terrain, autrement on en construit des murs en pierre sèche pour abriter et garantir le champ. Les travaux d'épierrement se font en hiver, et l'on y emploie les femmes et les enfants. Ces champs, ainsi épierres et mis à l'abri des vents par les abris que l'on construit, sont surtout propres à la culture de l'olivier; et c'est depuis la diminution de cette culture que l'épierrement est devenu moins fréquent, et que ces terrains secs et peu profonds ont perdu de leur valeur.

Quand le sous-sol est formé de rochers friables, on y fait aussi des fouilles pour le briser et approfondir le sol, et on y plante des arbres et surtout des mûriers.

CHAPITRE VII.

Moyens de modifier la tenacité du sol.

On modifie la tenacité du sol en y mêlant des matières de tenacité moindre; ainsi, dans les terres argileuses on transporte des sables, des marnes, des terres calcaires, du gravier, des pierrailles, enfin on en brûle les argiles. Nous avons parlé de ces moyens qui tendent à diminuer l'humidité du sol en même temps que sa tenacité, et nous n'avons rien à ajouter ici.

On augmente la tenacité du sol qui est trop inconsistant par le mélange de matériaux plus tenaces; c'est alors la marne ou la terre calcaire que l'on emploie de préférence comme se divisant mieux et se mêlant plus facilement avec le sable; mais quand on peut faire arriver sur ces champs de sable l'eau chargée de particules argileuses, le dépôt se mêle particule à particule avec le sable du champ, et en renouvelant souvent cette immersion, on parvient à améliorer considérablement la terre.

Cet effet est produit à la longue par les irrigations faites avec les eaux qui paraissent les plus claires, mais qui ne laissent pas de retenir l'argile en suspension, et à plus forte raison quand on peut amener des eaux troubles sur le terrain. Cela est souvent d'autant plus facile que ceux qui possèdent des eaux d'irrigation n'en font aucun usage en hiver, et qu'ils en cèdent volontiers l'usage pendant cette saison, qui est celle où elles contiennent le plus de limon. Quand l'irrigation se fait régulièrement et au moyen d'une rivière chargée de matières terreuses, elle devient, sous le nom de *colmatage*, une des opérations les plus importantes de l'agriculture, car non-seulement elle améliore, mais elle change complètement le sol que l'on veut modifier. On sait les succès obtenus par de telles opérations en Toscane, où le val de *Chiana*, jadis marécageux et infertile, est devenu le théâtre de la plus belle agriculture. C'est par le moyen de terres transportées par les eaux que dans ce même pays on est parvenu à régulariser la pente des collines, à niveler le fond des vallées dans la province de Sienne, et que maintenant on cherche à soustraire plusieurs parties des maremmes aux influences délétères qui les dépeuplent. Dans le midi de la France, nous avons sous nos yeux des exemples frappants des succès de cette opération sur les bords de la rivière d'Ouveze, aux territoires de Sablet et de Seguret (Vaucluse). En Provence, les terres arrosées par le canal de Craponne ont aussi été fertilisées par les dépôts, soit que les eaux d'irrigation les y aient transportés, soit que ces mêmes dépôts, auxquels on donne le nom de *nite*, aient été reçus dans des fosses creusées dans le voisinage du canal, d'où ils sont transportés sur les champs¹.

Dans ces deux derniers cas, il ne s'agit pas d'un colmatage régulier, mais bien plutôt d'une alluvion pareille à celle que les grands fleuves déposent lors de leurs débordements. Nous

(1) Voir le mémoire de M. de Belleval dans le t. XIV de la 2^e série des *Annales de l'agriculture française*, p. 261.

avons déjà essayé d'apprécier ces alluvions; c'est un moyen très efficace, mais nécessairement un peu lent. L'exhaussement du terrain produit par les eaux du Nil n'est pas de plus de 0^m,132 par siècle ¹. Le Gange, qui entraîne aussi beaucoup de limon, puisqu'il forme la cinq cent vingt-huitième partie de sa masse ², n'exhausse pas plus rapidement ses vallées; mais c'est que, dans ces différents cas, les dépôts se font dans une eau en mouvement; le colmatage a lieu dans une eau en repos. Voici comment cette opération doit être conduite :

Il faut d'abord s'assurer que la rivière où l'on doit prendre les eaux peut arriver par son niveau sur le terrain à colmater, et qu'on peut l'y maintenir à une assez grande hauteur; car pour que l'opération s'accomplisse en un espace de temps raisonnable, il faut opérer sur une grande masse de liquide. On doit ensuite déterminer avec précision le nombre moyen annuel des jours de crue trouble, et la durée de chaque crue, la quantité et la nature du limon contenu dans un mètre cube d'eau.

On ne trouvera pas sans doute partout le limon fertilisant du Nil, dont nous avons indiqué plus haut la composition, mais il suffira qu'un limon offre un mélange suffisant des principaux éléments des terres, de manière à posséder à la fois une tenacité médiocre et une suffisante hygroscopticité, pour qu'on puisse s'en promettre du succès. D'ailleurs, la nature des limons varie dans les diverses crues, selon les parties des bassins où les pluies sont le plus abondantes, et le mélange de ces diverses couches ajoute souvent aux qualités du terrain artificiel. Mais le plus sûr moyen de constater la valeur du colmatage est de faire évaporer l'eau filtrée et d'analyser les parties solubles qu'elle contient, car ce sont surtout ces parties solubles qui constituent l'aliment des plantes.

(1) Girard, *Observ. sur la vallée du Nil*. Mém. de l'Académie des Sciences, 1819, t. II, p. 265.

(2) *Observ. sur le Gange et l'Indus*. Bibl. univ., t. LV, p. 49.

La fréquence des crues, leur durée et la quantité de matière qu'elles transportent, décideront de la possibilité de l'opération, car on ne devrait pas l'entreprendre avec des eaux trop claires, avec une rivière qui n'aurait qu'un petit nombre de crues peu durables, ce qui prolongerait indéfiniment l'opération. Supposons une rivière qui ait par ans six crues d'une durée moyenne de quatre jours et portant en moyenne un millièmè de limon, comme le Rhône. Si l'on introduit l'eau à la hauteur d'un mètre, chaque introduction donnera un millimètre de limon seulement, et comme il faut 5 à 6 jours pour obtenir une limpidité approximative, quand le liquide est agité par le vent, on n'obtiendra que six millimètres de limon par an.

Mais les rivières torrentielles entraînent une bien plus grande quantité de limon lors de leurs crues. Sur le canal Craponne alimenté par la Durance, on reçoit les eaux troubles dans des fosses appelées *nays*, et l'on y fait déposer les eaux. On y recueille 0^m,40 à 0^m,50 de limon pendant l'été ¹.

Sur les rives de l'Ouvèze (arrondissement d'Orange), les dépôts de la rivière sont d'environ 0^m,16 par an. En variant les éléments du calcul selon les données expérimentales, on aurait un espace de temps différent pour compléter l'opération.

Il faut entourer le terrain à colmater d'une levée en terre qui dépasse un peu l'exhaussement que l'on veut lui donner. Si le terrain est incliné, il faut faire des digues transversales fréquentes, pour ne pas donner aux eaux trop de hauteur. S'il est très étendu, il faut l'enclore de levées qui le divisent en plusieurs parties communiquant entre elles par des coupures, afin de rompre la vague causée par les vents, laquelle est d'autant plus forte que la surface de l'eau est plus étendue, et empêche le dépôt de se faire promptement.

À la partie la plus basse du terrain, on ouvrira dans la levée une ou plusieurs ouvertures que l'on fermera par des pou-

(1) *Annales d'agriculture*, 2^e série, t. XIV, p. 261.

treilles placées horizontalement l'une sur l'autre, quand on voudra retenir les eaux; ces parties communiqueront avec le canal destiné à l'écoulement des eaux clarifiées, que l'on fera évacuer en enlevant successivement chaque poutrelle, de manière à ce que l'eau s'écoule par la surface et sans apporter de trouble dans le fond.

On fera entrer sur le terrain la plus grande masse d'eau possible pour hâter l'opération, deux mètres et plus si l'on peut et si les frais des levées ne dépassent pas le bénéfice d'une jouissance plus hâtive. L'expérience fera connaître le temps qu'il faut pour que le limon se précipite, mais l'on n'attendra pas que l'eau ait déposé ses plus fines particules. Pour juger du point où il faut s'arrêter, on puise de l'eau près du fond avec un instrument qui s'ouvre et se ferme à volonté, on la place dans un verre, on l'agite circulairement comme pour la lévigation; s'il n'y a pas de dépôt sensible quand le mouvement circulaire de l'eau est arrêté, il est temps d'ouvrir l'écluse de décharge. Aussitôt que l'eau est écoulée, on ouvre les écluses d'entrée, et l'on recouvre de nouveau le terrain; et ainsi de suite, tant que l'eau de rivière reste trouble.

M. Ridolfi hâte l'opération, en démolissant à la bêche les bords des ruisseaux sur le flanc des collines, et les jetant dans le courant qui se charge ainsi de matières terreuses.

Il y a une foule de situations où l'on ne peut disposer de l'eau en été pour l'irrigation, soit parce qu'alors les torrents sont à sec, soit parce que l'eau est déjà la propriété d'autres individus, et où cependant il serait facile d'utiliser les cours d'eau pour le colmatage; des canaux creusés dans ce but, en donnant le moyen de régénérer les terres, auraient le plus haut degré d'utilité. Il arrive souvent aussi que les propriétés riveraines des terrains dégradés par leurs inondations, couverts de graviers, pourraient être réparées par ces mêmes torrents dévastateurs. Au lieu d'épierrer les champs, pour en-

terror profondément les graviers dont ils sont couverts, il serait souvent moins pénible de les entourer d'une levée et d'y faire entrer les eaux troubles des crues qui recouvriraient les débris laissés par les crues précédentes.

CHAPITRE VIII.

Moyens de modifier la chaleur du soleil.

Un terrain est trop chaud, ou par l'intensité de sa coloration, ou parce que le sol n'est pas assez profond et qu'un sous-sol pierreux accumule et conserve la chaleur qui lui est transmise, ou parce qu'il est trop sec, ou parce que son exposition et ses abris y concentrent les rayons solaires. On peut remédier à la coloration excessive en y transportant de la marne grise, ce qui est d'autant plus à propos que le plus souvent ces terrains fortement colorés sont des terrains siliceux et ocreux, auxquels manque le principe calcaire, et que la marne retient bien plus l'humidité que la silice; toute autre terre blanche déposée en petite quantité à la surface du champ après les semis, même la glaise, produira, au reste, le même effet quant à la diminution de la chaleur de la terre.

On remédie au défaut de profondeur du sol par des labours profonds ou des minages; enfin, si l'on peut arroser la terre, on remédie directement à l'inconvénient que l'on redoute. On peut aussi, au moyen de rideaux d'arbres, diminuer l'action du soleil sur le sol; mais s'il est peu profond, les racines qui ne manquent pas de s'étendre sous sa surface détruisent les avantages que l'on prétendait tirer de l'ombre.

Le terrain est très froid parce qu'il est peu coloré, humide, ombragé, communiquant avec un réservoir d'eau trop voisin. On peut alors colorer les terres blanches en les couvrant de sable ocreux ou d'une couche de schistes noirâtres, comme

font les habitants de Chamouni pour provoquer la fonte de la neige; ces opérations doivent être renouvelées chaque année après les semailles, car on ne met ordinairement pour remplir ce but qu'une couche légère de ces matériaux.

Si le terrain est trop humide, on cherche à le dessécher par les moyens que nous avons indiqués plus haut. Enfin, s'il est trop ombragé, on peut couper les haies et les arbres qui s'opposent à l'action du soleil. On ne peut d'ailleurs éviter les inconvénients provenant de l'interposition de murs ou de montagnes.

Le moyen le plus usité, pour augmenter la chaleur du sol, c'est la construction d'abris qui repoussent les rayons du soleil et qui préservent les plantes des atteintes des vents froids; ces abris consistent en un rideau d'arbres en haies, ou en murs. Nous traiterons de leur construction dans le cours de culture.

On nous a parlé aussi d'une vigne établie auprès de Saverne, en Alsace, et où l'on a cherché à profiter de la chaleur solaire pour augmenter celle du terrain en été. Soit, en effet, la chaleur moyenne de la couche d'air sur la surface du terrain exposé au soleil de 23° , et celle de l'intérieur de la terre à 1 mètre de profondeur de 18° . Si l'on fait affluer dans la terre l'air échauffé, il y portera une chaleur plus considérable. On a donc construit en maçonnerie, et à 1 mètre de profondeur, des conduits espacés à 1 mètre; le courant d'air chaud parcourt toute la couche inférieure du sol au-dessous des racines des plantes, et communique à la vigne l'influence d'un climat plus méridional que celui où elle est plantée. On dit avoir dépensé 14,000 fr. par hectare, et avoir établi ainsi 10 hectares de vignes en plants de Bordeaux. Nous n'avons pu avoir encore de détails plus positifs sur cette entreprise.

NEUVIÈME PARTIE.

ALIMENTATION VÉGÉTALE

(ENGRAIS, AMENDEMENTS STIMULANTS).

Nous venons de traiter des moyens de modifier les propriétés physiques des terrains de manière à les rendre plus propres à la végétation; désormais les plantes y trouveront un milieu meuble, et pourtant ayant un degré de consistance suffisant pour donner un appui convenable à leurs racines, une matrice favorablement disposée pour recevoir et transmettre les influences atmosphériques, et l'humidité nécessaire pour fournir à l'évaporation de la plante, premier mobile de la végétation. Si dans un pareil sol réduit aux matières minérales les plus fixes, les moins solubles, les plantes peuvent vivre en puisant dans l'atmosphère les matériaux qui leur sont indispensables, ce qui n'est pas douteux, il est certain aussi qu'elles ne vivraient pas d'une vie complète et suffisamment développée pour répondre à l'attente des cultivateurs; ce n'est qu'à l'aide des substances solubles du sol qu'elles prennent leur développement normal, et si le sol n'en contient pas, ou n'en contient qu'une quantité insuffisante, l'art doit chercher à y suppléer, en les lui fournissant. Ces substances supplémentaires, véritables aliments végétaux, et auxquelles on a donné le nom d'engrais et de stimulants, selon le point de vue sous lequel on les a considérées, doivent faire l'objet de nos études actuelles. Après avoir fourni aux plantes un domicile convenable, nous devons leur donner maintenant une nourriture suffisante. Semblables

en cela aux animaux, ce sont leurs deux besoins les plus pressants; mais pour affermir nos pas dans cette route, il ne sera pas inutile de récapituler brièvement les principes de physiologie qui font la base de notre doctrine.

Si nous rappelons à notre mémoire le mécanisme de la végétation, nous trouvons que l'eau mélangée de toutes les substances qu'elle tient en solution pénètre par endosmose dans les vaisseaux des racines, s'élève ensuite par l'effet de la capillarité dans l'intérieur de la tige, où elle prend le nom de *sève*; arrivée jusque dans les feuilles, elle éprouve une évaporation considérable qui rapproche les substances dissoutes; sous l'action de l'air lumineux, l'acide carbonique libre qu'elle contient est décomposé, le carbone est fixé dans la plante, et l'oxygène exhalé dans l'air; pendant la nuit, au contraire, l'oxygène de l'air est absorbé par les feuilles, combiné avec les éléments de la sève qui contient du carbone, et l'acide carbonique formé par cette combinaison décomposé de nouveau au retour de la lumière. Les matières solides apportées par la sève sont déposées, selon leur nature, autour des cellules végétales et des vaisseaux qu'elles épaississent et finissent même par oblitérer tout à fait¹, ou à la surface des feuilles, ou à certains points déterminés de l'organisation, et selon quelques-uns², ceux de ces matériaux superflus ou inutiles à la végétation sont rapportés par la sève descendante, et éliminés par les racines comme des excréments.

Nous ne suivrons pas la sève dans tout son cours pour y observer les transformations qu'y subissent ses éléments; les réactions successives qui créent du sucre, du mucilage, du gluten, de l'albumine, des acides, etc.; ces importantes études appartiennent à la physiologie végétale, et nous devons ici

(1) Mémoire de M. Payen sur la cellulose.

(2) *Plenck physiologic*. Macaire, Mém. de la Soc. de physique de Genève.

bien limiter l'objet que nous avons en vue. Toutes les matières solubles étant absorbées par les végétaux (fait bien constaté par l'expérience et surabondamment prouvé par les absorptions de véritables poisons qui ont lieu par les procédés de M. Boucherie, dans le but de durcir et de colorer les bois), quelles sont celles des substances solubles qui sont essentielles à la végétation, dont tous les végétaux en général ne peuvent être privés sans en souffrir; et, en second lieu, chaque espèce végétale ou quelques espèces végétales exigent-elles, pour vivre et accomplir pleinement et facilement l'acte de la végétation, la présence de certains éléments particuliers qui ne sont pas nécessaires à d'autres espèces? En un mot, y a-t-il pour les végétaux une nourriture générale, et de plus, pour chacun d'eux, une nourriture spéciale? Telles sont les questions à résoudre avant de pousser plus loin l'examen de notre sujet.

CHAPITRE I^{er}.

Aliments nécessaires à tous les végétaux.

On a souvent tenté des expériences pour déterminer les substances essentielles à la végétation, celles au moyen desquelles le végétal pourrait vivre et s'accroître, quoique privé de toutes les autres. On a d'abord constaté que la vie des plantes ne pouvait s'entretenir dans un air dépouillé d'oxygène.

Si, au moyen de la chaux vive, on prive d'acide carbonique un air pourvu d'oxygène, et que l'on absorbe, par le même moyen, celui qui est dégagé par la plante, elle n'y vit que quelques jours sous l'action de la lumière; et si on plonge ses racines dans de l'eau distillée, sans qu'elle puisse recevoir de l'acide carbonique du sol, elle se flétrit, vide ses sucs extractifs dans les parties qui se développent et ne tarde pas à périr.

Ainsi la végétation exige impérieusement de l'oxygène et de l'acide carbonique.

Mais dans une atmosphère sèche et avec ces deux gaz, les plantes ne sauraient vivre non plus; l'eau est donc aussi un élément indispensable; outre qu'elle est le dissolvant de l'acide carbonique puisé dans le sol par les racines, elle semble le principal moteur du végétal par l'évaporation qu'elle subit dans les feuilles, et enfin un de ses éléments, l'hydrogène, se retrouve uni au carbone dans le ligneux, ainsi que dans une foule de produits végétaux, et ce n'est guère que par l'eau décomposée qu'il est fourni aux plantes.

Quant à l'acide carbonique, celui qui est absorbé par les feuilles, suffisant pour l'entretien de la vie, ne paraît pas suffire pour le développement normal des plantes, car celles dont les racines plongent dans l'eau distillée prennent très peu de développement. Duhamel a élevé pendant trois ans des marronniers dans l'eau distillée, et il a constaté que leur vie était languissante et manquait d'aliments nécessaires¹. L'expérience suivante mettra ce fait hors de doute, et montrera l'importance que l'on doit attacher au carbone qui, contenu dans le sol, est passé à l'état d'acide carbonique.

Nous avons pris deux caisses : nous avons rempli l'une de sable siliceux, après l'avoir calciné pour détruire toutes les substances organiques qu'il pouvait encore renfermer; la seconde a été remplie de terreau. Nous avons semé six grains de pois dans chacune d'elles; on a arrosé avec la même eau. Les plantes ont été faibles dans les deux caisses, mais beaucoup plus dans celle qui ne renfermait que de la silice. Quand les plantes ont été en fleurs, nous les avons arrachées, desséchées, et nous avons soumis successivement à trois analyses deux grammes de la matière sèche pulvérisée de chaque caisse.

(1) Mém. de l'Acad. des Sciences, 1748; De Saussure, *Recherches sur la végétation*, p. 245.

La moyenne des trois opérations a donné, pour les plantes cultivées dans la silice, 0,46 du poids en carbone; dans celles cultivées dans le terreau, 0,57. La végétation ayant eu lieu dans la même atmosphère, la nutrition par les racines a seule pu donner une si grande différence de carbone aux plantes cultivées dans le terreau et celles cultivées dans la silice.

Dans toutes les expériences que l'on a faites pour constater les aliments nécessaires de la végétation, et qui avaient toutes pour but de les faire agir un à un en éliminant successivement tous les autres, il est un élément qui est toujours resté en présence du végétal soumis à l'expérience, c'est l'azote. Il se trouve dans l'air ambiant, dans celui qui est dissous dans l'eau absorbée par les racines; l'eau distillée elle-même contient de l'ammoniaque après quelques jours de distillation. On ne pouvait donc pas affirmer d'une manière absolue que la végétation aurait lieu sans le concours de l'azote. Mais quand ensuite on a retrouvé ce gaz dans la composition de tous les végétaux, quand on a constaté qu'il s'y trouve en proportion de leur vigueur, enfin quand on n'a pu douter que la présence des éléments azotés dans les terrains ne fût un des principes d'une végétation développée et complète, il a bien fallu admettre que l'azote était au nombre des substances alimentaires les plus importantes pour la vie végétale.

Ainsi l'oxygène, l'eau, l'acide carbonique et l'azote sont les éléments primaires et indispensables de la végétation, mis en action par deux agents impondérables également essentiels, la chaleur et la lumière, et sans doute aussi par l'électricité.

Les analyses des végétaux démontrent la justesse de ces deductions. Au milieu d'une foule de substances toutes variables selon les espèces, les climats, les terrains, elles nous montrent constamment les substances gazeuses que nous avons indiquées comme étant indispensables à la vie végétale, dans des proportions déterminées qui annoncent assez qu'elles sont la

base de l'organisation des végétaux. On y trouve des matières hydro-carbonées dans lesquelles le carbone et l'eau entrent comme composants; ce sont : 1^o les féculs, les gommcs, les sucres, la manne, le ligneux, les acides ulmique, gallique, acétique, etc.; 2^o des matières sur-oxygénées qui présentent à l'analyse le carbone, l'eau ou ses éléments, et l'oxygène excédant : ce sont les acides citrique, quinique, malique, oxalique, tartarique et le tannin; 3^o des matières sur-hydrogénées, où entrent le carbone, l'eau ou ses éléments, et de l'hydrogène excédant, comme l'acide benzoïque, la mannite, la glycérine, les résines et les huiles essentielles; 4^o des matières azotées qui présentent le carbone, l'eau ou ses éléments, et l'azote excédant, savoir : les acides aspartique, hydrocyanique, indigotique, et une foule de substances neutres ou alcalines dont le nombre augmente chaque jour, et parmi lesquelles le gluten est la plus remarquable à cause de ses propriétés nutritives.

Ainsi l'analyse chimique est parfaitement d'accord avec l'expérience et l'induction pour démontrer que les matériaux dont nous venons de parler sont les bases véritables de l'alimentation végétale, et qu'ils ne peuvent être suppléés pour produire des végétaux complets dans leur développement.

CHAPITRE II.

Aliments spéciaux des plantes.

On peut concevoir que les éléments gazeux, dont nous avons parlé dans le chapitre précédent, puissent suffire pour donner à la plante la solidité nécessaire, puisque le carbone se fixe dans son tissu et en forme la plus grande partie. Cependant le squelette végétal n'est pas uniquement composé de carbone, et l'on y trouve aussi constamment des matières terreuses et alcalines; mais ces matières s'y trouvent en propor-

tion très diverse, non-seulement selon les différentes espèces de plantes, mais encore selon les sols où elles ont crû ; elles se substituent les unes aux autres, et ainsi ne paraissent pas indispensables à la vie des plantes. De même qu'on pourrait concevoir un mammifère vivant après que ses os auraient été ramollis complètement et privés du phosphate de chaux qui leur donne la solidité, on pourrait concevoir un végétal vivant, sans posséder dans son tissu aucun de ces matériaux terreux et alcalins. Dans l'un et l'autre cas, la vie existerait, mais la vie incomplète et telle que ni l'animal ni le végétal ne pourraient remplir leur véritable destination. Outre les matériaux nécessaires à l'existence, il y en a donc d'autres, inférieurs dans l'ordre physiologique, mais tout aussi importants, pour que ces êtres accomplissent leur destinée. Rappelons de quelle manière ils sont amenés dans la végétation.

Le végétal vit et croît en combinant les éléments gazeux qu'il puise dans l'atmosphère et dans le sol ; mais l'eau absorbée par les racines tient en outre en dissolution une quantité assez considérable de sels terreux et alcalins. Aspirée vers le sommet de la plante par l'effet de la capillarité, qui tend à mettre en équilibre d'humidité toutes les cellules de la plante du bas en haut, elle se vaporise dans les parties vertes en y perdant son oxygène ; la sève s'épaissit donc de plus en plus dans les parties supérieures de la plante, et dans toutes celles où s'opère l'évaporation ; et les substances terreuses et alcalines, après avoir subi différentes transformations par leur réaction réciproque et la perte de leur oxygène, la décomposition de l'eau, etc., parvenues à l'état solide, se déposent dans divers organes préparés à les recevoir et selon des lois que les physiologistes tendent de plus en plus à éclaircir. Maintenant ces substances doivent-elles être considérées seulement comme une excrétion qui n'a pu être poussée au dehors, ou sont-elles essentielles à l'organisation de la plante ?

Si les matériaux dont nous parlons ne sont qu'une excrétion, qu'un départ fait par les organes qui se débarrassent des substances qui les encombre sans leur être utiles, il faut s'expliquer comment l'addition de la potasse ou de la soude, dans un sol qui manque d'alcalis, favorise si puissamment la végétation de toutes les plantes. Il faudrait donc admettre au moins l'utilité de ces substances, soit comme fournissant un aliment nécessaire, soit comme favorisant les combinaisons chimiques qui se passent dans les plantes.

Pour certains autres végétaux, il faudrait aussi admettre l'utilité de la chaux, car non-seulement la marne fournit le carbone de son bi-carbonate, mais encore elle produit ses effets sur des terrains qui possèdent dans leurs terreaux une quantité suffisante d'acide carbonique, et où elle agit évidemment par sa base et non par son acide. Il en sera de même pour le gypse, qui favorise si merveilleusement le développement de certaines plantes, et que par conséquent l'on ne peut ranger parmi les matières indifférentes et excrémentitielles.

Si l'on considère ensuite que la silice, l'alumine, les phosphates, les oxalates, etc., ne sont pas déposés par la sève dans la portion quelconque de végétal où elle se trouve épaissie et desséchée, mais dans des organes spéciaux, déterminés; qu'il y a donc de la part de ces organes élection, action vitale pour s'en emparer exclusivement à d'autres, on se persuadera difficilement que la nature, si ingénieuse pour se débarrasser des matières nuisibles ou gênantes, ait si bien préparé la place de ces substances, les ait fait concourir à la formation des tissus, sans leur assigner un rôle physiologique important¹.

Ces réflexions nous conduisent à affirmer qu'un grand nombre de matières terreuses ou alcalines transportées par le torrent de la circulation sont utiles pour compléter les plantes, pour leur donner toute leur vigueur, leur taille, leurs pro-

(1) Payen, *Mémoires sur les développements des végétaux*.

priétés diverses ; mais nous ne prétendons pas dès aujourd'hui assigner une fonction particulière à chacune de ces substances ; peut-être, même parviendra-t-on à montrer que les plantes, comme les animaux, s'assimilent certains principes immédiats tout formés et existant dans les substances organiques du sol et des engrais ; nous savons que les études de chimie végétale sont encore imparfaites, et qu'on vient à peine de les aborder sérieusement. Un brillant avenir est promis à ces recherches.

Après avoir résolu ainsi la première question que nous nous sommes posée, il s'en présente une nouvelle : Toutes les plantes font-elles une égale consommation des matériaux solubles renfermés dans la terre, ou ont-elles la faculté de choisir ceux qui leur conviennent le mieux ? En un mot, les différentes espèces de plantes ont-elles une nourriture différente ?

Les plantes fixées sur le même sol, puisant leur humidité dans le même réservoir, n'y pompent pas toutes une sève identique. M. Th. de Saussure a constaté d'une manière positive qu'il y avait pour leurs racines une faculté d'élection¹ ; mais ses expériences sur l'inégale absorption des différents sels par le *bidens* et le *polygonum* sont loin d'être entièrement satisfaisantes. On y voit que les poisons, comme le sulfate de cuivre, dans lesquels les plantes mouraient en peu de temps, étaient aspirés en plus grande abondance que les sels sous l'influence desquels elles continuaient à vivre. M. de Saussure l'explique² en montrant par la section des racines qu'elles étaient décomposées, et qu'ainsi elles n'agissaient plus que mécaniquement dès le commencement de cette absorption ; mais ce qu'il a bien constaté, c'est la proportion différente des substances dissoutes que les racines transportent dans le torrent séveux, absorbant une substance préférablement à une autre dans le même liquide, quand ces substances ne sont pas

(1) *Recherches sur la végétation*, p. 247 et suiv.

(2) *Ibid.*, p. 255.

vénéneuses. Ainsi les deux plantes citées, mises en expérience, ont absorbé les sels dissous dans les proportions suivantes :

	Bidens.	Polygonum.
Chlorure de potassium.	16	14,7
Chlorure de sodium	15	13
Nitrate de chaux.	8	4
Sulfate de soude.	10	14,4
Chlorhydrate d'ammoniaque. . .	17	12
Acétate de chaux.	8	8
Sulfate de cuivre.	48	47
Gomme	32	9
Sucre	8	29
Extrait de terreau.	6	5

M. Trinchinetti ayant repris ces observations avec des soins particuliers, pour que les racicules des plantes n'eussent subi aucune mutilation, a montré : 1^o que les racines des plantes absorbent toutes les substances minérales solubles dans l'eau ; 2^o qu'elles en absorbent des quantités très diverses, selon les diverses espèces de végétaux, et cela d'une manière indépendante du degré de fluidité de la solution ; 3^o enfin, que les substances organiques dissoutes dans l'eau ne sont pas absorbées par les racines dans leur état naturel, mais sont décomposées sous leur influence et partiellement absorbées.

Ainsi, d'abord, quant au premier point, le suc des plantes plongées dans une solution étendue de cyanure de potassium bleuissait avec les sels de fer. Il obtenait des signes évidents de l'absorption du chlorure de sodium, sulfate de cuivre, acétate de plomb, chlorure de barium, iodure de potassium, sulfates de potasse, de zinc et de magnésie, de l'alun, de nitrate de chaux, du sel ammoniac, de l'eau de chaux et de l'acide arsénieux. Les feuilles de l'*Oxalis corniculata* jaunissaient et se fanaient après l'absorption du nitrate calcaire, tandis que les autres végétaux plongés dans la même solution restaient dans leur état naturel. Il paraîtrait donc que l'acide nitrique avait été mis à nu par la combinaison de la chaux avec l'acide oxalique

de l'oxalate de potasse contenu dans les feuilles de l'oxalis.

L'absorption du sublimé corrosif, du nitrate d'argent et de l'acide gallique ne s'étendait pas au delà des parties plongées paraissant frappées de mort sans avoir pu transmettre la substance vénéneuse aux parties hors de l'eau.

2^o En plaçant des plantes d'espèces différentes dans une solution de deux sels en quantités égales, comme, par exemple, le nitre et le sel marin, l'auteur s'est assuré que les plantes ne contenaient pas indifféremment les deux sels en proportion égale. Lors même que dans la solution la proportion de l'un des sels est beaucoup plus considérable que l'autre, on ne dérange pas les résultats de l'absorption élective, et, dans une solution qui contenait trois fois plus de sel marin que de nitre, une plante de *chenopodium viride* absorba beaucoup plus de nitre que de sel marin, tandis que le contraire avait lieu pour le *solanum lycopersicum*. On sait d'ailleurs que dans les terres salées où le salpêtre s'approprie le sel marin, le *tamarix* sait choisir le sulfate de magnésie.

3^o Enfin, dans une décoction de terreau fumé, l'auteur trouva que le vase qui contenait la solution seule et sans végétaux, qu'il avait conservée pour servir de terme de comparaison avec les autres, avait passé à la fermentation putride, tandis que ceux où végétaient des plantes vivantes n'offraient pas ce phénomène. Bien plus, ayant mis dans cette liqueur fétide un pied vigoureux de *chenopodium urbicum*, il trouva que l'odeur nauséabonde diminuait graduellement et cessait bientôt entièrement, faits qui lui paraissent de nature à confirmer le pouvoir des racines pour décomposer et modifier les substances organiques¹.

Si ces expériences ne peuvent pas compléter la démonstration, elles rendent au moins très probable l'opinion que les

(1) *Du pouvoir absorbant des plantes*. Milan, 1843; 1 vol. in-4^o; et *Bibl. univers. de Geneve*, octobre 1843, p. 346 et suiv.

plantes s'approprient les substances solubles dans des proportions très différentes; mais, d'ailleurs, l'analyse des végétaux qui ont crû sur le même terrain vient nous le confirmer. Ainsi, quant à leurs éléments essentiels, les matières oxygénées, hydrogénées, carbonées, varient entièrement dans leurs rapports de quantité d'une plante à l'autre, et une longue série d'analyses pour déterminer leur azote nous montre aussi qu'elles ont une aptitude très diverse pour fixer ce gaz; enfin, l'analyse des cendres végétales nous indique la prodigieuse diversité des éléments alcalins et terreux que les différentes plantes se sont assimilés. Les unes, comme les soudes, par exemple, se chargent de sel marin sur le même sol où le froment n'en prend qu'une petite quantité; les autres, comme la pariétaire, l'ortie, la bourrache, avides de nitrates, savent les choisir à côté d'autres plantes venues sur le même terrain, et qui en présentent à peine des traces. Il ne semble donc pas possible de nier que les végétaux possèdent une propriété d'élection pour admettre ou au moins pour retenir certaines substances de préférence à d'autres, et qu'ainsi les plantes n'ont pas toutes une même nourriture.

Outre les résultats de l'analyse, l'expérience agricole est toute en faveur de cette opinion. On sait que certains engrais semblent plus spécialement favorables à certaines plantes, comme le gypse, par exemple, aux légumineuses; que certains végétaux affectionnent certaines natures de sol en raison des principes qu'ils contiennent, comme la fougère et le châtaignier qui se plaisent dans les sols abondants en potasse, dans les schistes, les terrains volcaniques, et non dans des terres calcaires, ou dans celles qui sont moins abondamment pourvues de sels alcalins; que l'association de deux espèces de plantes dans une même culture, comme dans celle du méteil, produit une récolte totale plus considérable que si l'on avait cultivé chacune de ces plantes séparément; qu'il en est de même

du mélange de deux espèces d'arbres, le tremble et l'orme, qui, réunis sur le même espace de terrain, produisent plus de bois que lorsqu'on n'a planté que des arbres d'une seule espèce¹. Ces faits multipliés prouvent que ce n'est pas une certaine quantité d'un principe nutritif uniforme, mais un choix de principes nutritifs différents, qui est nécessaire aux plantes.

Duhamel, qui s'est prononcé pour l'opinion contraire, la discute dans sa physique des arbres², mais son argumentation ne résiste pas aux nouvelles lumières acquises sur ce sujet. Ainsi il objecte qu'un jeune citron, greffé par la queue sur une branche d'oranger, conserve ses qualités de citron, sans participer en rien de l'orange, ce qui prouve, dit-il, que les sucs de l'oranger se sont modifiés en passant par la queue du citron. Mais cette modification ne provient-elle pas de ce que les vaisseaux du citron n'ont pas admis indifféremment les substances contenues dans la sève de l'oranger, et qu'il y a eu élection? Pour que l'argument fût valable, il faudrait analyser la sève du sujet et celle de la greffe, en choisissant les espèces les plus différentes possible. L'expérience ne serait pas difficile, car on sait que des greffes hétérogènes réussissent quelquefois pour quelque temps. Duhamel ajoutait que le goût de terroir, communiqué par certains terrains et certains engrais à tous les fruits d'espèces différentes qui y croissent, prouvait que leurs sucs étaient aspirés indifféremment par tous les végétaux. On ne nie pas que les végétaux admettent dans leur circulation toutes les substances solubles; on conteste seulement qu'ils les admettent et surtout qu'ils les assimilent toutes dans la même proportion. Il y a d'ailleurs des solutions indifférentes, comme certains liquides colorés, qui passent également dans les vaisseaux de toutes les plantes. L'analyse seule des plantes

(1) Schwerz, introduction, p. 93.

(2) T. II, p. 209.

et de leurs cendres peut faire apprécier la quantité des principes qu'elles ont assimilés, et l'expérience comparative, au moyen de plantes diverses placées dans les mêmes solutions, peut faire juger de la proportion qu'elles en ont admise.

La grande objection de Mariotte n'a pas plus de force aujourd'hui. « Prenez, disait cet auteur, un pot où il y ait sept à huit livres pesant de terre, et semez-y une plante telle que vous voudrez, elle trouvera dans cette terre et dans l'eau qui y tombe par les pluies tous les principes dont elle sera composée, étant arrivée à sa perfection; or, comme on peut y semer 3 à 4,000 plantes différentes, si leurs sels, leurs huiles, leurs terres, etc., étaient différentes les unes des autres, il faudrait que tous ces principes fussent dans ce peu de terre et dans le peu d'eau de pluie qui y tombe pendant 3 ou 4 mois, ce qui est impossible : car chacune de ces plantes, venant à maturité, donnerait au moins un gros de sel fixe, deux gros de terre, etc., et tous ces principes ensemble, y compris ceux qui sont mêlés avec les eaux distillées, pèseraient au moins deux ou trois onces, qui, multipliées par le nombre de plantes que l'on suppose être de 4,000, feraient un poids de 500 livres, au lieu que toute la terre du pot et l'eau des arrosages pendant quatre mois ne pèserait pas 20 livres¹. »

Rien n'autorise à croire que 4,000 plantes et même un nombre infiniment moins grand puissent successivement être élevées et venir à maturité dans le pot de terre dont parle Mariotte, si l'on n'y ajoutait pas des engrais. Nous avons obtenu dans une caisse de 0^m,60 au carré sur 0^m,40 de profondeur, qui contenait 38^k,4 de terre, quatre plantes de tournesol (*helianthus annuus*) qui pesaient fraîches 12 kilogr. avec les graines. D'après la formule de Th. de Saussure², elles auraient donné 1,116 grammes de cendres contenant :

(1) Œuvres de Mariotte. Leyde, 1717, t. I, p. 127.

(2) *Recherches sur la végétation*, tableaux des incinérations.

	gram.
Sels solubles.	574,740
Phosphate terreux.	251,100
Carbonate terreux.	4,464
Silice.	41,848
Oxydes métalliques.	0,556
Substances négligées.	243,292
	1116,000

La terre soumise à l'expérience était composée ainsi qu'il suit:

		donnant pour 38k.4 de terre ou 38.400 grammes.
Sels solubles.	30	1152,0
Carbonate de chaux. . . .	463	17779,2
Phosphate de chaux. . . .	20	768,0
Silice libre.	120	4608,0
Argile.	301	11558,4
Terreau.	66	2534,4
	1,000	38400,0

On voit que la terre a pu fournir surabondamment des sels solubles et des matières terreuses pour cette récolte; cependant une seconde récolte y a été chétive, sans doute par la difficulté qu'avaient les plantes à atteindre les sels de potasse et les phosphates restant dans le sol, et qui peut-être n'y étaient pas pour le moment dans un état de solubilité suffisant.

Ainsi, tous les faits concourent à prouver que les différentes plantes ne prennent pas sur le même terrain les mêmes doses des éléments qu'ils y rencontrent, en un mot qu'elles ont une alimentation différente.

CHAPITRE III.

Recherches des aliments convenables aux diverses plantes.

Les difficultés que nous avons rencontrées pour résoudre la question générale se multiplient ici en raison du petit nombre

d'analyses que nous possédons, et des circonstances bornées dans lesquelles elles ont été entreprises.

Nous pouvons rarement déterminer par une épreuve directe l'effet de tel ou tel engrais sur les plantes; pour en bien juger, il faudrait pouvoir employer les substances alimentaires isolées les unes des autres; or, comme les végétaux s'emparent d'une foule d'éléments, il faudrait pouvoir les éliminer les uns après les autres, et juger de l'effet de leur privation sur la végétation. Admirable sujet d'étude qui s'offre à ceux qui auront l'honorable ambition de contribuer à établir solidement les principes de la science agricole! Mais ces longues et difficiles expériences n'ont pas encore été tentées, et nos connaissances dans ce genre sont purement empiriques. Il ne faut pas cependant les dédaigner en attendant que nous puissions en avoir qui soient fondées sur une observation mieux dirigée, car c'est par elles seules que nous pouvons indiquer jusqu'à nouvel ordre le genre d'engrais qu'il faut préférer dans la culture des différents végétaux. Ainsi nous savons dès à présent, d'une manière à peu près certaine, tellement les opinions des praticiens sont concordantes à cet égard, que le principe calcaire est utile dans la culture des graminées, les sulfates dans celle des légumineuses et des crucifères, le carbone dans celle des pommes de terre, de la vigne; mais ces notions ne s'étendent qu'à un très petit nombre de végétaux. Les engrais dont on se sert renferment un plus ou moins grand nombre des éléments de la végétation, et on n'a pu bien distinguer pour chaque espèce ceux qu'elle s'approprie de préférence, et ceux qu'elle laisse intacts, à la disposition des végétaux qui doivent lui succéder.

En attendant que les expériences directes que nous recommandons aient été faites, nous n'avons pour nous guider que l'analyse des plantes; l'examen de la quantité d'azote, de carbone et de matériaux fixes qu'elles contiennent. Cette analyse

nous indique les matériaux qu'elles s'approprient. Mais ce ne sera qu'après avoir soumis les végétaux vivants à la contre-épreuve des effets des différents éléments nutritifs que nous parviendrons à établir la théorie de la nutrition végétale sur une base fixe; quand on sera arrivé aux résultats par les deux voies, par l'analyse qui retrouvera les matériaux dans la composition des plantes, par la synthèse qui leur offrira ces matériaux et s'assurera de leurs effets sur les fonctions de la vie, la science sera complète.

L'analyse elle-même, en nous présentant les éléments qui entrent dans les plantes, ne nous apprend pas distinctement ceux qui lui sont essentiels et ceux qui ne sont qu'adventifs, qui, dans d'autres circonstances du sol, pourraient ne pas exister sans nuire à la vigueur de la végétation. Pour qu'elle soit complètement instructive, il faut qu'elle soit faite sur des plantes venues sur des sols bien analysés eux-mêmes, manquant successivement des différentes substances, et sur un grand nombre des plantes venues simultanément sur le même sol. Des résultats aussi complets que ceux que nous venons d'indiquer nous manquent encore, mais les fragments que nous possédons peuvent nous conduire cependant à quelques conclusions. Nous ne nous servons pas des analyses de M. Berthier, qui n'ont eu pour objet que les bois. Les analyses de Sprengel, que nous avions données dans la première édition de ce volume, ne nous ont pas paru devoir être reproduites. Il est évident que ses procédés de combustion étaient imparfaits, puisque la quantité de cendre qu'il annonce est presque double de celle qu'ont obtenue ses successeurs. Nous nous contenterons de donner ici les analyses de M. Boussingault et deux analyses de Robert Kane. La science ne tardera pas à en recueillir un beaucoup plus grand nombre qui nous permettront de comparer l'influence des climats et des terrains sur l'absorption des plantes.

PARTIE COMBUSTIBLE.					CENDRES.									
Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.	Azote.	Total.	Acide carbonique.	Acide sulfurique.	Acide phosphorique.	Chaux.	Magnésie.	Potasse.	Soude.	Silice.	Fer et alumine.	Total.
ANALYSE DES PLANTES, SUR 10,000 PARTIES DESSECHÉES DANS LE VIDE SEC, PAR M. BOUSSINGAULT.														
Pommes de terre (tubercules).	4572	600	4488	150	9310	53	97	44	40	7	24	900	traces.	336
Betteraves (racines).	4275	571	4358	166	9376	100	10	37	33	43	98	251	37	5
Navets (racines).	4280	554	4240	168	9242	106	83	46	92	85	53	255	51	20
Topinambours (tubercules).	4302	591	4356	157	9406	65	15	61	9	15	40	264	traces.	43
Froment (graine).	4610	580	4540	229	9757	0	2	414	traces.	7	59	72	traces.	48
Avoine (graine).	5052	632	5714	224	9603	7	4	159	9	15	51	51	0	6
Maïs (graine).	4006	609	4053	418	9686	0	traces.	traces.	3	15	34	0	212	398
Pois (graine).	4985	552	4928	358	9923	3	16	94	5	31	37	111	8	110
Haricots (graine).	4848	544	5879	355	9656	10	4	84	3	18	56	154	0	514
Froment (paille).	4998	558	4056	30	9652	5	5	106	2	16	97	142	0	514
Seigle (paille).	4380	500	5357	251	8868	0	7	32	4	59	51	61	2	6
Pois (paille).	4566	543	4572	435	9724	195	21	15	24	92	14	124	22	697
Topinambours (tiges sèches).	4755	469	5796	206	9242	49	49	49	20	192	49	207	4	509
Trèfle (foin).	4480	510	5050	250	8220	49	49	49	20	192	49	207	4	368
Hommes de terre (fanes).	5810	510	5080	450	7850	49	49	49	20	192	49	207	4	509
Betteraves (feuilles).	4310	550	5030	180	8750	49	49	49	20	192	49	207	4	368
Trèfle (racines).	4310	550	5030	180	8750	49	49	49	20	192	49	207	4	368
PLANTES ANALYSÉES PAR ROBERT KANE (Phil. Magaz., 3 ^e série, t. XXIV, p. 98), ET DESSECHÉES SEULEMENT À 100 DEGRÉS.														
Champvre (tiges).	5094	506	4872	174	9346	445	5	15	7	190	22	34	5	454
Lin (tiges).	5872	733	4859	56	9500	85	15	54	12	61	59	49	49	500

(1) L'auteur n'a pas donné la proportion des cendres aux grains; nous l'avons supposé la même que pour les pois.

M. Lassaingne a trouvé que la luzerne cultivée à Alfort près Paris donnait 6,5 p. 100 de cendres, et contenait par conséquent, parties combustibles, 9350; sels alcalins solubles, carbonate, sulfate de potasse et chlorure de potassium, 180; phosphate de chaux, 110; carbonate de chaux, 330; silice, 30; des traces de sulfate de chaux.

En examinant le tableau précédent, on trouve : 1^o qu'il y a plus de parties combustibles dans les semences et dans les tubercules farineux que dans l'ensemble des tiges en fleurs, dans celles-ci plus que dans les tiges après la fructification (autrement appelées pailles); enfin que les feuilles et les racines en ont la plus petite quantité; 2^o que les pailles renferment la plus grande quantité de carbone, ainsi que les semences; les tiges et les feuilles, la moindre quantité; 3^o que l'azote est en plus forte proportion dans les semences, mais que certaines feuilles, certaines tiges, la paille de pois même, en renferment une quantité très considérable. Et quant aux matières fixes (les cendres), la potasse compose la plus grande partie de la masse; en grande quantité dans les racines, elle est moins abondante dans les tiges et moins encore dans les semences. La chaux est en quantité très variable selon les espèces; on la trouve à son maximum dans le foin de luzerne, de trèfle, et dans la tige de chanvre; à peine se fait-elle remarquer dans la graine de froment et la pomme de terre; les phosphates affectionnent surtout les graines, et entre autres celle de froment et celle de fève; la silice abonde ordinairement dans les tiges et dans les enveloppes des semences, comme on le voit pour celle d'avoine qui, d'ailleurs, est accompagnée de tant d'organes appendiculaires (poils, arêtes, etc.).

Ces observations suffiront pour montrer que les plantes absorbent une certaine quantité de principes inorganiques qui entrent dans leur composition et que le sol doit leur fournir. Sans doute la quantité que chacune d'elles s'assimile n'est pas une mesure des effets que sa privation absolue pourrait lui

faire éprouver; ainsi nous voyons le froment démontrer par l'état de sa végétation la nécessité du principe calcaire; s'il n'existe pas dans le sol, cette plante ne prend pas tout son développement; s'il lui est fourni, elle prospère et double sa récolte, et cependant nous voyons qu'elle est une de celles qui s'approprie ce principe en moindre quantité. Nous sommes donc loin de prétendre que la masse des éléments divers contenus dans le sol soit la mesure de la réussite de différentes plantes, et que dans nombre de cas ils ne puissent se suppléer; nous disons seulement qu'il est utile qu'ils s'y trouvent en quantité suffisante pour être à portée des plantes et dans l'état où elles peuvent les absorber, et que le succès des cultures sera d'autant plus assuré que les matériaux propres à leur organisation ne leur manqueront pas.

CHAPITRE IV.

Méthode à suivre pour l'application de ces principes.

Nous nous sommes efforcé de démontrer, dans les chapitres précédents, que les plantes avaient besoin d'aliments généraux nécessaires à leur existence, et d'aliments spéciaux indispensables à leur complet développement; l'application de ces principes exige d'abord que nous analysions les plantes que nous soumettons à la culture, que nous les analysions dans leur état de plus grand développement et de plus grand produit, et dans des circonstances locales et climatiques différentes pour nous assurer de la nature de leurs éléments, et par conséquent de celle des aliments qui doivent leur être fournis. Cette analyse est indispensable pour établir le choix et la dose de ces aliments sur des bases solides; c'est par elle que doit commencer toute recherche sur l'alimentation végétale.

Il faut ensuite constater ceux de ces éléments d'alimentation qui manquent au terrain, et ici se présentent deux méthodes : la première consiste à faire l'analyse exacte et détaillée du sol pour déterminer les substances qui lui manquent, et qu'il faut lui fournir; la seconde est fondée sur l'analyse des récoltes que l'on enlève au sol pour constater les matières qu'il faut lui restituer pour le remettre dans l'état où il était avant la récolte. La première va directement au but; mais elle exige, pour chaque terrain, une opération qui devrait être répétée chaque année, si on ne la combinait avec la seconde. Celle-ci a l'avantage de pouvoir se réduire en formule, car une fois les plantes de la culture usuelle analysées, on peut penser que leur composition dans les différentes années ne s'éloigne pas beaucoup d'une composition normale et moyenne qui est à déterminer. Mais c'est aux savants à rédiger ces formules, et une fois à la disposition du public, il semble que le choix des engrais nécessaires n'est plus que l'affaire d'un calcul très élémentaire. On se tromperait cependant si l'on croyait à l'exactitude rigoureuse d'un pareil moyen. Déjà nous avons plusieurs analyses de plantes faites par des chimistes habiles et dans les différentes circonstances de climat et de sol; elles sont loin de donner des résultats identiques; les éléments constituants des plantes y varient selon des proportions très diverses. On n'aura donc de la sorte qu'un à peu près si l'on ne fait pas à chaque récolte l'analyse des plantes. Or, cette analyse est encore plus délicate et plus longue que celle du sol. On parviendra à une approximation satisfaisante si, quand on aura des analyses moyennes des plantes, on commence à analyser le sol; qu'ensuite, pendant un certain nombre d'années, on se serve des formules qui indiquent la composition des plantes, mais que plus tard on en revienne à l'analyse du sol. Cette marche est d'autant plus nécessaire que les terres perdent ou acquièrent des éléments nouveaux par d'autres voies que les

récoltes et les engrais, et qu'il faut bien vérifier de temps en temps ces gains et ces pertes qui s'opèrent à notre insu.

Après avoir déterminé la nature et la quantité de substances complémentaires à ajouter au sol, il restera à faire l'étude de ces substances elles-mêmes, et ce sera le sujet de nos recherches actuelles.

Mais avant d'entrer dans une discussion détaillée, nous devons nous arrêter un moment sur l'ordre que nous aurons à suivre, et qui est loin d'être indifférent, car il peut faciliter ou compliquer l'étude que nous devons faire ; il peut éclairer et diriger les applications tout en rendant la théorie plus facile à saisir, ou jeter du trouble dans les esprits et de l'incertitude dans les pratiques, selon qu'il sera bien ou mal choisi. Supposons, par exemple, que nous adoptions l'ordre suivi par tous les auteurs qui nous ont précédé, celui qui divise les engrais en minéraux, végétaux, animaux : qui ne voit qu'en transportant ici une division empruntée à l'histoire naturelle, nous manquons notre but, qui n'est pas de faciliter la recherche de l'origine de l'engrais, origine toujours bien connue, mais d'éclairer l'agriculteur sur la convenance de son emploi, pour laquelle cette classification ne nous apprend rien ? Nous avons donc pensé que l'ordre à suivre dans cette matière devait dépendre surtout du degré d'importance des substances propres à la nutrition, combinée avec la difficulté de se les procurer. Non pas que cette importance relative ne puisse varier et qu'elle ne doive être attribuée pour un champ donné à la substance peut-être très commune qui lui manque ; nous parlons ici de l'importance absolue en la basant sur l'état général des terres, et en donnant la prééminence aux éléments de nutrition qui y sont les plus rares, qui sont les plus chers et les plus difficiles à obtenir. En suivant cette méthode, nous aurons déjà beaucoup fait pour établir la valeur comparative des engrais. Comme elle se base sur des considérations générales

relatives à cette importance, relatives à la constitution et à l'action de ces substances, c'est par leur exposition que nous allons commencer.

CHAPITRE V.

Considérations générales sur les matières alimentaires des plantes (engrais).

En exposant la nature des principes des plantes, nous avons signalé en première ligne plusieurs de ces principes, l'eau, l'acide carbonique et l'azote, comme étant indispensables à l'existence des plantes. Nous assignons par là leur degré d'importance relativement à l'alimentation végétale. Si nous voulons ensuite assigner un rang à ces trois éléments, tous les trois nécessaires, il faudrait partir d'une autre considération, celle de la facilité ou de la difficulté de se les procurer.

Dans un grand nombre de pays, la nature fournit elle-même l'eau nécessaire à l'alimentation des plantes; dans d'autres, ce principe est surabondant, et ailleurs il est en défaut habituellement, ou dans certaines saisons de l'année. Nous avons déjà indiqué, en parlant des amendements, les moyens de rétablir, dans ces deux derniers cas, l'équilibre nécessaire à une bonne végétation; nous ne nous en occuperons pas ici.

Restent donc l'acide carbonique et l'azote. L'acide carbonique résulte de la décomposition des débris végétaux que renferme la terre et sursature souvent les éléments calcaires du sol; il se rencontre ordinairement en quantité suffisante, et quelquefois même il existe en excès, ce qui oblige à le neutraliser par le moyen de la chaux; fourni d'ailleurs aux plantes par l'atmosphère, il ne manque guère que dans des cas assez rares, dans des terrains secs où le terreau a été épuisé, ou entière-

ment converti en matière charbonneuse. Dans ce cas même, l'abondance et le bas prix des matières qui peuvent le fournir, comme la marne, les débris végétaux épuisés, le ligneux, n'offrent que l'embarras du choix.

Il n'en est pas de même de l'azote : il n'est pas prouvé que les plantes en soutirent à l'air atmosphérique, et, dans tous les cas, plusieurs familles entières de végétaux, comme les graminées, sont tout à fait impropres à l'y puiser; mais c'est dans l'ammoniaque mêlée à l'air et ramenée sur la terre par les rosées et les pluies, et surtout dans les débris des végétaux et des animaux, qu'il se trouve en abondance. Les matières minérales, la chaux, l'argile ne sont que des excipients propres à retenir la petite quantité de celui qui flotte dans l'atmosphère sous forme d'ammoniaque ou d'acide nitrique; en outre, plusieurs des composés azotés sont volatils, et laissent perdre une partie de cette base sans profit pour la végétation. Enfin, le besoin de substances azotées est tellement senti, que, sans analyse préalable, par un accord général et spontané, fruit de l'expérience de tous les peuples, le prix de chacune des substances qui le contiennent est presque relatif à la quantité d'azote qu'elles renferment, dans chacun des emplois que l'on peut en faire. C'est donc cette substance la plus rare, la plus chère, la plus nécessaire que nous devons rechercher la première; c'est elle qui doit surtout nous préoccuper dans le choix des engrais. Quand nous aurons pourvu nos terres d'azote, il sera facile ensuite de trouver les autres suppléments nécessaires à la végétation.

Si nous passons aux aliments spéciaux, nous trouverons les alcalis minéraux, principes qui se présentent constamment, quoique en proportions très variables, dans les analyses végétales, et parmi ceux-ci la potasse occupe le premier rang, soit par le plus grand nombre de végétaux où elle domine, soit aussi par sa rareté et son prix. La soude remplace fréquemment la potasse dans la végétation comme dans les arts; nous

la trouvons dans les plantes qui ont crû sur des terrains salifères sans que la réussite des récoltes en ait souffert. Elle s'y rencontre à des doses qui rappellent celles de la potasse dans d'autres terrains, tandis que cette dernière a pris un rôle secondaire, et un grand nombre d'arts qui se servaient exclusivement de potasse emploient maintenant, à cause de l'économie qui en résulte, la potasse factice, qui n'est autre chose qu'un mélange de sels de soude fondus ensemble.

Le phosphore se trouve ordinairement dans toutes les terres calcaires sous forme de phosphate; il manque souvent aux terres non calcaires, et on peut le lui fournir au moyen des os pulvérisés, des coquillages, du falun ou du noir animal; le prix des os est tel qu'en payant l'azote qu'ils contiennent, on obtient gratuitement le phosphate de chaux; on peut aussi l'avoir à bon compte en employant les coquillages, le falun.

Le sulfate de chaux marche sur la même ligne, à cause de la petite quantité que l'on en emploie sur les terres, et de son bon marché dans la plupart des pays. Quoique plus cher, le chlorure de sodium, partout où il serait nécessaire, ne devrait être fourni qu'à faible dose, et probablement son application la plus utile ne serait pas celle que l'on ferait directement au sol. Si l'on nourrissait des bestiaux, il conviendrait d'arroser le fourrage de sa solution, pour le retrouver ensuite dans les fumiers. Il aurait ainsi, dans la nourriture du bétail, un effet avantageux sur le sol qui compenserait la dépense.

La chaux, la magnésie, quand on peut se les procurer, ne coûtent presque que des frais d'extraction et de transport.

Après avoir ainsi parcouru tous les aliments des végétaux à leur état de simplicité, et indiqué les moyens de se les procurer, nous aurons à nous occuper des aliments composés qui constituent réellement ce que l'on doit appeler engrais; ce sont les excréments et les urines des animaux domestiques, recueillis par des excipients quelconques, secs et spongieux comme la

terre, la paille ou tout autre végétal sec qui s'empare de leurs sucs, ou bien liquides comme l'eau, auxquels on les mêle dans des réservoirs.

CHAPITRE VI.

De l'état dans lequel les aliments doivent être fournis aux plantes.

Le carbone ne devient soluble dans l'eau et propre à être absorbé par les plantes que sous la forme d'acide carbonique. C'est sous cette forme qu'il doit être offert aux plantes, soit que leurs feuilles le puisent dans l'atmosphère, soit que l'eau météorique ou l'humidité du sol s'en emparent quand il se dégage des matières organiques qui fermentent, ou quand, uni à des bases salines ou terreuses, il forme avec elles des sels solubles.

L'oxygène est fourni à la végétation par l'eau atmosphérique qui le contient presque toujours en excès, ou par l'acide carbonique qui, en se décomposant et déposant son carbone, abandonne l'oxygène qui concourait à le former. L'hydrogène paraît résulter aussi de la décomposition de l'eau.

Quant à l'azote, ou bien il se trouve dans les engrais sous forme de sels ammoniacaux solubles, ou bien il se trouve engagé dans le tissu des plantes et ne peut être extrait qu'à la longue et par l'effet de leur putréfaction. Il n'est pas bien certain que la plante n'absorbe pas sans les décomposer plusieurs produits quaternaires qui renferment ces gaz en combinaison.

Nous savons qu'on essaierait vainement de nourrir un animal en lui administrant les substances pures qui font la base de son organisation, et qu'il faut qu'il trouve dans les produits végétaux qu'il consomme ces matériaux déjà combinés et organisés. Nos savants confrères, MM. Boussingault, Dumas

et Payen, vont même plus loin encore, et ils cherchent à prouver que la graisse qui s'accumule dans les tissus des animaux est recueillie toute formée, ou du moins sous une forme analogue à la vraie graisse, dans les aliments végétaux dont ils se nourrissent; quant aux plantes, on les reconnaît aptes à combiner entre elles des principes élémentaires, mais quand elles trouvent dans le sol des produits quaternaires déjà formés, leur végétation luxuriante en montre les bons effets. M. Chevreul a déjà indiqué qu'il se pourrait que le sang appliqué comme engrais ne fût pas complètement décomposé en passant dans le torrent séveux, et qu'une partie pourrait bien être absorbée sous une forme moins altérée. On pourrait peut-être en dire autant des excréments qui communiquent leur odeur propre aux végétaux, et non pas seulement une odeur d'ammoniaque ou d'hydrogène sulfurée ou carbonée qui proviendrait de leur entière décomposition.

Nous sommes en présence de ces problèmes, mais nous n'en avons pas la solution. Toujours est-il que les engrais provenant des débris de l'organisation se sont montrés les plus puissants, et que si l'on ne peut nier que la végétation peut s'accomplir en leur absence, il faut convenir aussi qu'ils paraissent lui être plus avantageux, se mieux prêter à l'assimilation, épargner à l'organisation un travail qu'elle trouve tout fait.

L'azote, qui fait partie de combinaisons quaternaires, elles-mêmes emprisonnées dans des tissus plus ou moins résistants, ne peut être mis à découvert et à portée des organes végétaux qu'autant que ces tissus sont décomposés par la fermentation. Il n'est donc pas indifférent de s'assurer du degré de réclusion où il se trouve, pour savoir à quelle époque, prochaine ou éloignée, la végétation pourra en profiter. Ainsi le corps azoté qui consisterait en ammoniaque pure s'évaporerait avec rapidité, et toute l'activité d'absorption de la plante n'en pourrait recueillir qu'une faible partie, tandis que, s'il

était renfermé dans le tissu d'un os entier, il faudrait des siècles pour que la végétation pût s'en saisir, puisqu'on a constaté la présence de la gélatine et de l'albumine dans des os dont l'antiquité était indubitable, dans des os trouvés dans les fouilles de Pompeï. Nous devons donc nous préoccuper beaucoup de l'état des corps considérés comme engrais.

Il y a déjà bien des années, M. Payen, ayant eu à s'occuper des moyens d'utiliser les débris des animaux, avait entrevu un principe qu'il a définitivement formulé ainsi :

« Les engrais ont d'autant plus de valeur que la proportion de substance organique azotée y est plus forte et y domine, surtout relativement à celle des matières organiques non azotées, et que la décomposition des substances quaternaires s'opère graduellement et suit mieux les progrès de la végétation. »

Après la dose absolue de l'azote, c'était donc sa quantité relative et son mode d'agréation avec les matières non azotées qu'il fallait considérer, et le plus ou moins de facilité de la désagréation. L'expérience seule pouvait prononcer sur ce dernier point; mais on n'a pu encore faire d'expériences régulières et directes. On est obligé de s'en remettre à celles qui résultent de la pratique agricole, et l'on sait que celles-ci, soumises à des influences diverses de sol et de climat, recueillies jusqu'ici par tradition plus que par une observation préconçue, ne nous donnent que des à-peu-près dont il faut bien se contenter. Dans les expériences plus directes que nous avons tentées et que nous rapportons plus loin, nous avons trouvé que le fumier d'écurie prolonge ses effets pendant trois ans dans les terrains frais du midi de la France, et agit sur deux récoltes de froment, de manière que, sur 1,000 parties d'azote de l'engrais, la première récolte en prend 639, et la seconde 361 sur un terrain sec; mais que si l'on arrose et que l'on fasse une double récolte dans l'année, la décomposition s'accélère, et

les 1,000 parties d'azote disparaissent dans ce laps de temps. Si l'on se sert des os, leur broiement hâte beaucoup aussi le dégagement des matières azotées emprisonnées dans leurs cellules. Les matières fécales desséchées perdent leur ammoniaque mêlées avec des matières poreuses, telles que le charbon ; celles-ci s'emparent des vapeurs ammoniacales et ne les cèdent qu'avec plus de lenteur. Ainsi, dans le premier cas, la présence de l'eau, dans le second la division mécanique, ont été les agents dont nous nous sommes servi pour entrer plus tôt en jouissance des matières azotées ; dans le troisième, au contraire, nous les avons mêlées à des matières qui les ont retenues dans leurs pores, pour nous opposer à l'excès de leur volatilité. Il y a donc des préparations nécessaires pour accélérer ou ralentir l'action des substances destinées à l'alimentation des végétaux, et qui font partie de la science des engrais.

En général, un engrais sera d'autant plus profitable que son action sera accomplie dans le cours d'une récolte, puisqu'alors les avances des cultivateurs rentreront immédiatement ; et les engrais tardifs perdront de leur valeur en proportion de la durée de leurs effets, puisqu'on sera obligé de leur faire supporter l'intérêt d'une partie de leur prix d'achat pendant cette durée. Mais ce principe absolu n'est pas toujours vrai, car si les intempéries s'opposent au succès de la récolte semée avec l'engrais hâtif, il sera entièrement perdu, tandis que l'engrais tardif profitera encore aux récoltes subséquentes. Cela explique pourquoi dans les contrées méridionales, exposées à la sécheresse printanière, on préfère les fumiers tardifs, et l'on fume rarement en couverture sur les plantes, si ce n'est les terrains arrosés, tandis qu'il en est tout autrement dans les pays plus septentrionaux, où la distribution des pluies est plus favorable aux récoltes.

Les principes que nous venons d'exposer relativement aux engrais azotés ne sont plus applicables pour les substances ter-

reuses et alcalines qui entrent comme auxiliaires puissants dans l'organisation végétale : les alcalis minéraux, la chaux, les sulfates, les chlorures, les phosphates. Ici l'expérience est décisive, et elle nous prouve que les végétaux les absorbent et se les approprient le plus souvent sous la forme minérale qu'ils ne doivent pas quitter. On applique directement ces sels et ces oxydes, ou on les mêle avec les autres engrais ; dans l'un et l'autre cas, ils produisent également leurs effets.

CHAPITRE VII.

Aliments des végétaux considérés comme contenant de l'azote.

Nous avons à pourvoir aux besoins très divers des terres, à leur apporter les éléments de nutrition qui leur manquent, à compléter ceux qu'elles possèdent en quantité insuffisante. Ce n'est que par le choix judicieux des substances qu'on devra leur appliquer que l'on parviendra à remplir le but que se propose l'agriculture. Jusqu'à présent on a agi un peu au hasard, ou plutôt l'emploi des fumiers, qui eux-mêmes contiennent la plupart des éléments de la végétation, a suppléé à l'intelligence du cultivateur. En employant à doses inconnues un pareil mélange de substances, on avait la chance que la substance réclamée par la terre s'y rencontrerait. C'est ainsi que dans l'ancienne matière médicale on entassait une foule de médicaments divers dans la thériaque, espérant qu'il s'en trouverait quelqu'un qui conviendrait à la maladie, et que les organes malades sauraient bien y choisir. Aujourd'hui il y a quelque chose de plus à faire : c'est d'ajouter à ces fumiers eux-mêmes les éléments dont ils manquent ; c'est d'y rétablir les proportions en rapport avec les besoins des terres que l'on

traite; c'est enfin, dans bien des cas, de profiter d'une foule de corps qui présentent isolément un ou plusieurs de ces éléments, que la pratique dédaigne faute d'en connaître les propriétés, et qui peuvent être d'un grand secours pour l'agriculture.

D'après ces idées, l'ordre qui convient le mieux à notre étude est celui qui classe les corps susceptibles de fournir des aliments aux plantes selon l'ordre de l'élément qui y domine; nous allons commencer cet examen par ceux qui renferment l'azote en quantité notable, et par les substances où l'azote se trouve en simple état de combinaison, sans être engagé dans des corps non azotés; nous continuerons en suivant l'ordre des composés les plus simples, et nous terminerons par les engrais les plus composés, les fumiers. Nous devons reconnaître ici hautement que la plupart des analyses de ce chapitre appartiennent à MM. Boussingault et Payen, dont les travaux ont été si utiles aux progrès de la science agricole.

SECTION I^{re}. — Sels.

§ I^{er}. — Nitrates.

Les nitrates de potasse, de soude et de chaux ont été soumis à l'expérimentation agricole et ont donné de bons résultats. Le nitrate de potasse en particulier a été souvent essayé. Nous-même nous en avons éprouvé de bons effets, en le mêlant avec du terreau dont nous recouvrons les graines de betteraves au moment du semis.

M. de Woght dit que l'effet de 5^k,5 de salpêtre égale celui de 1,000 kilogr. de fumier¹. Le nitrate de potasse renfermant 13,78 p. 100 d'azote, 5^k,5 en renferment 0,76, c'est-à-dire moins que n'en renferment 200 kilogr. du fumier de ferme de MM. Boussingault et Payen. Il nous paraît donc qu'il y a ici

(1) *Sammlung landwirthschaftliche*, t. I; 1825.

une erreur évidente dans l'appréciation des effets de cette substance. M. Lecoq¹ dit, au reste, que c'est celui de tous les engrais salins qui jouit des propriétés les plus énergiques, et qu'employé à petites doses il agit toujours et paraît favoriser la végétation des céréales, des légumineuses et du sarrasin. Malheureusement il ne l'a pas expérimenté de manière à pouvoir traduire en chiffres les impressions qu'il nous transmet.

La cherté de ce sel, quand il est purifié, a toujours empêché l'extension de son usage. Il vient maintenant de l'Inde en grande quantité. Il coûte 50 fr. par 100 kil., et, apporté par vaisseau français, il coûte en outre 15 fr. de droit. Si l'on fait abstraction du droit d'entrée, maintenu pour protéger les insignifiants produits des ateliers français, qu'il serait si facile de rétablir en temps de guerre et qui pendant la paix ne peuvent que gêner l'agriculture, on voit que 100 kilogr. de sel contenant 13,78 d'azote, chaque kilogramme de ce gaz reviendrait à 3 fr. 62 c.

Mais il n'est pas nécessaire de recourir à l'achat direct du nitrate de potasse pour s'en assurer les effets. On sait que les terres poreuses se chargent naturellement des nitrates quand on les place dans des circonstances favorables. C'est ainsi que l'on faisait des nitrates artificiels en Prusse et en Suède, avant l'importation du salpêtre de l'Inde; c'est ainsi qu'on en fait encore en Espagne.

Il suffit de construire de petits murs, peu épais, avec de la terre calcaire poreuse, contenant peu d'argile, mêlée et gâchée avec des cendres, de la paille et même des fumiers; de les couvrir d'un toit et de les arroser de temps en temps, pour que ces terres soient chargées de salpêtre au bout de l'année. Si l'on n'a pas employé de cendres, on n'a qu'un nitrate de chaux qui est un engrais tout aussi bon. Comme le cultivateur n'est pas obligé de lessiver ces terres pour en obtenir le salpêtre,

(1) *Mémoire sur les engrais salins*, p. 76.

mais qu'il les transporte immédiatement dans les champs, les principaux frais sont évités, et l'on obtient des nitrates à un bon prix. L'emploi du fumier n'est pas absolument indispensable; on pourrait le suppléer en arrosant la terre avec une solution de potasse ou de soude, pour activer la nitrification au moyen d'une base plus énergique que la chaux carbonatée. Ce que nous avons dit à la page 125 sur la nitrification explique suffisamment ce qui se passe dans cette opération. Les essais en grand que l'on fera de cette méthode pourront seuls nous apprendre ses résultats économiques. Mais il est évident que c'est là le meilleur moyen de fixer à notre profit une grande masse de l'azote répandue dans l'atmosphère.

La chaux et la marne répandues sur la surface des terrains agissent aussi en partie par les mêmes principes, en fournissant une base salifiable aux acides qui, à la faveur de l'évaporation aqueuse, se forment dans l'atmosphère ou au contact de la terre.

Le nitrate de soude, que l'on trouve en masses énormes au Pérou sur une étendue de plus de 200 kilomètres, est préféré maintenant par les fabricants d'acide nitrique, et devrait l'être par les cultivateurs à cause de son plus bas prix et de la plus grande quantité d'azote qu'il contient, si ce prix n'était encore beaucoup trop élevé pour l'agriculture; 100 kilogr. de ce sel coûtant 48 fr. 20 c. sans les droits de douane¹ contiennent 16,42 d'azote, qui revient ainsi à 3 fr. le kilogr.

M. Vilmorin a démontré l'efficacité de ce sel en répétant l'expérience que Franklin avait faite avec le gypse. Les figures tracées sur le terrain avec le nitrate de soude en poudre ont été reproduites par une plus grande énergie de la végétation. M. Vilmorin remarque que les graminées semblent avoir mieux profité de cet engrais que les légumineuses.

Nous allons rapporter, en parlant de chaque engrais, les

(1) Le droit est de 16 fr. 50 c. par 100 kilogr.

expériences agricoles auxquelles ils ont donné lieu et qui sont arrivées jusqu'à nous, entourées de détails qui puissent rendre leur examen utile. Nous les considérerons sous deux points de vue; le premier consiste dans les recherches de la partie de l'engrais absorbée par la récolte, et servira à constater la durée de ses effets. Nous prenons ici pour base l'azote enlevé par la récolte que nous comparons à celui enlevé par l'engrais; une des conditions qui rend cette recherche possible, c'est que l'expérience ait été faite comparativement entre des terres qui n'ont pas reçu d'engrais et des terres qui en ont reçu différentes doses. En partant de la base admise par Thaër et confirmée par des faits agricoles très nombreux, nous admettons qu'une récolte de blé enlève au sol les 0,40 de sa fertilité acquise; nous aurons ce degré de fertilité, cette *vieille graisse* de sol, qu'il faudra ajouter à celle apportée par l'engrais pour avoir l'azote total de chaque récolte.

Le second objet de recherche est la question économique; mais celle-ci dépend tellement des circonstances locales, des prix de revient de l'engrais et de celui du produit, que les résultats indiqués ne devront être pris que pour de simples renseignements.

M. Kuhlmann nous a donné les résultats de l'emploi de nitrate de soude sur une prairie des environs de Lille; le sel était délayé dans l'eau de manière à représenter un volume de 325 hectolitres de liquide par hectare. Ses effets sont ici mis en rapport avec les produits obtenus sur la terre où l'on n'avait pas employé d'engrais.

Quantité d'engrais.	Récolte de foin.	Azote de la récolte.	Azote du sol.	Azote de l'engrais.	Azote total.	Alliquote d'azote absorbé par la récolte.
	kil.	kil.	kil.	kil.		
Point d'engrais. .	4000	40,0	100,0	00,00	100,0	0,40
133 k. de nitrate de soude. . . .	4800	48,0	100,0	22,00	122,0	0,39
266 k. <i>id.</i>	5723	57,2	100,0	44,10	144,1	0,40

La dose absorbée est exactement la même dans les trois cas, et comme pour les récoltes de froment, elle est de 0,40 de l'engrais mis en terre. Il est donc probable que la décomposition de ce sel n'est pas rapide et suit à peu près le cours de la végétation comme celle du fumier lui-même.

Quant aux résultats de M. Kuhlmann, nous trouvons qu'il a obtenu, de 133 kilogr. de nitrate coûtant 86 fr. 45 c., un excédant de récolte de 800 kilogr. de foin valant 64 fr.; que si le prix du sel était dégrevé de l'impôt, il l'aurait payé 64 fr., 10 c., ce qui aurait fait la balance exacte entre la dépense et la recette; qu'il a obtenu de 266 kilogr. de nitrate coûtant 172 fr. 90 c. un excédant de récolte de 1,723 kilogr. de foin, valant 137 fr. 84 c.; et que si le prix du sel était dégrevé de l'impôt, il l'aurait payé 128 fr. 21 c.

L'usage du nitrate de soude paraît s'étendre beaucoup en Angleterre¹. M. Chaterley a expérimenté les effets du nitrate de soude et de potasse; voici ses résultats réduits à la mesure de l'hectare².

Quantité d'engrais.	Récolte en froment.	Azote du grain.	Récolte en paille.	Azote de la paille.	Azote total de la récolte.	Azote du sol.	Azote de l'engrais.	Azote total en terre.	Aliquote d'azote absorbé p. l'engr.
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	
Point d'engrais. .	1307	50,32	2115	10,56	60,68	151,70	00,00	151,70	0,40
105 k. 6 de nitrate de soude. . . .	1762	67,85	2299	11,26	79,09	151,70	17,01	178,71	0,44
105 k. 6 de nitrate de potasse. . .	1748	67,29	2199	10,77	78,06	151,70	14,27	165,97	0,47

Ces expériences annonceraient une tendance des sels, et surtout du nitrate de potasse, à agir un peu plus promptement que la base fixée de 0,40; cette légère différence peut tenir à la saison. Les données économiques fournies par l'auteur ne nous semblent pas assez précises pour que nous devions en faire mention ici.

1) *Voyage en Angleterre*, de M. de Gourey, et *Journal d'agriculture pratique*, t. IV, p. 489.

(2) *Mémoires de la Société chimique de Londres*, t. I, p. 153.

Au reste, on obtient ce sel comme le précédent et le nitrate de chaux, par le moyen que nous avons indiqué; il existe aussi tout formé dans le sol des bergeries et des caves. Ces sels sont le principe de la fertilité que communiquent à la terre les débris des vieux murs qui s'en chargent, surtout dans leur partie inférieure, au-dessus de la limite de l'humidité constante.

§ II. — Sels ammoniacaux.

Les expériences qui avaient pour but de faire végéter des plantes dans des dissolutions de sels ammoniacaux n'ont pas toutes été suivies de succès. Si M. Lecoq a vu prospérer des graines placées sur du coton mouillé et constamment arrosées de solutions contenant un dixième de leur poids en sel; si le sulfate d'ammoniaque en particulier a produit ainsi des effets remarquables¹; si nous-même avons vu végéter vigoureusement des fleurs liliacées dans de fortes solutions de carbonate d'ammoniaque, M. Bouchardat, de son côté, a vu des *branches* de mimosa périr en peu de temps dans les solutions de tous les sels ammoniacaux².

Mais aussi toutes les fois que ces sels, au lieu d'être administrés aux plantes en solution, ont été mélangés avec le sol, leur succès a été remarquable. Déjà Rigaud de Lisle avait constaté les bons résultats obtenus du sulfate d'ammoniaque sur le blé³, et dans ces derniers temps les belles expériences de MM. Kuhlmann et Schattenmann⁴ ont complété la démonstration. Ce dernier arrosait le sol avec des dissolutions de sels marquant 1 degré à l'aréomètre de Baumé, et à la dose de 100 hectolitres par hectare; le blé et les prairies ont donné

(1) *Rech. sur l'emploi des engrais salins*, p. 20 et suiv.; le tableau

(2) *Comptes rendus*, t. XVI.

(3) *Mém. de la Société centr. d'agricult.*, 1814, p. 167.

(4) *Comptes rendus*, novembre 1843.

des produits presque doubles sous l'influence de cet arrosage avec le chlorhydrate et le sulfate d'ammoniaque. Mais il ne paraît pas avoir eu un effet marqué sur les fourrages de la famille des légumineuses; fait très remarquable si l'on considère que c'est sur eux qu'agit principalement le sulfate de chaux.

M. Boussingault, en discutant ces résultats¹, remarque d'abord que l'azote contenu dans les plantes soumises à l'action des sels ammoniacaux autres que le carbonate ne peut provenir de l'absorption en nature de ces sels; en effet, dans 100 gerbes de blé il entrera 800 grammes d'azote, et dans les cendres 42 grammes d'acide sulfurique et 22 grammes de chlore, tandis que 800 grammes d'azote qui se trouveraient dans les plantes exigeraient, pour former du chlorhydrate ou du sulfate d'ammoniaque, 2056 parties de chlore et 2264 d'acide sulfurique. Il est donc évident que l'azote n'est pas absorbé à l'état de sulfate ou de chlorhydrate d'ammoniaque, mais que ces deux sels se décomposent pour fournir la quantité d'azote qui se trouve dans les plantes. Il n'en serait pas de même du carbonate d'ammoniaque, puisque les plantes contiennent au delà de la quantité de carbone nécessaire pour former l'acide carbonique propre à saturer l'ammoniaque. Il est donc tout à fait probable qu'avant de pénétrer dans la plante, les sels ammoniacaux, au moins en grande partie, se sont changés en carbonates.

Si l'on met en contact une solution de carbonate d'ammoniaque et de chlorhydrate, ou de sulfate de chaux, il se forme, au lieu de carbonates, des chlorhydrates et des sulfates d'ammoniaque et du carbonate de chaux; il semblerait donc, au premier abord, que cette explication ne peut subsister. Mais si, au lieu de solutions dans lesquelles se forme et se précipite le composé insoluble, les deux sels sont mis en présence

(1) *Economie rurale*, t. II, p. 236.

à l'état pulvérulent possédant la quantité d'humidité nécessaire pour faciliter la réaction sans dissoudre le produit, il se forme un composé volatil qui est le carbonate d'ammoniaque. Ainsi, un morceau de craie placé dans une solution de sulfate d'ammoniaque émet pendant plusieurs jours des vapeurs de carbonate d'ammoniaque. C'est de cette manière qu'a lieu dans le sein de la terre la décomposition des différents sels ammoniacaux et que, changés en carbonate, ils pénètrent dans les sucoirs des plantes avec les molécules d'eau dans lesquelles ils sont dissous sous cette nouvelle forme.

MM. Kuhlmann, Schattenmann et Charterley ont étudié avec beaucoup de succès les effets des sels ammoniacaux sur la végétation. M. Kuhlmann a employé le chlorhydrate d'ammoniaque, le sulfate d'ammoniaque, et une eau ammoniacale provenant de l'usine de gaz de Lille, qu'il convertissait en chlorhydrate par l'addition d'une eau acide provenant de la fabrication de la gélatine.

Le premier de ces sels contient 26,439 d'azote p. 100; le second 21,375. L'eau ammoniacale n'a pas été dosée. Voici les résultats obtenus par M. Kuhlmann :

Quantité d'engrais.	Récolte du foin.	Azote du foin.	Azote naturel de la terre.	Azote de l'engrais.	Azote total en terre.	Aliquote d'azote absorbé p. la récolte.
	kil.					
Point d'engrais. .	4000	40	100	00,00	100,00	0,40
266 k. chlorhydr. d'ammoniaque.	5716	57	100	70,32	170,32	0,33
266 kilog. sulfate d'ammoniaque.	5233	52	100	56,85	156,85	0,33
5400 litr. eau am- moniacale . . .	6300	63	40	?	?	?

Si l'on supposait que l'absorption de l'azote a été dans l'eau ammoniacale de 0,33 comme pour les autres sels, elle en aurait contenu 121 kilogr.; retranchant 100 de fertilité de la terre, il reste 21 kil. ou environ 0^k,38 pour cent litres.

On voit ici que le tiers seulement des sels fournis à la prairie est passé dans la végétation, les deux autres tiers restent en terre à l'usage des récoltes qui suivront.

Le chlorhydrate d'ammoniaque a coûté 266 fr. ou 100 fr. les 100 kilogr. Son azote revient donc à 2 fr. 66 c.; prix qui excède d'un tiers celui du fumier d'étable. Il a rapporté ici un excédant de récolte de 1,716 kilogr. de foin valant 137 fr. 28 c. Il y a donc eu perte de 128 fr. 72 c. dans son emploi.

Le sulfate d'ammoniaque a coûté 159 fr. 60 c. ou 60 fr. les 100 kilogr. Son azote revient à 2 fr. 80 c. Il a rapporté un excédant de récolte de 1,233 kilogr. de foin valant 98 fr. 64 c.; il y a eu perte de 60 fr. 96 c. L'eau ammoniacale a coûté 54 fr. et rapporté un excédant de récolte de 2,300 kilogr. de foin valant 184 fr.; il y a donc eu un bénéfice de 130 fr. Mais l'on conçoit que le prix d'achat de cette eau n'a rien de fixe, et qu'une plus grande consommation ne tarderait pas à l'élever à sa valeur réelle.

M. Chatterley a fait aussi des expériences agricoles sur les effets des sels ammoniacaux, et voici le résultat par hectare¹ :

Quantité d'engrais.	Récolte en grains.	Azote de grains.	Récolte en paille.	Azote de paille.	Azote total de la récolte.	Azote du sol.	Azote de l'engrais.	Azote total en terre.	Aliquote d'azote pris par la récolte.
	kil.								
Point d'engrais. .	1307	50,52	2115	10,56	60,68	151,70	0,00	151,70	0,40
25 k. 9 de sulfate d'ammoniaque	1491	57,40	2115	10,56	67,76	151,70	5,55	157,25	0,45
125 k. 5 de nitrate sel	1849	71,18	2378	11,65	82,83	151,70	27,67	179,37	0,46

On voit ici que l'absorption de l'engrais augmente avec sa dose, et que l'on pourrait en fournir une plus grande quantité à la plante. A 60 fr. les 100 kilogr., l'on aurait obtenu de 25^k,9 de sel coûtant 15 fr. 54 c. un excédant de grain de 184^k valant (à 20 fr. l'hectolitre) la somme de 47 fr., sans compter la valeur de la paille, et de 129^k,5 de sel valant 77 fr. 70 c.; le produit

(1) *Mémoires de la Société chimique de Londres*, t. I, p. 153.

en sus de 542 kilogr. de grain valant 142 fr. Il y a eu plus d'avantage, d'après cette expérience, à appliquer ces sels à la production de grain qu'à celle de foin.

M. Schattenmann a employé les sulfates, chlorhydrates et phosphates d'ammoniaque. Il n'en a obtenu aucun effet sur les luzernes et sur les trèfles, tandis que l'action était très marquée sur les prairies composées de graminées et sur les blés. Cela s'explique facilement quand on sait le peu d'effet que produit la fumure de la luzerne en couverture. Cette plante puise toujours sa nourriture par l'extrémité de ses racines fusiformes. Pour déclarer que les sels ammoniacaux sont sans effet sur elle, il faudrait les avoir essayés sur les semis de cette plante. Nous pensons, sans l'affirmer, que les mêmes raisons seraient applicables au trèfle, quoiqu'il ait des racines plus ramifiées et plus rampantes que celles de la luzerne. L'auteur dissout ses sels dans l'eau en donnant à sa dissolution la force de 1 degré à l'aréomètre de Baumé. Il faut 2 kilogr. de sulfate et de chlorhydrate pour saturer 100 litres d'eau. La végétation du froment a été très active, 200 kilogr. de sel par hectare ont déterminé le couchage des épis ; ses résultats sur les grains sont beaucoup moins réguliers que ceux de M. Kuhlmann. Sur une prairie haute et sèche, dans un terrain léger, avec 400 kilogr. de sulfate d'ammoniaque, il a obtenu en moyenne 8,900 kilogr. de foin par hectare, tandis que le terrain non arrosé en donnait 5,100 kilogr. La dépense était de 240 fr. pour lesquels on a obtenu un excédant de 3,800 kilogr. de foin valant 304 fr. à 8 fr. les 100 kilogr. Mais l'auteur a constaté depuis que l'effet de ces sels se prolongeait pendant plusieurs années.

Dans l'état actuel de la fabrication des sels ammoniacaux, on voit qu'ils ne peuvent être d'un usage général en agriculture. On ne peut y employer que ceux qui proviennent des excréments animaux saturées comme nous le dirons, et avant que les fabricants s'en soient emparés. On voit de plus qu'il y a encore

de l'incertitude sur la convenance d'employer ces sels à la culture de toutes les natures de plantes et qu'il faut attendre à cet égard les leçons de l'expérience.

Au reste, aucun de ces sels, pris dans le commerce, ne peut servir habituellement d'engrais à cause de son haut prix. En effet, ils sont rarement purs ; en supposant qu'ils le fussent, le carbonate d'ammoniaque contient 17,22 p. 100 d'azote, et se vend 60 fr. ; son kilogr. d'azote reviendrait donc à 3 fr. 47 c. ; le sulfate d'ammoniaque ayant 21,24 d'azote et valant 50 fr., son azote reviendrait à 2 fr. 35 c. seulement, à peu près le même prix que celui qui provient du nitrate de soude. Mais la véritable valeur de leur azote dépend entièrement de leur dosage qui varie beaucoup dans les sels de commerce. On entrevoit cependant qu'il ne serait pas impossible d'en tirer parti dans un grand nombre de cas pour augmenter le titre des autres engrais.

§ III. — Emploi des sels azotés.

La grande solubilité des sels dont nous traitons dans cet article et la volatilité du carbonate d'ammoniaque ne permettent pas de déposer en terre l'alimentation nécessaire à plusieurs récoltes. Leur application doit être répétée pour chaque culture ; on doit donc en proportionner la dose à ce qui est exigé pour la consommation des plantes, et à ce qui manque d'azote à la terre. Pour simplifier, supposons que l'on se borne à une simple fumure telle qu'elle est pratiquée ; celle de 30,000 kilogr. de fumier de ferme contenant 0,40 d'azote p. 100 par hectare, c'est 120 kilog. d'azote que l'on trouvera au moyen de

	fr.	c.
891 kilogr. de nitrate de potasse coûtant.	490	5
696 kilogr. de carbonate d'ammoniaque	417	60
729 kilogr. de nitrate de soude.	291	60
564 kilogr. de sulfate d'ammoniaque.	279	"
30,000 kilogr. de fumier de ferme.	195	"

Mais il faut remarquer que l'on n'aurait à cette dose que 0,09 de nitrate de potasse, c'est-à-dire une pincée à répandre par mètre carré. On conçoit l'impossibilité de bien répartir une si petite quantité; c'est donc seulement après les avoir fait dissoudre dans l'eau et sous une forme liquide que ces sels peuvent être appliqués, même en supposant que l'on doublât ou quadruplât la fumure, et si les plantes en culture devaient être espacées, c'est seulement à leur pied que l'on devrait répandre la solution pour qu'elle leur profitât immédiatement. On pourrait aussi mélanger les sels avec du terreau pour le semer à la main.

On a cru remarquer qu'après l'emploi de ces sels, le terrain restait dans une position moins fertile qu'avant d'en avoir fait usage. Il le faut attribuer principalement à l'abondance même des récoltes qu'ils procurent, et faire attention que les plantes ne se bornent pas à absorber de l'azote, mais qu'en même temps elles s'emparent des phosphates, des alcalis et du carbone du terrain; substances qui ne se trouvent dans le sol qu'en quantités limitées. C'est toujours l'inconvénient que l'on rencontre en faisant usage des matériaux simples de nutrition, tandis que l'alimentation végétale exige un grand nombre de substances. Il sera donc toujours plus utile de se servir des sels en combinaison avec d'autres engrais, si l'on veut éviter ce genre d'épuisement relatif.

L'usage des sels azotés dans l'agriculture a encore été trop restreint pour que nous puissions proposer d'en faire immédiatement l'emploi en grand, et ce que nous venons de dire s'adresse jusqu'à présent plutôt aux recherches des savants qu'à la pratique des cultivateurs.

SECTION II. — *Débris d'animaux.*§ I^{er}. — Chair musculaire.

A Paris, une grande masse de chair musculaire est livrée chaque année au commerce, qui la réduit en engrais. On fait bouillir la chair des chevaux dans des chaudières, on la dessèche au moyen de la chaleur même qui sert à la cuisson; on la pulvérise ensuite, et, dans cet état, elle est expédiée principalement pour les colonies au prix de 16 fr. les 100 kilogr. A son état normal, elle renferme plus de la moitié de son poids d'eau; à l'état de dessiccation auquel elle est amenée, elle en retient encore 8 à 9 centièmes, et renferme 13,04 d'azote; le kilogr. d'azote coûte donc seulement alors 1 fr. 23 c. Comment se fait-il que les cultivateurs français se laissent enlever un engrais pareil et à si bon marché qui se fabrique à leur porte?

§ II. — Poissons.

Les poissons qui ont un commencement de putréfaction sont aussi employés comme engrais dans les pays de pêche. La morue complètement sèche contient 10^k,86 d'azote; le hareng 10^k,54 p. 100; mais ce dernier, quand il est frais, renferme 0,91 d'eau, et par conséquent n'a que 0^k,09 d'azote p. 100.

On peut utiliser les débris musculaires, sans les préparer, en les découpant en petits morceaux et les enterrant au pied des arbres; les poissons peuvent être séchés et réduits en poudre, ou répandus en nature sur le champ après avoir été divisés; on les enterre ensuite à la charrue. M. de Woght se servait de harengs frais dans ses cultures, mais il ne paraît pas en avoir retiré de grands avantages. Il les employait à trop petite dose, se trompant apparemment sur leur valeur réelle, qui, dans cet

état, n'est guère que quatre fois et demie celle du fumier d'auberge, poids pour poids.

§ III. — Sang.

Le sang, que l'on a qualifié à juste titre de *chair coulante*, est très riche en éléments azotés et en alcalis; à ce titre il constitue un engrais très énergique. Quand, après son émission, on le laisse en repos, il se sépare en deux parties : l'une solide, composée de fibrine et de globules qui constituent, chez les animaux domestiques, de 83 à 108 millièmes de son poids; et la partie liquide, le *sérum*, qui en forme la 900 millième partie environ.

Le poids de la fibrine et des globules desséchés se réduit des trois quarts qui retiennent 19,93 p. 100 d'azote, mais point d'alcali, si ce n'est celui qui résulte de la séparation imparfaite du sérum.

Le sérum composé d'environ 900 parties d'eau, de 76 d'albumine et de 24 de sels alcalins, contient, quand il est desséché, 15,70 p. 100 d'azote.

Le sang desséché devrait donc contenir, en totalité, 18,73 d'azote p. 100¹.

La difficulté que l'on éprouve à dessécher le sang est une cause qui s'oppose le plus souvent à la diffusion de son emploi. Quand on n'en a qu'une petite quantité, on peut le répandre immédiatement sur la terre après l'avoir étendu d'eau, ou en arroser les fumiers; on peut aussi conserver le sang à l'état liquide en y mêlant une lessive alcaline; enfin, ce qui vaut mieux, on peut le mêler à de la terre desséchée, en le gâchant comme quand on fabrique du mortier. M. Hayward, auteur de la *Science de l'horticulture*, conseille de n'employer que le sérum, et pour cela d'attendre quelques jours pour que la séparation se fasse naturellement. Il se sert ensuite de cet engrais à la dose de

(1) M. Payen a trouvé 17 par l'analyse directe.

3,000 kilogr. par hectare, délayé dans cinq à six fois son poids d'eau. Il en a obtenu des effets décisifs, mais il perd par là le quart de la valeur de l'engrais total.

M. Desrone le faisait coaguler par l'ébullition, puis le desséchait à l'étuve ou à l'air; 1 kilogr. de sang sec représentait 4 kilogr. de sang liquide.

Le sang sec en poudre a une couleur rouge noirâtre et peu d'odeur. On en exporta en 1831 près de 400,000 kilogr. à la Guadeloupe. Mêlé à la terre humide, il se décomposait rapidement et profitait entièrement à la plante. On le mêle avec une certaine quantité de terre sèche pour n'en répandre que la quantité convenable, parce que 3 kilogr. de son poids représentent plus de 100 kilogr. de fumier de ferme.

M. Desrone ne pensait pas que le sang desséché pût jamais se vendre au-dessus de 20 fr. les 100 kilogr., prix auquel il le vendait après s'en être assuré le monopole par l'achat du sang de tous les bouchers de Paris. Il contenait 14,87 p. 100 d'azote qui, à ce prix, serait revenu à 1 fr. 34 c. le kilogr.

§ IV. — Noir de raffinerie.

Dans le raffinage du sucre on se sert de charbon d'os en poudre très fine pour dépouiller le sirop de l'albumine du sang que l'on emploie pour la clarification. Les effets de ce noir animalisé avaient paru peu d'accord avec le chiffre de son dosage en azote, et on en faisait un argument principal pour chercher à prouver que l'action de cet engrais consistait surtout dans un autre élément que l'on supposait être le phosphate de chaux. Ce qui venait corroborer ce raisonnement, c'était le doute que l'on élevait sur la réalité de ce dosage. En effet, disait-on, le noir des raffineries ne pèse pas 100 kilogr. l'hectolitre, comme l'assurent MM. Boussingault et Payen, mais il se compose de 85^k,5 de noir animal et de 9^k,5 de sang coagulé, qui ne doit renfermer que 0^k,4288 d'azote (17 p. 100). Il est donc

impossible que l'on ait obtenu en azote 1 k, 242 p. 100 du noir animal contenant 48 centièmes d'eau, d'autant plus qu'aucun raffineur ne peut employer une quantité plus considérable de sang sans risquer de donner un mauvais goût au sucre¹.

Ces objections, l'incertitude qui régnait encore sur les résultats agricoles de l'emploi du noir, devaient d'autant plus nous porter à soumettre cette question à un nouvel examen, quela question de théorie s'y trouvait engagée avec une question pratique d'une immense importance, puisque le seul département de la Loire-Inférieure reçoit 5 millions de kilogr. de cet engrais provenant principalement de Russie et de Marseille, et qu'on paie au prix de 10 à 12 fr. l'hectolitre pesant 95 kilogr. ; tandis que les raffineurs de Nantes le vendent, pris chez eux, de 14 à 15 fr., parce que sans doute le soupçon de falsification et d'altération plane sur le noir de commerce.

Nous avons donc prié M. Payen de vouloir bien refaire avec soin l'analyse du noir animalisé venant des fabriques de Nantes, et cette expérience a confirmé sa première analyse. Nous avons repris de même le dosage de sang coagulé ; puis enfin, ce qui était le plus important, nous avons recueilli dans les différentes raffineries les différents noirs dont on se servait, et ayant choisi celui qui paraissait le plus calciné, le plus dépouillé de tout principe animal, nous avons trouvé qu'il contenait encore à l'état sec 1,4 p. 100 d'azote et 85,25 de cendres.

Le noir animalisé des raffineries sera donc composé ainsi qu'il suit :

	kilogr.
Sang coagulé donnant 4 k. 514 d'azote p. 100, ou par 9 k. 5	
de sang	0,42
85 k. 5 de noir animal tenant 0,48 d'eau et donnant 0 k. 81	
p. 100 d'azote.	0,72
Total pour 95 kilogr.	1,14
ou pour 100 de	1,20

(1) Bertin, *Statistique des os*, p. 79 et suiv.

L'analyse directe avait donné 1^k,06, parce que sans doute on avait opéré sur un noir un peu moins riche; mais nous partirons de la base que nous venons de trouver.

Comparons maintenant ce dosage aux résultats obtenus par M. Rieffel¹. M. Rieffel a opéré sur une terre qui, sans engrais, par le seul secours de l'écobuage, avait donné, la précédente récolte, un produit de 20 hectolitres (1,460 kilogr.) de seigle, équivalant à 766 kilogr. de froment. Il a fumé ensuite avec 2,160 kilogr. de noir animal et a obtenu 25 hectolitres de froment (1,950 kilogr.); comme nous n'avons pas les chiffres de la paille, nous la laisserons de côté de part et d'autre. L'expérience sera donc représentée comme il suit :

Quantité d'engrais.	Produit ep froment.	Azote du grain.	Azote de la terre.	Azote de l'engrais.	Azote total en terre.	Alliquote d'azote pris par la récolte.
0	766	29,49	73,70	0,00	73,70	0,40
2160 kilogr. de noir animalisé.	1950	75,07	73,70	25,92	99,62	0,75

Le même agriculteur a tenté une autre expérience sur un terrain glaiseux absolument infusible et non écobué. Voici les résultats de cette expérience :

2160 kilogr. de noir animalisé.	324	12,50	0,00	25,92	25,92	0,49
------------------------------------	-----	-------	------	-------	-------	------

La nature des terres paraît avoir nui à la rapide décomposition et à l'absorption de l'engrais.

Le noir des raffineries se vendant 14 fr. 50 c. l'hectolitre ou 15 fr. 80 c. les 100 kilogr., on a obtenu dans la première expérience un excédant de récolte de 1,184 kilogr. de froment valant 303 fr., avec une valeur de 341 fr. d'engrais. En reste-t-il encore pour une seconde récolte ou, comme on l'affirme, son effet est-il épuisé dès la première? On voit qu'alors cet engrais serait trop cher pour être consacré à la culture du blé

(1) *Agriculture de l'ouest*, t. I, p. 77 et 303.

Dans la seconde expérience, l'auteur a obtenu 324 kilogr. de blé valant 83 fr. avec la même valeur de 341 fr. d'engrais.

Le seul effet obtenu dans ces expériences paraît avoir été de présenter aux jeunes plantes un engrais tout préparé et de facile absorption, qui, en leur donnant une vigueur précoce, les a mis à même de soutirer plus tard des terrains, sans le secours de l'écobuage, une plus grande partie des sucs fécondants qu'ils contenaient.

Cette propriété explique le grand emploi que l'on a fait du noir animal sur les défrichements, et par conséquent dans l'ouest où ils ont été les plus fréquents, et que son azote a pu monter au prix extraordinaire de 12 fr. ; c'est qu'en même temps on trouvait le moyen de mettre en action immédiatement tout celui qui reposait inactif dans le sol.

Exposé quelques heures à l'air et surtout à la pluie, le noir animal se dépouille peu à peu de ses matières organiques. M. Hectot, de Nantes, a constaté qu'après six mois d'existence, le noir ne contenait plus aucune substance fécondante quand il n'avait pas été bien desséché et passé à la meule ; ce qui le préserve de toute altération. Il a cru pouvoir fixer l'ammoniaque qui se volatilise par son mélange avec la chaux délitée. On obtiendra sans doute des effets plus certains en mêlant le noir au sulfate de chaux. D'un autre côté, on a éprouvé de mauvais effets des noirs employés trop peu de temps après leur sortie des raffineries. Il paraîtrait que le sucre qu'ils contiennent donne, par la fermentation, des alcools, puis des acides qui nuisent à la végétation ; mais quand la matière animale a subi à son tour la fermentation et engendré l'ammoniaque, il se forme des sels de cette base qui sont évidemment favorables aux plantes. Il ne faut donc employer les noirs que quand ils sont parvenus à cette période où ils ramènent au bleu le papier de tournesol rougi.

Le noir de sucrerie convient surtout aux terrains et aux climats humides, l'eau s'emparant des sels et des gaz retenus par le charbon.

L'azote de cet engrais valant 12 fr. le kilogr. et l'azote de fumier ne valant que 5 fr. 60 c., il est évident que la récolte absorbat-elle tout l'azote de l'engrais, on serait encore en perte dans une culture continuée sur un sol qui ne contiendrait pas des engrais naturels.

§ V. — Os.

L'effet des os se présente sous une double face, comme fournissant aux végétaux l'azote contenu dans les matières grasses et en même temps les approvisionnant de phosphates qui forment la partie la plus considérable de leurs éléments minéraux.

Usités de temps immémorial par les cultivateurs d'oliviers et d'orangers de la rivière de Gènes, pays qui manque d'engrais, les os sont devenus d'un usage beaucoup plus général depuis que les cultivateurs anglais ont pris le parti de les broyer et les réduire en poudre à l'aide de machines puissantes. Les effets des os ont été fort controversés. MM. Wrède, Körte, M. de Dombasle, n'en ont obtenu aucun bon résultat; au contraire, dans le duché de Bade, dans le Wurtemberg, en Angleterre, on y a attaché tant d'importance que les os y sont devenus l'objet d'un grand commerce. L'importation anglaise est immense; elle a mis à contribution tout le nord de l'Europe et jusqu'aux débris glorieux de la bataille de Waterloo; elle charge des vaisseaux d'os à Buenos-Ayres. La ville de Thiers, en Auvergne, où l'on reçoit beaucoup d'os pour faire des manches de couteaux, et celle de Strasbourg, ont établi des moulins pour les pulvériser. M. Darcet a trouvé dans la poudre d'os de Thiers 43,86 de matière animale combustible, et 56,14 de phosphate de chaux; on mêle souvent du nitrate de potasse à

la poudre d'os fabriquée à Strasbourg, pour en augmenter l'effet¹.

M. Darcet, qui s'est beaucoup occupé des os sous le rapport alimentaire, a été un des premiers qui ait cherché à définir leurs effets comme engrais : « J'ai vu souvent, dit-il², des tas d'os exposés à l'air dans le voisinage d'une fabrique de soude factice, se couvrir, toutes les fois que les vapeurs acides étaient portées de ce côté, d'un nuage blanc très épais, formé des sels ammoniacaux en vapeur et suspendus dans l'air. Ayant ensuite essayé des os soumis à l'influence de l'air, je les ai toujours trouvés légèrement alcalins, et donnant, avec l'eau distillée, une eau de lavage contenant de la matière animale en dissolution. J'ai exposé des os sur un pré pendant un an; ils étaient devenus blancs; toute la graisse qu'ils contenaient s'était lentement infiltrée de proche en proche, et avait été absorbée par le sol, ou décomposée; ces os n'avaient perdu que 0,02 de gélatine environ.

« Je pense, d'après ce qui précède, que lorsqu'on emploie les os comme engrais, la graisse qu'ils contiennent se liquéfie par la chaleur du soleil, est en partie absorbée par la terre; que les os ainsi dégraissés mécaniquement deviennent plus facilement attaquables par l'action de l'air et de l'eau; qu'alors des réactions chimiques ont lieu; qu'une partie de la gélatine se convertit en ammoniacque; que cette ammoniacque saponifie la graisse, la rend soluble dans l'eau de pluie, qui, entraînant cette espèce de savon, le répand sur le terrain où il agit comme engrais. Les mêmes causes ramènent les mêmes effets, tant qu'il reste de la graisse et de la gélatine dans les os. Mais cette action devient d'autant plus lente qu'elle a lieu sur des os plus compactes, plus épais, plus vieux; c'est parce que les os n'éprouvent ainsi qu'une décomposition presque insen-

(1) *Bulletin de la Société d'encouragement*, sept. et déc. 1826.

(2) *Annales de chimie*, t. XVI, p. 36.

sible, et parce qu'ils contiennent, terme moyen, près de 0,40 de matière animale, qu'ils forment un engrais si durable et dont les effets sont si sûrs et si constants. C'est ainsi probablement qu'agissent une foule d'autres engrais, tels que la corne, les poils, les vieux cuirs, les débris d'animaux, etc.

C'est précisément cette lenteur des os à céder les matières grasses et gélatineuses qu'ils contiennent, qui a fait naître l'idée de les réduire en poudre fine; on dégage ainsi, on met à nu les matières fécondantes, emprisonnées dans une si forte proportion de phosphate de chaux. Alors, en effet, les os s'épuisent bien plus rapidement et livrent plus aisément à la terre les substances azotées qu'ils contiennent. M. Payen a constaté que les os entiers et anciens n'avaient perdu en quatre ans que 0,08 de leur poids, tandis que, quand ils sont traités par l'eau bouillante, ils en cèdent 0,25 à 0,30. L'eau bouillante, en pénétrant les tissus, agit comme l'atmosphère sur l'os broyé et dont les éléments graisseux sont mis à découvert.

Au reste, les os et la poudre que l'on en fabrique sont loin d'avoir toujours la même valeur. Souvent on ne les livre au commerce qu'après les avoir épuisés en grande partie de leur matière grasse, et l'on ne peut y avoir une entière confiance qu'après avoir dosé leur azote. La poudre des os non épuisés contient, à l'état sec, 7,58 p. 100 d'azote. Dans l'état normal, où on la livre au commerce, elle contient 0,30 d'eau et se vend 12 fr. les 100 kilogr.; elle possède alors 5,30 p. 100 d'azote qui revient à 2 fr. 27 c. le kilogr. On assigne dix à vingt-cinq ans à la durée totale de cet engrais; cependant il paraît que l'effet en est sensible, surtout les deux premières années. Dans les pays où il est usité, on emploie de 15 à 40 hectolitres de poudre d'os par hectare.

Les phosphates se retrouvent dans les cendres de toutes les plantes. Il n'est pas douteux que si on ne les rendait pas à la terre sous forme d'engrais, qui continuent pendant long-

temps à exporter tous les matériaux de ces récoltes, le sol, appauvri, n'en vint à ne plus nourrir la végétation ; et que si dans ces matériaux on en exportait un de préférence, tout en lui rendant tous les autres, les phosphates, par exemple, on ne parvint aussi à avoir une végétation languissante, puisqu'elle manquerait d'un de ses éléments essentiels. Or, c'est ce qui arrive quand des prairies sont destinées à nourrir des vaches laitières : le lait contient une grande proportion de phosphates qui manquent alors aux déjections. Aussi le docteur Johnson, de Durham, a-t-il rapporté que les prairies du Cheshire, quoique recevant tout le fumier des vaches laitières, ne purent retrouver leur fertilité première que quand elles furent amendées avec une certaine quantité d'os pulvérisés ¹.

Mais quoi ! sans recourir à un fait aussi saillant, n'est-il pas constant que, prises en masses, les terres arables ne reçoivent jamais tout le résidu des récoltes qu'elles portent : une partie des déjections se perd sur les chemins, est entraînée par les eaux, ou va au loin pour être consommée par des populations étrangères. Un grand nombre de récoltes ne sont pas consommées par les animaux, mais servent aux vêtements, à la teinture, et ne restituent jamais rien au sol. Il y a donc, non une déperdition, mais un déplacement continu des éléments de fertilité, et les terres cultivées tomberaient dans la stérilité, si leur richesse n'était qu'un dépôt fait une fois pour toutes, et si au contraire la Providence n'avait pas doué les plantes d'une faculté d'absorption en rapport avec la vigueur de la végétation, et les sols de cette même faculté en rapport avec leur état de porosité et d'ameublissement.

Ainsi, soit que, comme le dit Liebig ², toutes les terres labourables contiennent du phosphate en quantité très notable, soit qu'en effet, comme vont le prouver les analyses, cette

(1) *Revue britannique*, mars 1842, p. 205.

(2) *Chimie agricole*, p. 171.

quantité soit le plus souvent très faible (0,002 à 0,008), ce trésor finirait à la longue par s'épuiser, si une autre source ne venait le renouveler, comme cela arrive pour les alcalis, pour l'ammoniaque, pour les acides, pour les bases; et cette source, ce sont les eaux courantes et la vapeur aqueuse de l'atmosphère qui, élevée de la mer, doit contenir aussi en petite quantité du phosphate, comme elle contient des chlorures et des sulfates terreux et alcalins, si l'on en juge par la quantité de poissons osseux qui durent y puiser cette substance.

Cent kilogrammes de froment enlevant à la terre :

	kilogr.
Pour le grain	1,14 d'acide phosphorique,
Pour la paille	0,44
	1,58

une récolte de 20 hectolitres (1,560 kil.) lui enlèvera 24^k,65. Supposons que le sol actif ait 0^m,20 de profondeur, la terre pesant 1,200 kilogr. le mètre cube, le poids total de l'hectare sera de 2,400,000 kilogr.; et si la terre contient $\frac{8}{1000}$ d'acide phosphorique, cet acide pèsera 19,200 kilogr., pouvant fournir à 779 récoltes pareilles, en supposant que l'on ne restitue rien au terrain; s'il ne contient que $\frac{2}{1000}$, il pourrait fournir encore, dans les mêmes conditions, à près de 200 récoltes; et, en admettant la restitution de la plus grande partie des phosphates par les engrais, on reconnaît la presque perpétuité de cet élément dans le sol, même avec une culture très épuisante.

On voit donc qu'il ne faudrait pas trop se préoccuper de l'addition spéciale de phosphates dans les terres qui en contiendraient déjà cette dose.

La chose change de face si la terre est privée de phosphate ou si la faible dose qu'elle en possédait a été épuisée; alors, en effet, la végétation spontanée doit y être faible, ne recevant sans doute que le contingent peu abondant que lui dispense la

vapeur atmosphérique. C'est dans ces cas assez rares que l'on observe surtout le succès des os.

Mais ce n'est pas assez que les sols manifestent l'existence des phosphates à l'analyse, il faut encore que ces sels soient solubles. Or, pour cela, il faut qu'ils soient en contact avec de l'eau saturée d'acide carbonique, ou contenant des sels alcalins ou ammoniacaux. Ainsi un terrain quartzeux, sans terreau, contiendrait-il des phosphates, qu'il ne pourrait en transmettre qu'une faible partie aux plantes; mais par l'intermédiaire du terreau et de l'engrais le phosphate se dissoudra et entrera dans la végétation.

L'absence de ces dissolvants explique le peu d'effet des os sur beaucoup de terrains.

On rend le phosphate des os soluble en les attaquant d'avance au moyen de l'acide sulfurique. C'est le mélange que l'on emploie le plus communément en Angleterre. On mêle 20 kilogr. de poudre d'os avec 10 kilogr. d'acide sulfurique, on ajoute 30 litres d'eau, on agite le mélange; au bout de vingt-quatre heures, il a pris la consistance d'une bouillie épaisse; on le mêle à 1,000 litres d'eau, et on le transporte sur les champs.

La Société d'agriculture de Londres a publié, en 1842, le détail de résultats obtenus par le moyen de cet engrais; mais elle n'a ni donné la composition du terrain, ni fait connaître d'expériences comparatives avec le terrain sans engrais, de telle sorte qu'on ne peut tirer aucune conclusion de ces expériences.

On utilise aussi les plumes, les sabots, les cornes et les débris, dont on trouve la valeur relative dans le tableau qui termine cette partie de notre ouvrage.

§ VI. — Pain de créton.

Les résidus que laissent dans les chaudières les graisses des

animaux que l'on convertit en suif sont un engrais très riche en azote; il faut, avant de s'en servir, briser et pulvériser cette matière qui est très dure, et même la faire tremper dans l'eau. Telle qu'on la livre au commerce, elle contient 11 à 12 pour 100 d'azote.

§ VII. — Suint.

On se sert aussi avec beaucoup d'avantages du suint, provenant du lavage des laines. On fait écouler les eaux des lavoirs sur des terres poreuses ou dans des fossés remplis de paille qui s'en imbibent. Le titre d'un tel engrais, dépendant de la proportion de suint qui entre dans sa composition, ne peut être assigné d'avance et doit être déterminé par l'analyse pour chaque cas particulier.

§ VIII. — Chiffons.

Les chiffons, provenant des débris des étoffes de laine, offrent des ressources d'engrais assez importantes. On compte en moyenne, par année, en France, sur une consommation de draps qui s'élève à un poids de 43 millions de kilogrammes¹; or, comme les chiffons qui en résultent contiennent à leur état normal 17,98 p. 100 d'azote, il en résulterait une masse totale de 7,731,400 kilogrammes d'azote, représentant plus de 193,228,500,000 kil. de fumier de ferme pouvant produire plus de 241,606 hectolitres de blé. Mais il s'en faut beaucoup que cette richesse agricole soit toute recueillie et utilisée; la plus grande partie en est gaspillée dans les campagnes, et ce n'est que dans les grandes villes qu'on peut en réunir une quantité un peu considérable.

En Angleterre, on en importe beaucoup du continent et de

(1) Voir notre Mémoire sur l'éducation des mérinos. Paris, Librairie agricole.

la Sicile pour la culture du houblon ; en Provence, on se sert de chiffons pour toutes sortes de cultures, principalement dans les terrains secs. L'ouvrier a son tablier retroussé rempli de chiffons, et, à chaque coup de bêche, il insinue une loque dans la terre, qu'il recouvre ensuite par le coup de bêche suivant.

MM. Boussingault et Payen¹ citent l'économie que M. De-longchamp réalise, près de Paris, sur une terre de 183 hectares, par l'emploi des chiffons. Il achète cet engrais à raison de 180 fr. les 3,000 kilogr. qui suffisent pour fumer un hectare. L'effet s'en fait sentir au delà de la troisième année. Il remplace ainsi 45,000 kilogr. de fumier qui lui auraient coûté 315 fr. ; il alterne tous les trois ans l'emploi des chiffons et celui du fumier ; il diminue notablement les frais de transport par cette méthode judicieuse. Les chiffons doivent être divisés le plus possible pour être répandus facilement et également.

Cette division et ce remaniement ne sont pas sans inconvénient : la gale fut introduite à la colonie agricole de Mettray parmi les enfants qui en avaient été chargés ; il faudrait donc les passer à l'eau bouillante ou à la vapeur de soufre avant de procéder à cette opération. Si l'on se servait habituellement de chiffons, il y aurait lieu d'installer une machine pour les diviser. Le hache-paille ordinaire ne pourrait servir à cet usage.

Les chiffons de laine retiennent quelquefois assez d'humidité. Ceux que MM. Boussingault et Payen ont analysés contenaient 12,28 p. 100 d'eau ; à l'état de siccité, ils donnaient 20,26 d'azote.

Nous venons de voir qu'à Paris on obtient le chiffon à 6 fr. les 100 kilogr. ; ce qui ferait revenir le kilogramme d'azote à 0,33 seulement. En Angleterre, on paie le chiffon 17 fr. 65 c., et, par conséquent, l'azote revient à 1 fr. Si l'on considère que, dans l'exemple cité plus haut, on remplace 450 quint. de fu-

(1) Mémoire sur les engrais, *Annales de chimie*, 3^e série, t. III, p. 86.

mier, renfermant 355 kilogr. d'azote, par 300 quint. de chiffons qui en contiennent 540 kilogr., on verra que probablement l'effet s'en prolonge sept à huit ans.

SECTION III. — *Matières excrétées.*

Le corps des animaux ne contribue qu'une fois à l'accroissement des engrais, tandis que leurs excréments offrent journellement de riches matériaux à l'alimentation végétale. On se sert ordinairement des matières fécales et des urines réunies dans le fumier, mais on les emploie aussi séparément dans un grand nombre d'exploitations rapprochées des grandes villes. Il faut donc les étudier d'abord en particulier.

§ 1^{er}. — Urine.

L'urine est un liquide très composé, formé de plusieurs acides, de divers sels de potasse, de soude et d'ammoniaque, d'urée et de certaines matières grasses. L'urine a des propriétés qui varient selon l'espèce des animaux, mais elle contient toujours une forte proportion d'azote.

Les différentes urines analysées contiennent, pour 100 :

	Lion.	Homme.	Cheval.	Vache.
Eau.	84,600	93,300	94,000	65,000
Matières organiques.	13,752	4,856	0,700	5,000
Matières salines. . .	1,648	1,844	5,300	30,000

Mais la quantité d'eau est très variable, selon le genre d'alimentation des animaux. Ainsi, M. Lassaigue a trouvé 87,50 d'eau dans l'urine d'un cheval, M. Payen 79 seulement dans celle d'un cheval qui buvait très peu ; M. Boussingault a trouvé 88,3 d'eau dans l'urine d'une vache nourrie aux pommes de terre et au foin, mais qui buvait beaucoup. On ne peut donc rien établir de certain sur la proportion absolue des éléments des urines ;

(1) Girardin, *Des engrais*, et Berzélius.

mais si l'on se borne, d'après ces analyses, à chercher les proportions relatives des matières animales et salines, on trouvera :

	Lion.	Homme.	Cheval.	Vache.
Matières animales	866	833	116	143
Matières salines	134	167	884	857

Si l'on fait ensuite le dosage de l'azote de ces extraits, les quantités n'en sont plus concordantes avec celles des matières animales trouvées ; il est donc évident que celles-ci ne représentent pas des substances identiques, et qu'on aurait tort de juger de la valeur d'une urine comme engrais sur le seul aperçu des extraits ainsi groupés.

Ces extraits desséchés ont présenté à l'analyse les quantités d'azote suivantes :

L'extrait de l'urine humaine	17,556 et 23,108 p. 100.
L'urine de cheval	12,50
L'urine de vache	3,80 et 2,94

Ainsi, quand on voudra déterminer la valeur des urines, on devra constater la quantité d'extraits parfaitement secs que l'on obtiendra d'un volume donné (l'extrait séché au bain-marie retient encore 25 à 26 p. 100 d'eau ; il faut donc sécher à 150 degrés au bain d'huile et même dans le vide), et ensuite analyser l'extrait à l'appareil indiqué page 47.

On voit d'ailleurs, par ce qui précède, que les urines des herbivores, et principalement des vaches, sont très riches en matières salines.

§ II. — Excréments en général

Si l'on prend la moyenne arithmétique des chiffres résultant des observations de Sauvage dans le midi de la France, de Robinson et Kiel en Écosse, et de Gorter en Hollande, pour exprimer les rapports des urines et des excréments solides (fèces) à la nourriture, on trouve que les aliments solides et liquides étant représentés par 100, l'homme en évacue 7,2

sous forme de fèces, 42,0 par les urines, et par conséquent 51,1 par la transpiration insensible ou la respiration; que le poids moyen des aliments consommés journellement par les hommes soumis à ces expériences était de 2^k,382, ce qui donnait 0^k,171 de fèces, et 1 kilogr. d'urine.

D'après les observations de M. Liebig faites sur une compagnie de la garde du duché de Hesse-Darmstadt, chaque homme donnait chaque jour 0,135 de fèces et 0,625 d'urine.

En partant de l'évaluation de l'azote contenu dans la poudrette et lui restituant 75 p. 100 d'eau trouvée par M. Liebig dans les fèces, les excréments solides contiendraient 0,86 p. 100 d'azote; l'urine en contient 0,715, d'après les analyses de M. Payen. Nous aurons donc, selon les auteurs cités :

	Azote.
Pour 0 ^k ,171 de fèces	0,0028
Pour 1 kilogr. d'urine	0,0071
	0,0099

ou, par an, 3^k,61 d'azote.

Selon M. Liebig, nous aurions :

	Azote.
0,165 de fèces.	0,001419
0,625 d'urine	0,004469
	0,005888

ou, par an, 2^k,149.

Selon M. Boussingault, 100 kilogr. de blé à l'état normal (non complètement desséché) et 200 kilogr. de paille absorbent 3,549 d'azote¹; ainsi les excréments humains fourniraient annuellement à la reproduction de 102 kilogr. de froment, d'après le premier calcul, et de 60 kilogr. seulement d'après celui de M. Liebig. Il faut observer cependant que c'est sur la quantité d'urine émise par les soldats que cet auteur peut avoir été le plus facilement trompé, et que son évaluation est bien moins juste que celle qui résulte des expériences faites par les médecins.

(1) *Économie rurale*, t. II, p. 279 et 280.

Nous ne pouvons être satisfait ni des unes ni des autres ; nous devons réclamer de nouvelles expériences toutes spéciales et faites avec le plus grand soin, en dosant expressément les excréments et les aliments, et ce qui nous le fait désirer vivement, c'est la singulière déperdition d'azote qu'indiqueraient les résultats cités, mis en parallèle avec l'azote que contiennent les aliments. Ainsi, la nourriture de nos paysans du midi peut se réduire, toute compensation faite, à 1^k,50 de froment, qui nous donnent par an 547^k,5, contenant 19^k,43 d'azote.

Les soldats sur lesquels M. Liebig a expérimenté consomment pour 855 hommes par jour :

	kilogr.		kilogr.
Viande	129,88	contenant d'azote	4,80
Pois, haricots, etc.	13,34	—	0,56
Pommes de terre	426,91	—	0,64
Pain	815,73	—	23,82
	1385,86	—	29,82
ou par individu	1,62	—	0,035

ce qui nous donne par an 12^k,775 d'azote.

Ainsi l'homme serait un bien mauvais producteur d'engrais si nous nous en rapportions à ces résultats. Une grande partie de l'azote qu'il consommerait ne passerait pas dans les excréments, ce qui serait contraire aux résultats que fournissent les autres animaux. Ainsi le cheval consommant par jour :

	kilogr.		kilogr.
Foin	7,50	donnant en azote	0,097
Avoine	2,27	—	0,042
Eau	16,00	—	"
	25,77	—	0,139

Ses excréments ont rendu :

Urine	1,33	—	0,038
Fèces	14,25	—	0,078
	15,58	—	0,116
Différence en azote			0,023 ou 0,17

Le cheval restitue les 0,83 de l'azote qu'il a pris en nourriture.

La vache a reçu pour nourriture :

	kil.	donnant en azote	kil.
Pommes de terre.	15,0		0,050
Regain de foin . .	7,5	—	0,152
Eau.	60,0	—	"
	82,5	—	0,202

Ses excréments ont produit :

Urine.	8,200	—	0,037
Fèces.	24,413	—	0,092
Lait	8,539	—	0,046
	31,152	—	0,175
Différence en azote.			0,027

La quantité d'azote de la nourriture, reproduite par les excréments, a été de 0,86.

La tourterelle qui a servi aux expériences de M. Boussingault¹ consommait 15^{gr},33 de millet par jour, contenant 0^{gr},434 d'azote; elle rendait 7^{gr},46 d'excréments, contenant 0^{gr},278 d'azote; la quantité d'azote de la nourriture reproduite par les excréments était de 0,64, c'est-à-dire beaucoup moindre que pour les herbivores. Il serait à désirer que les carnivores et l'homme fussent à leur tour l'objet de semblables recherches qui, outre l'intérêt agricole, auraient un grand intérêt physiologique.

Quant à la préparation des engrais humains, on a prôné longtemps, sous le nom d'*urates*, les mélanges par parties égales de plâtre pulvérisé et d'urine; on réduisait en poudre le mélange solidifié: 100 kilogr. de plâtre mêlés à 100 kilogr. d'urine ne contenaient que 0,36 p. 100 d'azote. Ainsi, la valeur du plâtre, celle des urines, les frais de la fabrication et les transports ne procuraient qu'un engrais qui avait, poids pour poids, moins de valeur que le fumier de ferme. Cette raison suffisait pour faire tomber cette fabrication, dont la chute a été accé-

(1) *Comptes rendus*, t. XIX, p. 73 et suiv.

lérée par la dose excessive de mélanges terreux que l'on a employés pour compenser les pertes que donnait cette spéculation.

Le meilleur procédé pour conserver aux urines toute leur valeur serait, sans contredit, leur évaporation et leur réduction en extrait, après avoir saturé les gaz ammoniacaux par le moyen de l'acide sulfurique, ou mieux par le sulfate de fer à la dose d'un centième de leur poids. Mais cette évaporation est coûteuse et embarrassante. Un kilogr. de charbon vaporise 6 kilogr. d'eau; ainsi 100 kilogr. d'urine, contenant 93 kilogr. d'eau, emploieraient 16 kilogr. de charbon; on aurait pour ce prix et celui de la main-d'œuvre 7 kilogr. d'extrait d'urine contenant 1^k,40 d'azote valant 2 fr. 32 c.; et si le charbon valait 2 fr. le quintal, 100 kilogr. d'extrait d'urine, contenant au moins 17 kilogr. d'azote, coûteraient 4 fr. 57 c. de charbon, au moins autant pour les frais de main-d'œuvre, total 9 f. 14 c.; plus le prix de transport de l'urine. Le prix d'une pareille quantité d'azote obtenu du fumier serait de 27 fr.

La houille étant à 2 fr. le quintal métrique, on aurait donc pour 0^f,32 de charbon, autant pour la main-d'œuvre; total, 0^f,64. Ainsi le prix réel du quintal d'urine serait d'environ 1 fr. 68 c. rendu sur place. Ce moyen est surtout convenable quand l'engrais doit être transporté au loin, mais quand les terres exploitées sont voisines du lieu où se produisent l'urine et les excréments, il vaut mieux les utiliser à la mode flamande. Nous parlerons plus loin de l'engrais flamand.

En employant 21,666 kilogr. d'urine de cheval sur un hectare de prairie, M. Kuhlmann a obtenu une récolte de 2,240 kilogr. de foin en sus de la récolte produite par le terrain non fumé, et donnant un prix de 274 fr. 64 c. Ainsi l'urine de cheval, dosant 12^k,5 p. 100, aurait eu une valeur réelle de 1 fr. 26 c. les 100 kilogr., d'après ce résultat pratique.

On emploie les excréments humains solides, tels qu'ils sortent des fosses, aux environs de Grenoble, pour la culture du

chanvre; à Nice, pour engraisser les oliviers et les champs; à Lyon, on les délaie dans l'eau, et l'on en arrose les champs, et surtout les luzernes; à la Chine, on les pétrit avec de l'argile, et l'on réduit ensuite ces masses en poussière; ailleurs encore on les stratifie avec de la terre pour les dessécher et les rendre susceptibles d'être étendus sur les champs; à Paris, on les convertit en poudrette.

Pour faire la poudrette, on construit des bassins peu profonds en pierre ou en argile, on les dispose en étages, de manière à ce qu'ils puissent s'écouler les uns dans les autres. Le produit des fosses étant déposé dans les bassins supérieurs, on fait écouler la partie liquide dans ce qui est immédiatement inférieur, aussitôt que les matières solides se sont déposées; on opère de même pour le second bassin, dont les liquides se versent plus tard dans le troisième, et ainsi de suite. Les dernières eaux se perdent dans des égouts. C'est par ce procédé que l'on finit par n'avoir dans chaque bassin que des matières pâteuses que l'on extrait avec des dragues, pour les placer sur un terrain en dos d'âne, où, à mesure qu'elles se séchent, on les retourne à la pelle.

En analysant la poudrette de Montfaucon, M. Jacquemart a trouvé qu'elle renfermait :

Eau.	52,5 p. 100
Matière sèche.	47,2
	99,7

Un hectolitre pesant 67 kil. donnait 4^k,59 de sulfate d'ammoniaque par la distillation dans l'eau chargée d'acide sulfurique¹.

M. Payen y avait trouvé 41,4 d'eau, 1,56 d'azote p. 100, et 2,67 quand elle était complètement desséchée. Elle coûtait 7 f. 15 c. les 100 kil. L'azote revenait donc à 4 f. 50 c. le kil.

La poudrette donne une grande activité à la végétation, mais

(1) *Annales de chimie*, mars 1843, p. 378.

ses effets sont promptement épuisés ; on croit s'apercevoir quelquefois qu'ils ne se prolongent même pas jusqu'à l'époque de la fructification des céréales. On lui reproche de communiquer aux herbages un goût qui répugne aux animaux. C'est par cette raison aussi que les jardiniers se refusent à employer des engrais qui, comme celui-ci, émettent en peu de temps une grande quantité de vapeurs ammoniacales, retenues et absorbées par les feuilles. On répand 1750 kilogr. de poudrette par hectare pour une fumure.

Nous parlerons plus loin de l'engrais flamand, qui est un mélange des excréments liquides et solides.

§ III. — Engrais désinfectés.

Sous les différentes formes que nous avons indiquées, les excréments ou sont bien difficiles à employer, ou bien ils perdent avec rapidité les principes fertilisants et communiquent aux plantes une fort mauvaise odeur. On connaissait les propriétés absorbantes du charbon et les effets du noir animal ; il n'était donc pas difficile d'imaginer que si l'on mêlait la matière fécale avec une quantité suffisante de charbon, on aurait un engrais puissant et sans odeur. Mais le prix d'un tel véhicule devait éloigner l'idée de s'en servir. En 1833, M. Salmon pensa qu'il serait possible de se procurer à bas prix une matière charbonneuse qui remplirait le but que l'on se proposait. Il la trouva dans le terreau carbonisé. On prend une terre calcaire chargée de terreau, on la calcine à vase clos, et on obtient ainsi un mélange de carbonate de chaux divisé et de charbon, mélange très poreux et très absorbant. Jeté et brassé dans les fosses, il s'empare de tous les gaz volatils, fait disparaître la mauvaise odeur et fournit un engrais contenant tous les principes des excréments, et ne les cédant qu'avec lenteur, ayant par conséquent plus de durée dans ses effets sur la végétation. On em-

ploie en ce moment ce procédé dans les fosses des camps autour de Paris (1843). Le noir animalisé de M. Salmon contenait 60 kilogr. de matières organiques, matières fécales, sang, chair musculaire, mêlés à 40 kilogrammes de poudre désinfectante.

Le charbon lui-même absorberait moins que la terre charbonneuse ; son éclat métallique annonce assez qu'il est peu poreux. Le charbon de tourbe est aussi compacte et brillant, et offre le même inconvénient. M. de Villeneuve voudrait employer les houilles et les lignites réduits en poudre et altérées par la fermentation ; mais ils exigent le plus souvent une préparation pour les amener à cet état, et, de plus, un lavage coûteux pour leur enlever l'acide sulfurique produit par la décomposition de leurs parties pyriteuses, ce qui les rend plus coûteux que la terre charbonneuse. La valeur réelle de l'engrais désinfecté dépend de la quantité de terre mélangée ; elle varie donc selon les fabricateurs. Celui des camps, analysé par MM. Boussingault et Payen, contient 0,42 d'eau, et il offre 2,96 d'azote p. 100 à l'état sec, et 1,24 à l'état normal.

Les excréments de la vache renferment 2,30 p. 100 d'azote à l'état sec, ceux de cheval 2,21. Au reste, ces matières ne s'emploient jamais isolément, mais seulement à l'état de fumier, dont nous parlerons plus loin.

§ IV. — Excréments des bêtes à laine.

Il en est autrement des excréments solides des brebis qui contiennent 2,99 p. 100 d'azote à l'état sec, et 1,11 à l'état normal ; on les emploie souvent sans autre préparation. Dans les grandes bergeries du midi, on balaie chaque matin le sol uni de la bergerie, on met les crottins en tas, et on les vend à la mesure à raison de 1 à 2 fr. l'hectol. de 70 kilogr., ou de 1 fr. 50 c. à 2 fr. 60 c. le kilogr. d'azote.

Mais la manière la plus usitée de se servir de crottins de brebis et des urines de cet animal, c'est le parcase. Cette méthode consiste à réunir le troupeau pendant le temps de la chaleur du jour et pendant la nuit, intervalles où il cesse de manger, sur un espace de terrain resserré que l'on enclot au moyen de claies. Le parcase a plusieurs avantages notables : il dispense de l'emploi de la litière, il ne laisse perdre aucune partie des excrétiions, et, ainsi dispersées sur le sol, la volatilisation en entraîne moins que quand elles sont excitées à la fermentation par leur entassement et la chaleur des bergeries ; enfin, on économise les transports.

Cette dernière considération indique clairement la convenance du parcase pour les terres éloignées ou d'un abord difficile. Dans les terres labourables, le parcase doit avoir lieu après un labour, et être suivi d'un autre labour peu profond. On s'en sert aussi sur les récoltes languissantes que l'on ranime en les faisant parquer, et enfin sur les prairies sèches. Quant à celles qui sont arrosées, il y aurait à craindre que l'eau courante n'entraînât une grande partie des crottins. Le parcase doit toujours avoir lieu par un temps sec, pour éviter que la terre ne se pétrisse sous les pieds des moutons.

On calcule les dimensions du parc à raison d'un mètre carré par mouton. Si on l'élargissait, on ne parviendrait pas à fumer un plus grand espace de terrain, car les moutons se réunissent et se serrent toujours les uns contre les autres. On compte qu'une nuit donne une sorte fumure, et qu'on a une demi-fumure en déplaçant le parc au milieu de la nuit.

Schmalz assure n'avoir jamais obtenu un si grand effet du fumier recueilli pendant une nuit à la bergerie que d'une nuit de parc. Selon lui, le blé venu sur le parcase donne plus de paille que l'engrais ordinaire, les terrains sont plus exempts de mauvaises herbes. Il a obtenu jusqu'à vingt fois la semence de beau froment sur un chaume de trèfle parqué. La seconde

coupe de trèfle devenait magnifique quand on avait parqué après la première.

Un parc de 100 moutons pour une nuit équivalant à 0,56 d'azote ou à 140 kilogr. de fumier de ferme, ce qui représente 14,000 kilogr. par hectare. On voit que c'est une fumure très légère, et son grand effet ne s'explique que par sa rapidité et son peu de durée, qui ne dépasse pas un an. On doit renouveler un tel engrais à chaque récolte.

Certaines grottes, entres autres celle d'Arcis-sur-Eure, près d'Auxerre, fournissent une quantité assez considérable d'excréments de chauves-souris, considérés comme un très bon engrais. Nous nous rappelons avoir marché sur une couche épaisse de ces excréments dans les caves du château de Vigevano (Piémont).

§ V. — Guano.

Nous voici arrivés à un engrais qui, signalé d'abord au commencement du siècle par M. de Humboldt lors de son voyage en Amérique, a acquis depuis peu une grande célébrité quand il a commencé à être importé en Europe. Mais sa consommation prend un cours si rapide, que peut-être dans quelques années les masses d'où on l'extrait étant épuisées, comme elles le sont déjà à Itchaboë, sur la côte d'Afrique, cet article ne sera plus que de l'histoire. En attendant, mettons à profit cette ressource inattendue, et sans nous exagérer ses résultats, comme cet Anglais qui affirmait que, grâce au guano, la Grande-Bretagne allait se passer de toute importation de grains, sachons au juste ce que nous devons en attendre, servons-nous-en assez utilement pour pouvoir nous passer plus tard de son secours.

Dans un grand nombre d'îlots de la mer du Sud, sur la côte du Pérou et du Chili, les habitants des côtes voisines exploi-

tent de temps immémorial des couches épaisses de matière qui paraissent être les excréments d'une multitude d'oiseaux, surtout des *ardea* et des *phénicoptères* qui s'y réunissent la nuit et dont les excréments sont entièrement identiques au produit de ces énormes amas qui ont quelquefois jusqu'à 20 mètres d'épaisseur. En supposant la surface de ces îles entièrement couverte de ces oiseaux, le calcul ne donnerait, après trois siècles, qu'une épaisseur de 9 à 12 millimètres d'excréments, et l'imagination est confondue par la puissance des couches existantes.

Le guano du Pérou, de première qualité, a une couleur brune, une odeur putride et marquée; celui qui a une couleur orangée, et où l'odeur musquée domine, paraît être d'une qualité inférieure.

Le docteur Ure a fait l'analyse du guano du Pérou et a trouvé :

Matière organique azotée contenant de l'urate d'ammoniaque et pouvant donner, par une décomposition lente, 8 à 17 p. 100 d'ammoniaque.	50
Eau.	11
Phosphate de chaux.	25
Phosphate ammoniacal de magnésie, phosphate d'ammoniaque, oxalate d'ammoniaque, contenant 4 à 9 p. 100 de ces alcalis.	13
Silice.	1
	100

Le guano du Chili a donné moins de matière azotée et plus d'alcalis fixes et de terre; son azote, dosé par MM. Boussingault et Payen, leur a donné des proportions diverses selon les échantillons; tel guano desséché leur a fourni 15,73 d'azote, tel autre 6,201. Aucun engrais n'exige donc aussi impérieusement que celui-ci d'être séché et analysé, si l'on veut connaître sa valeur réelle. Le mot de *guano* couvre des marchandises fort différentes, et quelques-unes, outre leur qualité inférieure

provenant d'une détérioration naturelle, sont très suspectes de falsification. Il faut ici ne payer que l'azote que contient l'échantillon.

A peine l'importation du guano américain a-t-elle commencé en Europe, que l'on a découvert des dépôts semblables d'excréments animaux sur des îles de la côte d'Afrique. Celle d'Itchaboë fournit en ce moment les restes de sa richesse; mais on annonce que dans la baie de Saldanha, près le cap de Bonne-Espérance, une nouvelle île de guano, celle de Malaca, vient d'être découverte, et son exploitation régularisée par le gouvernement anglais.

Le guano d'Itchaboë est d'un brun chocolat, parsemé de beaucoup de points blancs; on y voit un très grand nombre de débris de plantes à demi décomposées, des plumes, des fragments de coquilles, d'œufs et d'os de poissons. Sir Francis y a trouvé :

Sels volatils ammoniacaux, oxalate, chlorhydrate, carbonate, matières combustibles contenant 9,70 p. 100 d'ammoniaque	42,59
Eau	27,13
Phosphate de chaux et de magnésie	22,39
Matières terreuses	0,81
Sels alcalins	7,08
	100,00

On ne trouve pas d'urate dans ce guano, ou du moins on n'en trouve qu'en petite quantité (3 p. 100 selon le docteur Ure); ce qui a fait penser qu'il n'était pas entièrement le produit des déjections des oiseaux, mais que celle des phoques y entraient dans une proportion très forte.

Les prévisions de la science à l'égard du guano ont été complètement confirmées par l'expérience. Il était facile de concevoir qu'étant un composé assez complexe de toutes les matières qui servent à la nutrition des végétaux, et étant d'ailleurs très riche en azote, cet engrais aurait des effets très marqués

sur les récoltes. Nous possédons à cet égard plusieurs séries d'expériences bien faites, qui offrent des faits très précieux non-seulement sur cet engrais en particulier, mais sur son effet comparé à celui d'autres engrais. Nous avons choisi de préférence les expériences où la fertilité native de la terre était constatée par une culture comparative sans engrais; celles où une assez grande variété de doses de guano nous permettait d'apprécier celle qui convient le mieux; et laissant de côté pour le moment l'application du guano à des genres divers de plantes, c'est son effet sur le froment qui, ayant été l'objet du plus grand nombre d'expériences et des plus soignées, a été pris par nous pour type de cette comparaison. Enfin, nous avons supposé que tous ces guanos étaient pareils, pour leur titre, à celui qu'avait reçu en France le ministre du commerce, et qui dosait environ 14 d'azote p. 100. Nous avons placé ces expériences en allant du plus grand au plus petit rendement, relativement à la quantité d'engrais. Nous avons réduit les expériences à la surface uniforme d'un hectare.

FERME-MODÈLE D'ILLE-ET-VILAINE, A RENNES.

— EXPÉRIMENTATION DE M. BODIN.

Terrain déjà riche.

Engrais guano.	Récolte de froment.	Azote de la récolte.	Azote naturel du sol.	Azote de l'engrais.	Azote total du sol.	Engrais pris par la récolte.
0	2400	85,18	212,94	"	212,94	0,40
250 kil. . .	2720	96,56	212,94	35,00	247,94	0,39
500 kil. . .	2520	124,96	212,94	70,00	282,94	0,44
1000 kil. . .	4080	144,84	212,94	140,00	302,94	0,47

La récolte qui, sans engrais, était déjà de plus de 30 hectolitres par hectare, a été poussée à plus de 52 hectolitres, avec 1,000 kilogr. de guano; elle a absorbé jusqu'à 47 p. 100 de l'engrais.

FERME-MODÈLE DES BOUCHES-DU-RHÔNE, A LA MONTAURONNE.

— EXPÉRIMENTATION DE M. DE BEC.

Saison sèche.

Engrais.	Récolte en froment.	Azote de grains.	Récolte de paille.	Azote de paille.	Azote de la récolte.	Azote naturel du sol.	Azote de l'engrais.	Azote total en terre.	Engrais pris par la récolte.
0	872	27,04	950	2,46	29,50	73,5	»	73,5	0,40
25000 k. fumier	1404	46,19	1450	5,75	49,94	73,5	100,0	175,5	0,28
500 kil. guano.	1222	40,20	4150	10,75	50,95	73,5	70,0	143,5	0,55
600	1211	59,84	4500	11,65	51,49	73,5	51,0	157,5	0,55
700	1158	58,10	4000	10,56	48,46	73,5	98,0	171,5	0,27
800	1259	40,47	5500	15,75	54,20	73,5	112,0	185,5	0,29
900	1288	42,57	6500	16,52	58,69	73,5	120,0	193,5	0,50
1000.	2000	66,00	5150	15,54	79,54	73,5	110,0	213,5	0,57

Nous voyons ici l'absorption du fumier d'écurie descendre à 0,28, tandis que celle du guano monte à 0,37. Le prix du guano était à 25 fr.; celui de son azote est de 1 fr. 78 c.; or, l'azote du froment valant 5 fr. 40 c., on voit qu'il y a intérêt à pousser l'emploi du guano jusqu'à l'entière limite où son absorption par le froment sera possible. Ce que nous disons du guano s'applique à tous les engrais dont l'azote a un prix inférieur à celui du froment quand il s'agit de la culture de ce grain, ou inférieur à celui de l'azote du produit auquel on l'applique quand il s'agit d'autres cultures.

On voit aussi dans cet exemple la proportion du grain à la paille tendre à décroître à mesure que la quantité de guano augmente. Ainsi l'on a les rapports :

	Grain.	Paille.
N° 1	100	132
2	100	129
3	100	340
4	100	371
5	100	345
6	100	399
7	100	489
8	100	256

Quelque irrégularité que présente le foin, en raison des circonstances de terrain que l'on ne peut apprécier, l'accroisse-

ment de rapport de la paille est si sensible en passant du fumier d'étable (n° 2) au guano (n° 3 et suiv.), que l'on voit se vérifier ici la loi qui, dans les plantes vigoureuses, donne la supériorité aux productions herbacées, tiges et feuilles, sur la production des fruits et semences. L'engrais du guano serait donc très propre à favoriser la production des prairies.

GRAND-JOUAN. — EXPÉRIMENTATION DE M. RIEFFEL.

Terre de bruyère brûlée.

Dose d'engrais.	Récolte de grains.	Azote de grains.	Récolte de paille.	Azote de paille.	Azote de la récolte.	Azote naturel du sol.	Azote de l'engrais.	Azote total en terre.	Aliquote d'azote par récolte.
0.....	1460	»	»	»	23,36	58,4	»	58,4	0,40
20000 kil. fumier de ferme.....	1034	54,68	2000	5,18	39,86	58,4	180,00	158,4	0,28
40000.....	1477	48,59	3000	7,77	56,36	58,4	160,00	218,4	0,26
1080 kil. guano ..	2321	76,56	3500	14,24	90,60	58,4	151,20	209,6	0,45
2160.....	2321	76,56	5800	15,02	91,58	58,4	302,40	360,8	0,25

Dans cette expérience comme dans la précédente, on voit la récolte n'absorber que moins du tiers des principes fertilisants du fumier de ferme et du guano à haute dose et la moitié du guano à dose moindre. Celle-ci donne exactement la même récolte en grain et un peu moins de paille que la récolte où la dose du guano était double. On avait outrepassé les besoins du froment; la table a beau être abondamment servie, il y a un terme où l'on cesse de manger; pour ces terres, ce terme paraît être celui où la production arrive à 30 hectolitres par hectare; nous l'avons vue aller jusqu'à 52 hect. à Rennes et à 40 à la Montauronne en Provence.

La proportion de la paille au grain est

	Grain	Paille.
N° 1.....	»	»
2.....	100	190
3.....	100	263
4.....	100	237
5.....	100	249

Quoique la production de la paille augmente avec la richesse de l'engrais, soit à cause de la saison, soit à cause du terrain, cette augmentation est beaucoup moins grande que dans l'expérience de M. de Bec.

Sur un terrain non écobué à sous-sol glaiseux qui, sans engrais, n'avait pas de fertilité naturelle, M. Rieffel a obtenu le résultat suivant :

Engrais guano.	Récolte de grains.	Azote de grains.	Récolte de paille.	Azote de paille.	Azote total de la récolte.	Azote naturel du sol.	Azote de l'engrais.	Total de l'engrais en terre.	Engrais absorbé p. la récolte.
2160 kil. . .	2934	115,72	5000	24,50	158,22	»	502,40	502,40	0,46

Cette dose d'engrais produit ici une plus forte récolte que sur le terrain écobué lui-même, mais la quantité de paille est inférieure. Le rapport du grain à la paille est de 100 à 169; les terrains argileux sont en général plus favorables à la production de grain qu'à celle de la partie ligneuse et herbacée des plantes.

FERME DE SADROC (CORRÈZE). — EXPÉRIMENTATION DE M. LOBELLIAT.

Cette expérience a été faite sous l'inspiration de M. Oscar Leclerc-Thouin, qui l'a discutée dans un excellent article¹. C'est le dernier tribut que l'excellent secrétaire-général de la Société centrale a payé à l'agriculture. Le champ des expériences était siliceux et argileux, avec un peu de magnésie et de faibles traces de chaux.

Dose d'engrais.	Récolte en from.	Azote de grains.	Récolte de paille.	Azote de paille.	Azote total de la récolte.	Azote naturel du sol.	Azote de l'engrais.	Azote total de la terre.	Aliquote d'azote pris par la récolte.
0	1100	56,19	2900	7,51	45,70	109,25	»	109,25	0,40
0	1000	52,90	2550	6,60	59,50	98,75	»	98,75	0,40
Moy. des 2 préc.	1050	54,55	2725	7,06	41,61	104,00	»	104,00	0,40
30900 kil. fumier de ferme	1500	42,77	5600	9,52	52,09	104,00	125,6	227,60	0,25
950 k. guano. .	1400	46,06	5000	12,95	59,01	104,00	196,0	500,00	0,19
1900 k. guano.	1850	60,86	6900	17,87	78,73	104,00	259,0	563,00	0,21

(1) *Journal d'agriculture pratique*, déc. 1844.

Le fumier de ferme, tout comme le guano, donne ici moins du quart de leur azote ; la nature du sol était telle, sans doute, que l'argile se saturait de sels ammoniacaux et ne le livrait pas à la végétation comme cela est arrivé à Grandjouan. Quelle différence avec les produits de Rennes et ceux de la Montauronne !

La production de la paille s'élève encore ici d'une manière bien remarquable à mesure que l'engrais devient plus riche. Ainsi, nous avons ces rapports entre la paille et le grain :

	Grain.	Paille.
N° 3	100	259
4	100	276
5	100	357
6	100	373

D'après tous ces résultats, nous devons croire, avec le professeur Johnston, que l'action du guano se prolonge plus d'une année. Il croit avoir remarqué aussi que cet engrais profitait d'une manière plus spéciale, employé à la fumure des récoltes racines.

Ce professeur a pensé que l'on forcerait les importateurs à maintenir leurs prix dans les limites naturelles, si l'on parvenait à fabriquer un guano artificiel qui fût l'équivalent du naturel. Voici la recette qu'il propose¹ :

	Poids. kilogr.	Prix. fr. c.
Os en poudre	142,70	21 87
Sulfate d'ammoniaque. . . .	45,30	18 75
Cendres	2,26	1 04
Sel marin	45,30	2 50
Sulfate de soude.	4,55	1 04
	240,11	45 20

qui égalerait, selon lui, 200 kilogr. de guano, qui se payait d'abord à Londres de 65 à 75 fr. les 100 kilogr. Le prix est descendu aujourd'hui, depuis les importations d'Afrique, à

(1) *Journal d'agriculture pratique*, nov. 1844, p. 213.

25 fr. les 100 kilogr. Il y aurait donc peu d'intérêt à fabriquer le guano artificiel qui, d'ailleurs, serait aussi loin peut-être de produire les effets du naturel que le vin fabriqué avec de l'eau-de-vie, de l'eau, de l'acide tartrique, ne serait propre à représenter du vin provenant de la fermentation du raisin.

D'après une note de M. Bidard¹, le guano d'Afrique, acheté à Liverpool et rendu au port de Rouen, revient à 20 fr. 79 c. les 100 kilogr. Mais, comme nous l'avons déjà dit, le guano ne peut être acheté sans être titré, c'est-à-dire sans qu'on ait constaté la quantité d'azote qu'il renferme à l'état sec. Le guano qui a servi jusqu'ici aux expériences était du guano du Pérou, reçu par M. le ministre de l'agriculture. Son prix naturel, en le comparant à celui du fumier, serait (l'azote étant à 1 fr. 62 c. le kilogr.) de 22 fr. 68 c. au titre de 14 d'azote p. 100. Nous verrons plus tard que ce prix devrait être augmenté à cause de la facilité des transports pour une matière qui offre une grande valeur sous un petit poids.

§ VI. — Colombine.

Les excréments de pigeons, mêlés aux débris de plumes et de graines qui couvrent le sol des colombiers, ont pris le nom de *colombine* qui, à l'état normal, contient 9,6 d'eau et 8,30 p. 100 d'azote, et à l'état sec 9,02 d'azote. Ce puissant engrais n'est abondant que dans les pays où existent encore de grandes fermes, partout ailleurs il a disparu. Dans le département du Pas-de-Calais on achète, à raison de 100 fr. par an, la colombine de 6 à 700 pigeons qui donnent une forte voiturée d'engrais. Si l'on suppose son poids de 1,200 kilogr., on obtient par cette somme 9^k,96 d'azote, qui revient à environ 1 fr. le kilogramme.

(1) *Travaux de la Société d'agriculture de la Seine-Inférieure*, janvier 1844.

Les *excréments des poules*, quoique encore très actifs, ont, d'après l'expérience des cultivateurs, moins de valeur que ceux des pigeons : ils n'ont pas encore été analysés. Ces deux genres d'engrais sont surtout recherchés dans le midi par les jardiniers ; en Flandre, on s'en sert pour la culture du lin ; ils entrent aussi dans la composition des engrais liquides. On a la mauvaise habitude de laisser séjourner toute l'année ces excréments dans les colombiers et les poulaillers ; il s'y engendre une multitude d'insectes qui tourmentent les volatiles ; en outre, l'amoncellement provoque une fermentation qui cause une grande déperdition de gaz ammoniacaux. Il serait donc utile d'enlever souvent ces engrais, de les déposer dans un lieu sec, et, si l'on voulait en faire usage soi-même, de les mêler avec une terre charbonneuse ou avec du sulfate de fer.

Quand on veut employer ces engrais, on les pulvérise au fléau et on les répand par un temps calme et sec, à la dose de 2,500 kilogr. par hectare.

§ VII. — Excréments de poissons.

La fertilité que manifestent les étangs empoisonnés lorsqu'on les met à sec, quoiqu'ils soient généralement établis sur un sol argileux et stérile, met hors de doute la valeur des excréments des poissons. Nous l'avons éprouvée directement et à plusieurs reprises, en faisant transporter sur nos champs le dépôt qui se trouvait au fond des bassins bien peuplés de poissons. Les luzernes qui recevaient cette fumure étaient remarquablement belles.

§ VIII. — Excréments des insectes.

Chacun connaît et apprécie dans le midi les bons effets des litières chargées des excréments des vers à soie, des vers morts et des débris de feuilles de mûrier. Dans les magnaneries bien

tenues, on applique rarement ces litières à fumer les champs ; mais après les avoir fait sécher, on les emploie à engraisser des moutons. Cependant quand, par négligence, on n'a pas pu parvenir à une bonne dessiccation, et qu'on est forcé de les faire servir aux cultures, il est bon de connaître la valeur de cet engrais. MM. Boussingault et Payen ont analysé les litières du cinquième et du sixième âge de ces insectes. Les premières contenaient à l'état sec 3,483 d'azote p. 100 : les secondes, 3,709.

SECTION IV. — *Substances végétales.*

Les substances végétales, quoique très riches en carbone, recèlent cependant une quantité d'azote assez grande pour qu'elle puisse expliquer les bons résultats que l'on obtient des engrais verts, des récoltes enterrées, et de toutes ces pratiques qui ont été trop négligées jusqu'ici pour qu'il ne soit pas utile de les rappeler à la mémoire des cultivateurs.

On emploie les végétaux transportés de la place où ils ont crû sur la place que l'on veut améliorer ; ou bien on les fait croître sur la place même à améliorer et on les y enterre ; ou bien, soit à l'état sec, soit à l'état frais, on les soumet préalablement à la fermentation avant de les enfouir. Nous allons énumérer ces différents procédés.

§ 1^{er}. — Végétaux transportés pour être enfouis.

Les frais de ce genre d'engrais consistent dans la valeur des végétaux pris sur place, dans les frais de transport et dans ceux d'enfouissement. C'est la balance de ces frais et de la valeur de l'engrais qui doit décider si l'opération est utile.

Quand on transporte des débris secs de végétaux, comme des feuilles tirées des forêts, les écorces épuisées des tanne-

ries, etc., on ne les emploie généralement qu'après les avoir fait fermenter; mais on enterre souvent en vert les fougères et les bruyères qui sont abondantes dans certaines localités. Nous ne savons pas encore la quantité d'azote fourni par la fougère, mais nous savons qu'elle renferme beaucoup de potasse, et que sous ce rapport elle peut être avantageuse aux terres qui en manquent. Les feuilles de bruyères sèches renferment jusqu'à 1,74 d'azote. Si on enfouissait la tige en même temps, on aurait un engrais bien moins riche; mais comme les feuilles se séparent bien de la tige par la simple percussion après la dessiccation, on aura plus d'avantage à employer la tige au chauffage.

A. — *Jeunes pousses de pin.*

M. Kéramel cite un procédé employé, dit-il, avec succès dans les environs de Baud, en Bretagne, pour faire servir les pousses de pin maritime à l'engrais des terres, et particulièrement au défrichement des landes de cette province. On sème le pin très dru à raison de 16 kilogr. par hectare; on répand en fumure 2 hect. de noir animal pour exciter la végétation. Au bout de 4 à 5 ans, on a un terrain couvert d'un massif serré comme une chènevière. On coupe les plants ras de terre; les souches sont extraites et brûlées avec une partie de la motte. On fait une première couche de cette terre mêlée de cendres, de 16 centimètres de hauteur, que l'on recouvre d'une couche de tiges de pins de 27 centimètres, sur laquelle on jette un demi-kilogr. de chaux vive en poudre par mètre carré. Une seconde couche de terre est suivie d'une nouvelle couche de pins, et l'on élève ainsi le tas à la hauteur de 2 mètres. On arrose de temps en temps, et au bout de six mois le tas est converti en un terreau fertilisant. L'auteur dit que 30 tombereaux de cet engrais, du poids de 1,000 kilogr., suffisent pour fumer 1 hect. de terre. C'est une espèce d'engrais Jauffret, moins la lessive composée, usitée pour celui-ci.

B. — Buis.

Le buis est un engrais d'une grande ressource dans les pays entourés de montagnes calcaires, qui en sont quelquefois couvertes. A Bouquet (Gard), commune surmontée par le puy de Bouquet, la culture repose entièrement sur l'engrais de buis. On veille attentivement à ce qu'on n'en arrache pas les racines, et tous les habitants de la commune ont droit d'aller en couper pour leur provision. C'est à qui, par son activité, en recueillera une plus grande quantité. Mais quand on considère l'exiguité du territoire de cette commune, en comparaison de la vaste surface qui produit le buis nécessaire à sa fertilisation, on ne peut regarder cette ressource comme applicable à de vastes territoires. L'exemple que nous venons de citer se reproduit dans quelques communes de la Drôme, des Basses-Alpes, de l'Ain, etc.

Les rameaux feuillés de buis apportés de la montagne sont placés pendant quelque temps dans les rues du village et sur les chemins qui y aboutissent, où ils sont foulés et écrasés par les pieds des chevaux. On les dispose de la sorte à la fermentation. Ils possèdent à l'état vert 1,17 p. 100 d'azote, avec près de 60 d'eau ; à l'état sec, ils présentent 2,89 d'azote ; c'est donc un engrais végétal très riche, puisqu'il dépasse de beaucoup le titre du fumier lui-même.

En Provence et dans les pays de montagne, on emploie aussi au même usage les tiges feuillées des pins, qui n'ont pas encore été analysées.

C. — Roseaux.

L'emploi des roseaux (*arundo phragmites*) à l'état frais et sec est si considérable dans le voisinage des étangs du midi, cette plante y est l'objet d'un si grand commerce et a tellement élevé le prix des terrains inondés qui la produisent, qu'il est important de bien fixer sa valeur comme engrais. A

notre prière, M. Payen a bien voulu se livrer à cette recherche.

Le roseau coupé au moment de la floraison et séché sur place, tel qu'on le livre au commerce, contient encore 0,20 d'eau, plus ou moins, selon le degré de dessiccation. Desséché complètement, il donne 1,10 pour la cendre. A l'état normal, il renferme 0,75 p. 100 d'azote, près de trois fois autant que la paille de froment, et à l'état sec 1,0678; c'est-à-dire qu'à l'état normal il représente, poids pour poids, presque le double du fumier de ferme non desséché. Réduit par la macération au même degré d'humidité que le fumier, sans adjonction d'un mélange animalisé, il a 0,267 p. 100 d'azote, c'est-à-dire un peu plus de la moitié du fumier de ferme qui en a 0,40. C'est sur cette valeur relative que l'on doit calculer pour fixer la convenance de l'emploi des roseaux. Il faut que, rendu sur les lieux, son prix soit à celui du fumier de ferme :: 267 : 400, ou que, complètement desséché ainsi que le fumier (ce qui sera plus exact), son prix soit à celui-ci :: 1,0678 : 0,950. En 1842, les gerbes de roseaux pesant 2 kilogr. se vendaient 4 fr. le 100 ou 2 fr. les 100 kilogr., aux environs d'Arles. On avait ainsi l'azote au prix de 2 fr. 67 c. Il y a de plus à ajouter les frais de transport; c'était donc un engrais très-cher, et l'on ne peut s'expliquer ce prix que par la disette de litières dans une grande partie du pays.

On fume souvent les oliviers en Provence en plaçant à leurs pieds des gerbes de roseaux. Cet engrais dure deux ans avant d'être entièrement consumé. On s'en sert pour litière, et on les soumet à la fermentation pour obtenir un engrais plus soluble.

D. — Sarments.

On a aussi éprouvé de bons effets de l'enfouissement des sarments frais au pied des souches. Nous n'avons pas d'analyse de cette substance; il est probable qu'elle est supérieure à la sciure d'acacia dont il faut 513 parties à l'état sec pour équi-

valoir à 100 parties de fumier également sec. Le prix auquel les sarments se vendent comme chauffage, comparé à celui du fumier, en desséchant complètement l'un et l'autre, résoudra la question de convenance de leur emploi.

E. — *Goémon.*

Le goémon, que l'on emploie en si grande abondance sur les côtes pour l'engrais des terres, est un mélange des différentes plantes de la famille des algues, que l'on recueille soit quand elles ont été détachées par les flots du fond de la mer, soit par une récolte régulière que l'on obtient en labourant la surface des roches et le fond de la mer au moyen de grands râteaux. Des règlements fixent ordinairement pour chaque localité l'époque et le mode de la récolte¹.

Ces plantes entraînent avec elles un grand nombre de coquillages, des corallines, etc.; elles sont d'ailleurs riches en sels de soude et de potasse qui accroissent leurs vertus fécondantes.

On les emploie soit à l'état frais, soit après qu'elles ont été entassées et qu'elles ont subi un commencement de putréfaction, soit enfin brûlées au moins en partie. On n'est pas d'accord sur les effets de cet engrais dans ces deux états; on le croit nuisible s'il n'a pas subi pendant quelques jours les influences de l'atmosphère et quelques ondées de pluie qui le dépouillent de son sel excédant; sans quoi l'on pense qu'il pourrait altérer les germes des graminées. Les varecs sont très favorables aux cultures de pommes de terre. Cet engrais a l'avantage de ne pas souiller la terre de semences nuisibles.

Les différents fucus sortant de l'eau et simplement égouttés retiennent 0,75 d'eau; desséchés à l'air, ils en contiennent encore 0,40. Leur richesse en azote varie en cet état de 1,38 p. 100 (fucus saccharinus) à 0,86 (fucus digitatus). On n'a

(1) *Recherches pour servir à l'histoire naturelle du littoral*, par Audouin et Milne-Edwards, t. I, p. 217 et 223.

pas analysé la zostera, la plus commune des plantes recueillies sur les bords de la Méditerranée. Complètement desséché, le fucus saccharinus contient 2,29 d'azote p. 100; le fucus digitatus, 1,41. Dans cet état, ce dernier a, poids pour poids, une valeur triple de celle du fumier de ferme à l'état normal.

Le goémon brûlé contient 0,40 p. 100 d'azote. La combustion lui fait donc perdre une grande partie de cette substance, mais, d'un autre côté, elle rapproche les matières solides et diminue les frais de transport.

F. — Fourrages.

On a élevé la question de savoir s'il y avait des cas où le prix des fourrages fût si bas qu'il conviendrait de les destiner à être enterrés comme engrais plutôt que de les consacrer à la nourriture des animaux. Pour la résoudre, il suffit de savoir que le foin contient 1,15 à 2 p. 100 d'azote dans son état habituel de dessiccation, la luzerne 1,38, le trèfle 1,54; ainsi, le prix de l'azote étant de 1 fr. 66 c.,

100 kil. de foin employés comme fumier vaudraient de	1 f. 90 à 3 f. 32
100 kil. de luzerne	2 29
100 kil. de trèfle	2 56

Au-dessous de ces prix, il pourrait donc être avantageux de destiner les fourrages à servir directement d'engrais; mais ils supposent une valeur si faible de la viande, de la laine et du travail, qu'ils doivent se présenter rarement et dans des pays où probablement les engrais eux-mêmes seraient à si bas prix, qu'on ne serait pas embarrassé à s'en procurer.

§ II. — Engrais verts cultivés sur place.

A. — Prairies.

Les frais qu'occasionnent les engrais verts cultivés sont ceux

de culture, de semence, d'enfouissement, et la rente de la terre pendant la durée de leur végétation. Le rapport de la somme de ces frais à la valeur propre de l'engrais détermine l'opportunité économique de leur usage.

Quoique les prairies permanentes n'aient pas été semées et conservées dans le but d'en faire un engrais, elles rentrent cependant tout à fait dans le sujet qui nous occupe. Il arrive même assez souvent que la nature du sol ne permet pas de garder éternellement une prairie en bon état, et qu'il faut la défricher de temps en temps pour la remettre plus tard en nature de pré. Cela arrive principalement dans les terres plus favorables à la croissance des légumineuses qu'à celle des graminées perennes.

La richesse du gazon dépend beaucoup de la manière dont la prairie a été traitée, et par conséquent elle est en rapport très direct avec les récoltes de fourrage que l'on a obtenues. Dans les prés qui rapportent 15,000 kilogr. de foin par hectare et par an, on trouve dans le gazon un engrais qui équivaut à 668 kilogr. d'azote par hectare, et qui est propre à fournir 178 hectolitres de blé.

Les prairies qui ont été traitées sans engrais et dont on a seulement recueilli l'herbe croissant naturellement, si elles produisent seulement 5,000 kilogr. de foin, donnent 224 kil. d'azote propre à produire 59 hectol. de blé.

On peut donc évaluer la fertilité des gazons à 0,044 d'azote pour chaque kilogramme de foin recueilli sur la prairie par récolte moyenne.

Il faut observer encore que la terre qui a été longtemps en prairie conserve, même après avoir perdu son azote, une grande supériorité sur les terres de même nature qui n'ont pas été soumises au même traitement, à cause de la quantité de carbone qu'elle retient, et qui, outre qu'il colore le sol, l'ameublit, le rend plus léger, plus poreux, plus hygroscopique.

pique, et enfin lui fournit un élément qui est certainement utile à la végétation.

B. — *Lupin.*

L'usage du lupin comme engrais vert date de l'antiquité. Pline nous apprend ¹ que les Romains le semaient en septembre pour l'enterrer à la charrue au mois de mai suivant, ou bien qu'ils le ramassaient, le déposaient au pied des vignes et des arbres, et le recouvraient avec la terre.

Dans les pays où la jachère est conservée et où l'on n'a pas à redouter des froids de 14 degrés, auxquels le lupin ne résiste pas, la meilleure époque pour le semer est l'automne; il acquiert toute sa croissance au mois de juin, pour alors être enterré, et sa décomposition est avancée au moment de la semaille des blés.

Dans la vallée du Rhône, près de Vienne, on le sème, le 24 juin, sur les terres en jachère, mais seulement sur des terres sablonneuses de qualité inférieure, et pour préparer la récolte du seigle. On sème en avril celui que l'on destine à porter graine. Les semences de cette légumineuse ne mûrissent pas en Allemagne, on les tire du midi. Bürger croyait que son usage était borné aux pays qui peuvent cultiver la vigne; cependant elle s'est répandue depuis quelques années dans l'Eiffel, où elle remplace le fumier sur toutes les pentes de montagnes qui n'avaient pu être cultivées, parce que le transport du fumier y était impossible. De vastes étendues de terrains, autrefois abandonnées, sont mises en culture tous les dix ans, grâce au lupin. Il prospère sur les points les plus élevés et les plus froids, au milieu des bruyères, sur un sol tout à fait ingrat, comme dans les contrées basses, entourées de brouillards épais, et malgré le froid de la nuit².

(1) *Hist. nat.*, lib. XVII, cap. 9.

(2) Jacquemin, *Allemagne agricole*, p. 17.

Cette plante se sème assez épais, de 2 à 2 hectolitres et demi par hectare, sur un labour, à la volée ou dans les lignes de labour; on recouvre à la herse ou par un nouveau trait de charrue. Quand le lupin a sa troisième fleur, on fait passer un rouleau qui couche la plante, et on fait un labour assez profond pour l'enterrer.

Le lupin réussit mal dans les sols calcaires; il préfère ceux qui ne le sont pas, surtout s'ils sont un peu ocreux. Il est assez bizarre dans ses exigences relatives au terrain, et jusqu'à présent on ne s'est pas bien expliqué, faute d'observations assez étendues, pourquoi il réussissait bien dans certaines situations, dans des terres qui paraissaient épuisées, tandis qu'il semblait manquer de vigueur dans d'autres qui manifestaient leur fertilité par la bonne croissance des plantes d'une autre nature. Cette plante mérite d'être étudiée très attentivement, parce qu'outre le problème économique, elle pourrait présenter des phénomènes physiologiques propres à faire faire un pas à la science.

La plante du lupin, séchée à l'air, nous a donné 1,65 p. 100 d'azote, et, séchée à 100 degrés sous le vide, 1,87 p. 100. Or, un lupin bien venu, semé au printemps, ou mieux encore en automne, pour être enterré en juin, donne autant de fane qu'un sainfoin, c'est-à-dire 5,000 kilogr. de fane sèche, ce qui équivaldrait à 26,000 kilogr. de fumier de ferme. Dans les très bons terrains cette quantité va même plus loin. Dans les médiocres, on obtient encore plus de 2,000 kilogr. de fane. Il paraît que la durée de cet engrais est de plus d'une année, car M. Roland fait souvent, près de Nîmes, deux récoltes consécutives de blé sur cette préparation.

En Italie, on emploie aussi la semence de cette plante, après l'avoir ébouillantée, pour fumer les oliviers et les orangers, au pied desquels on la dépose. Cette semence a été analysée par M. Payen, et renferme 3,49 d'azote p. 100 à l'état normal

et 4,35 à l'état complètement sec ; c'est donc un engrais fort riche, mais qui serait très cher dans les pays où la culture du lupin n'est pas générale ; au contraire, quand on cultive beaucoup de lupin et que, faute d'attention, on laisse un certain nombre de pieds monter en graine, il y a une production accidentelle qu'on trouve aussi avantageux à employer comme engrais qu'à faire macérer longtemps dans l'eau, pour enlever son amertume et la faire manger aux moutons. Aucun bétail ne touche à la plante sur pied.

C. — *Autres végétaux cultivés pour engrais.*

1. *Fèves*. Dans les environs de Bologne, on sème des fèves comme engrais sur les terrains destinés à porter du chanvre, après les avoir préalablement fumés. La fève est à fleur et propre à être enterrée au moment où l'on donne la dernière façon pour le chanvre¹. On considère l'herbe de la fève en fleur comme une demi-fumure.

2. *Vesces*. Les vesces ont été employées comme engrais vert, mais la cherté de leur graine rend cet engrais très coûteux ; on se sert aussi de maïs dans le Milanais. François de Neufchâteau a beaucoup prôné le tabac pour l'extrême fertilité qu'il apportait aux terres où l'on enterrait sa plante. On dit l'avoir employé autrefois dans les environs de Florence. La petite quantité de graine qui est nécessaire et son bas prix auraient rendu cet engrais fort utile. Mais le tabac ne prend un grand développement que sur des terres déjà très riches, quand même le monopole du gouvernement n'en aurait pas fait prohiber la culture dans certains pays et accru la valeur de sa plante dans d'autres.

3. *Seigle*. M. Giobert, de Turin, préconisa, il y a quelques années, l'emploi du seigle enterré en vert pour servir à l'en-

(1) Crud, *Economie de l'agriculture*, art. Chanvre.

grais¹. Il prétendait qu'à l'époque de sa floraison cette plante produisait un engrais égal à celui d'une fumure complète avec le fumier de ferme, et qu'en l'alternant avec d'autres récoltes, le maïs et le froment, par exemple, on pouvait avoir indéfiniment le même résultat que si l'on employait ce fumier. L'agriculture était ainsi réduite à un grand état de simplification, et le règne animal, qu'un préjugé injuste fait considérer comme si onéreux, était banni de l'agriculture.

Les expériences du comte Verri² prouvèrent que la légère augmentation de récolte que l'on obtenait ne compensait pas les frais. Dès la seconde année, le produit du champ fumé avec le seigle descendit au niveau de celui qui n'avait pas reçu d'engrais. Toute la puissance du seigle était consommée. Les analyses viennent à l'appui de ce résultat. En effet, supposons une pleine récolte de seigle de 18 hectolitres, la paille et le grain nous fourniront 49^k,32 d'azote équivalant à 12,320 kil. d'engrais de ferme; c'est, comme on voit, une fumure assez légère.

4. *Spergule*. M. de Woght s'est beaucoup servi de la spergule, et il n'est pas inutile de l'examiner ici sous le point de vue de l'engrais. M. de Dombasle a donné, dans ses *Annales*³, la traduction de l'ouvrage spécial où cet agriculteur zélé a rendu compte de ses essais. Il y affirme que si l'on sème consécutivement un champ de spergule pour être enterré en vert en mars, juin et août, on peut compter que l'effet de ces trois herbages équivaldra à celui de 29 voitures de fumier ou de 2,900 kilogr. par hectare, ce qui, dit-il, enrichit plus le sol qu'une récolte de seigle ne l'épuise.

Le produit de la spergule, semée et récoltée dans la saison, ne va pas au delà de 3,000 kilogr. par hectare; les trois récoltes successives donnent sans doute une quantité moindre;

(1) *Del Soverscio*, Turin, 1819.

(2) *Ibid.*, 2^e édit., Milan, 1821.

(3) 1830.

mais supposons qu'elle soit égale, nous aurions à enterrer l'équivalent de 9,000 kilogr. de fourrage sec qui nous donnent 103^k,5 d'azote, ou 25,800 kilogr. de fumier de ferme capables de produire 38 hectol. de seigle. M. de Woght récoltait dans ses expériences 17 hectol. de seigle qui s'emparaient ainsi de la moitié de l'engrais. Reste à déduire de ces avantages la dépense des cultures nécessitées par ce triple ensemencement.

Au reste, cette plante ne réussit bien que dans les terrains sablonneux et frais, et dans les climats humides. Quand on sème la spergule pour engrais, on répand 60 kilogr. de semence par hectare sur un labour, et on passe un rouleau après avoir jeté les graines.

5. *Sarrasin*. On a parlé aussi de cultiver le sarrasin pour engrais vert. Schwerz nous dit qu'en Allemagne on n'enterre le sarrasin que quand la récolte de la graine ne laisse plus d'espoir. Dans le midi de l'Europe, on pourrait essayer de le semer au premier printemps sur les guérets, pour l'enterrer quand il serait en fleurs. Il faudrait employer 10 à 11 décalitres de graines par hectare pour que les plantes fussent assez épaisses; mais nous ne trouvons pas de résultat connu de cette opération. La paille de sarrasin renferme 0,54 d'azote p. 100 à l'état sec, et 0,48 après la dessiccation à l'air.

6. *Madia sativa*. On a introduit depuis peu le *madia sativa* dans la culture. La facilité de sa sortie et sa croissance rapide sur toutes sortes de terrains ont attiré l'attention des cultivateurs, et plusieurs d'entre eux l'ont essayé comme engrais vert. MM. Boussingault et Payen pensent qu'en raison des exsudations résineuses qui couvrent cette plante, il conviendrait de lui faire subir une macération avant de l'enterrer comme engrais. Les fanes de *madia* sont assez riches en azote; elles en possèdent 0,66 p. 100 à l'état sec, et 0,53 après la dessiccation à l'air, c'est-à-dire que dans ce dernier état elles surpassent, poids pour poids, la valeur du fumier de ferme.

Toute la question économique réside donc dans la quantité de ces fanes que l'on pourrait récolter par hectare sur un sol donné. Ce n'est qu'après des essais répétés que l'on pourra prononcer sur la convenance de cet engrais vert.

7. *Navette*. La navette est plus anciennement et plus fréquemment employée à cet usage. Schwerz cite l'excellent usage qu'en font, sur un sol de sable, les habitants de Hœrdt, en Alsace. Après la récolte des pois, ils sèment la navette sur un seul labour; ils l'enfouissent par un autre labour avant les gelées, et elle profite à la récolte du blé de printemps qui la suit. Ils sèment aussi de la navette après les pommes de terre printanières, de manière à pouvoir l'enterrer en automne au profit du seigle. Dans le pays de Caux, on sème la navette vers le 15 octobre, et à la fin de mars on fume par-dessus et l'on enfouit la plante pour cultiver des pois; après les pois on sème de nouveau la navette avant le 15 août, et on la renfouit en octobre pour semer le blé. On sème aussi la navette, mêlée avec de la vesce, à la fin de juin sur les trèfles que l'on veut rompre, pour l'enterrer en septembre et semer du blé en octobre. C'est ce qu'on appelle dans le pays semer sur *verdage à renfouir*¹. Cette plante a l'avantage de ne pas exiger une grande dépense pour achat de semences; car il suffit de 10 à 12 kilogr. de graines par hectare.

8. *Chanvre*. M. Bressy présenta, en 1820, le chanvre comme une des plantes les plus améliorantes. On connaît la fertilité croissante des chènevières et on l'attribue aux débris des plantes et des feuilles qui restent sur le terrain. Aux environs de Compiègne, on destine les terrains de seconde qualité au chanvre et on l'alterne avec le seigle; on le vend sur pied, mais les débris recueillis précieusement sont regardés comme un puissant engrais². A ceux qui veulent l'enfouir au lieu de le vendre

(1) *Annales de l'agriculture française*, 2^e série, t. XIII, p. 65.

(2) *Société de Seine-et-Oise*, 1820, p. 25.

et qui affirment qu'on en retire 100 fr. par 32 ares, ne pourrait-on pas dire qu'à ce prix il vaudrait mieux faire cette vente et acheter de l'engrais que d'enterrer le chanvre lui-même; et si le chanvre reste trop petit pour être vendu, ses effets, comme engrais, ne seront-ils pas insignifiants? On emploie 3 hect. 25 de semences par arpent. La tige de chanvre complètement sèche contient 1,74 p. 100 d'azote.

9. *Débris divers.* On conçoit que tous les débris de plantes, les feuilles de betteraves, de carottes, de pommes de terre, peuvent être considérés comme des engrais verts; il en est de même des chaumes des céréales, et l'on s'en aperçoit bientôt quand on substitue la faux à la faucille, la première coupant la paille bien plus ras que la seconde; les champs s'en trouvent appauvris, si l'on ne compense pas cette soustraction par une augmentation d'engrais. M. Boussingault estime à 687 kilogr. par hectare le poids des fanes de pommes de terre ayant produit 12,000 hectol. de racines; cette quantité de fanes contenait 15^k,8 d'azote représentant 3,900 kil. de fumier. Les feuilles des betteraves d'un hectare qui avait produit 15,000 kil. de racines pesaient, desséchées, 1,167 kilogr., contenant 52^k,5 d'azote représentant 13,100 kilogr. de fumier. Enfin le chaume d'une récolte de froment de 14 hectolitres par hectare a pesé 518 kil. à l'état sec, contenant 1,81 d'azote et représentant seulement 400 kil. de fumier. Les feuilles tombant des arbres enrichissent aussi le sol dans les forêts, et ce n'est pas sans dommage pour elles qu'on les en retire pour les porter sur les champs où elles sont d'ailleurs un très bon engrais; celles de chêne, par exemple, donnent à l'état normal, en automne, 1,175 p. 100 d'azote, et à l'état sec, 1,565¹; cependant il faut les faire fermenter avant de s'en servir pour détruire le tannin qu'elles contiennent. Enfin, les prairies artificielles ont

(1) Voir le tableau à la fin du volume, pour les autres espèces de feuilles.

beaucoup plus d'importance, et constituent, au moyen de leur chaume et de leurs racines, un des engrais verts les plus usités et les plus puissants. Un hectare de luzerne défrichée, dont nous avons recueilli tous les débris et les racines pour nous assurer de leur quantité, nous a donné un poids de 37,021 kilogr. à l'état normal, qui contenait 0,80 p. 100 d'azote; par conséquent, 296^k,168 d'azote représentant 74,400 kilogr. de fumier de ferme, quantité susceptible de produire 32 hectolitres de blé. On a reconnu depuis peu la valeur nutritive de ces racines cuites données aux moutons. Ce sera un avantage, sans doute, si les fumiers qui en proviennent sont bien administrés, sans quoi les terres pourraient s'en trouver très mal. M. Boussingault a recueilli sur un hectare 2,000 kil. de racines à l'état normal, ou 1,547 kil. à l'état sec, contenant 27^k,84 d'azote et représentant 6,961 kil. de fumier. Ces débris seraient donc beaucoup moins riches que ceux de la luzerne.

D. — *Réflexions sur les engrais verts.*

On peut apprécier maintenant tout ce qu'on doit attendre des engrais verts; leur efficacité est bien constatée et par leurs résultats agronomiques, et par leur analyse. Ceux que l'on obtient par le défrichement des prairies artificielles sont les plus abondants et les moins coûteux, parce qu'ils résultent d'une culture qui a déjà payé ses frais. La convenance de l'emploi des autres plantes enfouies est entièrement subordonnée à leur réussite sur les terrains auxquels on les destine, et leur succès dépend d'ailleurs des chances des intempéries atmosphériques. D'ailleurs, la possibilité de leur culture est subordonnée à la distribution des autres travaux de la ferme, qui peut souvent ne pas comporter des travaux extraordinaires venant se contrecarrer avec ceux qu'exige l'assolement adopté. Nous croyons donc que ce n'est que dans des situations spéciales que l'on peut baser sur l'usage des engrais verts les com-

binaisons d'une économie rurale. Il sera préférable, dans le plus grand nombre des cas, de cultiver des plantes qui puissent servir à la nourriture des animaux, puisque ceux-ci restituent à la terre une grande partie des éléments qui servent à leur nourriture, et créent avec l'autre partie un produit animal d'une plus grande valeur.

Cependant il est des circonstances où les engrais verts peuvent devenir une ressource d'une grande importance, et même où ils sont l'unique pivot sur lequel on peut faire rouler tout le système d'une amélioration du terrain. Ainsi, quand on se trouve en présence de terres négligées, maigres, sans pâturages pour y nourrir les animaux, sans possibilité d'acheter des fumiers ou de se procurer des masses de végétaux venus sans culture, on est naturellement amené à chercher dans les engrais verts cette première force qui donne l'impulsion à la machine agricole. On commence alors par essayer en petit plusieurs plantes propres à cet emploi, et on fixe son choix sur celle qui réussit le mieux dans le sol auquel on la destine. On donne au terrain la préparation convenable, on sème avec soin, et la plante étant en fleurs, on la roule et on l'enterre. Si le semis s'est fait au printemps, on lui fait succéder immédiatement, selon les saisons et les circonstances, une nouvelle plante améliorante d'automne. Si les fanes de ces récoltes ont été peu abondantes, on recommence l'année suivante, et jusqu'à ce que l'herbe recueillie ait démontré, par son épaisseur et sa hauteur, que le terrain est en voie de progrès; alors on sème sur le terrain ainsi préparé une prairie artificielle convenable à la situation, et l'on a ainsi un commencement d'engrais animaux; ce n'est que sur les défrichés de cette prairie que l'on commence la culture des céréales. Si l'on améliore ainsi successivement les différentes parties du domaine, on se trouvera arrivé à un résultat important.

Ne nous le dissimulons pas, cependant, l'engrais ainsi ob-

tenu coûte cher, et sur des terres pauvres il faut quelquefois plusieurs années d'attente et de travaux pour atteindre le but qu'on se propose. Sur de pareils terrains les premières récoltes d'herbes sont faibles, la terre ne se saturant que graduellement de ce que l'on pourrait appeler sa ration d'entretien avant de manifester sa fertilité. M. Rieffel, l'habile directeur de Grand-Jouan, affirme, dans son *Agriculture de l'Ouest*, que l'amélioration de ses landes lui a coûté tout ce qu'elles valent, et nous croyons que c'est le résultat que l'on obtient par toutes les méthodes. Bannissons donc toute illusion, ne croyons pas que l'engrais vert soit un présent gratuit de la nature; elle aussi vend souvent ce qu'on croit qu'elle donne.

Quant aux terres qui, dès les premiers semis, donnent l'herbe avec abondance, on doit recourir sur-le-champ avec elles aux prairies artificielles, sans se laisser aller à l'espoir de fumer à plus bas prix avec les engrais verts. La rente de la terre et les travaux destinés à ces engrais s'élèvent le plus souvent au-dessus de leur valeur réelle. On évitera cette erreur en ayant soin de tout calculer et de tout peser, d'après les données que l'on trouvera dans ce qui précède. Ainsi on pèse en vert une partie de l'herbe obtenue sur une étendue déterminée, et dont la pousse est une moyenne entre la plus belle et la plus chétive; on la fait dessécher complètement soit au bain d'huile à la température de 140°, soit sous la machine pneumatique; on dose l'azote de la plante, et on trouve son prix de revient par la comparaison avec les frais de culture; on compare ce prix d'un kilogr. d'azote avec celui obtenu des fumiers, et par ces précautions on prévient tout mécompte dans une telle opération.

Nous connaissons cependant des cas où, malgré la belle venue de l'herbe, on peut préférer les engrais verts à la production du fumier d'étable, mais ils sont rares. Nous citerons ce que nous avons vu dans certaines contrées du midi où l'on perd chaque année une grande partie des troupeaux par le pissement

de sang (sang de rate), et où l'on est trop éloigné des marchés d'engrais pour pouvoir en obtenir à des prix raisonnables. Il est évident que là il faut renoncer à toute amélioration si l'on ne recourt aux engrais verts, à moins que l'on ne trouve une race d'animaux exempte d'épizootie, et pouvant remplacer avantageusement les moutons indigènes.

§ III. — Débris végétaux.

A. — *Terreau.*

Il existe, dans le fond des étangs et des marais situés sur un terrain calcaire, des amas de terreaux qui peuvent être utilisés comme engrais; mais cet engrais est abondant en parties charbonneuses et pauvre en azote. La fibre ligneuse y a déjà subi une décomposition qui l'a privée de la plus grande partie de l'azote qu'elle contenait; un pareil terreau ne nous en a pas offert plus de 0,12 p. 100, et il aurait fallu plus de trois fois son poids pour égaler le fumier d'étable. Mais il peut être utile aux terrains pauvres en carbone. Il y a aussi des terreaux plus riches; ce sont ceux qui n'ont pas été formés sous l'eau, qui proviennent de prés défrichés, de cimetières, et qui sont mêlés à une forte proportion de bases minérales. Ceux-ci peuvent être employés avec avantage quand leurs frais de transport ne dépassent pas leur valeur réelle, que l'on appréciera en dosant leur azote.

B. — *Tourbe*

La tourbe, quand elle ne peut être employée plus utilement au chauffage, a souvent été proposée comme engrais; mais chargée de tannin, de matières hydrogénées, et de divers acides végétaux et minéraux, ne possédant qu'une petite quantité de matière azotée, ce n'est qu'après lui avoir fait subir des préparations coûteuses qu'on a pu la faire servir à cet usage.

Le seul énoncé de ses défauts semble indiquer le remède :

neutraliser les acides et le tannin par la chaux, les cendres, lui donner les alcalis qui lui manquent, l'associer à des substances azotées, tels sont les moyens de tirer parti du carbone surabondant de la tourbe, et pour cela le procédé le plus économique est de se servir de la tourbe sèche pour litière; on épargne la paille, on neutralise sans manipulation les principaux acides de la tourbe, et on lui ajoute les différents sels des urines et des excréments. On peut aussi la mélanger avec du fumier d'écurie, dans la proportion d'une partie de fumier et trois de tourbe, en élevant le tas par couche de 15 centimètres d'épaisseur. Lord Meadowbank, qui est l'inventeur de cette méthode, prétendait qu'il obtenait ainsi une masse de fumier égale, poids pour poids, au fumier d'écurie. Il est certain que les acides et le terreau lui-même par sa porosité retiennent une grande partie de gaz ammoniacaux qui s'échappent du fumier; mais pour que la masse pût acquérir en totalité la valeur du fumier, il faudrait que celui-ci perdît les trois quarts de son azote pendant sa fermentation: alors en effet la masse aurait la valeur du fumier initial, plus celle de l'azote, renfermée dans les fibres ligneuses non décomposées de la tourbe. Or, supposons ces fumiers composés de moitié paille et un tiers d'excréments mixtes du cheval (urine et fèces); il aura :

Pour 100 kilogr. de paille de froment	0,49 d'azote.
Pour 100 d'excréments mixtes.	0,74
	1,23
Et pour 100, la moitié.	0,61

Or, l'analyse de ce fumier en donne 0,40; il a donc perdu 0,21 et non 0,37 de son azote pendant sa fermentation. Ainsi, le principal effet de cette manipulation est de convertir la tourbe en terreau doux, propre à alimenter les plantes de carbone, dans les terres qui en manquent.

Au reste, le lavage par la pluie et l'action de l'air désacidifient la tourbe à sa surface; et quand, après l'avoir tirée des

fosses, on l'étend sur le terrain, elle perd ses qualités nuisibles et finit par se convertir en terreau noir, propre à amender et à fournir du carbone aux plantes, plutôt qu'à engraisser les terres.

C. — *Mars.*

Plusieurs espèces de végétaux et plusieurs parties des végétaux, fruits, racines, tiges, sont soumis à l'action de la presse pour en extraire les sucs; le résidu solide qui reste prend le nom de marc; et quand on lui donne une forme déterminée au moyen du moulage, les corps qui en résultent se désignent sous le nom de *tourteaux*. On les utilise de différentes manières, et, entre autres, pour fertiliser les terres. Nous allons les passer en revue, en commençant par les tourteaux de graines oléagineuses.

L'huile en nature n'est pas absorbée par les racines des végétaux; c'en peut être non plus pour ses principes élémentaires, le carbone et l'azote, que l'on recherche les tourteaux qui retiennent une petite quantité d'huile. C'est donc uniquement par l'azote, contenu dans les débris du péricarpe, que les tourteaux peuvent agir.

Nous savons que l'on a, à plusieurs reprises, cherché à réclamer la qualité d'engrais pour l'huile elle-même adhérente à ces pellicules; de même encore M. Michel a prétendu que les tourteaux n'ont de qualité végétative que parce qu'ils renferment de 10 à 20 litres d'huile par 1,000 kil. D'où il résulterait qu'un hectolitre d'huile de la valeur de 35 fr. représenterait comme engrais 5,000 tourteaux qui, à 9 fr., coûteraient 450 fr. Il propose donc de mêler un hectolitre d'huile avec 20 hectolitres de cendres de houille ou de tourbe à 20 fr., et de composer ainsi pour 105 fr. un tourteau artificiel qui remplacerait avantageusement la valeur de 450 f. de tourteau naturel¹. Il y a longtemps que l'on a essayé l'huile comme engrais. Le docteur

(1) *Journal d'agriculture du Var*, oct. 1842, p. 319.

Hunter, un des plus anciens écrivains agricoles de l'Angleterre, mêlait 12 livres de potasse d'Amérique avec 12 galons d'huile de baleine, de l'eau et de la terre; il composait ainsi un engrais savonneux¹. Dans les différents essais que l'on a cités, on a toujours mêlé l'huile avec des substances alcalines ou d'autres engrais; mais on connaît les bons effets des cendres seules et ceux des alcalis fixes. On ne peut donc tirer aucune conclusion de pareils essais. Il faudrait, pour être autorisé à vanter l'efficacité de l'huile comme substance fertilisante, l'avoir mêlée avec la terre même du champ, sans autre addition, pour en former l'engrais. C'est ce que l'on n'a pas fait encore.

1. *Mars d'olive*. Quoiqu'on s'en serve ordinairement pour le chauffage dans les pays à oliviers, généralement peu pourvus de bois, il n'est pas inutile de constater leurs propriétés nutritives, pour comparer leur valeur économique comme engrais à celle qu'ils ont comme combustibles. Le marc d'olive extrait par de très fortes presses, de telle manière qu'il n'était pas susceptible de donner de profit à la recense, desséché à la température ordinaire, a donné 0,738 p. 100 d'azote². Il faudrait donc, pour qu'il pût être employé avec profit comme engrais, comparativement au fumier d'écurie se vendant 0 fr. 65 c. ³, qu'il pût s'acheter à 1 fr. 18 c. les 100 kilogr. Dans notre midi, il a une valeur plus considérable.

2. *Mars, tourteaux de colza*. Les tourteaux de colza sont beaucoup plus riches; ils donnent à l'état normal 4,92 p. 100 d'azote, et à l'état sec 5,50; cela ne doit pas étonner, car les mars d'olive renferment une grande proportion de ligneux des noyaux, tandis que les tourteaux de colza ne présentent

(1) Arthur Young, t. XV, p. 150.

(2) *Ibid.*, t. XVI, p. 472; Maurice, *Traité des engrais*, p. 80 et suiv.

(3) C'est toujours du fumier de ferme, au titre de 0,40 d'azote, qu'il est question ici; le fumier d'auberge, au titre de 0,79, se vend 1 fr. 30 c. dans le midi.

que très peu de ligneux, débris de l'enveloppe des graines. Le prix normal de cet engrais serait donc de 7 fr. 87 c. les 100 kilogr. Leur cours est de 12 fr. ; ce qui fait monter à 2 fr. 44 c. le kilogr. de leur azote.

3. Les *tourteaux de lin* sont supérieurs encore à ceux de colza et renferment 5,20 d'azote à l'état normal, et 6,00 à l'état sec ; le prix varie de 18 à 19 fr. les 100 kilogr., ce qui porte celui de leur azote à 3 fr. 46 c.

4. Les *tourteaux de madia* retiennent 5,06 d'azote à l'état normal, et 5,70 à l'état sec ; leur prix à Marseille est de 11 fr. 50 c. les 100 kilogr.

5. Les *tourteaux de sésame* contiennent, à l'état normal, 9,97 p. 100 d'eau, et présentent à l'analyse 6,79 d'azote ; à l'état sec, 7,47 p. 100 d'azote. Leur prix étant en ce moment de 14 fr. dans les départements du midi, leur azote reviendrait à 1 fr. 87 c. On avait prétendu que ce tourteau ne pouvait sans danger être consommé par les animaux. Nous avons fait voir dans un travail, fait en commun avec M. Payen, qu'il constituait une bonne nourriture¹.

6. Les *tourteaux de coton* n'ont pas, à l'état sec, plus de 320 p. 100 d'azote.

7. Enfin les *tourteaux d'arachide* ont 8,33 p. 100 d'azote à l'état normal, et 8,89 à l'état sec.

On fait aussi usage de tourteaux de graines de cameline, de chènevis, de pavots, de faines. Les tourteaux de noix sont employés à la nourriture des animaux. Les tourteaux de ricin ont occasionné de graves accidents d'empoisonnement quand on a voulu les faire consommer par les bestiaux. On peut voir, au tableau qui termine le volume, le titre de ces différents résidus.

On emploie beaucoup les tourteaux comme engrais. Pulvérisés, on les répand soit sur les plantes qui ont déjà poussé, soit sur les champs en les enterrant par un labour. La dose est de

(1) *Comptes rendus*, t. XVIII, p. 797.

600 à 1,000 kilogr. dans la culture ordinaire, et jusqu'à 1,600 à 1,700 pour la culture du chanvre. 1,000 kilogr. de tourteaux de colza renferment autant d'azote que 12,300 kilogr. de fumier de ferme. Ce serait une très légère fumure.

M. de Bec a fait des expériences très intéressantes à la ferme de la Montauronne, en Provence, sur les effets agricoles de tourteau ; en voici les résultats :

Quantité d'engrais.	Produit en froment.	Azote du blé.	Produit en paille.	Azote de paille.	Azote total de la récolte.	Azote du sol.	Azote de l'engrais.	Azote total en terre.	Aliquote d'azote absorbé par la rée.
Point d'engrais	872	28,68	950	2,46	31,24	78,10	0,00	78,10	0,40
25000 k. fumier	1404	46,19	1450	3,75	49,94	78,10	40 00	88,10	0,57
TOURTEAUX DE COTON.									
500 kil.	1153	37,99	1450	3,75	41,74	78,10	46,00	94,10	0,44
750	1397	45,96	1700	4,40	50,36	78,10	23,00	101,10	0,49
1000	1369	45,04	1900	4,92	49,96	78,10	52,00	110 10	0,57
TOURTEAUX DE COLZA.									
500 kil.	1348	44,54	2120	5,49	49,83	78,10	21,60	99,70	0,50
750	1481	48,72	2300	5,95	54,67	78,10	56,75	114,85	0,47
1000	1851	60,24	2550	6,60	66,84	78,10	49,30	127,40	0,52
TOURTEAUX DE MADIA.									
500 kil.	1615	53,07	2290	5,95	59,00	78,10	23,50	103,40	0,57
750	1727	56,81	2600	6,75	63,54	78,10	42,00	120,10	0,55
1000	1752	57,64	2600	6,75	64,37	78,10	50,60	128,70	0,50
TOURTEAUX DE LIN.									
500 kil.	1646	54,15	2550	6,09	60,24	78,10	26,00	104,10	0,57
750	1740	57,23	2200	5,69	62,94	78,10	39,00	117,10	0,55
1000	1727	56,69	2550	6,60	65,29	78,10	52,00	130,10	0,49
TOURTEAUX DE SÈSAME.									
500 kil.	1662	54,68	2200	5,69	60,37	78,10	35,95	112,05	0,54
750	1782	58,63	2400	6,22	64,85	78,10	50,92	129,02	0,50
1000	2043	67,21	3200	8,29	75,50	78,10	67,90	146,00	0,52

Ces belles expériences nous prouvent d'abord que les plantes, excitées par les engrais, savent s'approprier une plus grande part de sucs que quand la végétation est plus languissante ; en effet, presque toujours une dose de 500 kilogr. de tourteaux permet au blé de s'emparer de plus de 0,50 d'azote, au lieu de 0,40. L'aliquote devient proportionnellement plus faible à mesure que la fumure est plus abondante. Le rapport de la paille

au grain récolté augmente aussi à mesure que la terre est plus abondamment fumée.

Si nous examinons maintenant, dans les circonstances de prix où se trouvait l'expérimentation, les résultats économiques de ces expériences, voici ce que nous trouverons, en comptant pour produit en blé ce que l'engrais produit en sus de la récolte sans engrais, et faisant abstraction de la paille :

	Prix de l'engrais.	Produit en blé.	Produit en francs.	Bénéfice.
TOURTEAUX DE COTON.				
	fr. c.	kilogr.	fr. c.	fr. c.
500 kil. à 11 fr. 50.	57 50	283	70 75	13 25
750	86 25	525	131 25	45 "
1000	115 "	497	124 25	9 25
TOURTEAUX DE COLZA.				
500 kil. à 11 fr. 50.	57 50	476	119 "	61 50
750	86 25	609	152 25	66 "
1000	115 "	959	239 75	124 75
TOURTEAUX DE MADIA.				
500 kil. à 11 fr. 50.	57 50	741	185 25	127 75
750	86 25	855	213 75	127 50
1000	115 "	880	220 "	105 "
TOURTEAUX DE LIN.				
500 kil. à 14 fr. . .	70 "	774	193 50	123 50
750	105 "	868	217 "	112 "
1000	140 "	851	212 75	72 75
TOURTEAUX DE SÉSAME.				
500 kil. à 11 fr. 50.	57 50	790	197 50	140 "
750	86 25	910	227 50	141 25
1000	115 "	1171	292 75	177 75
				Perte.
25000 kil. fumier. . .	300 "	542	135 50	164 50

Qui ne serait frappé ici de l'immense développement que la nature calcaire du sol donne à l'activité de l'engrais ! Nous voyons aussi que la valeur relative des tourteaux est encore mal appréciée par leurs détenteurs qui n'admettent une différence que pour celui de graine de lin.

Enfin le prix du kilogr. d'azote de chaque tourteau employé étant le suivant

Colton	3 fr. 60
Colza	2 34
Madia	2 27
Lin	2 70
Sésame	1 70

l'hectolitre de blé, grain et paille, renfermant 2^k,96 d'azote et se vendant 20 fr. ou 6 fr. 75 c. le kilogr. d'azote, toutes les récoltes qui reproduisent autant d'azote *froment* qu'elles ont fourni d'azote *engrais* doivent être en bénéfice.

Ces expériences et ces comparaisons doivent inspirer la plus grande confiance en des théories qui représentent si bien jusqu'à présent les faits agricoles, à tel point que dans les pays où le tourteau concourt avec le fumier sur le marché, le simple paysan a trouvé l'équivalent de leur valeur tel que l'avait annoncé l'analyse chimique, et ne le dépasse pas.

En Provence, la non-réussite de la poudre de tourteaux à sec, dans un grand nombre de circonstances, a fait adopter la pratique de l'humecter avant de la répandre sur le terrain ou de l'enterrer. Dans le nord, Duhamel recommande de la répandre dix à douze jours avant de semer la graine, pratique qui revient à celle de Provence, car dans ce climat le tourteau devra reprendre l'humidité qui lui est nécessaire. Le manque de cette précaution expliquerait les accidents que signale M. Vilmorin¹ sur des terres où le tourteau, répandu sur les semis de blé, avait empêché sa sortie. Les parties huileuses encore adhérentes au tourteau se sont-elles communiquées aux graines et ont-elles privé le germe du contact de l'air? c'est ce que l'on pourrait soupçonner d'après un fait très remarquable. Un propriétaire de Provence, trouvant à son blé une couleur sale, le fit remuer avec une pelle de bois légèrement enduite d'huile. Le

(1) *Maison rustique du XIX^e siècle*, t. I, p. 91.

grain prit une belle couleur, mais, vendu pour semence, il ne sortit qu'un petit nombre de plantes, et le vendeur fut condamné à restituer le prix des graines, et à des dommages-intérêts envers l'acheteur. Nous ne saurions donc trop recommander d'enterrer la poudre de tourteaux d'avance, ou de l'humecter pour lui faire subir un commencement de fermentation qui décompose la matière huileuse. En 1844, ayant semé à Orange des betteraves, et ayant recouvert les semences avec de la poudre de tourteaux, les betteraves ne sont pas sorties.

On emploie aussi les tourteaux dans la fabrication des engrais composés, dont nous parlerons plus tard.

8. Le *marc de raisin* sert à nourrir les moutons après avoir été distillé pour en retirer l'alcool qu'il contient encore. D'autres fois on l'épuise d'alcool en le faisant tremper dans l'eau, ce qui produit la *piquette*. Après cette macération, on l'emploie à fabriquer des engrais, quelquefois aussi on l'applique directement à cet usage en sortant de la cuve. Le marc séché à l'air contient de 1,71 à 1,83 d'azote p. 100, et desséché complètement 3,31 à 3,56. Ainsi 100 kilogr. de cette substance seraient l'équivalent de 450 kilogr. de fumier de ferme et auraient une valeur de 2 fr. 92 c. Toutes les fois qu'on en obtiendra un prix plus élevé pour la distillation, il ne conviendra pas de le destiner à l'engrais.

On fume aussi le pied des vignes avec le marc de raisin, et l'on assure que c'est l'engrais qui leur convient le mieux ; on s'en sert de même pour les oliviers, et d'autres fois on le mêle avec une masse de fumier de ferme et avec des roseaux pour le faire entrer en fermentation.

9. Le *marc des pommes à cidre* contient des acides que l'on combat par l'addition de chaux ou de terres calcaires, avant de s'en servir comme engrais. Cependant Schwerz assure qu'en ayant employé sans addition sur une mauvaise prairie, l'effet parut d'abord peu favorable, mais que plus tard la croissance de

l'herbe prit une assez grande vigueur. Si le terrain était calcaire, le phénomène s'expliquerait facilement. Le marc de pommes desséché à l'air contient 0,59 d'azote p. 100, et complètement desséché 0,63.

10. Quand les *pommes de terre* ont été râpées et lavées pour en extraire la fécule, leur pulpe, que l'on ne destine pas à la nourriture des animaux, contient, en sortant de la presse, 0,526 p. 100 d'azote, et complètement sèche 1,95. Sa valeur relative avec le fumier de ferme serait donc de 130 kilogr. de ce fumier p. 100 de pulpe, et de 1 fr. 84 c. les 100 kilogr. M. Dailly a su aussi utiliser les eaux de sa féculerie, et les dépôts qui s'y forment pour en faire un bon engrais.

11. *Pulpe de betteraves*. La pulpe de betteraves résultant de la fabrication du sucre est tout entière employée à la nourriture des bestiaux; elle contient 0,378 p. 100 d'azote en sortant de la presse, 1,14 séchée à l'air, et 1,26 à l'état complètement sec. Ainsi 100 kil. de betterave sortant de la presse n'équivaudraient pas tout à fait à 100 kil. d'engrais de ferme.

12. *Eau de rouissage*. Les eaux dans lesquelles on fait rouir le chanvre et le lin contiennent un extrait très riche en principe fertilisant, et qu'il serait important de ne pas laisser perdre. M. Kane a fait l'analyse de ces eaux, et sur 100 parties de l'extrait desséché à 100°, il a trouvé pour celle du chanvre :

Carbone	28,28
Hydrogène.	4,16
Azote.	3,28
Oxygène.	15,08
Cendres	49,20

et pour l'extrait de l'eau dans laquelle avait roui le lin :

Carbone	30,60
Hydrogène.	4,24
Azote.	2,24
Oxygène.	20,82
Cendres	42,01

Ces eaux sont plus ou moins chargées d'extrait, selon que l'on a fait rouir une plus ou moins grande quantité de ces tiges dans une masse d'eau donnée.

13. *Tan*. Le tan, épuisé après avoir servi à la fabrication des cuirs, renferme encore une petite quantité de tannin; sa fibre ligneuse a subi une plus ou moins grande altération; il est donc difficile de le saisir à l'état normal et tel qu'on puisse décider quelque chose sur sa valeur. Mais nous savons que le bois de chêne contient à l'état sec 0,72 p. 100 d'azote; il est donc certain que le tan, après avoir été desséché à l'air, a encore des vertus fertilisantes équivalant au moins à son poids de fumier, sans compter la grande quantité de carbone qu'il présente. On aura soin pourtant de ne pas s'en servir sans le mêler avec de la chaux et du fumier, qui neutraliseront le tannin qu'il peut renfermer encore.

§ IV. — Produits de la combustion des végétaux.

La suie, produit de la distillation du combustible qui s'opère dans les cheminées, les poêles, les fourneaux, présente une très grande variété de sels et dans des proportions très diverses, selon la nature de ces combustibles et le tirage des tuyaux. M. Braconnot a analysé de la suie de bois recueillie dans un tuyau de poêle, et il a trouvé le résultat suivant :

Alumine.	30,20
Matière animale insoluble à l'alcool.	20,00
Carbonate de chaux et trace de magnésie.	14,66
Eau.	12,50
Acétate de chaux.	5,55
Sulfate de chaux.	5,00
Acétate de potasse.	4,10
Matière carbonatée.	3,85
Phosphate de chaux ferrugineux.	1,50
Acétate de magnésie.	0,58
<i>A reporter.</i>	97,94

<i>Report.</i>	97,94
Principe particulier assez âcre (absoline) . . .	0,50
Chlorure de potassium.	0,36
Acétate d'ammoniaque	0,20
Acétate de fer.	"
	99,00

L'auteur de l'analyse fait observer que, dans le plus grand nombre de cas, il faudrait ajouter : 1^o de l'acide acétique ; 2^o une huile essentielle, ou substance aromatique. Le dosage de l'azote contenu dans la suie de houille a donné, à l'état sec, 1,59 p. 100 d'azote ; à l'état normal, retenant 15,6 d'eau, il y a eu 1,35 d'azote. La suie de bois, à l'état sec, a donné 1,31, et à l'état normal, avec 5,6 d'eau, 1,15 p. 100 de son poids d'azote.

On voit que la suie est composée d'un grand nombre des éléments du bois qui, par leur combinaison, offrent un des meilleurs engrais et des plus propres au plus grand nombre de terrains ; aussi est-elle fort recherchée par tous les fabricants d'engrais et entre-t-elle dans la plupart des lessives que l'on a conseillé pour donner de l'activité aux engrais végétaux. Mais cette matière, employée aussi dans les teintures, est en trop petite quantité pour devenir une ressource bien utile à l'agriculture. Les fermiers s'en servent dans leurs jardins et la placent au pied des arbres fruitiers qu'ils veulent ranimer, ou bien ils la mêlent au fumier de ferme. Quand on peut s'en procurer une assez grande quantité, on la répand au premier printemps sur les céréales d'automne. En Angleterre, la dose est de 18 à 36 hectol. par hectare ; Schwerz porterait sans hésiter la dose à 50 hectol. ou 5,000 kilogr., l'équivalent pour l'azote seul de 16,374 kilogr. de fumier normal ; ce serait encore une petite fumure si la suie n'agissait que par son azote ; mais ses sels, tous solubles et prêts à entrer dans la végétation, lui communiquent une grande vigueur, et les récoltes témoignent de l'excellence de cet engrais.

Schwerz nous apprend encore qu'en Flandre on applique de préférence la suie aux colzas repiqués ; on y emploie par hectare 80 paniers de 34 litres, ou 2,720 litres de suie ; chaque panier vaut 60 c., ce qui porterait le prix de la suie à 1 fr. 70 c. les 100 kilogr. En Allemagne, la suie se paie 1 fr. 50 c. ; ses effets sur les trèfles paraissent très remarquables. D'après la dose d'azote qu'elle contient, la suie de bois aurait, comparativement au fumier à 65 c., une valeur de 2 fr. 60 c. les 100 kilogr. On voit que c'est un engrais à bon marché.

La suie, outre ses propriétés fertilisantes, a encore l'avantage d'éloigner des jeunes pousses les insectes qui les dévorent. On se sert aussi avec succès de sa décoction pour imbiber les glands, les faines, les châtaignes que l'on sème, afin de les préserver des rats qui en sont avides.

§ V. — De l'écobuage.

L'écobuage consiste à enlever la couche superficielle de la terre, celle qui renferme des tiges, des racines de végétaux, à former avec le gazon ou les mottes qui en résultent des espèces de fourneaux auxquels on met le feu pour obtenir, au moyen d'une combustion lente, des cendres et de la terre imprégnées de gaz développés par cette combustion. Au moyen de nouvelle terre dont on charge le fourneau à cet effet, on a soin de fermer toutes les issues à la flamme quand on la voit se faire jour en dehors.

Cette opération capitale est la base de l'agriculture d'une partie de la région montagneuse de la France ; nous en décrivons les procédés en détail en parlant des défrichements ; nous devons ne nous occuper ici que des résultats que l'on en obtient sous le rapport de l'alimentation végétale.

Il faut se garder de confondre l'écobuage avec le brûlement de l'argile. La chaleur produite par la combustion des fibres

végétales mêlées à la terre ne produit nullement les effets de la chaleur rouge à laquelle on soumet l'argile, dans le procédé conseillé par le major Beatson ; elle ne peut ni calciner la chaux, ni faciliter la décomposition des silicates par l'intermédiaire des alcalis, à moins que le feu ne soit mal conduit. On ne peut mieux apprécier les véritables effets de l'écobuage que ne l'a fait Mathieu de Dombasles, que nous nous bornons à citer.

« Dans l'écobuage, on enlève à la surface du sol une croûte de 3 à 6 centimètres d'épaisseur, pénétrée dans toutes ses parties par les racines du gazon qui occupent une partie considérable du volume de la terre et qui le divisent en tous sens en se ramifiant à l'infini ; en sorte que lorsqu'on détermine la combustion de ces racines, il n'est en quelque sorte aucune molécule de terre qui ne se trouve en contact avec ces fibrilles dont les principes constituants se dégagent en partie sous forme de gaz pendant la calcination (*lisez* combustion). Il est très probable que dans ces circonstances la terre, surtout quand elle est argileuse, peut absorber et tenir en état de condensation les gaz qui se présentent à elle dans un contact immédiat et à l'état *naissant* ; c'est du moins ce que l'on peut présumer lorsque l'on rapproche les résultats pratiques de l'écobuage des expériences par lesquelles Th. de Saussure a montré que la terre, ainsi que d'autres corps poreux, peut, dans certaines circonstances, absorber une quantité de gaz qui égale plusieurs fois leur volume, et que ces gaz y sont retenus dans cet état de condensation produit par une affinité réelle. Il est facile de concevoir que les substances qui peuvent servir de nourriture aux végétaux sont, sous cette forme, dans un état bien plus favorable pour être absorbées par les racines des plantes, que lorsqu'elles sont disséminées en petite quantité dans l'air qui pénètre le sol, et il est possible que les végétaux puissent se les approprier avec plus de facilité sous cette forme que

lorsque les racines trouvent les substances décomposées à l'état de simple solution dans l'eau dont la terre est imprégnée¹. »

On peut ajouter que la décomposition de ces fibres n'ayant lieu que graduellement, les sucres fournis à chaque période de la végétation sont en trop petite quantité pour que leurs effets puissent être discernés, tandis que l'écobuage met sur-le-champ en activité et à portée des plantes la totalité des principes élémentaires nutritifs que renfermaient les parties végétales brûlées.

Sous l'influence des idées purement théoriques, on a longtemps blâmé l'écobuage. On le regardait comme destructif du terreau qui, dans les idées reçues, était la condition essentielle de la fertilité. Le terreau, corps ordinairement très composé, renferme en effet le plus souvent tous les éléments de la nutrition végétale ; mais, avant de condamner l'écobuage, il aurait fallu examiner dans quel état ces éléments s'y trouvent et dans quel état l'écobuage les y laisse. Depuis longtemps des faits que nous avons sous les yeux ne nous permettaient pas de douter de son efficacité agricole ; nous avons vu dans les paluds de Saint-Remy (Bouches-du-Rhône) des terres ensemencées constamment en blé depuis dix ans, constamment écobuées après chaque récolte, donner des produits toujours satisfaisants ; mais aussi nous avons pu voir que les effets de l'écobuage étaient faibles quand, au lieu d'un terrain bien gazonné, on avait brûlé seulement les chaumes et les racines de froment avec la croûte entière de la terre. Ces faits, nous les avons observés et vérifiés dans une foule de localités ; partout il nous a paru évident que les effets de l'écobuage étaient en rapport avec la masse de parties végétales qui entraient dans la combustion ; qu'il ne fallait le répéter que quand les végétaux s'étaient reproduits, et qu'il fallait s'arrêter dès que la

(1) *Annales de Roville*, t. V, p. 360.

terre cessait d'être garnie d'une quantité suffisante d'herbe.

Ainsi, principe général, il ne faut écobuer que les terrains riches en plantes, en racines, en tiges et en terreau, sinon le résultat ne paie pas les dépenses de l'opération.

Si l'on ajoute à ces avantages ceux qui résultent de l'état physique du terrain quand il est argileux et qu'une partie de l'argile, devenue incapable de faire pâte avec l'eau, le rend plus léger et moins tenace, on comprendra toute l'efficacité de l'écobuage.

§ VI. — Substances minérales propres à fournir aux plantes des aliments azotés.

Plusieurs substances minérales sont mélangées de matières azotées qui les rendent propres à être employées comme engrais ; telles sont les terres salpêtrées des caves, des bergeries, des cimetières, des abattoirs ; celles qui se salpêtrant naturellement à l'air ; enfin toutes celles qui ont reçu accidentellement des excréments et des émanations animales. Leur valeur comme engrais consiste dans la proportion d'azote qu'elles contiennent, et qu'il faut doser pour chaque cas particulier. Elles peuvent d'ailleurs avoir une valeur comme amendement.

La tangue et le merl que l'on va recueillir sur les bords de la mer en Normandie et en Bretagne, et que l'on transporte dans l'intérieur, tirent leurs principales propriétés des débris animaux et des parties calcaires qui y sont mêlés.

La tangue ou trez est un sable fin, composé de carbonate de chaux, de silice pure et d'argile comme éléments dominants, auxquels s'associent des débris organiques et du sel marin comme éléments accessoires. Quand il a été purgé de sel marin, il donne près du quart de son poids en chaux ; mais sa partie calcaire finit par se perdre et disparaître complètement, et elle manque en effet si la tangue est prise sur le rivage loin de la

mer; alors aussi les substances organiques étant entièrement décomposées, cette substance prend le nom de *trez mort*.

La tanguie forme le sol des anses et plages en pente douce, elle est particulièrement utile aux terres fortes; on l'associe toujours avec du fumier ou des goëmons; on l'emploie à raison de 40,000 kilog. par hectare pour la première fumure, et on l'entretient ensuite par une petite dose donnée tous les trois ans; on ne recommence à donner la forte dose que quand le sol a perdu sa fertilité.

La tanguie est difficile à transporter, à cause de la finesse de ses particules qui la fait tamiser à travers les fentes de la voiture¹.

Dans une intéressante note qu'il nous a transmise, M. Girardin ajoute qu'à mesure que l'on avance vers Coutances, en partant de Saint-Lô, la route se couvre de petites voitures longues et étroites, traînées par un attelage mi-partie de chevaux et de bœufs; ces voitures rapportent la tanguie de la côte, où elles la chargent, pour ainsi dire, gratuitement. C'est une substance précieuse pour les cultivateurs qui ont un court trajet à faire; mais quand elle doit être transportée à 20 ou 25 kilom., sa valeur n'est plus en rapport avec son véritable prix de revient; néanmoins le cultivateur Bas-Normand, si rude à la peine et si économe de ses deniers, ne tient aucun compte de son temps, de la fatigue de ses animaux, de l'usure de ses voitures; il ne comprend pas encore que cela constitue un capital important, dont il devrait être plus ménager peut-être que de son argent monnayé.

On lave la tanguie pour la dépouiller d'une partie du sel marin qu'elle contient; le sel n'arrêtant plus alors la putréfaction des parties animales, elle doit être employée immédiatement, sans quoi elle n'agirait plus que par ses parties calcaires.

(1) *Agriculture de l'ouest*, t. III, p. 213 et suiv.

D'après M. Vitalis, qui a analysé la tangué vive et morte, elle contiendrait :

	Vive	Morte
Eau.	6,00	3,50
Oxyde de fer.	0,60	1,10
Sable micacé.	20,30	40,00
Argile.	4,00	3,50
Carbonate de chaux.	66,00	47,50
Perte.	3,10	4,40
	100,00	100,00

MM. Boussingault et Payen ont trouvé 0,14 d'azote dans la tangué de Roscoff desséchée. On en emploie par hectare 40,000 kilogr., contenant 52 kilogr. d'azote, l'équivalent de 13,000 kilogr. de fumier de ferme. Pour avoir de l'avantage à s'en servir, il faut donc que les frais de transport ne dépassent pas 42 c. le quintal métrique; c'est ce qui borne le cercle où son emploi est possible.

Le merl est un gros sable de forme vasculaire, gris étant sec, jaune et rougeâtre quand il est humide, formé en entier de petits coraux, et habité par des milliers de *millepores*. Il se trouve surtout à l'embouchure des rivières où il se forme des dépôts de vase. On le trouve à Morlaix, à Brest, à l'embouchure de la rivière de Quimper. On l'extrait au moyen de la drague, depuis la mi-mai jusqu'à la mi-octobre. Il ne se forme qu'avec lenteur et l'on s'aperçoit de l'épuisement des bancs exploités. Il est transporté jusqu'à 16 et 20 kilomètres à l'intérieur. On le vend par tas de 7,000 kilogr. Il pèse 3,500 kilogr. le mètre cube. Son usage est très ancien en Bretagne.

Employé en grande quantité, il est nuisible au sol. On en met généralement 7 à 14 mille kilogr. par hectare et davantage encore si la terre est humide et profonde. Selon la nature du terrain et la quantité de merl employé d'abord, on renouvelle l'opération tous les 3 ou tous les 8 à 9 ans. L'usage du merl ne dispense pas de celui du fumier.

Sur les terres où manque le calcaire, il est évident qu'il agit par ce principe qu'il possède abondamment. On assure que le merl ne convient pas à la culture des plantes bulbeuses¹.

MM. Boussingault et Payen ont dosé la matière de Morlaix et lui ont trouvé, à l'état sec, 0,42 pour 100 d'azote; mais quand on la prend sur le bord de la mer, elle doit retenir la moitié de son poids d'eau au moins, et ne doit plus avoir que 0,20 ou 0,21 d'azote. On la vend à Morlaix à raison de 11 ou 14 c. les 100 kilogr. C'est donc un engrais à très bon marché; les frais de transport et l'épuisement des bancs de merl peuvent seuls limiter cette exploitation.

SECTION V. — *Engrais composés.*

Arrivé au point où nous sommes parvenus, Schwerz s'écrie: « Quoi qu'en disent les savantes dissertations sur le sel, la corne et les vieux chiffons, le meilleur engrais consiste toujours dans les déjections animales; car, mît-on en lambeaux toutes les friperies, réduisit-on en poussière tous les sabots et toutes les cornes d'animaux, obligeât-on toute la population d'un état à marcher nu-tête pour convertir tout cela en engrais, combien de mille hectares parviendrait-on à fumer avec ces ressources? » Quoique les détails dans lesquels nous sommes entrés jusqu'ici prouvent que ces ressources ne sont pas à dédaigner, et que plusieurs d'entre elles ont une utilité très réelle, surtout à cause du petit volume dans lequel y sont condensées les matières fécondantes et du grand nombre de positions agricoles où les engrais ne se produisent pas en proportion de la consommation, cependant nous arrivons à la même conclusion que lui. C'est sur les engrais de ferme composés de déjections animales que nous devons surtout compter

(1) *Agriculture de l'ouest*, t. III, p. 213 et suiv.

pour maintenir la terre en produit, et c'est de ceux-ci que nous allons traiter maintenant.

Les fumiers d'étable se composent généralement d'un excipient qui prend le nom de *litière*, parce qu'il sert à former le lit des animaux. Pour remplir parfaitement son but, la litière doit être absorbante et ne pas adhérer au corps de l'animal. Si ensuite elle possède par elle-même des propriétés fertilisantes, elle ajoute à la valeur du fumier tout en augmentant sa masse. C'est ce qui a fait choisir les pailles, les feuilles d'arbre, les fougères, les roseaux, le buis, la sciure de bois, de préférence à des substances inertes, comme la terre, le sable, qui, n'ayant par elles-mêmes aucune vertu fécondante, ont en outre l'inconvénient de s'attacher au poil et à la peau, et de nécessiter de fréquents pansages, pour maintenir les grands animaux propres et en bon état, ou de souiller la laine des moutons, en la rendant plus pesante et d'une vente moins facile.

Nous croyons cependant que cette exclusion, assez naturelle pour les chevaux de luxe, ne devrait pas être aussi absolue pour ceux de travail et de rente. Déjà M. Malingié, dans sa belle exploitation de la Charmoise (Loir-et-Cher), a donné l'exemple en grand de l'usage de la marne pour servir de litière à ses animaux. Le haut prix auquel l'usage général de la paille a fait monter cette substance lui procure un notable bénéfice à la faire consommer par les animaux, au lieu de la convertir en fumier. En effet, la valeur de 100 kilogr. de paille, qui dose 0,35 p. 100 d'azote, n'est réellement pas de plus de 0^f,58 pour son azote, tandis qu'elle se vend presque partout 3 fr., c'est-à-dire cinq fois son prix véritable. Quelque valeur que l'on suppose à ses parties charbonneuses, elles sont loin d'atteindre à cette différence de prix. Il y a donc avantage à vendre sa paille et à faire usage de litières terreuses. Mais si on se borne à les faire consommer par les animaux, elles retournent à l'état de fumier, n'ont gagné à cette transformation qu'un

peu plus de facilité à se décomposer, et sont peu nutritives. La substitution de la terre à la paille pour litière ne convient, selon nous, qu'à ceux qui manquent de fourrage et sont réduits à mal nourrir leurs animaux pendant une partie de l'année, ou à ceux qui ont près de chez eux un marché avantageux pour y vendre leurs pailles. Ils ne doivent pas hésiter alors à prendre ce parti, pourvu que ce soit pour en employer le prix à acheter des engrais.

La litière de marne ou de terre calcaire a aussi cette propriété d'absorber les gaz ammoniacaux et d'arrêter leur déperdition. Les fumiers de M. Malingié sont sans odeur. Ce seul avantage compenserait les soins de pansage que les animaux exigent chaque matin pour les tenir parfaitement propres et ceux que nécessite l'enlèvement instantané des parties de cette litière qui seront souillées par leurs excréments. Elles sont rangées en arrière des animaux et transportées ensuite au tas de fumier. Les animaux préfèrent évidemment coucher sur cette molle surface plutôt que sur la paille, et leur choix est bientôt fait si l'on couvre chaque moitié de l'écurie de l'une ou de l'autre de ces litières.

Enfin, on a choisi aussi l'eau comme excipient des engrais, pour mêler et dissoudre par son moyen les différentes parties des engrais, et les mettre dans un état convenable de fermentation. Dans ce cas on a des *engrais liquides*.

§ 1^{er}. — Engrais solides; préparation.

Le rapport de la quantité de litière aux déjections animales constitue la plus ou moins grande valeur des fumiers également humectés, puisque les excréments sont plus azotés que les matières végétales qui forment la litière. Si l'on voulait toujours obtenir le meilleur fumier, on ne devrait employer que le *minimum* de litière. C'est ainsi que l'on devrait faire

si les fourrages étaient rares et que l'on pût employer plus utilement à la nourriture des animaux une partie des végétaux consacrés ordinairement aux litières. Mais cette économie doit s'arrêter au point où les litières ne suffiraient pas pour absorber complètement les urines, que l'on laisserait perdre dans les rigoles des étables, car on se priverait ainsi de la partie la plus riche de l'engrais, à moins qu'on ne les recueillît à part dans des réservoirs particuliers. C'est alors une méthode mixte qui consiste à allier la fabrication des engrais solides à celle des engrais liquides.

Pour le cheval, la quantité de litière sèche doit être à peu près égale au poids du fourrage consommé. Les bêtes bovines en exigent davantage, et les porcs plus encore, à cause de la grande liquidité de leurs excréments. Quant aux moutons, leurs crottins étant généralement secs, ce n'est que pour recueillir leurs urines qu'on leur fournit de la litière, et souvent on la remplace par des terres bien sèches. Si l'on employait des terres humides, on risquerait d'altérer leur santé.

Le fumier est d'autant plus disposé à la fermentation que les litières sont plus triturées, subdivisées, mêlées avec de nouvelles déjections. Aussi l'usage de beaucoup de fermes est-il de ne l'enlever que toutes les semaines, et au plus deux fois la semaine. Cet usage, très favorable à la bonne qualité des fumiers, est nuisible aux animaux, à cause des vapeurs ammoniacales qui s'élèvent des matières entassées. Il est préférable d'enlever le fumier tous les jours, en relevant et resserrant la paille qui n'a pas été souillée par les excréments.

Plus la litière a été divisée, et plus elle est susceptible de s'emparer des sucs liquides, de les incorporer dans ses tissus, de les recevoir dans ses cavités. Aussi brise-t-on souvent les pailles longues avant de les mettre sous les animaux.

Le fumier doit être transporté, à l'aide de la brouette, de l'écurie aux lieux où on l'entasse. Le tas doit être formé dans

une place qui soit à l'abri de l'irruption des eaux pluviales, et non dans un lieu bas où elles affluent. L'aire de la place à fumier sera légèrement inclinée vers son centre, mais avec une faible inclinaison. Vers la ligne centrale qui est la plus basse, on pratiquera un puisard maçonné de 1 mètre de profondeur, garni à son ouverture d'un grillage en bois. C'est là où se rendront les eaux qui filtrent du fumier. En outre, on y amènera à volonté par des conduits couverts l'eau d'un puits ou d'un ruisseau, afin de ne manquer en aucun temps du liquide nécessaire pour arroser le fumier. Une pompe plongera au fond du puisard pour y prendre l'eau et la déverser sur le tas. On peut aussi établir sur son bord une guérite à latrine.

Le fumier sorti de l'écurie doit être étendu bien uniformément sur le tas, et continuellement pressé par le va-et-vient des brouettes. On empêchera, en le foulant ainsi, l'accès de l'air qui hâte la fermentation, la formation des vides où s'engendre la moisissure, ou le blanc qui cause une grande détérioration dans la qualité de l'engrais. Le fumier sera arrosé, aussi souvent que l'on s'apercevra de l'augmentation de sa chaleur, avec le liquide réuni dans le puisard ; on l'en retire avec la pompe, et on le dirige sur les différents points du tas, au moyen d'auges en bois à pieds inégaux pour leur donner de la pente de l'avant à l'arrière. Ces auges s'adaptent les unes aux autres, de manière à pouvoir parvenir aux points les plus éloignés du tas de fumier.

§ II. — Fermentation.

Ainsi entassé, la fermentation s'établit dans le tas de fumier ; il s'échauffe, ses parties aqueuses s'évaporent, et des gaz de plusieurs espèces se dégagent ; son volume diminue sensiblement, les matières tendent de plus en plus à se convertir en une masse homogène par les progrès de la décomposition de

ses différents composants. Essayons de nous rendre compte de l'état où se trouve le fumier au point de départ et au point d'arrivée de cette fermentation.

Si nous prenons un fumier d'écurie, sans excès de paille, produit par des chevaux nourris au foin et à l'avoine, qui ait été encore peu arrosé et qui soit au commencement de sa fermentation, nous trouverons qu'il contient environ 60 d'eau, 30 de matière organique et environ 10 de matière inorganique. Un pareil fumier provenant des auberges de roulage du midi a fourni à l'analyse 0,796 parties d'azote par 100; et desséché dans le vide, 2,07 d'azote par 100.

M. Gazzeri a fait des expériences pour constater la perte qu'éprouvait le fumier pendant la fermentation¹. Il a rempli une chaudière de cuivre à peu près aux deux tiers avec 40 livres poids de Florence de fumier, l'a placée dans un lieu clos, l'a couverte d'une toile grossière surmontée de paille. Ainsi la masse du fumier n'était pas très grande, l'accès de l'air était difficile et la perte des principes ne pouvait être abondante; à la dernière période de l'expérience, la chaudière fut découverte. La diminution de la masse a suivi la progression suivante :

	Poids.	Différence pendant l'intervalle.	Différence par jour.
21 mars	1000	225	4,68
18 mai	775		
18 juin	704	71	2,36
6 juillet	653	51	2,83
18 juillet	455	198	16,50

Ainsi la masse a diminué de plus de moitié en 119 jours; cette diminution s'est maintenue assez égale, sans de grandes variations, tant que la chaudière a été couverte, mais elle s'est beaucoup accrue à l'air libre, et l'on peut supposer qu'elle eût été plus considérable dès le commencement, si l'expérience avait eu lieu sans couverture.

(1) Gazzeri, *Degl' ingrassi*. Florence, 1819.

Pendant ce temps, que se passait-il relativement aux éléments de la masse? Pour le trouver, M. Gazzeri opérait une analyse grossière que l'on pourrait appeler plutôt une lévigation. Il séparait l'eau des fibres végétales, de la matière molle et des parties solubles du fumier, et voici les résultats de cette recherche :

	Masse.	Eau.	Parties fibreuses.	Matière molle.	Parties solubles.	Rapport des parties fixes aux parties solubles.
21 mars.	10000	7081	1533	1124	267	10000 : 1006
18 mai	10000	6824	1599	1341	233	10000 : 792
18 juin	10000	6958	1508	1275	236	10000 : 847
6 juillet	10000	6834	1466	1441	258	10000 : 887
18 juillet	10000	6631	1400	1367	381	10000 : 1376

En combinant les résultats de ces deux tableaux, nous trouvons que le 21 mars le poids étant de 10,000, le fumier avait 1006 parties solubles, mais qu'au 18 juillet la masse réduite à 4550 possédait 1376 parties solubles; il ne restait plus que 455 de celles qui existaient primitivement; le nombre de ces parties avait diminué dans la même proportion que la masse. Ainsi, réduction du poids et des particules solubles de moitié en trois mois malgré les précautions prises contre l'évaporation, tel est le résultat de ces recherches.

M. Gazzeri n'a pas fait l'analyse des gaz, et se borne à nous affirmer que les caractères d'animalisation du fumier avaient disparu, et qu'il n'avait plus l'odeur caractéristique qui accompagne la combustion des matières animales. Nous avons cru devoir compléter son expérience qui laissait trop de doute sur la valeur réelle du fumier qui avait fermenté. Pour cela, M. de Mirbel nous a remis du fumier de couche épuisé, qui avait cessé d'émettre la chaleur qui annonce la continuation de la fermentation. L'analyse en a été faite par M. Payen qui a trouvé qu'il ne contenait plus que 31,34 p. 100 d'eau; sa combustion laissait 39,50 p. 100 de résidus; desséché dans le vide, il a donné 1,577 p. 100 d'azote, au lieu de 2,070 que contient le fumier

n'ayant qu'un commencement de chaleur; il y a donc eu une perte de 0,493 d'azote sur la masse restante; mais cette masse étant réduite de 10000 à 4550 devait contenir 4,549 d'azote si elle avait conservé tout celui de la masse primitive réduite à 1,577; elle a donc perdu 0.65 de son azote primitif, c'est-à-dire les deux tiers. Ainsi la déperdition de l'azote a été encore plus précipitée que celle des autres principes du fumier.

Il y a donc une illusion complète de la part des cultivateurs, qui, trompés par l'apparence d'homogénéité du fumier consommé, pensent qu'il a acquis une plus grande valeur; la fermentation avancée, il a perdu plus de la moitié de sa masse, plus de la moitié de ses principes solubles, et les deux tiers de son azote. Ce qui reste consiste principalement en principes carbonisés.

Au reste, cette erreur a été partagée par un grand nombre de bons esprits; Schwerz lui-même n'en est pas à l'abri. Il nous dit que la diminution du volume du fumier ne fait que concentrer sa force sans l'augmenter, et que la quantité d'engrais qui se trouvait dans quatre voitures de fumier frais se retrouve le même, avec la même force, au volume près, après la décomposition, dans deux voitures ou dans une seule. Il reste évident, ajoute-t-il, que la décomposition du fumier n'augmente pas sa force ou sa qualité. Mais à peine a-t-il achevé de prononcer ce jugement, que le remords le prend, et il croit devoir dire que cette donnée est trop favorable, et qu'il doit y avoir perte, non-seulement en quantité, mais encore en qualité¹. Les incertitudes d'un si bon esprit doivent nous faire sentir l'importance des secours que l'agriculture peut attendre de la méthode expérimentale, source de tous les progrès des arts modernes.

Si l'on voulait parvenir à réduire les frais de transport, ce ne serait donc pas par la fermentation que l'on pourrait arriver à une diminution de la masse à transporter, mais plutôt par la

(1) *Préceptes d'agriculture pratique*, p. 250.

dessiccation. Que l'on songe, en effet, que c'est parce que le fumier des auberges du midi a près de moitié moins d'humidité que le fumier qualifié de normal par MM. Boussingault et Payen, qu'il l'emporte aussi de moitié par sa valeur, car les deux-fumiers desséchés ont à peu près le même dosage. On préviendrait ainsi la fermentation et la déperdition de l'azote. Mais comme cette opération n'est pas toujours facile, c'est par un autre moyen que l'on s'oppose à l'évaporation des gaz azotés. C'est celui qui est employé en Suisse, et qui est indiqué par M. Schattenmann¹. L'exposé de cette méthode complètera ce que nous avons à dire sur la bonne préparation du fumier. Elle consiste à mettre en contact des sulfates avec les gaz ammoniacaux pour les convertir en sulfate d'ammoniaque qui ne sont pas volatils.

On peut aussi employer l'acide sulfurique, mais il peut en résulter des accidents, et il est moins facile à manier que le sulfate de fer, dont le prix est d'ailleurs peu élevé (8 à 10 fr. les 100 kilogr. en petits cristaux). Le sulfate de chaux, qui serait encore à meilleur marché, a l'inconvénient de provoquer le dégagement d'une grande quantité de gaz hydrogène sulfuré dont l'odeur est fort incommode. Quant au sulfate de fer, aussitôt qu'il est en contact avec les matières animales, il se fait une double décomposition; l'acide sulfurique se combine avec l'ammoniaque et forme un sulfate d'ammoniaque fixe; le fer se combine avec le soufre et forme du sulfure de fer. Toutes les émanations désagréables cessent aussitôt. M. Schattenmann verse sur ces matières une dissolution de sulfate de fer marquant 2 degrés à l'aréomètre, en ayant soin que le principe alcalin reste prédominant. Pour s'en assurer, il suffit de prendre une goutte d'eau saturée et d'y porter une solution faible de cyanure de potassium; si le sulfate de fer est en excès, il se forme aussitôt du bleu de Prusse.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XIV, p. 274.

Ainsi, selon la nature des engrais que l'on aurait à traiter, on fera l'essai de la dissolution; on prendra un ou plusieurs kilogr. d'engrais, on les arrosera d'une quantité suffisante de solution saline, et l'on éprouvera l'eau qui en dégouttera; on s'arrêtera alors à une dose inférieure à celle qui a déterminé la formation du bleu de Prusse.

En déposant le fumier par couches, comme nous l'avons indiqué, on répand sur chaque couche la dose nécessaire de dissolution de sulfate de fer. M. Schattenmann monte ainsi ses tas à 3 ou 4 mètres sans craindre l'excès de la fermentation et la déperdition du gaz. On obtient par ce procédé un fumier d'une grande énergie; les parties végétales se décomposent, les parties animales se modifient, et l'engrais ne perd aucune de ses propriétés. L'azote se trouve concentré dans le sulfate d'ammoniaque, et si le fumier se réduit de volume, il ne s'en élève que de la vapeur d'eau et du gaz acide carbonique, mais il conserve toutes les substances fertilisantes.

§ III. — Qualité et valeur des fumiers.

Les fumiers d'étable, composés de tant de matières différentes, forment un ensemble de principes très composé. M. Bracconnot, analysant un fumier réduit en masse pâteuse, connu des cultivateurs sous le nom de *beurre noir*, y a trouvé les principes immédiats suivants :

1° Eau	72,20
2° Carbonate d'ammoniaque (quantité variable indéterminée)	?
3° Azulmate de potasse, contenant un peu d'azulmate d'ammoniaque	1,15
4° Matière grasse, cirreuse, unie à la potasse et à l'ammoniaque	0,08
5° Carbonate de potasse.	0,06
<i>A reporter.</i>	73,49

(1) *Annales de chimie*, 3^e série, t. XII, p. 212.

	<i>Report.</i>	73,49
6°	Chlorure de potassium	0,21
7°	Pailles converties en tourbe	12,40
8°	Matière tourbeuse très divisée	3,63
9°	Carbonate de chaux	3,30
10°	Phosphate de chaux	0,45
11°	Sable quartzeux grossier	3,00
12°	Matière terreuse indéterminée	3,52
13°	Sulfate et phosphate de potasse	traces.
		100,00

M. Boussingault a, de son côté, analysé avec beaucoup de soin les fumiers de ferme pour en connaître les principes élémentaires. Il a trouvé qu'en moyenne ils retenaient 0,793 d'humidité au moment où on les transportait sur les terres et qu'ils étaient composés de la manière suivante :

Eau	793
Carbone	74
Hydrogène	9
Oxygène	53
Azote	4
Cendres	67
	1000

ou à l'état sec :

Carbone	358
Hydrogène	42
Oxygène	258
Azote	20
Cendres	322
	1000

Les cendres ont présenté les éléments suivants :

Acide	carbonique	20
	phosphorique	30
	sulfurique	19
	Chlorure	6
	Silice, sable, argile	664
	Chaux	86
	Magnésie	36
	Oxyde de fer, alumine	61
	Potasse et soude	78
		1000

Ainsi 1,000 parties de fumier à l'état sec et à l'état humide étaient ainsi composées :

	État sec.	État humide.
Eau	"	793,000
Carbone	358,000	74,000
Hydrogène	42,000	9,000
Oxygène	258,000	53,000
Azote	20,000	4,000
Acide { carbonique . . .	6,440	1,340
{ phosphorique . .	9,660	2,010
{ sulfurique . . .	6,118	1,273
Chlore	1,932	0,402
Silice, sable, argile . . .	213,808	44,488
Chaux	27,692	5,762
Magnésie	11,592	2,412
Oxyde de fer, alumine . .	19,642	4,087
Potasse et soude	25,116	5,226
	1000,000	1000,000

Les différents fumiers sont loin d'avoir les mêmes qualités et la même valeur. La variété des animaux que l'on élève dans les fermes, celle de leur nourriture dans les différentes saisons, la mauvaise tenue des places à fumier qui ne sont pas à l'abri des eaux pluviales et en reçoivent souvent, en surcroît de l'écoulement des toitures de bâtiments, les débris divers que l'on y entasse, rendent les qualités de fumier très diverses, et s'il était convenable de prendre pour type un fumier normal, on ne pourrait pas plus mal choisir que d'aller l'y chercher. De tous les fumiers, celui qui est le plus uniformément préparé est celui des auberges de rouliers qui, d'un bout de la France à l'autre, donnent la même nourriture à leurs chevaux; c'est ce qu'on appelle *l'ordinaire*. Nous possédons dans le midi une auberge d'où est tiré celui que nous avons soumis à l'analyse. Après un commencement de fermentation, il contient 60,58 d'eau sur 100 parties; il pèse 660 kilogr. par mètre cube, et quand il est bien entassé sur la voiture qui le transporte, 820 kilogr. Après la combustion, il reste 27,50 p. 100 de cendres. D'après l'analyse

de M. Payen, il contient, desséché dans le vide, 2,083 p. 100 d'azote; à l'état normal avec son eau, 0,796.

MM. Boussingault et Payen ont analysé aussi un fumier de la ferme de Bechelbron, près de Haguenau. C'est ce qu'ils ont nommé leur engrais *normal*. Celui-ci est composé, comme nous l'avons vu plus haut, des déjections de tous les animaux de la ferme; il a 79,3 d'eau, n'a que 0,40 p. 100 d'azote dans cet état, mais complètement desséché, il en présente 1,95. On ne s'éloigne donc pas beaucoup de la vérité en disant que généralement nos fumiers de toute espèce présentent à l'état sec environ 2 p. 100 d'azote, et qu'ils ne diffèrent guère entre eux (à moins qu'on n'ait fait abus de la litière ou que l'on ne les ait chargés de terreau et de débris végétaux) que par la quantité d'eau qu'ils renferment. On pourrait donc convenir, sans inconvénient, que le fumier *normal* serait celui qui, à l'état sec, renfermerait environ 2 p. 100 d'azote. Et comme la différence de la valeur des différents fumiers tient principalement à la proportion d'eau qu'ils contiennent, si on les dessèche complètement avant de les analyser, on pourra les comparer rigoureusement. Le fumier de MM. Boussingault et Payen valant 100, celui des auberges vaudra 197.

Le prix vénal de ce dernier dans le midi est en ce moment de 1 fr. 30 c. les 100 kilogr. Ainsi le prix du fumier de ferme serait de 66 c. C'est sur ce pied que, dans cet ouvrage, nous avons établi les comparaisons numériques.

§ IV. — Engrais liquides.

Nous avons déjà parlé de l'engrais liquide ou *lizier*, que l'on compose en faisant arriver les urines dans une citerne où elles sont mélangées d'eau; mais l'engrais liquide complet de la Suisse et de plusieurs parties de l'Allemagne est formé de la totalité des déjections animales que l'on pousse dans la citerne.

Pour faire régulièrement l'engrais liquide tel qu'on le pratique à Zurich, pays classique de cette méthode, l'étable doit être pavée de madriers, avec une assez forte pente de l'avant à l'arrière. Immédiatement derrière les animaux se trouve une rigole de 3 décimètres de largeur sur 2 de profondeur, et qui aboutit à cinq citernes d'une dimension suffisante pour recevoir chacune le lizier d'une semaine. Elles sont enterrées dans le sol et rendues imperméables à l'eau. Chaque rigole se ferme à son extrémité par une palette en bois. L'urine coule naturellement dans la rigole, on y fait tomber tous les excréments avec un balai; alors on la remplit d'eau, on agite les matières pour les délayer, on ouvre la palette, et l'on fait écouler tout le liquide dans la citerne. Quand la fermentation s'annonce par la présence de bulles à la surface des liquides, on y jette du sulfate de fer pour s'emparer des gaz ammoniacaux; souvent on remplace cette substance par de l'acide sulfurique. A la fin du mois, la quatrième citerne étant pleine, on vide la première; au moyen d'une pompe, on remplit du liquide qu'elle contient des tonneaux posés sur des chars, et on le répand sur les champs ou sur les plantes en végétation. On procède successivement de même et de semaine en semaine pour les autres.

On conçoit que la vertu de cet engrais est en rapport direct avec la quantité d'urines et d'excréments qu'on y a mélangée. On n'a pas encore essayé de doser l'azote de l'engrais liquide de la Suisse, dont on vante les bons effets. On peut rendre la fumure plus ou moins forte, en augmentant ou diminuant la dose que l'on en applique aux terres; mais l'on n'a encore à cet égard que des données empiriques. Schwerz, qui a décrit en détail la pratique de cet engrais, fait observer qu'il ne faut pas mêler au liquide le marc solide du fond du réservoir, si l'on veut le répandre sur les jeunes plantes. Il a trouvé que ce marc épais formait une croûte qui s'attachait aux plantes, gênait

leur croissance, et que, tombé sur la terre ensemencée, il empêchait les graines de lever. Plus tard survenait un tissu blanchâtre, probablement une cryptogame, qui couvrait le champ. Ces inconvénients n'avaient pas lieu si le marc était enterré par le labour qui précède les semailles. Il faudrait en conclure que ce n'est qu'à cette époque que le fond des fosses doit être vidé.

Le principal avantage de l'engrais liquide est de présenter aux plantes une nourriture toute préparée qui a des effets immédiats, d'utiliser ainsi la force du fumier à toutes les époques de l'année, sans attendre longtemps avant d'en obtenir les effets; par ce moyen on peut porter secours aux récoltes qui paraissent souffrir, sans rien perdre des éléments fécondants de l'engrais; un de ses avantages est enfin de pouvoir suppléer en partie ou même entièrement à la litière, dans les pays où la paille est rare, et où on veut la réserver pour la nourriture des animaux. Les inconvénients de l'engrais liquide sont les avances nécessaires pour la construction des écuries et des citernes; les frais qu'exigent les transports des engrais dont la masse est rendue plus considérable par l'addition d'une grande quantité d'eau, ce qui suppose que son adoption ne sera réellement utile qu'à ceux dont les champs sont à portée des fermes; enfin la sujétion habituelle d'enlever à époque fixe, et sans pouvoir s'en dispenser, les liziers déjà faits, pour rendre libres les citernes qui doivent servir au roulement de la fabrication.

La meilleure raison que l'on puisse donner en leur faveur, c'est la prospérité agricole du pays où ils sont en usage. Nous parlerons de la distribution de cet engrais en traitant des cultures.

§ V. — De l'engrais flamand.

Les urines et les excréments humains retirés des fosses d'aisance et conservés dans des citernes voûtées placées au-dessous

du sol constituent ce qu'on appelle l'*engrais flamand*. Ces citernes sont de la contenance de 2 à 3,000 hectolitres, et on les remplit en toute saison, c'est-à-dire lorsque les autres travaux permettent de faire des transports de la ville à la citerne. Pour être d'un bon emploi, il doit avoir fermenté pendant quelques mois. A cet effet, on ne vide jamais entièrement les citernes, et on y ajoute de la matière à mesure qu'on en retire. Les cultivateurs assurent que cet engrais n'éprouve aucune perte dans sa qualité, même par un séjour de trois années. La fermentation lui donne de la viscosité plutôt que de la liquidité.

Cette description de l'engrais flamand, due à M. Kuhlmann, professeur à Lille¹, nous le fait suffisamment apprécier. Il paraît certain que la privation d'air, la basse température des fosses enfoncées dans le sol et bien fermées, rendent la fermentation très lente et expliquent le peu de déperdition de l'engrais pendant une longue durée de temps. A ces notions, il faut ajouter qu'en Flandre on ajoute souvent des tourteaux à cet engrais, pour leur procurer un commencement de désagrégation et augmenter la valeur de la masse.

MM. Payen et Boussingault ont analysé l'engrais envoyé de Lille, et ont trouvé qu'il contenait dans son état normal 0,19 à 0,22 p. 100, ou en moyenne 0,205 d'azote; il coûte 25 c. l'hectolitre pesant 125 kilogr., qui contiennent 0,25 d'azote; la valeur de ce gaz est de 1 fr. le kilogr. Mais le volume à transporter, pour avoir une égale quantité de principes nutritifs, étant double de celui du fumier de ferme, les frais qui en résultent sont considérables. Aussi, dans la banlieue de Lille, compte-t-on le transport pour un prix égal à l'achat et l'entretien des fosses, et le répandage pour un prix double, ce qui ferait revenir l'azote employé à près de 4 fr. le kilogr.

M. Kuhlmann a expérimenté sur une prairie des environs

(1) Kuhlmann, *Annales de chimie*, 3^e série, t. III, p. 88, etc.

de Lille les effets de l'engrais flamand ; celui qu'il employait était moins aqueux que l'engrais tel qu'il est livré ordinairement au cultivateur et tel qu'il a été analysé par M. Payen. Il était même beaucoup plus riche, si l'on en juge par ses effets. La prairie sans l'engrais rendait 4,000 kilogr. de foin avec 21,666 kilogr. d'engrais qui lui coûtait 75 c. les 100 kilogr., et par conséquent en totalité 162 fr. 42 c. tout transporté sur les terres; il a obtenu une récolte supplémentaire de 3,433 kilogr. de foin, valant 274 fr. 64 c. Ce résultat explique bien l'empressement que les Flamands, voisins des villes, mettent à se procurer cet engrais.

§ VI. — Engrais Jauffret.

C'était en Provence que devait naître Jauffret, l'apôtre et le martyr des engrais. Son pays, pauvre en bestiaux, manquant de fourrages et par conséquent d'engrais, voyait son élan agricole arrêté par les effets de son sol et de son climat ; mais auprès de ces terres épuisées existaient de vastes espaces couverts de végétaux sauvages, d'arbustes, de roseaux, etc. ; les habitants les recueillaient, les entassaient, les humectaient, provoquaient leur fermentation et les employaient ensuite comme engrais. Jauffret perfectionna cette méthode en substituant à l'eau, avec laquelle on arrosait la masse des végétaux, une lessive composée de fumiers animaux délayés et de différentes substances salines, salpêtre, cendres, plâtre, suie, etc., qui ajoutent à l'engrais les éléments qui manquaient aux végétaux employés, ou qu'ils ne possédaient qu'en dose insuffisante. Cette marche était bien fondée, et il ne manquait à l'auteur que de mieux connaître la composition des plantes pour faire par son moyen de très bon engrais. Sa recette n'est qu'un tâtonnement où l'on ne saurait blâmer que l'exiguïté des proportions des substances employées. Nous ne pouvons la donner

ici, parce qu'elle a été communiquée aux actionnaires sous le sceau du secret. Tout imparfaite qu'elle est, Jauffret a rendu, en la répandant, un grand service à tous les lieux où l'on possède une masse de végétaux adventices qui ne coûtent que la peine de les ramasser, et en signalant les grandes ressources que l'on peut tirer de leur emploi; ce service justifie les récompenses dont il a été l'objet, et accuse peut-être leur insuffisance.

Après lui, M. Turrel, son disciple, n'a pas tardé à reconnaître, dans ses nombreux voyages de propagande, que les circonstances où les procédés purs de son maître étaient économiquement applicables n'étaient pas communes, et tout en les recommandant pour les pays où l'on peut se procurer à bas prix les éléments végétaux de l'engrais, il a profité des progrès de la science pour composer de nouveaux mixtes convenables aux différents sols et aux différentes cultures. Il n'en a pas publié la composition; mais si nous l'avons bien compris, ils sont principalement salins, et remplissent au moins une des conditions de la nutrition végétale; il ne perdra sans doute pas de vue l'importance des aliments azotés, s'il veut donner à ses engrais composés toute la perfection qu'ils comportent¹.

Dans ces derniers temps, les esprits, tournés vers les améliorations agricoles, ont accueilli et essayé une foule de préparations décorées de noms divers. Comme le secret est toujours la base de ces spéculations, on ne peut prononcer sur chacune d'elles que par le moyen de l'analyse. Il est rare que leur valeur intrinsèque égale le prix qu'on en demande. D'ailleurs, soit mauvaise foi des fabricants, soit vices de manipulation, ces engrais présentent toujours des dosages différents. Les lumières apportées par la chimie agricole feront rentrer

(1) M. Turrel a réclamé contre cette assertion et affirmé qu'il n'avait jamais méconnu la nécessité des principes azotés, que ses engrais contiennent toujours.

toutes ces entreprises dans les bornes du vrai, et enseigneront la prudence aux cultivateurs, l'économie et la régularité des manipulations aux fabricants. Ce commerce devient si vaste que le gouvernement doit à l'agriculture l'établissement de laboratoires d'essais pour vérifier le titre de ces produits. Le Conservatoire des arts et métiers, et plusieurs professeurs de chimie dans les départements, parmi lesquels il faut citer honorablement M. Girardin de Rouen, se sont voués volontairement à cette tâche.

CHAPITRE VIII.

Aliments des végétaux considérés comme contenant du carbone.

La plupart des terrains renferment la quantité de carbone nécessaire pour suffire, avec le concours de l'atmosphère, à l'alimentation des plantes; quelques-uns même, comme les défrichements de bois feuillus, ceux de prairies et pâturages, ceux qui contiennent des tourbes, en renferment une quantité excédante; cependant il est aussi des cas nombreux où les terrains, dépouillés de leur principe charbonneux, ne dégagent pas une quantité d'acide carbonique en rapport avec les besoins de la végétation; on voit échouer alors les engrais azotés, mais dépourvus de carbone, qui ne communiquent que peu de développement aux plantes, tandis que les fumiers composés, et même les terreaux, leur rendent la fertilité qui leur manquait. Comparez les plantes jardinières crues sur un sol sablonneux richement fumé de poudrette et celles qui ont poussé sur un terreau avec le même engrais, et vous serez convaincu de la justesse de ces vues. Cette observation a pu faire illusion aux agriculteurs sur l'importance absolue de ces terreaux, et a servi à leur assigner dans les théories une place supérieure à celle

qu'ils méritent. Mais si aujourd'hui nous savons tout ce que valent les terreaux azotés et le peu de prix de ceux qui ne le sont pas, si nous apprécions bien la facilité d'obtenir de l'acide carbonique en comparaison de la difficulté de se procurer de l'azote, nous ne pouvons cependant nous dissimuler que la végétation souffrirait également de la privation absolue de l'un et de l'autre.

Or, il est des terrains qui manquent complètement de terreau, et d'autres de terreau soluble. Ces derniers sont ceux qui ont été longtemps privés par la sécheresse, ou par toute autre cause, d'une végétation énergique, où le terreau qui existait a achevé sa décomposition et a été réduit en carbone privé d'hydrogène, devenu compacte, pesant, ne pouvant plus se brûler qu'à une chaleur très supérieure à celle de l'atmosphère, n'étant par conséquent plus propre à fournir de l'acide carbonique. Dans les terrains non calcaires, l'acide carbonique ne peut provenir que de la décomposition du terreau; c'est donc surtout dans ceux-ci que les plantes éprouvent la privation de cet élément.

On reconnaît qu'un terrain est privé de fibres ligneuses propres à se décomposer en le faisant bouillir avec de l'hydrate ou du carbonate de potasse. La teinte plus ou moins foncée de la solution indique l'abondance ou l'absence du terreau soluble. Si 5 grammes de terre bouillie dans 2 décilitres de solution alcaline ne donnent qu'une couleur à peine jaunâtre au liquide, on en conclura que l'application d'engrais abondants en fibres ligneuses ou celle de matières calcaires est nécessaire.

On choisit les premiers dans la longue liste que nous venons de dérouler, parmi ceux qui renferment le plus de ligneux; les terreaux, les fumiers de couche épuisés, les masses de végétaux fermentés, l'engrais Jauffret, les tourbes préparées, les semis de plantes enfouies en vert, tels seront les re-

mèdes efficaces pour le mal que l'on veut guérir. C'est dans de telles circonstances que l'on a observé les miracles des engrais verts, et surtout du lupin. D'ailleurs, plus ces engrais possèdent d'azote joint à la fibre ligneuse, et plus ils seront utiles et énergiques; car un terrain qui manque de matière charbonneuse est ordinairement encore plus dépourvu d'azote.

M. de Villeneuve a proposé de se servir, pour rendre du carbone au terrain, des charbons altérés et demi-fermentés fournis par la partie superficielle des couches de charbons, de sorte que les travaux de première découverte des mines permettent d'extraire à très bas prix des masses considérables de charbons engrais. Ces charbons ainsi altérés deviennent éminemment poreux, propres à condenser les sucs fertilisants des fumiers et ceux de l'atmosphère; ils se tiennent en forte proportion d'eau (40 p. 100 de leur poids); on peut les animaliser en les mêlant à des substances azotées et en leur donnant ainsi les qualités qui leur manquent ¹.

Quand les charbons ne sont pas entièrement altérés et que l'on dispose de beaucoup de débris, on leur fait subir une combustion lente en les arrosant avec des lessives chargées de sels oxydants, comme les chlorures et sulfates de potasse, desoude, de chaux, etc.

Mais au moins ne faudrait-il jamais employer ces charbons sans les mélanger avec des matières calcaires ou des cendres propres à neutraliser les parties pyriteuses de ces charbons.

Pour enrichir un hectare d'un aliquote de 5 p. 100 du poids de sa couche jusqu'à 0^m,20 de profondeur, il faudrait y transporter près de 2,500 kilogr. métriques de ce charbon. Il sera facile de faire le calcul de la dépense pour chaque position. Mais l'on aurait ainsi pourvu et pour longues années le sol d'un élément important, soit qu'on le considère comme élément nutritif, soit qu'on le regarde seulement comme pro-

(1) *Journal d'agriculture pratique*, t. VII, p. 72 et suiv.

pre à condenser le gaz des engrais, l'humidité des terrains, ou à augmenter sa faculté d'absorber la chaleur par la coloration qu'il lui communique.

Quand on n'a pas de matière ligneuse ou herbacée à sa disposition, on peut se procurer l'acide carbonique qui manque au terrain par l'application de la marne ou du carbonate de chaux. On se rappelle ce que nous avons dit dans la première partie, en parlant de ces substances; on sait que la chaux qu'ils contiennent se transforme progressivement en bicarbonate, qui, dissous dans l'eau, passe dans les plantes en leur fournissant à la fois la matière calcaire et l'acide carbonique; nous parlerons plus au long de cette application, quand nous en serons aux aliments calcaires.

CHAPITRE IX.

Aliments des végétaux considérés comme contenant des alcalis minéraux.

Les alcalis minéraux, la soude et la potasse entrent toujours dans la composition des végétaux, et la petite quantité de ces substances que renferment beaucoup de sols, la difficulté que l'on entrevoit à ce qu'elles s'y renouvellent, font aisément comprendre qu'elles sont au nombre des suppléments les plus utiles que l'on puisse leur fournir. L'expérience a depuis longtemps prouvé que les éléments alcalins, tels que les cendres, produisaient les effets les plus marqués sur la végétation.

Pour reconnaître si un terrain manque de ces éléments alcalins sans se livrer à une pénible analyse, on en prend une petite portion que l'on fait chauffer au bain d'huile pour faire évaporer l'ammoniaque qu'elle pourrait contenir; on la porphyrise exactement, on rougit un papier de tournesol par un

acide faible, on l'humecte, et on place la poussière sur ce papier; si le terrain renferme de la potasse ou de la soude, la couleur rouge du papier sera promptement ramenée au bleu.

Si l'on voulait s'assurer si c'est de la potasse ou de la soude que renferme le terrain, il faudrait faire l'analyse indiquée à la page 58.

Si, après ces essais, on reconnaît que le terrain manque de ces deux alcalis, ou de l'un ou de l'autre, on aura recours à l'art pour les lui procurer. Nous allons parcourir la série des substances qui les contiennent, et que l'on peut obtenir le plus facilement.

SECTION I^{re}. — *De la potasse.*

§ I^{er}. — Potasse du commerce.

La potasse du commerce est un mélange de différents sels de potasse et de matières étrangères. C'est le sel le plus commun, et celui dont le prix permet l'usage en agriculture. La potasse s'y trouve dans des proportions très variables, de 25 à 65 p. 100. Il est donc bien important d'en déterminer la richesse, ce que l'on fait au moyen de l'alcalimètre de Descroizilles. Ce que l'on appelle potasse factice est un sel de soude et non un sel de potasse. Le prix du carbonate de potasse contenu dans les échantillons peut s'évaluer à près de 1 fr. 50 c. le kilogr. (puisque la potasse perlasse, au titre de 60 à 65, vaut 90 fr. le quintal métrique), et le protoxyde de potassium (potasse) revient à 2 fr. 20 c. le kilogr.

Un hectolitre de blé enlève à la terre, savoir :

	kilogr.
Pour 78 kilogr. de grain à $\frac{72}{10000}$ de potasse, ci.	0,66
Pour 156 kilogr. de paille à $\frac{64}{10000}$ de potasse, ci.	1,10
	1,76

La quantité de fumier de ferme destinée à fournir les 2^k,96

d'azote absorbé par cette récolte est de 740 kilogrammes. Or le fumier de ferme analysé par M. Boussingault renfermait $\frac{5}{1000}$ de potasse et de soude; nous avons, pour 740 kilogrammes, la quantité de 3^k,7 d'alcalis fixes, c'est-à-dire une quantité beaucoup plus grande que celle qui serait nécessaire pour fournir à la récolte.

Mais le fumier de M. Boussingault tient sa composition spéciale des substances dont il est formé, parce qu'outre les résidus des récoltes, on y mêle des cendres de tourbe qui contiennent assez de sels alcalins; dans d'autres circonstances, il pourrait y avoir des fumiers moins riches en alcalis. Il serait donc essentiel de s'assurer, dans tous les cas, de leur richesse alcaline, par l'incinération d'un poids donné de ces engrais. Les cendres lessivées, on traitera l'eau de lessive par la méthode indiquée page 51. Connaissant alors la composition des plantes à la culture desquelles on veut les appliquer, on pourra juger des additions qu'il sera nécessaire de faire aux fumiers pour qu'elles y trouvent toujours les éléments nécessaires à leur végétation. Si les terres ne recevaient pas d'engrais, ce serait alors 1,76 kilogr. de potasse et de soude par hectolitre de blé qu'il faudrait restituer au sol. Après avoir préalablement délayé la potasse dans l'eau, on en humecterait un tas de terre calcaire bien sèche que l'on brasserait à la manière des mortiers, pour la répandre ensuite à la surface du champ.

§ II. — Cendres.

Les cendres des végétaux renferment la potasse dans des proportions très diverses, et sous forme de différents sels, de chlorhydrates, sulfates, carbonates.

Sans se livrer à leur analyse complète, on peut arriver à déterminer la richesse des cendres en alcalis par l'emploi de

l'alcalimètre de Descroizilles. On fait bouillir 50 grammes de cendres dans 2 décilitres d'eau pendant 10 minutes, on filtre avec assez d'eau pour porter le volume de la solution à 5 décilitres. On opère ensuite comme il est prescrit pour l'usage de cet instrument, et sur une partie de la liqueur. Le résultat donne la quantité totale d'alcali, potasse et soude, et non pas seulement celle de la potasse. On pourra alors précipiter la soude de la partie restante du liquide par le moyen de l'antimoniate de potasse, et obtenir par soustraction le poids réel de la potasse.

Les cendres de plusieurs plantes donnent une quantité considérable d'alcali (potasse, soude), comme on peut le voir dans le tableau suivant extrait des ouvrages de Kirwan, Vauquelin, Berthier et Berzélius.

Un million de parties de la plante sèche ont donné :

Fanes de pommes de terre	1500
Fumeterre	790
Absinthe	730
Vesces	275
Fèves	200
Chardon	196
Marrons d'Inde	100
Fougère	62
Vigne	55
Pin	39
Orme	39
Sapin	23
Charme	16
Chêne	15
Hêtre	12
Pin	9
Peuplier	7

Les cendres de bois flotté ne donnent presque point de potasse.

Quant aux cendres elles-mêmes, celles de charme contiennent 0,5065 de potasse, celles de sapin 0,2820, celles de pin

0,3166; cette richesse saline ne permet pas de les semer sur le sol sans précaution, car 143 kilogr. de cendres de charme, par exemple, suffiraient pour rendre au sol tout ce qu'il a perdu de potasse par hectare, en portant une récolte de 20 hectolitres de blé. Or, cette quantité est à peine le quart du plâtre que l'on répand sur les prairies artificielles, et qui ne poudre que légèrement le terrain. Aussi convient-il mieux de se servir de cendres mêlées à trois ou quatre fois leur poids de terre, dans la proportion de l'alcali que l'on veut restituer au sol.

Les trèfles, le tabac, les plantes huileuses semblent profiter le plus de l'application des cendres. Leurs effets sont aussi très remarquables sur les terrains acides et les prairies à *carex*. Des contrées entières qui, par leur formation géologique, sont privées de potasse, emploient une immense quantité de cendres nécessaire à leur fertilité.

Les cendres de houille renferment très peu de potasse, ordinairement à l'état de sulfate. La quantité en est très variable. Ainsi les cendres de charbon de Lowenthal en Carinthie donnent à l'analyse près de 0,05 de sulfate de soude, d'autres renferment un peu de potasse, tandis que le plus souvent les cendres de tourbe ne contiennent pas un atome d'alcali. Cependant Davy a trouvé dans quelques-unes une petite quantité de sulfate de potasse. C'est donc par d'autres qualités, par les sulfates et les phosphates terreux qu'elles contiennent, qu'elles sont appréciées.

Les cendres lessivées n'ont de valeur que par ces mêmes substances, car l'eau en a enlevé tout le carbonate de potasse ou de soude; il n'y a que les cendres provenant des savonneries qui aient une autre utilité, parce qu'elles renferment en outre des matières grasses ou huileuses; quelquefois aussi ces dernières cendres contiennent un peu d'alcali à l'état de savon.

SECTION II. — *De la soude.*

Nous avons vu, dans la première partie de cet ouvrage, que les deux alcalis minéraux se substituaient souvent l'un à l'autre; que l'un et l'autre existaient toujours simultanément dans les plantes, dans une proportion qui variait selon les sols où elles étaient cultivées. Cependant il est certain que dans les nôtres la potasse est beaucoup plus rare que la soude, et que la substitution dont nous parlons n'est pas toujours avantageuse quand il s'agit de remplacer complètement la potasse par la soude; cette dernière est donc moins absolument nécessaire que la première.

On administre la soude aux plantes ou par le moyen du sel marin (chlorure de sodium), ou sous forme de carbonate de soude obtenu de ce sel par la fabrication. On a attribué au sel marin des qualités nuisibles à la végétation; les anciens semaient de sel les terres condamnées; on a pu voir plus haut (p. 296) ce que l'on devait penser de ce préjugé, et les vastes étendues de terres salines soumises à la culture ont prouvé que le sel n'était nuisible que par son excès. On a prétendu aussi qu'à petite dose il n'avait aucun bon effet sur les plantes. Les expériences que l'on a tentées pour en constater la vertu n'ont pas dû réussir partout : nuisible sur les terrains salés, le sel a dû être sans action sur ceux qui possédaient la dose de soude convenable, et il a été utile à ceux où elle manquait. C'est ce qui explique les contradictions nombreuses dans lesquelles on est tombé à son égard.

M. Lecoq, ayant fait ses expériences d'abord sur des plantes supportées par du coton nageant sur une solution d'un centième de sel, a trouvé, après deux mois de végétation, les résultats suivants, comparativement aux plantes nageant sur l'eau distillée¹.

(1) *Recherches sur l'emploi des engrais salins*, Clermont-Ferrand, 1832, p. 20 et suiv.

	DANS L'EAU.				DANS L'EAU SALÉE.			
	Poids de plantes sèches.	Durée de la dessiccation.	Quantité de charbon.	Charbon acquis.	Poids de plantes sèches.	Durée de la dessiccation.	Quantité de charbon.	Charbon acquis.
	grammes.	heures.			grammes.	heures.		
<i>Trilicum hybernum</i>	6,8	16	1,06	+ 0,65	7,0	17	1,24	+ 0,66
<i>Avena sativa</i>	4,3	15	0,99	+ 0,60	4,0	15 1/2	0,95	+ 0,60
<i>Lepidium sativum</i>	4,0	31	1,00	+ 0,60	4,8	31	0,84	+ 0,47
<i>Trifolium pratense</i>	5,0	24	1,00	+ 0,60	6,2	25	1,04	+ 0,84
<i>Polygonum orientale</i>	3,1	24 1/2	0,69	+ 0,31	3,2	25	0,70	+ 0,32
<i>Allium cœpa</i>	1,1	16	0,25	— 0,07	2,0	16	0,25	+ 0,11
<i>Spinacia oleracea</i>	2,0	30	0,39	+ 0,03	2,1	31	0,40	+ 0,03
<i>Panicum verticillatum</i>	2,0	14	0,42	+ 0,02	2,1	14 1/2	0,43	+ 0,04
<i>Lactuca sativa</i>	2,7	18	0,43	+ 0,05	3,0	18 1/2	0,80	+ 0,16
<i>Brassica oleracea</i>	5,1	38	1,40	+ 0,70	5,9	40	1,24	+ 0,72

On voit ici que les effets du sel consistent à fixer une plus grande quantité de charbon dans la plante; le trèfle et la laitue paraissent recevoir l'effet le plus direct. L'auteur annonce de plus que les plantes arrosées de sel marin, et entre autres le lepidium, prennent une couleur verte plus foncée que celles qui sont dans l'eau distillée. Sous l'influence de ce sel, la dessiccation des plantes est moins rapide.

Ayant répété cette expérience sur des graines semées dans des pots pleins de terre (quelle terre?) et arrosées de la même manière, l'auteur obtint des plantes très vigoureuses sous l'influence du sel marin, mais elles donnèrent moins de graines que celles arrosées d'eau distillée. Il conclut enfin que le sel donne au tissu des plantes, et principalement aux feuilles, la faculté de s'emparer plus fortement de l'acide carbonique de l'air, qu'il communique plus de consistance aux parties vertes, qu'il les rend plus fermes, plus épaisses, susceptibles de retenir avec plus de force leur eau de végétation et de résister aux sécheresses qui font souffrir les autres végétaux. Il ne faut pas se dissimuler cependant que ces expériences manquent de la plupart des conditions qui auraient pu être décisives en semblable matière, et surtout de la sanction qu'elles auraient obtenue de l'analyse des plantes.

On pourra récuser aussi celles où M. Lecoq annonce qu'ayant semé du sel à la dose de 3 grammes par mètre carré sur une lisière de 10 mètres de pré et sur un gazon sec, ainsi que sur deux pareilles étendues d'avoine au bas d'un coteau et sur un plateau, l'effet ne fut pas sensible sur les terres humides, et que sur les terres sèches l'herbe était plus épaisse, plus verte et en quantité double sur la partie salée¹. Ne peut-on pas supposer qu'ici le sel agit par ses qualités hygroscopiques?

Ce qui est plus positif, c'est une autre expérience, où l'au-

(1) *Recherches, etc.*, p. 48.

teur a semé de sel, à différentes proportions, une terre semée en orge et une autre semée en luzerne; en voici le tableau :

	Dose par hectare.	Produit en orge.	Produit en luzerne.]
N ^o 1.	75 k.	1500 k.	4258 k.
2.	150	1464	6412
3.	250	1664	4993
4.	300	2007	3674
5.	450	1712	3035
6.	650	1958	2350
7.	0	1420	4063
8.	0	1517	4063

Nous avons fait la réduction de l'expérience en hectares; dans l'expérience, chaque division n'avait en réalité que 50 mètres carrés.

Il en résulterait que la dose de 300 kilogr. par hectare serait celle qui conviendrait le mieux à l'orge, et celle de 150 kilogr. à la luzerne. Les essais que l'auteur a faits sur les pommes de terre et le lin lui ont donné aussi des résultats avantageux; il pense que, pour cette dernière plante, il faut atteindre la dose de 250 kilogr. de sel par hectare. Nous ne tirerons pas de ces expériences des conclusions aussi rigoureuses, mais seulement une opinion favorable pour l'emploi du sel marin, sans doute dans les cas où la terre manque de soude et de chlore, deux substances qui font constamment partie de l'organisation végétale.

M. Braconnot a pris trois pots à fleurs ordinaires; il a mis dans chacun 7 hectogr. de terre prise dans un champ et desséchée; il a semé le 13 septembre, dans chaque pot, 12 graines de colza et 6 graines de pois de senteur.

Le 20 septembre, le n^o 1 a été arrosé avec 2 décilitres d'eau de pluie et 2 grammes de sel, le n^o 2 avec 1 gramme de sel et le n^o 3 avec l'eau de pluie sans sel.

Deux graines de colza poussent des plantules de 2 millimètres de hauteur dans le n^o 1.

Dans le n^o 2, 8 plantes de colza de 10 à 20 millimètres.

Dans le n^o 3, 12 plantes de colza de 30 millimètres. Les pois de senteur n'ont germé que dans ce pot.

Le 9 octobre, arrosé sans sel, le n^o 1 présente six graines de colza germées seulement de 4 centimètres de hauteur et vigoureuses.

Le n^o 2, 9 plantes de colza de 7 à 8 centimètres; 3 graines de pois de senteur de 12 centimètres.

Le n^o 3 présente 12 plantes de colza de 12 à 13 centimètres, et 5 pois de 22 à 23 centimètres.

Le 19 octobre, arrosé sans sel; le 25 octobre, n^o 1, plantes vigoureuses, courtes et trapues, à saveur de sel très prononcée; n^o 2, les plantes croissent avec vigueur, mais sont surpassées par celles du n^o 3; celles-ci se dessèchent plus facilement.

En général, l'abondance du sel rend les plantes trapues et naines¹.

Quelle conclusion tirer de ces expériences? celle que le sel nuit à la végétation; mais quoiqu'il nous soit difficile de voir dans ces résultats un défaut de réussite, et que la forme robuste et courte de la plante n'implique pas pour nous la condamnation du sel, voyons cependant sous quelles conditions les plantes ont été soumises à son influence. M. Braconnot a arrosé le pot contenant 7 hectogr. de terre avec une solution de 2 grammes de sel, ou 0,29 environ en sel du poids de la terre. Or, nous savons que les terrains salants portent encore du blé avec une dose de 0,02, mais non pas à une dose plus de dix fois plus forte; et l'on ne peut que s'étonner que la végétation ait encore été possible avec cet excès de sel, ce qui n'aurait pas eu lieu, du reste, si le sel avait pénétré également dans la terre et que les racines n'eussent pas trouvé une couche bien éloignée du degré de saturation où se trouvait la surface du pot.

Aussi, quand bien même la dose extrême de 2 kilog. p. 100

(1) *Annales de physique et de chimie*, janvier 1845, p. 115.

du poids de la terre serait favorable à la végétation, nous nous garderions bien de conseiller de l'employer toute à la fois. La difficulté serait d'obtenir tout de suite ce mélange complet et parfait de la terre et du sel; ce n'est donc que par petites portions, telles que les plantes puissent se les assimiler, qu'il faut distribuer le sel à la terre, et c'est ainsi qu'a agi M. Lecoq et tous ceux qui se sont livrés à de semblables essais.

La proportion de soude nécessaire aux différentes plantes est très variable. Celle de potasse la surpasse ordinairement de beaucoup, excepté dans les plantes maritimes; mais celles-ci ne peuvent se cultiver que dans les terrains décidément salifères. Quant aux autres, nous voyons, par les analyses de Sprengel, la paille de fève présenter 1,65 p. 100 de potasse, et seulement 0,05 de soude, celle de colza 0,8 de potasse et 0,5 de soude, celle de froment 0,029 de potasse et 0,020 de soude. Les proportions du chlore ne varient pas moins; on en trouve 0,155 parties dans le colza, 0,031 dans la fève, et 0,010 dans le froment.

La soude et le chlore qui se trouvent dans le froment annoncent qu'il exige au moins la même dose de soude que de potasse, c'est-à-dire 1 kilogr. de soude par récolte d'un hectolitre de blé, ce qui suppose 2^k,5 de sel marin, fournissant aussi 0,60 de chlore. Ce serait la proportion la plus forte trouvée par M. Lecoq, en supposant d'ailleurs des terres entièrement privées de sel marin.

Le prix de ce sel, que l'on pourrait se procurer à nos marais salants à 3 fr. les 100 kilogr., est considérablement augmenté par le droit qui le frappe et qui est de 30 fr. par quintal métrique. La soude revient ainsi à 82 c. le kilogr. Mais on l'obtient dans les manufactures de soude factice à 13 fr. les 100 kilog.; cette matière contient de 18 à 35 p. 100 d'alcali. Ainsi, au plus bas titre, la soude pure ne coûte que 72 c., et au plus haut, que 37 c.; dans ces mêmes fabriques, l'acide chlorhydri-

que coûte 12 c. le kilogr. Ainsi, au lieu de fournir pour un hectare de récolte 2,5 de sel marin, coûtant 0^f,825, nous donnerions 1 kilogr. de soude à 37 c., et un tiers de kilogr. d'acide coûtant 4 c., ou en totalité 41 c. En profitant de l'exemption d'impôt dont jouissent les fabriques de soude, on aurait encore l'avantage, grâce à la séparation de ces éléments, d'en attribuer à chaque récolte une dose proportionnée aux besoins des différentes espèces de plantes que l'on cultiverait.

Avant M. Lecoq, un grand nombre d'agriculteurs célèbres avaient essayé et constaté les effets du sel. Bacon, cherchant à donner l'exemple de la méthode expérimentale qu'il recommandait aux savants, fut le premier à annoncer les bons effets du sel sur la végétation, et Davy termine la liste nombreuse des savants qui ont manifesté la même opinion. Ce dernier nous apprend que dans l'île de Mann on répand sur les prairies un composé de vingt voitures de terre et de quatorze hectolitres de sel par hectare; M. Puvis nous cite, en France, l'usage des cendres de Pornic, que l'on mélange avec le dessus des monceaux de sel, et que l'on arrose tout l'été avec de l'eau salée, et l'emploi de l'eau salée pour arroser les fumiers dans le Morbihan¹. Les sables, le merl, les varecs, les goëmons que l'on recueille en Normandie et en Bretagne, sont plus ou moins imprégnés de sel. En Provence, on mettait du sel au pied des oliviers quand ce produit était exempt d'impôt. M. Mergès obtient de très beaux résultats de l'emploi du sel, surtout avec les choux et les pommes de terre. Il enfouit le sel à une certaine distance des plantes, et il assure que dès que celles-ci touchent au sel, elles prennent un grand développement; mais il faut se garder de le mettre en contact avec les feuilles. On cite aussi les succès obtenus de l'emploi du sel pour les vignes et les arbres près de Tours². Un des concurrents de la Société d'horticulture

(1) *Maison rustique du XIX^e siècle*, t. I, p. 78.

(2) Turrel, *Assureur des récoltes*, 1843, p. 138.

de Berlin déclare que la substance la plus propre à augmenter la production des arbres fruitiers est le sel marin. Il le répand vers le milieu d'octobre sur le sol qui entoure l'arbre, aussi loin que s'étendent ses branches, de manière que la terre en soit entièrement saupoudrée. Les résultats de cette pratique seraient vraiment surprenants¹.

Nous avons vu que dans les expériences de M. Lecoq, comme dans celles de M. Braconnot, le sel semblait favoriser l'assimilation du carbone et que les plantes présentaient un aspect robuste, nerveux, provenant de l'abandon du ligneux. M. Muntz assure² que les cordiers du Palatinat donnent toujours la préférence aux chanvres et aux lins venus sur les bords du Rhin, dans le pays de Bade, à ceux qui poussent sur ces mêmes bords en France, quand même ils auraient été produits sur un terrain absolument de même nature et qu'ils se ressemblaient en beauté, parce que le fil de Bade est infiniment plus fort. Après bien des recherches, ils n'ont pu assigner d'autre cause à cette différence, si ce n'est que dans le pays de Bade le fumier est produit par du bétail qui mange beaucoup de sel, tandis qu'il n'en consomme pas en France. Selon M. Boussingault³, la soude qui se trouve dans les plantes n'y étant pas, avec le chlore, dans un rapport tel qu'on puisse penser qu'elle y a pénétré sous la forme de chlorure, c'est principalement sous la forme de carbonate de soude que cet alcali est absorbé par la végétation. En effet, quoique le chlorure de sodium et le carbonate de chaux ne se modifient pas au contact, on sait, par une expérience de Clouet, que si l'on humecte du sable avec une solution de sel marin, qu'on y introduise de la craie en poudre et qu'on abandonne le mélange à l'air, on voit apparaître une efflorescence de soude carbonatée. « C'est ainsi, dit

(1) *Comptes rendus*, t. XX, p. 454.

(2) Rapport au comice de Wissembourg sur l'impôt du sel, p. 7.

(3) *Economie rurale*, t. II, p. 245.

M. Boussingault, que le chlorure de sodium doit agir pour favoriser le développement des plantes, et qu'en donnant cette substance à un sol suffisamment calcaire, on l'amende réellement avec du carbonate de soude. Ce ne serait que sur les terrains calcaires que le sel aurait produit cet effet, et il aurait été inefficace sur ceux qui étaient dépourvus de chaux. »

Avant d'admettre complètement cette opinion, qui peut avoir son côté de vérité, il faudrait que nous fussions bien convaincus que les glaises et les terrains quartzeux de la Bretagne, pour lesquels on réclame si vivement l'engrais de sel, n'en éprouvent aucun bon résultat.

On sait que la Lorraine est riche en mines de sel et en sources salées, et il est présumable que cette substance doit aussi entrer dans la composition des terres arables de cette province. Ne serait-ce pas là la cause des expériences négatives de M. Mathieu de Dombasle?

On emploie, pour administrer du sel aux terrains, les procédés que nous avons décrits pour la potasse; on le mélange avec des terres sèches ou avec les fumiers.

SECTION III. — *Moyen de mettre à la disposition des plantes les alcalis des silicates.*

Quelle que soit la force d'absorption que possède la végétation et avec laquelle elle agit d'une manière si incontestable sur les éléments mis à sa portée, elle ne peut vaincre cependant certaines forces d'affinité qui unissent entre eux certains de ces éléments constituant des substances insolubles. Tels sont, entre autres, les silicates. Ainsi ce n'est que quand des causes puissantes agissent sur ces silicates et provoquent leur désagrégation que les sucoirs des plantes peuvent s'emparer de la silice ou des alcalis qui forment ses parties constituantes. Ce sont surtout les argiles qui présentent ces conditions; l'eau

chargée d'acide carbonique ne fait qu'un travail lent sur elles, même quand elles contiennent un peu de chaux, comme les marnes ou les terrains marneux ; mais on obtient un effet bien plus énergique de la combustion de ces argiles, car alors on opère comme nous l'avons enseigné dans l'analyse, où nous avons séparé la silice des bases avec lesquelles elle était combinée en la calcinant avec un mélange de sel alcalin. Ainsi, soit que les silicates soient alcalins par eux-mêmes, soit que le mélange de la chaux leur donne le degré d'alcalinité nécessaire, la combustion des argiles les rend propres à être décomposées et à se résoudre en leurs éléments; alors l'argile se dissout avec facilité dans les acides et dans l'eau chargée d'acide carbonique, la silice soluble peut passer dans la végétation et se séparer à l'état de gelée; enfin, les alcalis mis à nu se dissolvent dans l'eau. L'état nouveau du sol, qui de plastique qu'il était devient perméable à l'eau et à l'air, favorise ces échanges. C'est là l'explication des avantages que l'on trouve à l'opération proposée par le major Beatson. On sait qu'il construisait des fours propres à brûler de grandes quantités d'argile, au moyen desquelles il produisait un effet fécondant sur ses terres.

Cet effet n'a pas toujours été admis; à part l'amendement physique bien évident du sol, on a nié sa fécondation. Dans son nouvel état l'argile devient, il est vrai, plus absorbante des éléments ammoniacaux de l'atmosphère, mais elle ne cède rien aux plantes que de la silice, si les silicates qu'elles renferment n'étaient que des silicates d'alumine, tandis que si ceux-ci étaient unis à des silicates alcalins, les alcalis seraient mis dans la circulation végétale et devraient alors produire un effet évident.

Comme l'opération du brûlement des argiles est assez coûteuse partout où le combustible est cher, nous n'en conseillerons l'essai en grand que quand l'analyse chimique aura prouvé que le sol contient en effet des silicates riches en alcalis. Si le

combustible est à très bon marché, on peut brûler l'argile pour rendre le terrain plus meuble et plus absorbant.

On conçoit que cette opération diffère essentiellement de l'écobuage que nous avons décrit ailleurs¹.

CHAPITRE X.

Aliments des végétaux considérés comme contenant des sulfates.

En analysant, dans la première partie de ce volume², les différents systèmes proposés pour expliquer les effets du plâtre, nous avons combattu l'explication donnée par M. Boussingault, qui regardait cette substance comme destinée à fournir aux plantes la chaux qui leur était nécessaire.

Des deux raisons principales qu'il donnait, la première était la quantité considérable de chaux que présentaient les cendres des plantes reconnues pour ressentir un effet marqué de l'application du plâtre, en comparaison de celles des plantes qui y étaient insensibles, tandis que la dose d'acide sulfurique était très faible dans les uns et les autres et nullement proportionnée à la chaux absorbée; la seconde raison était que la dose d'acide sulfurique restait à peu près la même dans les plantes plâtrées et non plâtrées; enfin, la dernière, et qui lui semblait victorieuse, c'était que le plâtre n'était applicable qu'aux terrains qui manquaient de l'élément calcaire. Nous regardions les deux premières raisons comme suffisantes pour renverser l'hypothèse de Davy, qui trouvait dans l'acide sulfurique l'élément favorable à la végétation des légumineuses; mais la certitude que les

(1) Voir le système de culture du major Beatson par la combustion des terres et les procédés de combustion.

2) Page 82 et suiv. de ce volume.

effets des plâtres étaient énergiques, même sur des terrains abondants en calcaires, ne nous permettait pas d'adopter l'explication de M. Boussingault, et nous laissâmes la question dans le doute. En y réfléchissant depuis l'impression des premières feuilles de ce volume, nous avons cru que l'explication donnée par notre savant confrère était très probable et qu'il n'avait eu que le tort de l'appuyer sur un fait inexact. Remettons, en effet, sous nos yeux les proportions de calcaire et d'acide sulfurique qui entrent dans plusieurs genres de plantes; nous aurons, pour 10 mille parties de la plante sèche :

	Acide sulfur.	Chaux.
Froment, paille et graine combinés.	8	62
Avoine.....	23	49
Trèfle.....	19	192
Chanvre.....	5	190

Les deux premières plantes n'éprouvent aucun effet du plâtre, les deux dernières y sont très sensibles. On voit, en outre, que la dose d'acide sulfurique semble flotter indifféremment de l'une à l'autre de ces deux catégories, mais que la dose de chaux s'élève beaucoup dans la seconde, qui comprend les plantes affectées avantageusement par l'emploi du plâtre. Le trèfle et le chanvre doivent donc être très exigeants à l'égard de la chaux, et ils doivent trouver l'acide sulfurique qui leur est nécessaire dans les mêmes sols où les céréales peuvent le puiser.

La faible solubilité du sulfate de chaux lui permet de s'offrir incessamment aux plantes et en dose toujours modérée; c'est une source de substance calcaire qui ne cesse d'en fournir, pour peu que le terrain soit humide ou qu'il tombe de la pluie, pendant toute la végétation; c'est celle qui remplit le mieux les exigences des plantes avides de chaux.

Il reste à expliquer ses effets sur des terrains déjà pourvus de carbonate de chaux. Il nous semble que si l'on a lu attentive-

ment ce que nous avons dit à l'égard de cette substance et de la marne, on aura vu qu'elle se transformait avec lenteur en sel soluble par le contact de l'eau chargée d'acide carbonique. Nous croyons donc que, tout en étant susceptible de fournir à la consommation bornée en chaux d'un grand nombre de plantes, le carbonate de chaux, à moins d'une extrême subdivision, ne peut pas satisfaire toujours à la consommation des légumineuses, par exemple, et qu'un sel soluble en tout temps comme le sulfate de chaux, en plus fortes doses et sous d'autres conditions que le carbonate de chaux n'exigeant pas de l'eau chargée d'acide carbonique pour se dissoudre, doit agir très avantageusement sur la végétation des plantes avides de substances calcaires. Tel est le point de vue qui nous paraît pouvoir appuyer maintenant l'explication de M. Boussingault, à laquelle nous nous rallions jusqu'à ce que de nouveaux faits se produisent dans la science.

Le procédé conseillé par Davy¹ pour déterminer le sulfate de chaux contenu dans un terrain, n'exigeant ni des appareils particuliers ni l'emploi de réactifs, pourra être exécuté partout sans difficulté. On prend un poids déterminé de terre, 400 grammes, par exemple; on le mêle avec un tiers de charbon réduit en poudre, on expose pendant une demi-heure le mélange mis dans un creuset à la température rouge. On fait bouillir pendant un quart d'heure dans un quart de litre d'eau distillée; on filtre la liqueur, et on l'expose pendant quelques jours à l'air dans un vase ouvert. Si la terre contient une quantité tant soit peu considérable de sulfate de chaux, il se forme un précipité blanc dont le poids indique la proportion.

Pour les personnes pourvues de réactifs, les méthodes indiquées dans la première partie sont préférables et plus promptes.

Le plâtre est la substance qui fournit le plus économiquement l'acide sulfurique aux plantes. On peut l'employer cru ou

(1) *Chimie agricole*, t. I, p. 205.

cuit ; mais ce dernier est plus facile à réduire en poudre fine, ce qui facilite sa distribution et sa dissolution dans l'eau. Son effet est le même dans les deux états, comme l'ont constaté récemment encore, par des expériences directes, MM. Girardin et Dubreuil. L'on emploie surtout le plâtre cuit, parce qu'il est plus facile à pulvériser ; mais, selon M. Girardin, cet avantage est plus que balancé par l'élévation de son prix ; pulvérisé, il coûte à Rouen 2 fr. 25 c. l'hectolitre ; le plâtre cru, débris des carrières, pulvérisé exprès, ne coûte que 1 fr. 80 c. l'hectolitre. Nous croyons cependant que comme on ne peut jamais pulvériser le plâtre cru au même degré de finesse que le plâtre cuit, il faudrait en employer une dose un peu plus forte, et que dès lors l'égalité de dépense serait bien près de se rétablir pour les deux plâtres. Quoiqu'on ait constaté les bons effets du plâtre quand il est enterré dans le sol, nous persistons à nous en servir en couverture, quand les plantes sont déjà sorties, pour qu'il n'y en ait pas de perdu. Le plâtre contient assez souvent une assez forte dose de matières étrangères, en particulier du carbonate de chaux ; c'est pourquoi, avant de fixer la proportion que l'on doit en répandre sur le terrain, il est utile d'en faire l'analyse. Pour y parvenir, on traite le plâtre par l'acide acétique qui dissout les carbonates ; on traite le résidu par l'alcool qui dissout l'acétate de chaux. Il reste alors le sulfate de chaux qui n'a pas été attaqué. La différence des proportions de carbonates que l'on trouve dans les différents plâtres explique la différence des doses que les auteurs ont conseillé d'appliquer aux cultures. La dose de plâtre employée est généralement de 5 à 600 kilogr. par hectare, on va même quelquefois jusqu'à 1,000 kilogr. ; mais rarement les plâtres sont purs, et il ne serait pas étonnant que ceux qui les portent à cette dernière dose n'employassent pas beaucoup au delà de 300 kilogr. de sulfate de chaux.

On croit que les plantes à cosse ne doivent pas être plâtrées, si l'on ne veut pas qu'elles poussent abondamment en feuilles et non en graines; c'est ainsi, selon Schwerz, que les fèves plâtrées prolongent beaucoup leur végétation et mûrissent tard. Cette vigueur des tiges, cette abondance de feuilles annonce assez toute l'impulsion que le plâtre donne à la végétation, mais doit aussi par cette raison le faire réserver pour les fourrages. On sait que, d'après les expériences de M. Macaire, quand on fait cuire les légumes dans des eaux séléniteuses, les sels solubles alcalins sont remplacés dans le tissu du végétal par des sels de chaux insolubles¹; d'un autre côté, ces mêmes semences provenant de certains sols cuisent très bien, tandis que, provenant d'autres sols, elles restent dures après la cuisson la plus prolongée dans l'eau la plus pure, et l'on ne parvient à vaincre cette résistance qu'en rendant l'eau alcaline par le moyen d'un nouet de cendres ou d'une addition de sous-carbonate de soude ou de potasse. Quand on examinera comparativement les sols qui produisent des légumes faciles et difficiles à cuire, n'est-il pas probable qu'on trouvera chez ces derniers une quantité sensible de sulfate de chaux? Ce qui nous ferait adopter cette opinion, c'est que les localités que nous connaissons comme renommées pour fournir des légumes faciles à cuire sont toutes de celles où les effets du plâtre sur les prairies artificielles sont des plus remarquables.

Au lieu de répandre le plâtre sur les plantes ou de l'enterrer, on peut l'incorporer dans le fumier, où il a l'avantage de retenir les gaz ammoniacaux. Celui qui échappe à l'action de l'ammoniaque reste au profit des plantes qui réclament cet élément. Mais on doit être averti qu'il y a alors un dégagement abondant de gaz hydrogène sulfuré qui répand au loin l'odeur la plus désagréable, et qu'il faut que de tels fumiers soient placés dans des lieux très distants des habitations.

(1) *Bibliothèque universelle*, t. LI, p. 298.

Dans les terrains qui sont dépourvus de plâtre, les fourrages légumineux ne donnent pas, même avec des engrais abondants, la moitié des produits que l'on obtient par son secours.

On a proposé, dans les pays à sol calcaire éloignés de carrières de plâtre, d'y suppléer en arrosant le terrain avec de l'acide sulfurique allongé d'eau. Cet acide coûte en fabrique 20 fr. les 100 kilogr., qui produisent 172 kilogr. de sulfate de chaux. Ainsi les 307 kilogr. de sulfate de chaux par hectare coûteraient près de 36 fr. Nous ne pensons pas qu'il y ait aucune localité assez éloignée des plâtrières et assez rapprochée des fabriques d'acide pour qu'il lui convienne d'adopter cette substitution.

SECTION I^{re}. — *Cendres pyriteuses.*

On trouve dans un assez grand nombre de localités au nord de la France, mais surtout près de La Fère (Aisne), des bancs d'une matière noirâtre, ayant l'apparence de cendre, contenant des pyrites de fer, du sulfate d'alumine, des sulfates et des carbonates de chaux, dont on fait grand usage en agriculture. Quand cette terre est entassée, elle s'échauffe, s'enflamme, brûle lentement en prenant une couleur rouge. C'est dans cet état qu'on la vend et qu'on la transporte au loin. On emploie aussi la matière noire dans son état primitif avant la combustion, mais alors il faut en doubler la dose pour en obtenir les mêmes effets.

Ces effets résultent du sulfate de chaux qu'elle contient, et aussi d'une dose de 0,65 d'azote qui, poids pour poids, lui donne une plus grande valeur que celle du fumier de ferme. Les Flamands en font grand usage pour leurs prés et leurs prairies artificielles. On enterre les cendres de bonne heure longtemps avant les semailles, sans doute afin que les principes solubles n'agissent pas trop activement, et probablement parce que l'acide sulfurique libre rencontre dans la terre

les principes calcaires ou les alcalis qui s'y trouvent, et les transforme en sulfates. Les cendres se vendent sur les lieux 50 c. l'hectolitre; mais le plus souvent on les transporte fort loin, ce qui augmente leur prix de revient. On emploie 4 à 6 hectol. par hectare de prairie, un peu plus sur les pâtures, et la moitié de cette dose pour les cultures de printemps¹.

On a trouvé aussi dans la Seine-Inférieure, à Forges-les-Eaux, des cendres pyriteuses dont on fait usage pour l'agriculture, et dont MM. Girardin et Bidaud ont donné une analyse intéressante dans les *Mémoires de la Société d'agriculture de la Seine-Inférieure*². Nous nous empressons de la transcrire ici :

« Dans les environs de Forges-les-Eaux, il existe à la surface ou près de la surface du sol des couches plus ou moins épaisses de lignite noir alumineux et pyriteux, qu'on exploite déjà depuis longtemps pour la fabrication de la couperose. Cette couperose, connue dans le commerce sous le nom de *couperose de Forges*, est une des plus pures et des meilleures que l'on connaisse.

« Les terres pyriteuses, après avoir été lessivées, sont ordinairement mélangées avec un quart de leur poids de cendres de tourbe, et employées, dans la plus grande partie du pays de Bray, comme un engrais stimulant très puissant pour les prairies, les herbages humides et les terres arables proprement dites.

« M. Dupré, propriétaire de l'exploitation des terres pyriteuses, vend les terres lessivées, sous le nom impropre de *cendres vitrioliques*, à raison de 1 fr. l'hectolitre. Elles sont tout à fait analogues aux cendres ou terres noires de Picardie, qui ont la même origine et le même emploi.

« Nous en avons fait l'analyse sur un échantillon qui nous a

(1) Puvis, *Maison rustique du XIX^e siècle*, p. 75 et suiv.

(2) Trimestre de juillet 1842, p. 229.

été envoyé par M. Dupré. Voici le résultat de notre examen :

100 parties de cendres lessivées contiennent 24 parties d'eau.

100 parties de cet engrais desséché contiennent :

100 parties de cet engrais dissoutes complètement :				
Matières solubles dans l'eau. . .	4,53	{	Matière organique ou humus	
			soluble	2,74
			Sulfate ferreux.	1,79
		Sulfate ferrique		
Matières insolubles dans l'eau. . . .	95,47	{	Sable fin.	38,92
			Humus insoluble.	49,83
			Sulfure de fer.	6,72
			Oxyde ferrique	
100,00				100,00

« Nous avons déterminé avec soin la quantité d'azote, au moyen de l'appareil de Liebig. Nos expériences nous ont donné 2,72 p. 100 d'azote en poids.

« Le titre de cet engrais est donc exprimé par le chiffre 680,0, et son équivalent par celui de 14,70. D'où il résulte que 14^k,70 de cendres vitrioliques de Forges agissent autant, sous le rapport de l'azote, que 100 kilogr. de fumier normal.

« Les cendres de Picardie ne renferment, d'après MM. Bous-singault et Payen, que 0,65 p. 100, et leur équivalent est représenté par 61,50. Les cendres vitrioliques de Forges sont donc bien supérieures sous ce rapport.

« L'existence du sulfate de fer dans ces terres, sulfate qui se reproduit continuellement par l'action de l'air sur le sulfate de fer qui s'y trouve en particules très fines, explique les propriétés fort actives qu'elles possèdent, comme stimulant, sur les prairies naturelles et artificielles.

« Leur puissante efficacité peut être rapportée à plusieurs causes :

« 1^o A leur couleur sombre qui a une grande influence sur l'échauffement de la terre par les rayons solaires ;

« 2^o Au sulfure de fer qui, par sa combustion lente, augmente l'échauffement de la terre et l'excitation électrique ;

« 3^o A la forte proportion d'humus soluble et insoluble ;

« 4^o Au sulfate de fer qui, outre sa propriété de faire périr promptement les mauvaises herbes, les mousses, les lichens, etc., réagit sur le carbonate de chaux du sol, et forme du sulfate de chaux qui agit si puissamment sur les légumineuses.

« D'après leur composition, il est évident que c'est surtout sur les sols calcaires et sur les sols fréquemment chaulés et marnés que les cendres vitrioliques doivent produire les meilleurs effets. C'est aussi ce que l'expérience démontre.

« On les emploie à la dose de 4 à 6 hectolitres par hectare sur les prairies et les herbages. Sur les prairies artificielles, la dose est un peu plus forte. Pour les récoltes de printemps, et particulièrement pour les légumineuses, la dose est moitié moins forte. On les répand tous les quatre ans. »

SECTION II. — *Sulfate de fer.*

En parlant des engrais azotés, nous avons indiqué l'usage du sulfate de fer pour fixer des vapeurs ammoniacales qui s'en échappent; mais d'ailleurs l'opinion continue à flotter relativement aux effets de ce sel lui-même sur la végétation. Les terrains vitriolés sont stériles, mais les terrains trop abondants en sel marin le sont aussi, et si nous avons dû combattre le préjugé qui associe l'idée de stérilité à celle de ce dernier sel, et prouver qu'elle ne doit s'attribuer qu'à son excès, nous agirons de même pour le sulfate de fer, en rappelant que des expériences de Thaër citées dans la première partie de cet ouvrage avaient déjà fait soupçonner que la question de sa nocuité n'était qu'une question de dose. De nouvelles expériences semblent confirmer cette idée.

M. Gris, professeur de physique à Châtillon-sur-Seine, frappé de l'effet que produisait sur les malades atteints de chlorose l'emploi des sels ferrugineux, crut y voir une indica-

tion pour en faire usage contre la maladie des végétaux que signalent leur débilité et leur défaut de coloration. Des expériences nombreuses, faites sur des plantes cultivées dans les jardins, constatèrent que l'application du sulfate de fer leur rendait la force et la couleur. Cet effet fut très marqué sur des hortensias, puis sur des orchidées qui n'avaient jamais pu supporter la transplantation hors de leur sol natal, et qu'on est parvenu à faire vivre grâce à leur arrosement avec de l'eau imprégnée de ce sel. On étendit bientôt ces essais aux arbres à fruit, et l'on obtint un succès égal. Enfin M. Leclerc, membre d'une commission chargée de suivre ces expériences, appliqua ce sulfatage à des blés jaunes et languissants. Il mêla à un hectolitre de terre de 3 à 8 kilogr. de sulfate de fer, en fit répandre sur ces blés qui égalèrent bientôt leurs voisins, qui étaient en bon état de santé. M. Maître répandit, aussi le 7 avril, un kilogr. de sulfate de fer grossièrement pulvérisé et mélangé de 25 litres de terre arable, bien meuble, sur 14 ares de luzerne d'un an non plâtrés; on plâtra le reste de la pièce le lendemain; au moment de la coupe, l'œil le plus exercé n'aperçut aucune différence entre les diverses parties de cette pièce de fourrage.

On distingua deux effets dans cette expérience. Tantôt le sulfate de fer agit de même que le fer pour combattre l'état chlorotique des plantes, tantôt il agit à la manière du plâtre sur les fourrages.

Quelles que soient les théories par lesquelles on cherchera à expliquer cette action, les faits rappelés par M. Gris et par la commission qui en a suivi la vérification doivent fixer particulièrement l'attention des agriculteurs. Nous savons de plus la propriété remarquable que le sulfate de fer manifeste pour convertir l'ammoniaque en sel fixe et le préserver d'une déperdition certaine, dont nous avons déjà entretenu nos lecteurs.

Le prix du sulfate de fer est de 14 fr. les 100 kilogr. à Paris.

CHAPITRE XI.

Aliments des végétaux contenant de la chaux.

SECTION I^{re}. — De la chaux.

Le carbonate de chaux calciné, dépouillé de son acide carbonique, à l'état caustique, est devenu la base de l'agriculture d'une partie de l'Europe, où l'on ne comprendrait pas une bonne agriculture qui en fût privée. Son emploi ne cesse de s'étendre; il a été l'objet des études attentives de l'un de nos meilleurs agronomes¹, et cependant il nous présente encore une foule de problèmes qui sont loin d'être résolus.

La théorie explique bien l'action de la chaux sur les terres qui manquent de principe calcaire, mais alors elle est parfaitement remplacée par la marne, qui y produit des effets si remarquables; on n'est pas embarrassé pour montrer comment elle agit sur les terrains chargés de terreau acide, sur les tourbes, les terres de bruyère, les bois défrichés. Là elle se change en carbonate et reprend au sol l'acide carbonique superflu. Qu'il s'agisse de terres herbeuses, de gazons épais, la chaux caustique provoque leur décomposition rapide, en mettant à nu les principes azotés et alcalins que recélaient les débris de végétaux. Mais ce que l'on n'a pas encore bien expliqué, c'est son mode d'action sur certaines terres calcaires n'ayant que peu de terreau, tandis qu'elle est inefficace sur d'autres terres de cette nature. Nous trouvons une indication de ce genre dans les *Annales de Roville*², où l'on fait mention d'une application heureuse de la chaux à des terrains calcaires; nous en trouvons une autre dans les questions agricoles de l'*Associa-*

(1) Puvis, *De l'emploi de la chaux*.

(2) *Annales de Roville*, vol. supplémentaire, p. 436 et suiv.

tion normande ¹, où l'on affirme que la chaux qui produit d'excellents effets sur les terrains de transition et les calcaires ferrugineux est nuisible sur la grande oolithe. Mais quelle conclusion tirer de ces faits, quand on nous laisse ignorer les circonstances accessoires qui peuvent avoir une si grande influence sur le phénomène? Quel est l'état chimique et physique de ces terres? La chaux agit-elle également sur elles, soit qu'elles aient du terreau en abondance, soit qu'elles en manquent tout à fait? Quel est le genre des particules du sol? Quelles modifications leur fait éprouver le chaulage?

Il est certain, en effet, que si la chaux contenue dans le sol n'était pas de la chaux carbonatée, si elle se trouvait faire partie de certains minéraux, comme le mica, la serpentine, etc., et à l'état insoluble, on s'expliquerait très bien l'effet de la chaux calcinée ou de la marne appliquées à de pareils terrains; il est certain aussi que si le terrain contient du feldspath ou seulement de l'argile plastique riche en alcalis, l'application de la chaux à l'état caustique en provoque la décomposition et la mise en liberté de la soude et de la potasse. M. Liebig rapporte à ce sujet les expériences de M. Fuchs, de Munich : il mêle un lait de chaux avec de l'argile plastique, le mélange s'épaissit instantanément, et s'il est abandonné à lui-même pendant plusieurs mois, il se prend en gelée quand on y ajoute un acide; ce qui annonce la désagrégation des silicates qui abandonnent leurs alcalis à la végétation ². Ainsi sur tous les terrains, même sur ceux qui renferment de la chaux carbonatée, les effets de l'application de la chaux caustique peuvent être expliqués, si l'on prouve qu'ils contiennent aussi des silicates alcalins.

Le problème restera indéterminé tant que nous n'en posséderons pas toutes les conditions.

(1) *Annuaire de l'Association normande* pour 1843, p. 707.

(2) Liebig, *Lettres sur la chimie*, p. 287.

On a remarqué que le blé venu sur un fonds chaulé est plus rond, plus fin, et donne moins de son et plus de farine que celui qui est venu sur des sols calcaires ou marnés ; les blés y sont moins sujets à verser que dans ceux-ci. D'ailleurs, les qualités physiques du terrain sont aussi modifiées, la terre légère acquiert de la consistance, la terre forte s'adoucit ; la chaleur fait fendre la surface du sol en petites particules et détermine un ameublissement naturel. Tous ces faits doivent être revus et contrôlés avec soin avant de chercher à expliquer complètement l'action de la chaux. Elle n'est incontestable que dans les terrains qui manquent de l'élément calcaire ou qui surabondent en acide carbonique, et ce sont les cas les plus nombreux. S'il s'agit de remédier à ce défaut, on emploie une quantité un peu plus forte de chaux. En Angleterre, l'on chaulé à la dose de 100 à 600 hectolitres par hectare, et les plus fortes proportions sont pour les terres tourbeuses. En France, où il s'agit le plus souvent de fournir l'élément calcaire, la dose est beaucoup moins forte ; dans la Sarthe, on met 10 hectolitres tous les trois ans, ou $3^{\frac{1}{3}}$ par année moyenne ; dans la Mayenne, 24 hectolitres de chaux par hectare ; dans l'Ain, de 60 à 100 hectolitres tous les neuf ans, ou de 6 à 11 hectolitres par année moyenne ; en Flandre, 40 hectolitres par dix ans, ou 4 hectolitres par année moyenne. Or, nous avons vu que le grain de froment renferme $\frac{7}{10000}$ de chaux, la paille $\frac{59}{10000}$, le trèfle $\frac{193}{10000}$ de leur poids ; en supposant donc un assolement de blé et de trèfle, nous avons pour deux années (une année de céréale et une année de trèfle), avec une récolte de 20 hectolitres de froment et de 8,000 kilogr. de trèfle, la consommation de chaux suivante :

1560 kilogr. de grain.	1 ^k 09
3120 kilogr. de paille.	18,40
8000 kilogr. trèfle.	153,00
	172,49

Ce serait seulement 1^{hect.} 4 de chaux à donner pendant la durée de cet assolement, ou par année moyenne 7 décalitres.

On donne donc en général une quantité de chaux qui paraît excéder les besoins des plantes; mais on doit observer que la plupart des chaux sont loin d'être pures; que presque toutes sont mélangées avec des argiles, de la silice, de la magnésie, des oxydes de fer, et qu'ensuite il est facile d'imaginer que toute la chaux ne passe pas immédiatement dans la végétation, mais qu'avant d'être atteinte par les racines une partie est changée en carbonate insoluble, qui reste plus ou moins longtemps en cet état dans le sol.

Pour se rendre compte de la quantité de chaux contenue dans le minéral que l'on emploie, on doit en faire l'analyse, qui est très simple, puisqu'il suffit de le traiter par l'acide acétique, de sécher le résidu, de le peser et de soustraire de son poids primitif le poids du résidu sec; la différence donne approximativement les carbonates de chaux et de magnésie. Si l'on veut opérer d'une manière plus exacte, il faut exécuter l'analyse prescrite aux pages 56 et 57 de ce volume. Celle-ci est surtout utile pour distinguer les différentes espèces de chaux, ce qui est loin d'être indifférent.

Ainsi la chaux hydraulique, celle qui abonde en silicate d'alumine, a paru être plus favorable à la croissance des fourrages et de la paille qu'à celle du grain. Elle nécessite d'ailleurs un traitement particulier; on a remarqué que, quand cette chaux n'est pas bien éteinte et qu'on l'applique en dose un peu forte sur un terrain siliceux qui n'est pas pourvu abondamment de débris végétaux, elle forme avec celui-ci une espèce de mortier qui le rend très tenace. Dans des circonstances semblables, Arthur Young ne put, pendant plusieurs années, tirer du sol une récolte de céréales.

On reproche à la chaux magnésienne d'agir d'une manière trop active et d'épuiser le sol. Il faut croire qu'après de bonnes

récoltes, on n'a pas eu soin de rendre d'autres engrais aux terrains, oubliant que la chaux et la magnésie ne sont qu'un des éléments de la nutrition des plantes.

Il y a tout un travail à faire sur l'action des différentes espèces de chaux. Aujourd'hui que M. Vicat nous a appris à les distinguer, il serait bien utile de les expérimenter comparativement pour pouvoir juger de leurs effets en agriculture, comme il a si bien enseigné les moyens de le faire dans les constructions¹.

La chaux doit être employée en poudre et dans un temps sec, pour qu'elle ne forme pas pâte. Ordinairement on en fait sur le champ de petits tas également espacés et que l'on recouvre de terre; l'humidité atmosphérique et celle du sol ne tardent pas à la faire fuser, et alors on l'étend avec des pelles; d'autres fois on en fait des composts avec de la terre et du terreau, que l'on transporte ensuite sur le terrain que l'on veut fertiliser. En Allemagne, on se sert aussi avec grand avantage d'un mélange de chaux et de cendres.

SECTION II. — *De la marne.*

Nous avons traité trop au long de la marne, de ses propriétés, de ses espèces et de son application aux terrains non calcaires², pour qu'il nous reste beaucoup à dire ici; mais nous devons ajouter cependant que ce minéral formant des couches qui ne se montrent pas toujours par des affleurements, on devra le chercher par le moyen de la sonde, quand le besoin de l'employer se fera sentir. Il ne s'agit pas ici de sondages profonds, car l'exploitation de la marne trop éloignée de la surface entraînerait des frais supérieurs au bénéfice de l'opération; mais souvent un peu de profondeur compense beaucoup d'éloignement, et il vaudrait mieux tirer la marne de 15 mètres que de l'aller chercher à 2 ou 3 myriamètres.

(1) Voir le *Mémoire sur les chaux*, de M. Vicat.

(2) Voir la 1^{re} partie de ce cours.

M. Puvis pense que la dose de marne doit être suffisante pour fournir au sol 3 de carbonate de chaux p. 100 du poids de la terre mise en mouvement par le labour. Pour s'arrêter à ce chiffre, il considère d'abord la quantité de chaux qui, au jugement de Thaër, constitue une terre argileuse très riche; nous avons vu (page 332) qu'il avait suffi d'une addition de 2 p. 100 de carbonate de chaux pour faire monter une terre du prix de 65 à celui de 77; M. Puvis fait observer ensuite que les meilleurs sols de Flandre, ceux des environs de Lille, par exemple, analysés par M. Berthier, ne présentent que 1,5 p. 100 du carbonate de chaux¹; ceux du Tchernoyzen, en Russie, n'en ont pas davantage, et les sols si riches de la vallée de Tiviot, en Angleterre, en ont 4 p. 100; enfin il a résumé les marnages nombreux indiqués par Arthur Young, et de la combinaison de tous ces éléments il a déduit la proportion de 3 p. 100 comme celle que l'on doit donner aux terres. D'un autre côté, M. Puvis² a pensé que la marne étant mêlée au sol par les labours, sa dose devait être proportionnée à la masse de terre dont elle devait faire partie.

Nous croyons devoir modifier en quelques points ce raisonnement agricole, d'ailleurs si logique et si lumineux, et dont tout le défaut vient des bases sur lesquelles il est fondé. Nous voyons d'abord que 1,5 à 2,0 de carbonate de chaux suffisent parfaitement dans les cas d'analyse cités pour constituer les excellents sols; nous ferons observer ensuite que les marnages cités par Arthur Young ont été faits avec les marnes les plus diverses et de valeurs les plus différentes, et que s'il est vrai qu'avec une marne moyennement riche il suffise de donner 3 p. 100 de carbonate de chaux à la terre, si une partie de cette chaux se trouve formée des rognons de carbonate de chaux compacte, celle-ci, qui ne se mêlera pas au sol et ne contri-

(1) Cordier, *Agriculture de la Flandre*.

(2) *Essai sur la marne*.

buera pas à la végétation, devra être défalquée ; et qu'ainsi il est probable que la moyenne d'Arthur Young ne représente qu'une quantité de chaux beaucoup inférieure. Nous voyons enfin que la pratique a enseigné, à Gaussan et à Leugny, qu'il fallait appliquer 20 mètres cubes de marne renfermant 0,675 de carbonate de chaux pulvérulent, et 19^m,1 cubes de marne renfermant 0,774 de ce même carbonate. Le mètre cube de ces marnes, telles qu'on les transporte sur les champs, pesant environ 1,400 kilogr., c'est 28,000 kilogr. pour la première, et 26,740 kilogr. pour la seconde, contenant l'une et l'autre 13,500 kilogr. de carbonate de chaux qui constituent la dose fournie. Comparons maintenant le poids de la terre à celui du carbonate de chaux de la marne. Supposons que la terre à améliorer pèse 1,500 kilogr. le mètre cube : un labour à la profondeur de 0^m,16 donne par hectare un poids de 2,400,000 kilogr. de terre. On voit que les 13,500 kilogr. de chaux ne représentent que 0,55 p. 100 du poids de la terre, au lieu de 3 p. 100 indiqués par M. Puvis.

Si nous considérons maintenant que, dans l'assolement indiqué dans l'article précédent (blé et trèfle), la consommation de chaux est de 289 kilogr., on verra que les 13,500 kilogr. sont plus que surabondants, qu'ils pourvoiraient à la consommation de quarante-six ans, s'il n'y avait pas perte des particules de chaux entraînées hors du terrain, mais qu'au moins on peut être pleinement rassuré sur l'efficacité d'un tel marnage pendant plusieurs années.

De tout ce qui précède résulte cette règle pratique que, pour s'assurer de la quantité de marne à répandre sur un terrain, il faut faire fuser la marne dans l'eau, et ensuite en opérer la lévigation, ainsi qu'il est prescrit page 172, en s'arrêtant au numéro 5 du détail de la méthode, ce qui donne les deux premiers lots réunis ; rechercher la quantité de chaux contenue dans cette partie pulvérulente de la marne ; avoir ensuite le

poids d'un mètre cube de terrain à améliorer dans son état naturel et non pressé, d'où l'on conclut celui de la terre remuée par les labours sur un hectare; on multiplie ce poids par 0,55 et on le divise par 100; le produit indiquera le poids du carbonate de chaux à donner, d'où il sera facile de conclure le poids de la marne et le nombre de mètres cubes. Ainsi, soit une marne qui contienne 0,175 de carbonate de chaux à l'état pulvérulent, à appliquer sur un terrain que l'on cultive à 0,16 de profondeur, et pesant 1,838 kilogr. le mètre cube; le poids de la terre remuée sur un hectare exprimé par $10,000 \times 0,16 \times 1,838 = 2,940,800$ kilogr., lesquels, multipliés par 0,55 et divisés par 100, nous donnent 16,174 kilogr. de carbonate de chaux. Maintenant, si la marne pèse 1,400 kilogr. le mètre cube, chaque mètre n'en contiendra que 245 kilogr.; divisant 16,174 par 245, nous avons 66, nombre de mètres cubes à employer dans les conditions indiquées ¹.

La nécessité de renouveler le marnage se manifeste par plusieurs signes, dont le plus sensible est la réapparition des plantes acides (les oxalis, les oseille, etc.), qui annoncent l'épuisement de l'élément calcaire.

Les frais du marnage consistent dans l'extraction de la marne et surtout dans son charroi; pour les marnes peu riches, cette dernière dépense est très considérable. Il est important, pour les rendre moins onéreux, de faire les marnages dans les temps secs, entre la moisson et les semailles. Les transports exigent alors moins de peine, et la marne se trouve enterrée gratuitement par les labours nécessaires pour recouvrir les semences. Mais cela réduit tellement le temps pendant lequel on peut faire les charrois, que l'on préfère souvent les hâter, quoiqu'il en doive coûter plus de peine et de dépense.

(1) A la p. 79 nous avons trouvé 77, mais c'était en thèse générale, sans préciser la profondeur des labours et le poids relatif des terres et des marnes.

CHAPITRE XII.

Valeur commerciale des engrais.

Nous avons pris un grand soin, en examinant les différents engrais dans les chapitres qui précèdent, d'indiquer leur valeur vénale, toutes les fois qu'il a été possible de la trouver. On pensera peut-être que les résultats que nous indiquons ne sont pas d'une grande utilité, car, pourra-t-on dire, les prix indiqués sont différents selon les pays, selon leur éloignement de la production, selon les difficultés de communications, selon les impôts de douanes, etc.

Ainsi, il y a de grandes différences de prix entre le guano transporté à Liverpool, à Londres et dans nos ports; ainsi, le nitrate de soude est affecté chez nous de droits qui changent les conditions de son emploi. Malgré la vérité de ces observations qui doivent prémunir l'agriculteur contre des erreurs dans lesquelles il tomberait s'il ne tenait pas compte de toutes ces circonstances, nous avons persisté à croire que l'évaluation des engrais faite par l'accord libre et spontané de ceux qui les emploient et qui les paient était un élément très important de leur théorie.

Nous y trouvons d'abord la confirmation de ce que nous avons dit en commençant, de la grande disproportion qu'il y a entre la valeur de l'azote propre à entrer dans la végétation et celle des autres éléments de l'alimentation végétale. En effet, si nous prenons pour exemple l'engrais le plus généralement employé, le fumier, et parmi les fumiers, celui dont le prix est le mieux établi par la progression de l'offre à la demande et par l'équilibre constant de son taux au marché, celui des auberges de rouliers du midi, au prix de 1 fr. 30 c. les 100 kilogr.,

il nous procure l'azote à 1 fr. 64 c. Partons de cette base, et voyons le prix relatif des substances principales qui entrent dans un hectolitre de froment, nous aurons :

Azote.	3 ^k 86	6 ^f 33
Potasse et soude . . .	1,76	1 76
		8 09

On voit dans ce total que l'azote entre pour les trois quarts, et les alcalis pour un quart seulement dans le prix de l'engrais. C'est donc à se procurer de l'azote au meilleur marché possible que doit viser le fabricant d'engrais.

La confiance que nous venons de témoigner pour l'évaluation des choses fixées par le libre commerce et l'équilibre des ventes et des achats semblerait devoir être singulièrement ébranlée par la grande divergence dans les prix auxquels on consent à payer l'azote des diverses origines, si un grand nombre de substances d'où il provient n'étaient pas employées à d'autres destinations. Notre investigation nous a donné les résultats suivants :

	Prix de 100 k. à l'état normal.	Quantité d'azote pour cent.	Prix de l'azote.
Noir des raffineries.	15 "	1,20	12 50
Poudrette.	7 15	1,56	4 50
Nitrate de potasse, avec le droit d'entrée.	65 "	13,78	4 71
— sans le droit.	50 "	13,78	3 62
Tourteaux de coton.	11 50	3,20	3 60
Nitrate de soude, avec le droit . . .	64 70	16,42	4 "
— sans le droit.	48 20	16,42	3 "
Sulfate d'ammoniaque.	60 "	21,375	2 80
Tourteaux de lin	14 "	5,20	2 70
Roseaux (à Arles).	2 "	0,75	2 67
Chlorhydrate d'ammoniaque.	100 "	26,44	2 66
Tourteaux de colza	11 50	4,92	2 34
Os.	12 "	5,30	2 27
Tourteaux de madia	11 50	5,06	2 27
— de sésame.	11 50	6,79	1 70
Fumier normal.	" 66	0,40	1 65

	Prix de 100 k. à l'état normal.	Quantité d'azote pour cent.	Prix de l'azote
Fumier du midi.	1 30	0,79	1 64
Guano (à Rouen).	20 79	14,00	1 60
Sang desséché	20 "	14,87	1 34
Chair musculaire.	16 "	13,04	1 23
Colombine.	8 33	8,30	1 "
Chiffons.	5 60	12,28	" 33

Si tous les engrais produisaient des effets proportionnels à leur quantité d'azote, si plusieurs des substances que nous venons de nommer n'étaient pas employées par les arts à d'autres usages, l'azote de tous se paierait le même prix, qui devrait se rapprocher de celui obtenu du fumier de ferme (1 fr. 64 c.). Mais d'abord certains engrais présentent leur azote sous une forme si divisée et si propre à passer immédiatement dans la végétation, qu'ils procurent aux plantes un prompt développement et une vigueur qui leur permet de s'emparer des principes les plus cachés de la fertilité naturelle du sol : tels sont le noir des raffineries, la poudrette et le guano. Aussi le noir des raffineries employé dans les défrichements de l'ouest est-il monté à un prix tout à fait disproportionné à sa valeur réelle et a-t-il été repoussé de la culture régulière. La poudrette est de moins en moins recherchée, et le guano ne doit son bon marché qu'à sa nouveauté qui inspire encore de la défiance, et à la concurrence des importateurs qui cherchent à placer promptement leur marchandise.

Les sels ammoniacaux sont employés dans les arts et, comme les tourteaux, ils exigent peu de frais de transport relativement à leur valeur. Ainsi, supposons un fermier qui veut fumer une terre beaucoup plus largement que ne le permettrait le fumier; cherchons à quelle distance il devrait aller chercher du tourteau de colza ou du fumier pour que l'un et l'autre fussent au même prix.

Le prix de la voiture de fumier étant à 0,25 par kilomètre,

et 100 kilogr. de fumier de ferme équivalant à 8 kilogr. de tourteau de colza, si nous transportons le fumier et le tourteau à quatre kilomètres de distance seulement, nous aurons :

Prix du fumier	1 66	Prix des 8 ^k ,3 de tourteau. . .	1 95
Transport de 100 kilogr. . .	1	Transport de 8 ^k ,3.	08
	1 66		1 03

Excédant du prix du fumier, 63 c.

On comprend d'après cela comment, dès qu'il s'agit d'acheter des engrais, le moindre éloignement donne la supériorité aux engrais riches, et on expliquera par la concurrence des acheteurs leurs prix élevés en comparaison de celui des fumiers.

Heureusement ces engrais fabriqués dans les fermes ne peuvent être mis aux enchères par les localités plus riches, ils ne peuvent se transporter qu'à de petites distances, et demeurent la propriété du sol qui les a produits.

C'est sur de pareils rapprochements que l'on pourra baser la convenance d'employer tel ou tel engrais quand on sera obligé d'en acheter.

Il y a aussi une autre considération qui doit avoir une grande influence sur la préférence à accorder à tel ou tel engrais ; c'est celle de la durée de la matière. Même après avoir pris soin de convertir en sels fixes les parties volatilisées d'un engrais, il reste entre eux une grande diversité dans la manière dont l'azote se trouve engagé dans des fibres ligneuses ou des pores qui ne le cèdent qu'après leur décomposition, ou par des efforts de la part de radicules, ou des variations de température et d'humidité qui sont plus ou moins incertaines. Ainsi, toutes les expériences que nous avons citées nous montrent que le fumier de ferme, qui ne cède que 0,25 à 0,33 de son azote à la première récolte, peut bien avoir 3 ou 4 ans de durée, tandis que nous voyons le guano, les sels ammoniacaux en céder 0,40, les tourteaux 0,50 à 0,60, et avoir ainsi une durée

présumée de deux ans au plus. Or, deux ans de plus à attendre les résultats d'un déboursé représentent pour le fermier, qui est un véritable industriel, un quart de la valeur de cette avance. Ajoutons que quand un engrais doit avoir une longue durée, les intervalles de jachère ou d'inculture pendant lesquels il profite aux plantes adventices sont beaucoup plus longs, et qu'ainsi les plantes cultivées sont loin d'en recueillir tous les principes nutritifs. C'est ce qui explique très bien le prix plus élevé auquel on paie ces principes dans les engrais hâtifs.

Cette discussion, en prenant pour base les valeurs réelles indiquées aux cultivateurs par leur expérience journalière, réduit la théorie des engrais à ses véritables principes et en fait disparaître les anomalies qui paraissaient si difficiles à expliquer. Sans doute une matière dont l'évaporation marche plus vite que la végétation perd toute la valeur qui se dégage inutilement, mais dès que l'azote s'y trouve fixé de manière à se dégager dans le même temps que la plante met à croître, il est dans les conditions les plus favorables et les plus appréciées, d'autant plus qu'il se présente sous un volume moins grand et plus facile à transporter; à partir de ce point, plus le temps de la décomposition de la matière et du dégagement de l'azote est long, moins l'engrais est estimé, et il l'est d'autant moins que le volume est plus considérable, coûte plus de frais de transport, et par conséquent que le cercle de ses acheteurs est plus resserré.

CHAPITRE XIII.

Valeur des engrais relativement aux différents genres de culture et aux différentes circonstances du sol.

Les engrais appliqués aux différentes cultures et dans des circonstances diverses de sol et de climat sont loin de repro-

duire des résultats identiques pour les récoltes auxquelles on les applique. Cette matière neuve a été l'objet de recherches que nous devons rappeler¹.

Les expériences qui ont pour but d'établir ces résultats ont été faites sur deux espèces de terrains, des terrains arrosés et des terrains secs, et sur différentes sortes de végétaux. On s'est servi du fumier d'auberge décrit plus haut (page 600), et possédant 0,79 p. 100 d'azote à l'état normal, et 2,083 à l'état sec.

Ce n'est pas que quelques tentatives n'aient été faites par Thaër, de Woght, Crud, dans le but de parvenir à cette détermination; mais pour se convaincre qu'ils ne sont pas arrivés au résultat dont nous indiquerons l'importance, il suffit de connaître les différentes méthodes suivies dans la comptabilité agricole à l'égard des engrais.

Quelques-uns se bornent à leur assigner le prix de la litière, sans considérer que, s'il était vrai que la litière n'acquiesce rien par sa transformation en fumier, il serait plus convenable de l'enterrer immédiatement dans le sol, sans lui faire subir cette manipulation.

D'autres balancent le compte des animaux par la valeur des fumiers, c'est-à-dire qu'après avoir porté à leur débit les fourrages et la litière au prix du marché, les soins, le dépérissement, etc., ils placent en regard, à leur crédit, le prix des animaux vendus, celui de leur laine, de leurs agneaux ou de leurs veaux, etc.; et si ce second total est plus faible que le premier, ils rétablissent l'égalité en portant le complément pour valeur de l'engrais. Il résulte de cette méthode que cette valeur varie selon que l'on élève des races d'animaux plus ou moins profitables, et qu'on le fait avec plus ou moins d'art et de soin.

(1) Voir notre mémoire sur la valeur des engrais, *Mémoires de la Société centrale d'agriculture*, 1842.

D'autres encore donnent pour valeur à l'engrais le double de l'excédant du produit des parties fumées sur celles qui ne le sont pas, en supposant qu'une première récolte n'en consomme que la moitié. Mais outre la difficulté de faire exactement la part des récoltes des différentes terres d'un domaine, cette méthode est basée sur une hypothèse dont l'exactitude dépend des saisons qui ont plus ou moins favorisé la décomposition du fumier, son absorption par les plantes et la réussite finale de celles-ci.

Au milieu de ces hésitations de la pratique, des personnes de bonne foi, craignant plus les erreurs que les omissions, mais sans considérer que les omissions sont aussi des erreurs, proposent de supprimer le compte engrais de la comptabilité agricole.

Ainsi, dans l'état actuel de la science agricole, rien ne vient nous éclairer sur la véritable valeur des engrais. Si leur fabrication était toujours séparée des exploitations rurales, si l'éleveur de bestiaux avait ses intérêts à part de ceux de l'agriculteur, nous saurions à quoi nous en tenir; il y aurait alors un marché d'engrais où les intérêts réciproques finiraient par s'équilibrer, et nous saurions la valeur réelle de ce précieux auxiliaire de toute bonne agriculture.

Ce marché existe auprès des grandes villes, mais nullement dans les conditions égales que nous pouvons rechercher. Là se trouve ordinairement surabondance de la marchandise, relativement au rayon dans lequel il est avantageux de la transporter; inégalité entre l'offre et la demande. On a fabriqué aussi un grand nombre d'engrais artificiels, mais il est resté du doute sur la valeur réelle de la plupart d'entre eux, et quant à ceux qui ont résisté à l'épreuve, ils pourront servir un jour de régulateur, quand leur valeur relative avec les engrais naturels sera bien connue, et surtout quand, le marché en étant saturé, l'équilibre sera bien établi entre eux.

Toutes ces causes nous ont laissé jusqu'ici dans une très grande incertitude sur la véritable valeur des fumiers. Sentant vivement l'importance de cette question, nous nous en sommes toujours occupé avec sollicitude, et nous avons réuni quelques éléments de sa solution, qui contribueront peut-être à appeler sur elle l'attention des cultivateurs et provoqueront les communications et les recherches qui peuvent la compléter.

Pour parvenir à résoudre ce difficile problème, il fallait réunir des circonstances agricoles telles que l'on pût apprécier avec exactitude le produit total que l'on peut retirer d'une quantité donnée de fumier. Il fallait donc se rendre aussi indépendant que possible de la nature du sol et du climat. De la nature du sol : dans les terrains maigres qui contiennent de l'argile, une partie de l'engrais est absorbée par elle, et ne reparaît pas immédiatement; et dans un terrain qui contient du carbonate de chaux, il y a formation de nitrates par l'action atmosphérique indépendante de la présence des engrais, comme nous l'avons aussi fait voir. C'est donc sur un terrain sablonneux que nous avons dû agir.

De plus, dans les pays et dans les années sèches, la végétation se ralentit dès le mois de mai, et jusqu'au milieu d'octobre, par l'effet du dessèchement du sol, et elle s'arrête pour les plantes annuelles, précisément au moment où la chaleur favoriserait le plus leur développement, si elle était accompagnée d'humidité; mais l'irrigation rétablit la fraîcheur de la terre, et rend à la végétation toute son activité : c'est donc sur des terres pauvres d'engrais, sablonneuses et arrosées à volonté, que les résultats devaient être cherchés. Nous avons eu le bonheur d'obtenir une série de résultats accompagnés de toutes ces circonstances, recueillis sur un terrain sablonneux, peu chargé d'argile et de chaux, abandonné depuis longtemps, mais qui venait d'acquérir nouvellement les premiers bienfaits de l'arrosage.

Mais c'était peu encore d'examiner ce qui se passe dans ces conditions exceptionnelles; nous avons dû comparer nos résultats à ce qui a lieu dans les terres sèches et dans l'état général de la culture. Si les expériences faites sur les terrains arrosés nous donnent la valeur absolue de l'engrais, celles qui résultent de l'examen de la culture commune n'ont de valeur que pour le climat et les terrains où elles ont été recueillies, et, sous ce rapport, elles doivent être répétées en différents lieux avant de pouvoir devenir une règle générale.

Ainsi la première partie de cet examen, qui concerne les expériences faites sur les terres fraîches et arrosées, ayant pour objet d'écarter, autant qu'il est possible de le faire dans de pareilles expériences, les circonstances de climat et de sol, approcherait par cela même d'une détermination absolue, s'il était possible de faire abstraction d'une plus longue durée de la saison chaude dans nos climats du midi, durée qui permet de profiter, dans la même année, de presque toute la richesse du fumier, et prévient les pertes qu'un plus long séjour en terre peut lui faire éprouver. Quant à la valeur du fumier sur les terres sèches, elle est entièrement liée aux influences climatiques du pays où les observations ont été faites, et ne pourrait être admise ailleurs sans modification. C'est sous ces conditions préalables que nous présentons ce travail à l'examen des agriculteurs.

SECTION I^{re}. — *Valeur du fumier employé à diverses cultures dans les terres fraîches.*

Nous entendons ici, par valeur de l'engrais, celle de la récolte que l'on obtient en sus pour chaque quantité d'engrais ajoutée. Ainsi, supposons que le terrain cultivé sans fumier donne 2, et qu'avec 1 de fumier j'obtienne 3, la valeur du fumier sera celle de 1 de la récolte; de même, si avec 1 de fumier

j'obtiens 3, et qu'avec 2 de fumier j'obtienne 4, cette valeur sera de même de 1 du végétal récolté : ainsi de suite pour chaque dose nouvelle d'engrais employé, jusqu'à une limite qui varie selon les plantes, et que nous essaierons d'indiquer en traitant des cultures. Nous nous dispenserons donc entièrement d'entrer dans la distinction du revenu net de chaque culture, et nous nous bornerons à rechercher ce que l'emploi de l'engrais apporte d'augmentation aux récoltes, en les comparant à ce qu'elles auraient été si on n'en eût pas employé, ou qu'on en eût employé en quantité moindre. Ceci posé, passons aux résultats obtenus d'abord dans les terres arrosées, et puis dans les terres sèches.

§ 1^{er}. — Froment.

Les terrains arrosés des bords de la Durance composent une zone agricole très remarquable par ses produits et pour l'industrie de ses habitants. Au milieu d'assolements très variés de différentes plantes horticoles, on y sème souvent du blé, en pratiquant à peu près la méthode suivante que nous avons retrouvée en Sicile.

La semaille a lieu au commencement de novembre; le grain est répandu sur le terrain bien préparé et fumé, ou suffisamment amendé par les cultures précédentes. La terre est divisée en planches de 1 à 2 mètres de largeur, et chaque planche est séparée de sa voisine par un intervalle de 0^m,25, que l'on approfondit de 0^m,05 à 0^m,06 par un seul coup de houe, pour y faire passer les eaux destinées à l'irrigation. Au printemps, quand les vents ont desséché la terre, que la pluie manque et que la chaleur moyenne a dépassé 12^o,50 centigrades, on fait circuler l'eau dans l'espace déprimé qui se trouve entre les planches, et on l'y arrête longtemps pour qu'elle pénètre entre deux terres par infiltration, mais en s'abstenant de toute submersion, qui tasserait le terrain et nuirait à la végétation. Cette

irrigation souterraine est répétée si l'on s'aperçoit que les plantes souffrent de la sécheresse, mais rarement a-t-elle lieu plus de deux fois, et souvent on se borne à une seule.

La beauté de la végétation ne laisse qu'une crainte au cultivateur, c'est le versement des blés; mais, malgré cet inconvénient, les récoltes sont si productives qu'on n'en est pas découragé.

Quand la moisson est faite, à la fin de juin, on inonde le terrain, et, après l'avoir laissé ressuyer deux ou trois jours, on le laboure et on y sème des haricots, des pommes de terre, du maïs quarantain, du millet, que l'on soigne par les mêmes procédés. Ces secondes récoltes, venues à la faveur d'un terrain frais et dans les mois les plus chauds de l'année (juillet, août et septembre), ont encore une grande valeur. Par ces productions successives aidées d'une chaleur humide, le terrain se trouve dans un état qui exige une fumure abondante pour les cultures de l'année suivante.

Ayant sous les yeux de si belles et de si nombreuses expériences, il semble qu'il aurait dû nous être facile de déterminer immédiatement le rapport de l'engrais à la récolte de blé; mais un grand obstacle s'opposait à cette appréciation. Cette culture est faite souvent sans engrais direct, en profitant de l'excès de fécondité, ou, comme disent les Allemands, de la *vieille force*, accumulée par les cultures antérieures. Quand on y met de l'engrais, ce n'est que comme supplément de celui que l'on suppose exister dans le terrain; cet engrais est très variable dans sa qualité, et ne consiste souvent qu'en balayures de ville. Une analyse exacte de ces différentes circonstances conduirait trop loin et laisserait des doutes légitimes sur les résultats, s'ils n'étaient pas éclairés par des expériences directes. Nous avons eu le bonheur d'obtenir depuis quelques années une série de faits indépendants de ces circonstances; ce sont des cultures de blé faites sur les terrains neufs que nous avons décrits plus haut, avec des quantités d'engrais déterminées et

de qualité connue. Ces terrains, situés sur les bords de la Durance, annonçaient leur pauvreté par celle de leur végétation naturelle; c'étaient des sables mal liés, transportés jadis par des courants et sans doute fortement lessivés; car il n'y avait que des traces de matières organiques charbonneuses, sans azote. Aucun cultivateur ne leur aurait confié la semence avec espoir de la reproduire une seule fois. Le tableau suivant donne les résultats de trois années de cette culture :

Années.	Quantité de fumier. Pr. du blé. Valeur.			Deuxième récolte. ¹		
1856. 10 arcs	20 quintaux mét.	152 k.	55 20	540 k. pommes de terre	20 75	
— 10	50	—	204	56 10	234 kil. haricots	42 »
— 10	40	—	248	68 20	3 hect. millet	55 20
1857. 10	10	—	68	18 70	70 kilogr. haricots. . . .	15 »
— 10	20	—	140	38 50	1 hect. 7 millet.	49 »
— 10	30	—	210	57 75	1 hect. millet	22 »
1858. 10	10	—	72	19 80	500 k. pommes de terre	15 »
— 10	20	—	156	37 40	100 kilogr. haricots. . .	50 »
— 10	30	—	220	60 50	1 hect. 7 millet	20 »
90	210		1430	592 15		214 95

Ainsi 90 ares de terrain ont produit en première récolte 1,430 kilogr. de blé, après avoir été ensemencés de 144 kilogr.; or, comme on peut supposer que dans le sol le moins riche la semence se reproduira au moins une fois elle-même, nous aurons, en retranchant le poids de la semence de la récolte, la quantité de 1,286 kilogr., qui représentera l'action du fumier; mais il faut ajouter à ce produit la valeur de la paille.

Cette substance étant destinée à reproduire de nouveau fumier, nous ne pouvons lui attribuer, dans l'économie rurale, d'autre prix que celui qui résulte de son équivalent comme engrais; cet équivalent est, d'après MM. Boussingault et Payen¹, de 166,66 p. 100 d'engrais normal, et par conséquent pour le nôtre de 331. La quantité de paille étant, d'après nos formules locales, du double du grain ou de 2,572 kilogr., c'est

la valeur de $\frac{331}{2572 \times 100} = 766$ kilogr. de fumier qu'il faut

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XIII, p. 331.

ajouter à celle de la récolte, ou retrancher de la quantité de fumier fournie; cette quantité se réduit donc de 21,000 kilogr. à 20,234 kilogr.

Les 1,286 kilogr. de blé, restés nets après la déduction de la semence de la première récolte, ont une valeur de 353 fr. 66 c.; la seconde récolte, qui a produit brut 214 fr. 95 c., se réduira aussi à la valeur nette de 193 fr. 29 c., qui auront produit une quantité de paille équivalente à 419 kilogr. de fumier, en supposant que la valeur et la quantité de l'ensemble de ces pailles soient égales à celles du blé. Le produit net total des deux récoltes sera donc de 546 fr. 94 c., qui représentent l'effet de 19,815 kilogr. de fumier. Son prix réel serait donc 2 fr. 75 c., équivalant exactement à 10 kilogr. de blé¹.

Comparons ce résultat avec celui qui a été obtenu par divers agronomes. Thaër (§ 250, 258) admet que 1,000 kilogr. d'engrais mettent le sol en état de produire 70 kilogr. de froment, et par conséquent, d'après ses formules, 140 kilogr. de paille, dont l'équivalent est pour son fumier de 167, par conséquent ayant la valeur de 84 kilogr. de fumier; ainsi ce sera seulement la quantité de 916 kilogr. de fumier qui produiront 70 kilogr. de blé, ce qui nous donne la quantité de 76 kilogr. de blé par 1,000 kilogr. de fumier, ou 7,6 kilogr. p. 100. Nous avons trouvé 10 kilogr., ce qui ferait penser que notre engrais est à celui de Thaër comme 10 : 7,6.

(1) Dans la séance de la Société centrale, où le mémoire a été lu, on a objecté à ce résultat que si les travaux de préparation de la terre ne devaient pas être comptés quand il s'agissait de la valeur d'une quantité de fumier ajoutée à une culture déjà faite pour obtenir une récolte quelconque, il n'en était pas de même des frais de récolte, de battage, etc.; qui, chez nous, s'élèvent à 2 fr. par hectolitre. Ainsi il y aurait eu à déduire, pour 10 kilogr., le huitième du prix trouvé, puisque l'hectolitre pèse 80 kilogr., et la valeur du fumier se réduirait à 2 fr. 50 c. au lieu de 2 fr. 75 c., et à 9,75 de blé au lieu de 10. Le genre et le prix des travaux varient tellement que nous préférons laisser dans toute sa généralité le chiffre que nous avons trouvé sauf à chacun à faire des déductions selon les circonstances locales.

Burger attribue à 1,000 kilogr. d'engrais la production de 75 kilogr. de froment et 150 de paille équivalant à 88 kilogr. de fumier; ainsi 912 kilogr. de fumier produisent 75 kilogr. de froment, et 100 kilogr. en produisent 8,2; ainsi notre fumier serait à celui de Burger comme 10 : 8,2.

Kressig admet le produit de 85 kilogr., et par conséquent de 170 de paille par 1,000 de fumier; ce qui se résume, toutes réductions faites, à 8^k,7 de blé par 100 de fumier.

On voit combien ces différentes évaluations se rapprochent de celles que nous avons trouvées par l'observation directe. Le seul point qui puisse faire matière à contestation dans la méthode que nous avons employée, c'est notre manière d'évaluer la paille.

M. Puvis¹ attribue au poids de la paille doublée la même valeur qu'au fumier; mais il est évident que la paille n'entre dans celui-ci que pour sa valeur propre, et que l'on ne peut lui attribuer de plus celle qu'elle acquiert par son mélange avec les urines et les excréments des bestiaux.

Dans les pays pauvres en fourrages et où la paille acquiert une assez grande valeur, nos calculs seraient modifiés; mais si d'un côté la récolte de paille élevait le produit du fumier, d'un autre côté l'emploi de la paille pour litière élèverait aussi son prix de revient.

§ II. — Betterave.

Si l'on cultive la betterave sur des terres fraîches qui ne possèdent pas un fonds d'ancien engrais, on obtient 165 kilogr. de cette racine par 100 kilogr. de fumier. Des résultats plus élevés sont une pure illusion et ne proviennent que de la fertilité précédemment acquise par le champ.

Ce résultat est confirmé par les produits de la culture dans

(1) *Des engrais animaux*, 1841.

le nord. Les cultivateurs y récoltent 40,000 kilogr. sur des terres qui produisent 20 hectol. de blé ou 1,600 kilogr. de blé résultant de 25,000 kilogr. de fumier, qui, à 165 kilogr. de betteraves par 100, produisent 41,000 kilogr.

M. Mathieu de Dombasle n'obtient que la moitié de cette récolte pour la même quantité d'engrais¹, mais c'est sur des terres sèches qui ne consomment pas tout leur fumier dans une première récolte.

M. Crud² fume ses betteraves avec 270 quintaux métriques de fumier; il en résulte 540 quintaux de racines; mais c'est sur ses riches terres du Boulonnais, où l'engrais est incorporé depuis longtemps avec la terre.

La betterave se paie 1 fr. 60 c. dans le département du Nord, mais on y ajoute 35 kilogr. de pulpe qui a un quart de la valeur de la betterave; ainsi, 35 kilogr. valant 56 c., c'est 14 c. à ajouter à ce prix, qui est alors de 1 fr. 74 c. pour 100 kilogr. de betteraves, et la valeur du fumier sera de 2 fr. 88 c.; nous l'avons trouvée de 2 fr. 75 c. par la culture du blé dans les terrains arrosés; l'accord ne pouvait être plus parfait.

§ III. — Prairies.

Les prairies arrosées, forcées à pousser plusieurs fois par an par les coupes successives qu'elles subissent, et ayant une végétation continue, même en hiver, paraissent être un des moyens les plus sûrs pour découvrir la valeur des engrais, et cependant on ne peut l'employer qu'après avoir observé attentivement ce qui se passe dans la végétation des gazons. En faisant acception de quelques plantes qui y viennent contre l'intérêt et le gré des cultivateurs, celles qui les composent ont des racines traçantes qui se rapprochent sans cesse de la sur-

(1) *Annales de Roville*, t. VII, p. 255.

(2) *Economie de l'agriculture*, § 255.

face du terrain à mesure qu'elles sont recouvertes par les détritus de feuillage et par les engrais que l'on répand en couverture. Elles poussent de nouvelles racicules, toujours plus hautes que les précédentes, et les racines profondes finissent par mourir et se convertir en terreau ; de sorte qu'après sa complète formation, quelque âge qu'ait le pré, son gazon (et nous entendons par là la partie du sol qui est enveloppée dans le tissu de ses racines) a toujours la même épaisseur, dont l'existence, dans une certaine épaisseur, paraît essentielle au bon état de la prairie. Cette couche est une richesse accumulée, mais placée à fonds perdu, qui ne rentre au profit du propriétaire que par le défrichement de sa prairie. Les herbes de pré ne parviennent à tout leur développement qu'autant que, par la succession des années, elles se sont formé au-dessus du sol minéral un milieu de terreau azoté pour leurs racines. Quand le gazon n'est pas complètement formé et que les racines des plantes reposent encore sur le sol minéral, si celui-ci n'a pas une richesse naturelle assez élevée, les récoltes des prairies sont encore peu abondantes, et elles ne sont à leur maximum qu'après plusieurs années de végétation et de nombreuses fumures, excepté dans les terrains riches et perméables dont nous avons parlé. Jusqu'à ce point maximum, le fumier distribué aux prairies ne produit pas tous ses effets, et ce n'est que quand elles y sont parvenues que l'on peut espérer de voir reproduire sa véritable valeur. Cette proposition deviendra claire par le détail de ce qui se passe quand on établit de nouvelles prairies. Les observations de ce genre ne manquent pas autour de nous.

On fume la surface du terrain avant de semer le grain de foin. Les herbes sortent isolées et la surface de la terre est dégarnie la première année ; la seconde, les trèfles commencent à s'étendre et les graminées à taller ; la troisième, le gazon paraît formé ; mais il manque réellement de l'épaisseur et de la richesse qu'exige le pré, et il est si peu parvenu à son point

de perfection, que ce n'est qu'après un grand nombre d'années, si l'on ne fume pas, et si l'on fume, qu'après avoir reçu une dose de fumier que l'on peut estimer à 5,000 quintaux métriques par hectare, que le pré parvient à son état stationnaire, dans lequel chaque dose nouvelle de fumier produit son maximum d'effet. D'après ces expériences, on peut donc affirmer que, soit que l'on calcule le nombre d'années de faible produit dans le cas où l'on ne fume pas, soit que l'on compte l'avance totale de fumier faite avant d'arriver à ce point, il y aura par hectare l'équivalent d'une quantité de 2,500 quint. métriques de fumier en avance, en supposant que l'on ait eu pendant la première époque des récoltes de foin équivalentes à la moitié du fumier.

Pour estimer la valeur de l'engrais appliqué aux prairies, il faut donc ajouter à l'engrais qu'on leur applique annuellement le vingtième de 2,500 quintaux, ou 125 quintaux qui représentent l'intérêt de la valeur de l'engrais amorti.

Généralement, on fume les prés tous les trois ans dans le département de Vaucluse, où ils sont bien soignés. Leur durée y est éternelle. La nature et la qualité de l'herbage vont toujours en s'améliorant, et on n'y est pas obligé, comme en Lombardie, d'alterner les prés avec d'autres cultures, à cause de la détérioration de leur qualité. Les prairies que l'on défriche, en Italie, sont principalement garnies de trèfle, mais les graminées n'ont jamais le temps d'y prendre tout leur développement. Une prairie que nous avons portée graduellement à l'état maximum de produit en foin nous présente les résultats suivants. Fumée en hiver avec 50,490 kilogr. de fumier, ce qui fait 16,830 kilogr. par an, elle produit :

1 ^{re} année	17,000 kil. de foin.
2 ^e année	15,300
3 ^e année	13,600
Total . . .	45,900
ou par an	15,300

Le prix du foin étant de 6 fr. les 100 kilogr., c'est une valeur de 918 fr. qui résulte de 16,830 kilogr. de fumier et 12,500 kilogr. de fumier avancé, ou de 29,330 kilogr. de fumier. Les 100 kilogr. de fumier produisent donc 52 kilogr. de foin, ayant une valeur de 3 fr. 12 c.; nous avons trouvé que le fumier, appliqué au blé et à la betterave, valait 2 fr. 88 c. On voit combien se rapprochent ces trois évaluations, obtenues à travers tant de circonstances difficiles à apprécier.

§ IV. — Luzerne.

La luzerne est-elle un meilleur module que le foin pour apprécier la valeur du fumier? Nous allons voir combien il faut s'en défier et à quelles anomalies cette plante est sujette.

Sur une terre qui n'en a jamais porté et qui a du fonds, on obtient souvent de très belles luzernes sans engrais. Nous l'avons vu réussir admirablement près de Montélimart sur un sol graveleux, rouge, profond, que l'on ne croyait propre qu'à la vigne, et sans autre engrais que le plâtre.

Elle donne des résultats aussi riches dans les alluvions profondes de certaines rivières, si ces alluvions sont perméables et fraîches sans être humides.

Dans les terrains qui ont du fonds, elle prospérera même avec une fumure médiocre, s'ils n'ont pas encore porté de luzerne; dans ceux qui ont peu de fonds, elle donnera de grandes espérances à sa première année, mais elle dépérira à mesure que ses racines atteindront le sous-sol.

Si le terrain a déjà porté une ou plusieurs fois de la luzerne, son dépérissement commence de bonne heure et sa durée est limitée à peu d'années, quoique la surface du terrain ait été abondamment fumée.

Ainsi, ce que cette plante paraît rechercher de préférence, c'est la richesse dans la profondeur, c'est de pouvoir approfon-

dir continuellement ses racines dans une terre qui renferme toujours des principes propres à sa nutrition. Tant que ces couches superposées de fertilité constante existent, la luzerne continue son développement et ne cesse de produire de nouvelles et abondantes récoltes. Nous avons pu observer sur le bord du Rhône et de l'Ardèche des racines de plus de 4 mètres de long. Trouvent-elles un courant d'eau imprégnée de principes fécondants, elles se subdivisent en radicules et continuent à vivre encore pendant longtemps; mais trouvent-elles une couche imperméable ou entretenue dans l'humidité par des eaux croupissantes, les progrès s'arrêtent, la plante dépérit, le champ se dégarnit; la limite de l'existence de fourrage est arrivée.

Quelle est la durée de cet épuisement des couches profondes, qui ne permet pas à la luzerne de reparaitre avantageusement sur les terrains qui en ont déjà porté? Ce temps dépend du genre de culture qui aura suivi la luzerne. Il est plus court dans les terres arrosées; les travaux profonds l'abrègent aussi dans les terres sèches; plus le terrain est perméable et plus tôt la luzerne peut reparaitre sur le même champ. Dans des terrains plus compactes, un ancien agriculteur nous assurait qu'après trente ans d'intervalle, il s'apercevait distinctement des places où avait existé la luzerne trente années auparavant par sa moindre vigueur, et surtout par sa moindre durée. Olivier de Serres donnait quinze ans de durée à un champ de luzerne; nous en avons vu qui sont arrivés à cet âge dans les terrains neufs; mais aujourd'hui ils atteignent à peine cinq ans, et il y en a beaucoup qu'il faut défricher à la quatrième année. Comme il faut nécessairement semer cette plante sur des sols profonds, toutes les terres d'un domaine n'y sont pas indistinctement propres, d'où résulte le retour trop fréquent de cette culture sur les mêmes espaces de terrain. Dans l'assolement de Nîmes, la luzerne revient douze ans après son dé-

foncement, et là aussi on s'aperçoit que ce temps est trop court.

En faisant la part du mal que lui causent des fauchaisons trop tardives et pratiquées quand la fleuraison de cette plante est achevée, on ne peut expliquer tous ces faits qu'au moyen de deux hypothèses. La première hypothèse repose, comme nous l'avons déjà dit, sur la nécessité pour la luzerne de trouver des couches meubles et contenant des sucres nutritifs à mesure que sa racine s'allonge; on sait que dans les bons terrains cette racine présente peu de racicules latérales, ses bouches absorbantes sont donc placées à son extrémité. La seconde hypothèse consiste à supposer la persistance, pendant une longue suite d'années, d'excrétions malfaisantes produites par la luzerne qui a précédé et qui sont incompatibles avec la présence de cette plante pendant toute leur durée. Mais il faudrait que l'existence de ces excrétions fût bien démontrée pour qu'on pût admettre qu'exposées, pendant douze et trente ans, à la réaction de tous les corps environnants, elles eussent conservé toutes leurs propriétés nuisibles. Nous croyons que la théorie de l'épuisement explique tout aussi bien les faits que nous avons décrits, et sans qu'on puisse lui opposer les mêmes objections.

En partant de ces données, examinons ce qui se passe dans le midi, relativement à la culture de la luzerne.

Dans les terrains qui ne sont pas naturellement meubles, on prépare, par des labours profonds, une couche perméable aux racines de la luzerne. Cette profondeur fixe, pour ainsi dire, dans les terres compactes la durée de cette plante. En 4 ou 5 ans, ses pivots atteignent à 30 centimètres environ de longueur, et si le sous-sol se trouve tellement dur qu'il ne puisse être pénétré, la plante ne tarde pas à dépérir.

Il faut ensuite disposer d'une quantité de fumier suffisante pour que son mélange avec la terre ou l'infiltration de ses

sucs atteigne la couche que les racines doivent occuper ; cette condition est indispensable pour les terrains qui ont déjà porté de la luzerne et dont les couches profondes sont déjà épuisées. Or les sucs, filtrant à travers le sol et déposant successivement une partie des matières qu'ils tiennent en suspension , n'arrivent pas très profondément sans être complètement dépouillés de leurs principes fertilisants. C'est ce qui borne encore la durée de la luzerne quand il faut procéder par des engrais artificiels ; et cela est si vrai que le fumier accroit bien la récolte en proportion de son abondance , mais ne prolonge pas dans cette même proportion la durée de la plante ; d'ailleurs les cultivateurs répugnent à enterrer profondément le fumier, de crainte qu'il ne puisse être atteint ensuite par les céréales qui sont semées sur des labours moins profonds.

Ainsi tout le succès , dans les terres qui ne sont pas neuves pour la luzerne , dépend de ces deux choses : profondeur du labour , abondance d'engrais. La première prolonge la durée de la plante en offrant de l'espace pour l'allongement de ses racines et en facilitant l'infiltration des sucs des fumiers ; la deuxième fournit la meilleure nutrition.

La première année, la luzerne croît avec luxe sur une fumure abondante, elle y trouve cette large nourriture qu'il lui faut ; la seconde année, elle se trouve encore dans une zone de terrain bien fécondée par les sucs infiltrés, elle donne alors ses plus belles récoltes ; dès la troisième année, la diminution devient sensible ; elle s'affaiblit encore dans la quatrième et la cinquième. Cette décroissance est d'autant plus rapide que le terrain est moins perméable.

Mais de cette tendance de la luzerne à puiser sa nourriture par l'extrémité de ses racines résulte aussi que l'engrais déposé près de la surface de la terre reste presque intact , et qu'après le défrichement le sol se trouve dans un état de richesse qui prouve à quel point cette plante s'approprie les éléments atmo-

sphériques. Les récoltes de blé qui succèdent se comportent exactement comme si le fumier accordé à la luzerne était demeuré tout entier à la disposition des récoltes qui vont la suivre.

Voici quelques résultats pratiques qui éclairciront ce point délicat :

Pendant cinq années une luzerne a produit 640 quintaux métriques de fourrage sec ; elle a été fumée avec 1,030 quintaux de fumier. On a fait trois récoltes successives de blé, et l'on ne s'est arrêté qu'à cause de l'abondance des mauvaises herbes ; le terrain est resté en très bon état, et on a pu, après une jachère complète, en tirer encore deux récoltes de céréales. En totalité, on a obtenu 102 hectolitres de blé, ou 8,160 kilogr. qui représentent l'effet de 816 quintaux métriques de fumier.

Il y a donc eu une perte de 214 quintaux de fumier seulement, pour représenter 640 quintaux de fourrage. Ces récoltes ont eu lieu dans des terres naturellement fraîches ; la perte en engrais est beaucoup plus considérable dans les terres arrosées, qui dissolvent davantage les sucres des engrais et favorisent leur décomposition.

La luzerne a donc coûté en fumier 214 quintaux, plus l'intérêt de l'avance de la totalité de l'engrais pendant six ans, terme moyen des rentrées (cinq années de luzerne et deux de céréales). Voici le compte de cette culture pour un hectare :

Labours profonds.	120 f. » c.
36 kilogr. de graine à 120 fr. le 100.	43 20
Cinq fauchages par an, à raison de 8 fr. 50 c., pendant quatre ans.	170 »
Faner l'herbe et la rentrer.	90 »
Loyer du terrain pendant cinq ans.	500 »
204 quintaux de fumier à 1 fr. 30 c.	265 20
Intérêt de 790 quintaux de fumier, valeur 1,027 fr., pendant six ans.	308 10
	1,496 50

prix de 640 quintaux de luzerne, ou, par quintal 2 fr. 34 c. ;

en vendant 6 fr. le quintal, on voit que cette opération présente un bénéfice de 2,344 fr. par hectare.

Si, au contraire, on avait eu des terres neuves pour la luzerne, on se serait borné à donner 600 quintaux d'engrais pour favoriser la première croissance de la plante, et alors le compte changeant de face, 640 quintaux, coûtant 1,254 fr., reviendraient seulement à 1 fr. 96 c. le quintal métrique, et dans les terrains où il n'aurait pas fallu employer d'engrais, et où le plâtre aurait suffi beaucoup moins encore. Mais ces terrains, craignant la sécheresse en été, auraient donné de moins bonnes récoltes de foin.

Cette longue déduction était nécessaire pour montrer comment la luzerne se refuse à nous indiquer la valeur de l'engrais qui lui est consacré; c'est une plante vraiment merveilleuse, qui ne demande qu'une avance de fumier qu'elle restitue fidèlement. On peut la considérer comme un habile mineur qui va chercher dans la profondeur de la terre les filons de la richesse végétale qui y est enfouie; mais, quand la mine est épuisée, elle se refuse bientôt à fouiller inutilement la terre. C'est pour cela qu'après une période d'engouement on voit les cultivateurs se dégoûter d'une culture qui n'entre pas dans un cours régulier d'assolement d'un petit nombre d'années.

Nous ne pouvons aussi nous empêcher de réfléchir à l'impuissance de la lutte des contrées méridionales contre celles où l'herbe pousse spontanément, en fait de productions animales. On a affirmé que l'agriculture prussienne pouvait obtenir du foin à 90 c. les 100 kilogr.; et nous, avec les moyens les plus perfectionnés, nous arrivons seulement à le produire à 2 fr. 34 c., et il se vend 6 fr. prix moyen. Nos cultures spéciales peuvent seules rétablir l'équilibre entre deux pays si diversement dotés.

§ V. — Garance.

Chaque année, la culture de la garance prend une plus

grande extension dans le département de Vaucluse, et un grand nombre de terres sont livrées parcellairement à des cultivateurs qui cultivent cette plante sans engrais. Toutes les terres qui n'ont pas encore porté cette racine fournissent une récolte qui paie les frais de la culture. Si le sol est profond et riche, on en retire encore une seconde, et quelquefois une troisième récolte ; mais la plupart des terres témoignent de leur épuisement dès la seconde récolte, et alors la garance ne peut plus y être cultivée avantageusement sans fumier.

Cette plante a donc, comme la luzerne, la propriété d'épuiser la terre de suc qu'elle affectionne, et qui, cependant, ne sont pas les mêmes que ceux qui conviennent à la luzerne, car la garance réussit merveilleusement sur les défrichés de luzerne. C'est, pour le problème de la nutrition des plantes, une nouvelle donnée qui ne saurait être négligée.

On est revenu si souvent à la garance dans les terrains paludiens fortement calcaires, où le défaut de ténacité rend l'arrachage peu coûteux, que ces terres ne produisent plus de garance sans engrais. Ce qui leur restait de fécondité naturelle pour cette plante, il y a vingt-cinq ans, nous avait fait illusion, et l'analyse des résultats obtenus nous avait fait croire que 100 kilogr. de racines provenaient de 1,300 kilogr. d'engrais ; nous sommes aujourd'hui beaucoup plus près de la vérité, puisqu'on peut penser que dorénavant toute la garance produite par les palus provient seulement de l'engrais. On y emploie 1,812 kilogr. de fumier du pays, équivalant à 1,450 d'engrais normal pour obtenir 100 de garance. Les bons cultivateurs fument 1 hectare avec 72,000 kilogr. de fumier équivalant à 57,600 kilogr. d'engrais normal, et récoltent 3,960 kilogr. de racines. A l'époque de nos anciennes observations, la terre contenait donc environ 150 de substances nutritives propres à la garance sur 1,300. Cette provision a été épuisée, et les racines emploient ainsi en fumier 3 vingt-sixièmes en

sus. Ainsi 100 de fumier produisent 6,8 kilogr. de racine de garance. En supposant cette racine au prix moyen de 75 fr. les 100 kilogr., celui du fumier employé est donc de 5 fr. 10 c.

La beauté de ce résultat explique bien pourquoi, malgré les avances considérables à faire, malgré l'incertitude du succès après de si grandes mises de fonds, on recherche soigneusement l'engrais dans les pays à garance; pourquoi on va le chercher au loin, pour l'employer à cette culture. On l'achète encore dans quelques villes des environs à 1 fr. le quintal métrique, et, employé à la garance, il acquiert une valeur de 5 fr. ! Mais ce résultat n'a lieu que sur les terres fraîches, quoiqu'elles ne soient pas arrosées. Nous verrons, en parlant des terres sèches, qui sont les plus nombreuses, qu'il est fort différent.

§ VI. — Données sur la valeur du fumier employé à quelques autres cultures.

Ici se terminent les observations directes que nous avons faites sur la valeur des fumiers employés dans les terres fraîches. Il y aurait encore bien des faits à recueillir, mais ils ne peuvent être réunis qu'au moyen de recherches si longues et si répétées, que nous n'espérons pas pouvoir les entreprendre et les terminer de longtemps. Nous nous bornerons donc à consigner ici quelques observations faites par d'autres sur le sujet qui nous occupe.

M. Crud a indiqué, dans sa dernière édition de l'*Economie de l'agriculture*, l'absorption d'engrais faite par diverses espèces de végétaux. Quoiqu'il n'ait pas assez distingué, selon nous, les effets produits par la richesse acquise antérieurement et par les engrais, il peut être utile de recueillir et de comparer ses observations.

Il estime qu'un hectolitre de graine de colza absorbe 933 kilogr. de fumier; M. de Woght porte cette quantité à 995.

Cette différence peut provenir de la différente qualité des engrais, mais elle n'est pas assez grande pour qu'une de ces assertions ne serve pas de vérification à l'autre. Prenant la moyenne de ces données, nous admettons que dans les terres fraîches du Boulonnais et du Holstein 100 kilogr. de fumier produisent 0,115 hectol. de graine, et, au prix de 20 fr. pour l'hectolitre de colza, nous aurons 2 fr. 30 c. pour la valeur d'un quintal métrique d'engrais employé à cette culture; ce prix n'est probablement inférieur à celui de l'engrais destiné au blé que parce que sa qualité n'est pas égale à celle de l'engrais normal.

M. Crud (§ 228) attribue encore à 100 kilogr. de fumier la production de 250 kilogr. de pommes de terre. Cette donnée, qui porterait l'engrais à la valeur excessive de 7 fr. 70 c., nous paraît exagérée et dépendre de l'excellent état des terres que cultivait cet agronome. M. de Woght estime que 100 livres de blé absorbent 1,19 de richesse, tandis que 100 livres de pommes de terre absorbent seulement 0,1. D'après cette observation, et en s'en rapportant à la consommation de l'engrais par le blé, 100 livres de blé exigent 1249,5 livres de fumier, ce qui représente la valeur de 1,19 de richesse de M. de Woght; par conséquent 0,1 de richesse équivalent à 105 livres de fumier qui produisent 100 livres de pommes de terre: ainsi, 95 kilogr. de pommes de terre pour 100 kilogr. de fumier. L'hectolitre de pommes de terre pesant 65 kilogr. et valant moyennement 2 fr. 50 c., nous aurions donc 3 fr. 65 c. pour valeur de 100 kilogr. de fumier. Thaër arrive absolument au même résultat. Il admet (§ 1255) 44 hectolitres pesant 2,860 kilogr. pour le produit de trois chariots, ou 3,000 kil. de fumier, ce qui donnerait aussi 95 de pommes de terre pour 100 de fumier. Ce résultat nous paraît excessif et semblerait indiquer que la pomme de terre absorbe, outre le fumier, une grande quantité de sucs à l'atmosphère, dont il faut bien tenir

compte dans certains climats; et ce qui semble le prouver, c'est que, cultivée avec des doses différentes de fumier, son produit n'est presque jamais relatif à ces doses, et qu'elle donne quelquefois un plus fort produit sur un gazon rompu que sur un terrain bien fumé. Il s'ensuivrait donc que cette plante est tout à fait impropre à nous indiquer la valeur de l'engrais, et que l'on ne peut compter sur les résultats que nous avons indiqués.

M. Crud attribue aussi à 1,500 kilogr. de fumier la faculté de produire 100 kilogr. de filasse de chanvre, et par conséquent à 100 kilogr. de fumier une production de 6,6 kil., ce qui, à 1 fr. le kilogr., donnerait 6 fr. 60 c. pour la valeur de l'engrais consacré au chanvre. L'excellent état des chênévrières du Boulonnais et le vieux engrais qu'elles renferment doivent nous rendre très réservés pour admettre cette assertion.

M. O. Leclerc-Thouin, à qui nous devons de judicieuses observations sur la culture de l'Anjou, nous apprend qu'on y fume, avec 2 mètres cubes ou 1,500 kilogr. d'engrais, un terrain produisant 65 kilogr. de filasse, ou 4,03 kilogr. de filasse par 100 d'engrais, ce qui ferait revenir celui-ci au prix de 3 fr. 71 c. Il se vend dans le pays 75 c. les 100 kilogr.

SECTION II. — *Valeur de l'engrais dans les terres sèches.*

Sous le nom de terres sèches, nous comprenons celles qui, au mois d'août, après huit jours de sécheresse, à 0^m,33 de profondeur, renferment au plus 10 centièmes de leur poids d'eau. C'est l'état de la plus grande partie des terres de la région sud-est de la France. Ici l'engrais ne passe pas immédiatement dans la végétation, car celle-ci se trouve interrompue une partie de l'année. Il reste donc à nu, exposé aux influences de l'atmosphère, se décomposant en pure perte, et cette déperdition amène forcément une grande diminution

dans la valeur du fumier qui y est employé. Elle est nécessairement variable selon les climats; aussi rien n'est moins absolu que les déterminations qui vont suivre et qui résultent d'observations faites dans le département des Bouches-du-Rhône.

§ 1^{er}. — Froment.

La première base sur laquelle nous avons assis nos recherches sur la valeur de l'engrais appliqué au froment dans les terres sèches, c'est le dépouillement des livres de l'exploitation du château de Pomerols, près Tarascon, dirigée par nous-même pendant plusieurs années.

Mais ces données ne pouvaient suffire et offraient des résultats trop divergents. Telle terre produisait une récolte moindre l'année où elle avait été bien fumée que celle où elle n'avait pas reçu d'engrais; quelquefois, dans la même année, si l'hiver et le printemps avaient été secs, il se manifestait une disposition générale à avoir plus de blé sur les terres non fumées que sur celles qui l'avaient été. Cependant un fait restait évident, c'est que les parcelles qui recevaient une dose réglée de fumier portaient des récoltes dont la moyenne était supérieure d'une certaine quantité à celle des terres non fumées. Il ne pouvait y avoir de doute sur la marche à suivre dans les recherches qui nous occupaient. Il fallait réunir un grand nombre de résultats de l'une et de l'autre classe, et les comparer entre eux, sans s'occuper des anomalies fréquentes qu'une multitude de causes météorologiques et agricoles venaient introduire dans les données partielles dont ils se composaient. Pour une nature de terrain dont le plus grand défaut est cette incertitude dans les produits, il n'y avait que l'observation en grand qui pût faire disparaître les anomalies. En procédant ainsi, l'ordre s'est introduit dans nos recherches, et, en prenant en masse la quantité de fumier que nous avons employée

pendant dix ans et la quantité excédante du blé produit par son influence, leur rapport s'est trouvé d'accord avec ce que nous indiquaient les chiffres positifs pris sur un grand nombre d'autres propriétés exploitées selon divers modes de culture.

Nous avons divisé en deux classes les domaines observés : ceux de la première classe fument leurs terres tous les quatre ans avec une quantité moyenne de 230 quintaux métriques par hectare ; ils font, pendant ce temps, deux récoltes de blé suivies chacune d'une année de jachère, et produisent par ces deux récoltes de 28 à 30 hectolitres de blé.

Ceux de la seconde classe n'appliquent pas de fumier à leurs terres ; il est réservé pour les prés et les légumes nécessaires à la ferme, et est insuffisant pour les terres à blé, ou au moins elles en reçoivent si rarement et en si petite dose, que la quantité n'en est pas appréciable. Prises dans les mêmes qualités de sol que les précédentes, ces terres produisent en deux récoltes, faites en quatre ans, de 18 à 20 hectolitres de blé par hectare ; si quelquefois elles s'élèvent à 24 hectolitres, elles baissent souvent aussi à 16, et l'on peut tenir les deux chiffres ci-dessus comme un produit moyen assez constant dans les terres où la jachère est bien conduite.

C'est donc un produit de 10 hectolitres ou 800 kilogr. de blé qui résulte de 230 quintaux métriques de fumier, ou environ 3^k,4 de blé par 100 de fumier, et l'hectolitre étant toujours supposé au prix moyen de 22 fr., nous obtenons 0 fr. 935 pour prix de 100 kilogr. de fumier normal. Je me borne à faire observer pour le moment que ce prix est inférieur au prix vénal de cet engrais.

§II. — Betterave.

Quand on a assuré la sortie de la betterave et que les pluies n'arrivent pas trop tard à la fin de l'été, cette récolte est une

de celles qui réussissent le mieux dans les terres sèches. Mais ces chances, et l'interruption de la végétation en été, réduisent le produit moyen à la moitié environ de ce qu'il est dans les terres fraîches, avec la même dose d'engrais. Nous avons vu que dans les terres fraîches et arrosées l'engrais avait une valeur de 2 fr. 89, employé à la culture des betteraves dans les terres sèches; sa valeur sera donc de 1 fr. 44, et nous remarquerons ainsi que sur cette nature de terre il a une plus grande valeur par cet emploi que lorsqu'il est destiné directement à la culture des céréales.

§ III. — Garance.

Le produit moyen de la garance, traitée avec 57,600 kilogr. d'engrais normal dans les terrains secs, n'est plus que de 1,700 kilogr. Ainsi nous avons 100 de fumier pour 2^k,93 de garance; et le fumier a le prix de 2 fr. 19 c. Cette valeur élevée est encore une forte prime pour son emploi dans cette culture. Aussi, dans les pays où il n'y a plus de terrain neuf pour la garance, l'engrais est-il soigneusement recherché et amené de fort loin.

§ IV. — Oliviers.

C'est dans son emploi à des cultures qui, par leur durée, compensent l'irrégularité des saisons, que le midi trouve le moyen de rendre aux engrais cette haute valeur que leur refuse souvent la sécheresse de ses terres et de son climat. Dans notre mémoire sur la culture des oliviers, nous avons porté, d'après les résultats d'une longue suite d'observations, le produit de 100 kilogr. de fumier à 3 kilogr. d'huile. En partant de cette base, nous trouvons que le kilogr. d'huile étant au prix moyen de 1 fr. 60 c., celui de fumier est de 4 fr. 80 c. L'engrais que l'on consacre à cet arbre est le plus souvent d'une valeur bien inférieure à celle de notre engrais nor-

mal ; mais les expériences ont été faites avec l'engrais normal lui-même.

Cet emploi serait une source de richesses s'il n'était nécessairement borné par le peu d'étendue des vergers d'oliviers et par le petit nombre des plantations nouvelles qui se font.

§ V. — Vigne.

Nous ne pouvons donner encore que des approximations pour la valeur de l'engrais appliqué à la vigne. Aucun des cultivateurs soigneux auxquels nous nous sommes adressé n'avait observé comparativement le produit des vignes fumées et non fumées en tenant note des résultats. Ils n'ont pu nous donner que des estimations basées sur leur tact agricole, et plus ou moins arbitraires. Ce n'est que par la comparaison de plusieurs de ces réponses que nous nous sommes formé une idée du pouvoir que l'on attribue au fumier dans le département du Gard, pays où les vignobles sont traités en grand.

Une vigne produisant du vin de chaudière y donne une récolte de 3 cinquièmes en sus quand elle est fumée. La récolte moyenne des vignes non fumées étant estimée à 60 hectolitres par hectare, elle produit 96 hectolitres avec l'aide de l'engrais.

Cet engrais est composé de 210 quintaux métriques d'un mélange de roseaux secs et de 1 quart de fumier d'écurie, ce qui se réduit, par les équivalents, à 150 d'engrais normal. Cette fumure est renouvelée tous les trois ans, pendant lesquels la vigne ayant produit en plus 108 hectolitres de vin, chaque centaine de kilogrammes de fumier produirait 0,72 hectol. de vin d'une valeur moyenne de 5 fr., ou 3 fr. 60 c. pour 100 kilogr. de fumier.

Nous regrettons de ne pouvoir citer encore aucun résultat certain qui nous apprenne la valeur de l'engrais appliqué aux

mûriers, mais nous ne tarderons pas à les avoir, et tout nous porte à croire qu'elle n'est pas moins considérable que dans ses applications à la vigne. Malheureusement les pays qui sont le mieux pourvus de ces deux cultures sont aussi ceux où l'emploi de l'engrais sera borné par sa rareté.

SECTION III. — *Examen des résultats.*

Les résultats que nous avons obtenus pour la valeur de l'engrais normal sont donc les suivants :

	Terres fraîches et arrosées.	Terres sèches.
Froment.	2 f. 88 c.	" f. 93 c.
Betteraves.	2 88	1 44
Prairies.	3 12	" "
Garance.	5 10	2 19
Colza.	2 30	" "
Pommes de terre?		
Chanvre.	3 71	" "
Oliviers.	" "	4 80
Vignes.	" "	3 60

Le prix vénal moyen du fumier est de 1 fr. 30 c., mais il est difficile d'en trouver à acheter, excepté dans les villes, et alors les frais de transport viennent s'ajouter au prix d'achat.

Nous voyons, par ce tableau : 1^o que les terres fraîches obtiennent plus du double de produit de la même quantité d'engrais, ce qui tient à la continuité de la végétation dans ces terres; 2^o que plus une culture exige de capital de première mise, plus les rentrées sont éloignées et plus la valeur de l'engrais qu'on leur consacre est considérable; 3^o que les cultures arbustives qui vont chercher dans la profondeur de la terre la fraîcheur nécessaire à la végétation et lui donnent le moyen de se prolonger dans la saison chaude, rétablissent l'équilibre entre les terres sèches et les terres fraîches, pour le prix du fumier; 4^o que la culture des plantes qui paient richement le

fumier donne le véritable moyen d'en faire produire, et est le plus grand encouragement qu'un pays puisse recevoir pour la multiplication des bestiaux. Ainsi, dans un pays où l'engrais normal se vend 1 fr. 30 c., il est produit par les consommations suivantes :

Avoine.	5 kil.	= f. 90 c.
Foin	10	= 60
Paille.	5	= 07
	20	1 57

Le cheval produisant 40 kilogr. de fumier qui valent de prix vénal 52 c., sa ration ne coûte donc plus que 1 fr. 5 c.; le prix en est réduit d'un tiers.

Les chevaux du pays, nourris avec l'excellent foin qu'on y récolte, et ne recevant pas habituellement d'avoine comme ceux des rouliers, reçoivent également 20 kilogr. de nourriture, savoir :

Foin	15 kil.	= f. 90 c.
Paille.	5	= 07
	20	= 97

Si nous comparons, d'après les expériences de M. Boussingault, la valeur réelle des fumiers obtenus par ces deux nourritures d'après la quantité d'azote qui y est renfermée, nous avons pour la première :

Avoine.	5 kil.	0,087
Foin.	10	0,115
Paille.	5	0,013
		0,215

Pour la seconde :

Foin	10	0,172
Paille.	5	0,013
		0,185

La différence n'est que de trente millièmes d'azote; ce qui

fait une diminution d'un quart sur la valeur des 30 kilogr. de fumier produits. En retranchant 52 c. du prix 97 c. de la ration, nous aurons nourri nos chevaux pour 45 c. par jour. Ces faits n'ont besoin que d'être bien connus pour que l'éducation des bestiaux reçoive une forte impulsion. En effet, n'entendons-nous pas dire sans cesse que le bétail est un mal nécessaire, que ses comptes se soldent toujours en perte? Cela n'a rien d'étonnant quand nous voyons la plupart de ces comptes n'être pas débités de la valeur des fumiers; d'autres (Roville), où ils ne sont passés qu'à 3 fr. les 10 quintaux métriques, c'est-à-dire à peine au tiers de ce qu'ils rendent au propriétaire par l'emploi le moins avantageux; ailleurs (Grignon) de 2 fr. par 375 kilogr. de fumier ou 53 c. le quintal métrique, environ la moitié de leur valeur réelle. Mais que les faits que nous avons cherché à établir soient mis une fois en lumière, que les cultivateurs distinguent enfin la portion de leur récolte qu'ils doivent à la fertilité naturelle de la terre de celle qu'elle acquiert par l'addition des engrais, et dès lors, comprenant leurs véritables intérêts, ils chercheront à produire cette précieuse matière dont chaque kilogramme représentera pour eux ce poids donné de récolte avec d'autant plus de certitude qu'ils cultiveront mieux et que leurs cultures seront mieux adaptées au sol et au climat.

CHAPITRE XIV.

Prix de production de l'engrais.

Les différents engrais que nous avons décrits ne sont, à proprement parler, que des auxiliaires des fumiers; ceux-ci, fabriqués partout avec plus ou moins d'avantages, sont le fondement de l'alimentation végétale, et ce n'est qu'à leur défaut

que l'on recherche les autres substances. Cette insuffisance est presque générale, et on ne trouve guère de pays et de situation agricole arrivée au point de craindre l'excès de richesse de ses terres. Nous venons de voir cependant que le fumier bien employé peut donner de riches résultats, et que le défaut d'intelligence agricole est la principale cause de cette disette volontaire où l'on se trouve de tous côtés. Par cela même que l'usage du fumier est général, il doit devenir le régulateur du prix des autres engrais, et sa valeur doit dépendre de son prix de revient.

Cette valeur ne serait l'objet d'aucun doute, si la production du fumier était une branche d'industrie séparée de l'agriculture; mais les nourrisseurs qui ne sont pas cultivateurs ne se trouvent qu'aux portes des grandes villes, et le haut prix qu'ils obtiennent des autres produits animaux ne leur permet pas d'assigner aux engrais une part bien distincte dans leurs recettes. La confusion qui règne dans la comptabilité des fermiers, et que nous avons cherché à signaler dans le chapitre précédent, leur fait attribuer à une vertu occulte de la terre et à leurs propres travaux les résultats de l'application des engrais. Essayons cependant de dégager la vérité des erreurs qui la cachent, et de déterminer, s'il est possible, le prix de revient des engrais dans des situations agricoles différentes. Les observations qui suivent ont été faites dans le midi de la France, pays où la nature du climat rend cette production plus coûteuse; nous les faisons connaître ici, au risque d'entrer sur le domaine de la zootechnie.

Le prix que coûtent les fumiers à celui qui les produit se compose de plusieurs éléments; à leur crédit nous trouvons : 1^o leur prix de vente, ou celui de la récolte réalisée par leur application à la culture; 2^o la valeur du travail des animaux qui l'ont produit, ou celle des produits divers qu'ils ont donnés, tels que lait, laine, chair, etc., ou leur prix de revient. A leur

débit : 1^o le prix du fourrage consommé ; 2^o celui des litières ; 3^o celui des soins donnés aux animaux producteurs ; 4^o la détérioration annuelle des animaux et l'intérêt de leur prix d'achat ; 5^o l'entretien et l'intérêt de la valeur capitale des bâtiments qui les abritent.

Dans les parties du département de Vaucluse, où se trouvent des landes ou garigues, pâturages fort pauvres, un troupeau de 100 moutons a donné les résultats suivants :

DOIT.		AVOIR.	
Dépaissance de chaume. . . .	200 ^f	100 toisons de 2 kilogr. . . .	200 ^f
5,000 kilogr. de paille. . . .	140	Vente de moutons	80
50 kilogr. sel.	13		280
Entretien du mobilier.	6	Reste pour la val. de 45,000 k.	
Tondage.	6	de fumier.	555
Jeune berger (nourriture). . .	190		835
Intérêt de la valeur de la ber-			
gerie et entretien.	120		
Entretien du cheptel.	100		
Intérêt de la valeur du cheptel	60		
	835		

Le fumier coûte donc ici 1 fr. 23 c. les 100 kilogr. Nous avons vu que le crottin de mouton contient 1^k,11 d'azote p. 100 ; on obtient donc ici l'azote à 1 fr. 20 c. le kilogr.

11^e SITUATION. — *Troupeau de 1,000 brebis aux environs d'Arles*
(comptes de 1823).

DOIT.		AVOIR.	
5 bergers nourris et gagés. . .	2,500 ^f	700 agneaux.	5,600 ^f
Pâturages sur le Crau ou en		1,000 toisons et agnelins	
Camargue, à 3 fr. par tête,		(2 ^k ,5 par toison ; 130 fr.	
pour l'hiver.	3,000	les 100 kilogr.).	8,250
Pâturage d'été à la montagne		Fromages, pour mémoire ; ils	
et frais de route.	2,000	sont généralement consom-	
Perte, 1/10.	1,000	més par les bergers.	8,850
Intérêt du cheptel.	600	Fumier, 30,000 k., revient à	400
Tondage et menus frais . . .	150		9,250
	9,250		

Il se fait peu de fumier dans cette industrie errante. Il re-

vient à 1 fr. 33 c. les 100 kil., et le kil. d'azote à 1 fr. 20 c.

III^e SITUATION. — 200 brebis de forte taille, vente d'agneaux de lait, à Tarascon (Bouches-du-Rhône).

DOIT.		AVOIR.	
Un berger et son aide	780 ^f	160 agneaux de lait	1,204 ^f
34,400 kil. luzerne pour 160 brebis mères, à 4 fr. . . .	1,576	28 brebis de réforme. . . .	148
4,200 kil. foin grossier pour les brebis non mères. . . .	126	200 toisons à 3 fr.	600
Paille de litière, 30,000 kil., à 2 fr. 70 c.	810	Laine de 28 agneaux, à 75 c. . . .	21
Pâturage de chaume à 32 fr. par hectare (8 brebis par h.)	800	Lait du troupeau, à 2 fr. par tête (excédant de l'allaitement).	400
Regains de luzernes; dépaissances d'orges à 38 fr. l'hectare, 4 hectares. . . .	132		2,373
Mobilier, menus frais, tondage	40	200,000 kil. de fumier. . . .	2,661
Intérêt du capital circulant. . . .	406		5,034
Intérêt du capital du cheptel et entretien.	364		
	5,034		

ou pour 100 kilogr. de fumier 1 fr. 33 c.; l'azote coûte 1 fr. 20 c. le kilogr.

Avant d'aller plus loin, remarquons que ces trois industries, les plus répandues dans le pays, produisent le fumier à 1 fr. 20 c., qui est à peu près son prix vénal sur le marché.

IV^e SITUATION. — Cent moutons à l'engrais.

DOIT.		AVOIR.	
Frais de garde pendant 5 mois. . . .	210 ^f	Prix de l'engraissement. . . .	1,000 ^f
Pâturage d'automne.	200	45,000 kil. fumier.	210
200 kil. de fourrage par tête de mouton, à 4 fr.	800		1,210
	1,210		

Le fumier revient ici à 47 c. les 100 kilogr., et le kilogr. d'azote à 42 c. Il est à remarquer que c'est l'engraissement, c'est-à-dire la tenue du troupeau pendant un temps limité, où tout ce qu'il mange profite à ses maîtres, qui donne les résultats les plus avantageux.

V^e SITUATION.

M. le comte d'Angeville a rendu compte des résultats obtenus avec 35 vaches nourries à l'étable, à Lompnès (Ain); nous en tirerons le prix du fumier de ces animaux.

Chaque vache.

DOIT.		AVOIR.	
Fourrage, 2,300 kil., à 4 fr.		89 kil. gruyère	
les 100.	92 ^f »	915 litres lait	1 ^{re} qualité. 85 ^f 44
Paille, 50 kil.	2 »	produisent	22 kil. gruyère
Intérêt du prix de la vache.	5 »		2 ^e qualité. 6 60
Intérêt des bâtiments et frais divers	10 »	Valeur de la cuite.	1 »
Taureau (1 taureau pour 50 vaches).	3 »	Veaux vendus à 8 jours.	5 »
Vacher (2 pour 35 vaches).	5 71	Travail : 175 heures à 10 c.	17 53
Nourriture.	11 26		115 57
Fabrication de fromage.	8 90	5,070 kil. fumier.	29 38
Logement des vachers.	5 71		144 87
Intérêt du mobilier	1 29		
	144 87		

Le fumier coûte 58 c. les 100 kilogr. ; l'azote 1 fr. 41 c.

VI^e SITUATION. — *Engraissement de bœufs à Aulas (Gard), 1822.*

DOIT.		AVOIR.	
Achat d'un bœuf.	132 ^f »	350 kil. chair à 80 c.	280 ^c
1,800 kil. foin à 6 fr., ou l'équivalent en herbage.	108 »		
3 mois d'un homme pour 12 bœufs.	7 50		
	247 50		
Bénéfice.	32 50		
	280 »		

Ici le fumier est obtenu gratuitement, on réalise même un bénéfice. Pour arriver à ce résultat, il faut des hommes experts, sachant distribuer convenablement la nourriture et choisir les bœufs propres à la graisse. Les foin des montagnes des Cévennes paraissent d'ailleurs une nourriture excellente par la variété et la bonne qualité des plantes qui les forment. Ils sem-

blent démentir le principe qu'admet M. de Dombasle¹, que l'on ne peut bien engraisser au foin seul. Mais on s'exposerait à des mécomptes en voulant imiter ailleurs ce que permet ici une situation peu commune.

VII^e SITUATION. — *Engraissement de porcs à Orange.*

DOIT.		AVOIR.
117 kil. pommes de terre. . .	7 ^f 50	102 ^k ,13 viande, à 89 f. 75. . 91 ^f 69
6 décalitres fèves.	8 90	
6 décalitres glands.	6 "	
3 décalitres maïs.	6 85	
1 ^k ,75 de son par jour pendant une partie de l'engrais- ment	11 40	
Achat du porc.	30 "	
	70 65	
Bénéfice.	21 04	
	91 69	

On obtient ainsi gratuitement 1,500 kilogr. de fumier.

VIII^e SITUATION. — *Deux chevaux employés au labour de Tarascon (Bouches-du-Rhône).*

DOIT.		AVOIR.
Intérêt de la valeur et dépréciation.	55 ^f "	194 jours de travail à 1 fr. 50 c. 291 ^f "
Ferrure.	12 "	30,000 kil. fumier. 112 30
Tonte (au printemps). . . .	1 "	
Vétérinaire.	4 "	403 30
8 hectol. avoine à 6 fr. . . .	48 "	
1,166 kil. luzerne à 5 fr. . . .	58 30	
6,600 kil. foin grossier ² . . .	132 "	
5,000 kil. paille.	73 "	
2,000 k. roseaux pour litière.	20 "	
	403 30	

Ainsi, en portant sur la comptabilité de la ferme les journées employées à 1 fr. 50 c., nous obtenons du fumier à 35 c. les 100 kilogr. ; il contient 60 p. 100 d'azote, et celui-ci ne coûte

(1) *Annales de Roville*, t. VI, p. 88.

(2) Les chevaux choisissent la bonne partie des roseaux ; le reste, ainsi que la paille, passe à la litière.

donc que 61 c. environ le kilogr. Mais si nous comptons le fumier au prix du pays, ou 1 fr. pour le fumier de ferme, nous trouvons 500 fr. pour le fumier et seulement 103 fr. à répartir en 194 journées, ce qui ne les porterait qu'à 53 c. la journée. Ainsi, ou le fumier ou le travail à bon marché, voilà ce qui résulte de ce compte.

De ces différents exemples, nous tirons la conclusion : 1^o qu'il est faux de dire que la production du fumier soit une charge pesante pour les cultivateurs, puisqu'au contraire ils l'obtiennent, dans les conditions les plus ordinaires, à un prix égal ou inférieur à celui auquel ils peuvent le réaliser, soit par la vente, soit par la culture, et que la meilleure preuve que l'on en puisse donner, c'est l'état de détresse des fermes où l'on a peu de bétail, comparé à la prospérité de celles où l'on en élève beaucoup. Il serait singulier qu'en multipliant les pertes on arrivât à des bénéfices.

2^o Que l'engraissement des animaux paraît fournir le fumier au prix le plus bas, parce que cet engraissement se faisant généralement à l'étable, il n'y a aucune partie de la nourriture qui soit perdue ; elle tourne toute au profit de la graisse, qui se paie, ou elle fait du fumier, tandis que dans l'élève des bestiaux une partie sert au développement des organes et des parties qui se paient moins bien, et une autre partie produit du fumier perdu sur les pâturages.

3^o Que les bêtes de travail produisent le fumier à un prix moindre que les troupeaux de brebis et même que les vaches, si on parvient à les occuper d'une manière constante.

4^o Qu'il dépend de tout bon agriculteur qui a une étendue suffisante de terrain d'obtenir toujours des engrais azotés, de manière à ce que l'azote ne lui revienne pas à plus de 1 fr. 20 c. le kilogr., et souvent bien au-dessous ; qu'il en obtiendra même gratuitement, s'il consacre à l'engraissement des bestiaux ses soins et ses ressources alimentaires

5^o Que, dans les comptes agricoles, il y a des relations nécessaires entre tous les articles. Que, par exemple, le prix des journées de travail des animaux, celui du fourrage, celui de l'engrais sont dépendants les uns des autres; que, dans une position isolée où il n'y aurait ni moyens de louer le travail, ni d'acheter et vendre le fumier, on pourrait arbitrairement élever ou abaisser la valeur des uns et des autres, de manière à établir la balance; mais que là où existe un marché pour quelques-unes de ces valeurs, toutes les autres en sont dépendantes. Qu'ainsi il ne serait pas loisible de dire que l'on a le fourrage à 80 c. les 100 kilogr., là où l'avoine se vendrait 5 fr. 67 c. l'hectol., attendu qu'elle représente au plus, par la nutrition, le double de son poids du foin. Or, l'hectolitre d'avoine pesant en moyenne 43^k,91, on trouverait toujours le moyen d'obtenir de 87^k,80 de foin les mêmes produits, soit par la vente, soit par la consommation, et qu'ainsi, dans ce cas, les 100 kilogr. de foin vaudraient 6 fr. 4 c., et qu'alors, par contre-coup, la nourriture du cheval vaudrait au moins 1 fr. 20 c.; son entretien total, 438 francs par an; ses journées, là où l'on pourrait l'occuper pendant 200 jours, vaudraient 2 fr. 27 c., et qu'à ce prix on aurait gratuitement son fumier; que si au contraire c'était le fumier qui eût une valeur vénale, elle réagirait de la même manière sur toutes les autres, et que s'il se vendait à 1 fr. 30 c., on obtiendrait le travail de 200 jours pour 65 fr. ou à 32 c. la journée, la nourriture restant la même.

6^o Enfin, la conclusion de tout ceci, c'est que, tant que les choses seront en France et en Europe sur le pied actuel, il convient au cultivateur d'être en même temps producteur d'engrais, et qu'il n'est permis d'acheter des engrais étrangers qu'à ceux qui ont des terrains trop précieux, trop spécialement destinés à de riches cultures pour produire avantageusement des fourrages.

TABLE DES ENGRAIS¹

D'APRÈS LES ANALYSES DE MM. BOUSSINGAULT ET PAYEN,

ET DANS L'ORDRE DE LEUR RICHESSE A L'ÉTAT SEC.

Désignation de la substance.	Eau dans la matière analysée.	Azote dans 100 parties de matière sèche.	Azote dans 100 parties de matière non desséchée.	Equivalent de la matière sèche.	Equivalent de la matière non desséchée.
Engrais normal des fermes.	80	2	0,40	100	100
1. Urine.	96,889	23,108	0,715	8,5	42,13
2. Chiffons de laine.	11,28	20,26	17,978	9,8	2,22
3. Urine desséchée à l'étuve.	9,57	17,556	16,853	8,8	2,50
4. Plumes.	12,90	17,61	15,54	11,4	2,60
5. Sang coagulé et pressé	73,45	17,0	4,514	11,7	8,86
6. — sec insoluble.	12,50	17,0	14,878	11,7	2,69
7. Râpures de cornes.	9,0	15,78	14,86	12,7	2,78
8. Guano (première importa- tion d'Angleterre).	11,28	15,752	13,950	12,7	3,07
9. Sang sec soluble.	21,45	15,505	12,18	12,8	3,28
10. — liquide.	81,1	15,505	2,948	12,8	15,5
11. Bourre de poil de vache.	8,9	15,02	15,78	15,2	2,9
12. Chair musculaire.	8,5	14,25	15,04	14,5	5,0
13. Hannetons.	77,0	13,951	5,204	14,5	12,7
14. Pain de creton.	8,18	12,954	11,875	15,6	3,56
15. Urine de cheval.	79,1	12,5	2,61	16,0	15,55
16. Harengs frais.	76,62	11,707	2,758	17,1	14,6
17. Guano d'Afrique (du Havre)	16,0	11,45	8,405	17,4	4,7
18. Morue salée.	58,0	10,862	6,700	18,4	5,97
19. Guano d'Afrique (de Marseille)	9,1	10,72	9,74	18,6	4,1
20. Colombine.	9,6	9,02	8,50	22,1	4,8
21. Chrysalides de vers à soie.	78,5	8,987	1,912	22,2	20,61
22. Tourteaux d'arachides.	6,6	8,89	8,25	22,47	4,8
23. Suc de pommes de terre.	93,4	8,28	0,576	24,2	106,58
24. Eaux des féculeries.	99,15	8,28	0,070	24,2	571,42
25. Noir anglais.	15,15	8,022	6,956	24,0	5,75
26. Os fondus.	7,49	7,58	7,016	26,4	5,7
27. Tourteaux de sésame.	9,97	7,47	6,79	26,8	5,89
28. Guano d'Angleterre.	19,56	6,201	4,988	52,2	8,0
29. Feuilles du mûrier blanc, jeunes feuilles (15 juillet).	»	6,066	»	52,9	»
30. Tourteaux de lin.	8,6	6,0	5,20	55,5	7,7
31. — de cameline.	6,5	5,95	5,515	55,7	7,25
32. — de mada.	11,2	5,70	5,06	55,1	7,9
33. — de pavot.	6,0	5,70	5,56	55,1	7,46
34. — de noix.	6,0	5,59	5,24	55,7	7,69
35. — de colza.	10,5	5,50	4,92	56,4	8,15
36. Feuilles de mûrier (15 juill.). Ensemb. des feuilles d'un rameau.	»	4,958	»	40,5	»
37. Touraillons.	6,0	4,90	0,51	40,8	8,8

(1) Les espèces semblables, dont l'analyse a été répétée et a donné des résultats différents, sont marquées d'un astérisque (*).

Désignation de la substance.	Eau dans la matière analysée.	Azote dans 100 parties de matière sèche.	Azote dans 100 parties de matière non desséchée.	Equivalen de la matière sèche.	Equivalen de la matière non desséchée.
38. Tourteaux de chènevis . .	5,0	4,78	4,21	41,9	9,5
39. — de coton. . . .	11,2	4,524	5,02	41,2	9,99
40. Fanes de betteraves. . . .	88,9	4,50	0,50	44,4	80,0
41. Graines de lupin.	10,5	4,35	5,49	45,9	11,4
42. Feuilles de mûrier (23 août)	»	5,950	»	50,9	»
43. Excrém. mixtes de chèvres	46,0	5,95	2,10	50,9	18,5
44. Tourteaux d'épuration. . .	10,0	5,92	5,54	51,0	11,5
45. Urine de vache.	88,5	5,80	0,44	52,6	90,9
46. Litière de vers à soie. . . .	11,59	5,709	5,290	55,9	12,19
47. Marc de raisin.	48,2	5,56	1,85	56,2	21,85
48. Tourteau de faines.	6,2	5,55	5,51	56,6	12,08
49. Litière de vers à soie. . . .	14,29	5,485	5,285	57,4	12,17
50. Excréments de porcs. . . .	81,4	5,57	0,63	59,5	65,4
51. Marc de raisin.	48,2	5,51	1,71	60,4	25,50
52. Excrém. mixtes de cheval.	75,4	5,02	0,74	66,2	51,0
53. — de mouton.	65,0	2,99	1,11	66,9	56,0
54. Noir animalisé récent . . .	42,0	2,958	1,212	67,6	52,2
55. Fanes de carottes.	70,9	2,94	0,85	68,0	47,0
56. Buis (rameaux et feuilles). .	89,26	2,89	1,17	68,5	51,18
57. Résidus de la fabric. du bleu	55,4	2,805	1,50	71,5	50,62
58. Poudrette de Montfaucon. .	41,4	2,67	1,56	71,8	25,6
59. Excrém. mixtes de vache. .	84,5	2,59	0,41	77,2	97,5
60. Engrais hollandais.	44,12	2,478	1,56	80,7	29,4
61. Fanes de pommes de terre	76,0	2,50	0,53	89,6	72,72
62. Excréments de vache. . . .	85,9	2,50	0,52	86,9	125,0
63. Fucus saccharinus (goémon)	40,0	2,20	1,58	87,5	28,9
64. Marc de houblon.	75,5	2,228	0,60	89,8	66,65
65. Excréments de cheval. . .	75,5	2,21	0,53	90,5	72,7
66. Fum. des auberges du midi	60,58	2,085	0,79	96,0	50,6
67. Noir animal des raffineries de Paris.	47,7	2,04	1,06	98,0	37,7
68. Engr. normal (fum. de ferme)	80,0	2,0	0,40	100,0	100,0
69. Paille de pois.	8,9	1,93	1,79	102,5	22,5
70. Pulpe de pommes de terre.	75,0	1,93	0,40	102,6	100,0
71. Feuilles de hêtre.	39,5	1,906	1,177	104,5	55,98
72. — de bruyère.	7,0	1,90	1,74	105,2	27,91
73. Noir des raffineries. . . .	27,65	1,901	1,575	105,2	27,91
74. Lupin blanc (tiges et fleurs)	8,8	1,87	1,65	106,7	24,2
75. Dépôt des eaux de féculerie	80,0	1,81	0,56	110,0	111,1
76. Racines de trèfle.	9,7	1,77	1,61	115,0	24,8
77. Tranches de better. épuis.	91,5	1,758	0,009	115,7	415,8
78. Saie de houille.	15,6	1,59	1,55	125,7	29,62
79. Fucus digitatus (goémon)	40,0	1,58	0,98	126,6	42,1
80. Ecume des défécations. . .	17,0	1,579	0,555	126,6	74,65
81. Fumier de couche épuisé. .	31,54	1,577	1,08	127,0	56,0
82. Feuilles de chêne d'automne	24,99	1,565	1,175	127,8	54,0
83. — d'acacia d'automne	55,6	1,557	0,791	128,5	55,4
84. Eaux de fumier.	99,6	1,54	0,059	129,8	678,0
85. Madia en fleur.	70,55	1,534	0,45	150,4	88,8
86. Feuilles de poirier d'aut. .	14,5	1,55	1,56	150,7	29,4
87. Paille de blé, partie-supér.	9,4	1,42	1,55	140,8	50,0

Désignation de la substance.	Eau dans la matière analysée.	Azote dans 100 parties de matière sèche.	Azote dans 100 parties de matière non desséchée.	Equivalent de la matière sèche.	Equivalent de la matière non desséchée.
88. Fucus digitatus (goémon) . . .	59,2	1,41	0,86	141,9	46,5
89. Noir animal fin, neuf.	»	1,40	»	142,9	»
90. Genêt (tige feuillée)	40,4	1,57	1,22	145,9	52,78
91. Suie de bois	5,6	1,51	1,45	152,7	54,78
92. Pulpe de betterave.	70,0	1,26	0,578	158,6	105,8
93. Feuilles de peuplier d'aut. . . .	51,1	1,166	0,558	171,5	74,5
94. Paille de lentilles.	9,2	1,12	1,01	178,5	59,6
95. Roseaux coupés en fleur (arundo phragmit.)	20,0	1,068	0,75	188,0	55,3
96. Paille de millet.	19,0	0,96	0,78	208,5	51,28
97. Balle de froment.	7,6	0,94	0,85	212,8	47,0
98. Résidu de colle d'os	42,0	0,912	0,528	218,0	75,75
99. Marc d'olives.	»	0,769	»	260,1	»
100. Sciure de bois de chêne	26,0	0,72	0,54	277,7	74,0
101. Cendres de Picardie.	9,2	0,71	0,65	281,7	61,5
102. Fanes de mada	14,5	0,66	0,57	305,0	70,1
103. Marc de pommes à cidre. . . .	6,4	0,65	0,59	317,5	67,79
104. Tourteau d'épurat. d'huile . .	7,67	0,58	0,54	345,0	116,0
105. Paille de sarrasin	11,6	0,54	0,48	370,4	85,35
106. — de froment des envi- rons de Paris	5,5	0,55	0,49	577,0	81,6
107. — de blé, partie infér.	5,5	0,45	0,41	465,1	97,5
108. Tiges sèches de topinamb. . . .	12,9	0,45	0,57	465,1	108,1
109. Merl.	1,058	0,42	0,40	476,0	100,0
110. Coquilles d'huître	17,9	0,40	0,32	500,0	125,0
111. Goémon brûlé	5,8	0,40	0,38	500,0	105,26
112. Sciure de bois d'acacia.	25,0	0,38	0,29	526,5	157,9
113. Paille d'avoine	21,0	0,56	0,28	555,5	142,85
114. Sciure de bois de sapin	24,0	0,51	0,25	665,1	175,9
115. Paille de froment de Bechel- bronn.	19,3	0,50	0,24	666,6	166,6
116. Paille d'orge.	11,0	0,26	0,25	769,0	175,9
117. — de seigle.	12,2	0,20	0,17	1000,0	255,2
118. Trez de Roscoff	0,5	0,14	0,15	1428,0	507,09
119. Coquillages de mer séchés. . .	»	0,052	0,052	5840,0	709,25

Ces tables, extraites de celles publiées par MM. Boussingault et Payen, présentent les résultats obtenus sur un assez grand nombre de substances que l'on a analysées, dans le but de déterminer la proportion d'azote qu'elles contenaient. Les matières soumises à cette appréciation n'avaient pas toutes, tant s'en faut, le degré d'humidité qu'elles ont dans leur état normal, dans celui où elles sont employées ou vendues. Or, ce degré d'humidité est un des principaux éléments de la valeur réelle de l'engrais. Prenons, par exemple, le fumier des auberges du midi et celui des fermes d'Alsace, que les auteurs

avaient pris pour type et désigné par le nom d'*engrais normal*; si leur matière sèche se trouve composée de parties de la même richesse, qu'elle présente 2 p. 100 d'azote, 100 kilogr. du premier engrais, qui n'a que 0,60 d'eau, auront 0,80 d'azote; et 100 kilogr. du second, qui a 0,80 d'eau, en auront 0,42; leur proportion différente d'eau amène une différence de moitié dans leur valeur, et si le premier se vend 1 fr. 30 c., le second ne vaudra que 65 c. Ainsi la quantité d'eau indiquée pour les substances dans la troisième colonne, et la quantité d'azote exprimée dans la cinquième qui y est relative, ne doivent être considérées que comme des moyens de vérification de l'analyse et comme des indications approximatives; mais il n'y a de sérieux dans l'appréciation des engrais que la quatrième colonne, contenant l'indication de la quantité d'azote contenue dans la matière sèche, et c'est seulement dans cet état que les engrais peuvent être comparés entre eux.

Cette quantité elle-même est variable selon une foule de circonstances; nous en signalerons seulement deux ici: le n° 106 présente une paille de froment qui a 0,53 d'azote; le n° 115, une autre paille de froment qui n'en a que 0,30. Ce qui cause une si grande différence, c'est que la première a été récoltée sur des terrains biens fumés des environs de Paris, la seconde sur des terrains qui le sont très peu à Bechelbronn en Alsace. Voilà pour les circonstances locales. Si l'on porte les yeux ensuite sur le guano analysé sous le n° 8, qui dose 15,732, et sur celui qui porte le n° 28, qui dose 6,201, on verra la différence qui peut exister entre deux substances qui portent le même nom, mais dont l'une, importée en France pour le compte du ministère, est un échantillon de choix, tandis que l'autre, vendue par le commerce en Angleterre, est déjà épuisée ou falsifiée.

Ces observations doivent mettre en garde contre l'abus que l'on peut faire de ces tables, et prouvent la nécessité de procé-

der à une analyse pour chaque engrais nouveau dont on veut déterminer la valeur. Cette analyse est devenue facile au moyen de la simplification que nous y avons introduite (*voy.* page 49). Après avoir constaté la quantité d'azote contenue dans la substance soumise à l'expérience, on pourra aisément la comparer à l'engrais normal pour en déterminer la valeur.

Celle-ci dépend encore du prix de cet engrais normal dans le pays que l'on habite, et il faut d'abord le déterminer une fois pour toutes, en analysant à l'état sec l'engrais qui a un prix connu, que l'on peut acheter couramment, et fixer ainsi le prix d'un kilogramme de l'azote qu'il contient. Il sera facile ensuite d'appliquer ce prix à toute autre substance, aussi à l'état sec, dont on aura déterminé l'azote. Nous entendons par là l'état sec absolu, obtenu dans le vide sec ou au moins au bain d'huile, à une température de 140 degrés, ce qui se rapproche assez de l'état sec absolu pour ne pas entraîner de grandes erreurs.

Il fallait aussi choisir pour engrais normal un type convenu et qui se rapprochât le plus possible des engrais de ferme. Nous voyons, par les analyses des fumiers du midi et de ceux d'Alsace, que la moyenne, prise entre eux à l'état sec, est de 2,0 p. 100 d'azote environ, et en admettant 0,80 d'eau, nous retrouvons 0,40 p. 100 pour cet engrais humide comme dans l'engrais normal. Cette convention, qui rend d'ailleurs les calculs plus faciles, n'introduira donc que de légers changements dans les tables, et seulement dans la colonne qui représente les équivalents à l'état sec.

Ainsi, la première colonne désigne le numéro d'ordre; la deuxième le nom de l'engrais; la troisième la quantité d'eau que contenait la matière soumise à l'analyse, qui, quelquefois, était dans son état normal, mais d'autres fois, ayant subi des transports et des manipulations, s'en éloignait beaucoup; la quatrième, l'azote contenu dans cent parties de matière sèche;

la cinquième, celui trouvé dans cent parties de matière dans l'état d'humidité porté dans la troisième; la sixième, l'équivalent de la matière sèche, c'est-à-dire la quantité de cette matière qui contient la même quantité d'azote que cent parties de l'engrais normal; et enfin la septième, l'équivalent de la substance à l'état d'humidité où elle était lors de l'analyse, c'est-à-dire la quantité de cette substance, dans cet état d'humidité, qui contient autant d'azote que cent parties de l'engrais normal ayant 0,80 d'humidité.

FIN DU TOME PREMIER.



2028082₁

TABLE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS LE TOME I.

	Pages.
INTRODUCTION. — <i>De l'étendue et des limites de la science de l'agriculture.</i>	1
Tableau des études agricoles.	25

COURS D'AGRICULTURE.

AGROLOGIE. — <i>Généralités</i>	27
PREMIÈRE PARTIE. — <i>Des parties constituantes des terrains agricoles.</i>	37
CHAPITRE I. — Analyse des terres	39
SECTION 1. — Choix des échantillons de terres à analyser . . .	<i>id.</i>
2. — Procédés d'analyse.	43
§ 1. — Dosage de l'azote	45
2. — Analyse des substances solubles dans l'eau.	51
3. — Analyse de la partie insoluble dans l'eau.	55
4. — Résumé des résultats de l'analyse	59
CHAPITRE II. — Histoire des éléments des terrains agricoles . . .	60
SECTION 1. — De la silice	<i>id.</i>
2. — Du feldspath.	62
3. — De l'argile	63
4. — Du carbonate de chaux.	66
5. — De la marne.	73
6. — De la magnésie.	81
7. — Du sulfate de chaux (gypse, plâtre).	82
8. — De l'oxyde de fer.	91
9. — Du sulfate de fer	94
10. — Du manganèse	95
11. — Des phosphates.	96
12. — De la potasse.	99
13. — De la soude	105
14. — Du carbone et du terreau.	107
§ 1. — Des terreaux.	<i>id.</i>

	Pages.
§ 2. — Du terreau doux	115
3. — Du terreau à tannin (terre de bruyère, de bois).	<i>id.</i>
4. — Du terreau formé sous l'eau (tourbe)	116
SECTION 15. — De l'oxygène, de l'hydrogène et de l'eau	118
16. — De l'azote, de l'ammoniaque et des nitrates	121
DEUXIÈME PARTIE. — <i>Des propriétés physiques des terres</i>	133
CHAPITRE I. — Pesanteur spécifique et poids des terres	137
SECTION 1. — Méthode de recherche	<i>id.</i>
2. — Résultats obtenus	138
3. — Poids d'une masse de terre	139
CHAPITRE II. — Ténacité des terres	141
SECTION 1. — Ténacité normale des terres	<i>id.</i>
2. — Cohésion des terres humides	146
3. — Ténacité variable des terres	147
CHAPITRE III. — Hygroscopicité des terres	149
SECTION 1. — Moyens de reconnaître l'hygroscopicité d'une terre.	<i>id.</i>
2. — Fraîcheur de la terre	151
CHAPITRE IV. — Aptitude des terres à attirer l'humidité de l'atmosphère	153
V. — Aptitude des terres à se sécher	154
VI. — Diminution du volume des terres par la dessiccation	157
VII. — Absorption de l'oxygène par les terres	159
VIII. — Conductibilité du calorique	161
IX. — Échauffement des terres par la chaleur lumineuse	162
SECTION 1. — Couleur de la surface du sol	<i>id.</i>
2. — Effet de la composition minérale des terrains sur l'échauffement	165
3. — Humidité	166
CHAPITRE X. — De l'électricité	167
TROISIÈME PARTIE. — <i>Circonstances qui modifient les propriétés physiques des terres</i>	171
CHAPITRE I. — Examen de l'état des particules du sol	<i>id.</i>
SECTION 1. — Méthode de lévigation	172
2. — Forme des particules	175
3. — Dimension des particules	176
§ 1. — Influence de la dimension des particules sur la pesantueur spécifique	<i>id.</i>
2. — Influence de la dimension des particules sur l'hygroscopicité	177
3. — Influence de la dimension des particules sur la ténacité	179
SECTION 4. — Diminution de la cohésion par la gelée	181
SECTION 5. — Diminution de la cohésion par la calcination de la terre	183

	Pages.
CHAPITRE II. — Effets de l'inclinaison du sol.	183
SECTION 1. — Influence de l'inclinaison du sol et de son azimuth sur son échauffement	id.
2. — Influence de l'inclinaison du sol sur la culture et la stabilité des terres cultivées	194
CHAPITRE III. — Des abris.	195
IV. — Observations générales sur les propriétés physiques des terres.	197

QUATRIÈME PARTIE. — De la formation des terrains agricoles.

— Géologie agricole. 199

CHAPITRE I. — Des différentes formations des terres arables. . . .	202
SECTION 1. — Terrains formés en place.	id.
2. — Terrains diluviens.	210
3. — Terrains d'alluvion	213
4. — Terrains d'attérissement	217
5. — Terrains paludiens	219
6. — Dunes	220
7. — Terrains volcaniques.	224
CHAPITRE II. — Disposition des couches des terrains agricoles. . . .	226
SECTION 1. — Du sol actif,	227
2. — Du sol inerte.	228
3. — Du sous-sol.	229
4. — De la couche imperméable et du réservoir des eaux	232
5. — Défauts de parallélisme (non concordance) des couches de terrains	234
CHAPITRE III. — De la végétation naturelle du sol	238

CINQUIÈME PARTIE. — Classification des terrains agricoles. . 245

CHAPITRE I. — Examen des divers systèmes de classification. . . .	246
SECTION 1. — Classification fondée sur la composition minérale du sol	247
I ^{re} Classe. — Roches formant des sols très riches.	251
II ^e Classe. — Roches formant des sols de fécondité moyenne.	id.
III ^e Classe. — Roches formant des sols pauvres.	252
IV ^e Classe. — Roches formant des sols très maigres.	253
SECTION 2. — Classification fondée sur les propriétés physiques du sol.	id.
3. — Classification fondée sur les genres de culture con- venables aux terres	254
I ^{re} Classe. — Terre à luzerne de première classe.	257
II ^e Classe. — Terre à trèfle de première classe	258
III ^e Classe. — Terre à luzerne de seconde classe	id.
IV ^e Classe. — Terre à safran de première classe.	id.

	Pages.
V ^e Classe. — Terre à trèfle de seconde classe . . .	258
VI ^e Classe. — Terre à luzerne de troisième classe. . .	id.
VII ^e Classe. — Terre à trèfle blanc de première classe . . .	259
VIII ^e Classe. — Terre à sainfoin de seconde classe . . .	id.
IX ^e Classe. — Terre à trèfle blanc de seconde classe. . .	id.
SECTION 4. — Classification mixte	260
CHAPITRE II. — Principes de la classification des terres.	262
SECTION 1. — Caractères des terres relativement à l'agriculture.	264
2. — Valeur des caractères	266
3. — Subordination des caractères.	267
CHAPITRE III. — Classification primordiale du terrain	270
SECTION 1. — Terres calcaires ou magnésiennes.	273
§ 1. — Limons.	274
2. — Terres argilo-calcaires.	279
A Terres argilo-calcaires, argileuses.	280
B Terres argilo-calcaires, calcaires	id.
3. — Craies.	281
4. — Sables calcaires (terrains sablonneux).	284
SECTION 2. — Terres non calcaires	285
§ 1. — Terres siliceuses.	id.
2. — Glaïses (varènes, puisayes, bolbènes, terres blanches)	287
3. — Argile.	290
SECTION 3. — Terres à bases organiques (terreau, humus)	id.
§ 1. — Terreaux doux	id.
2. — Terreaux acides	291
CHAPITRE IV. — Des caractères spécifiques.	294
SECTION 1. — Fraîcheur de la terre.	id.
2. — Terres caillouteuses, graveleuses, etc.	298
3. — Terres ocreuses, ferrugineuses	296
4. — Terres salifères.	id.
CHAPITRE V. — Description des terrains.	299
SIXIÈME PARTIE. — Tentatives faites pour apprécier la valeur des terrains	305
CHAPITRE I. — Caractères de la valeur des terres tirés de la nature de certains produits	313
II. — Caractères de la valeur des terres tirés des produits annuels. Système de Thaër	322
III. — Continuation du même sujet. Système de M. de Woght.	326
IV. — Caractères tirés de la composition de la terre. Système de Thaër.	331
V. — Méthode historique	334
SECTION 1. — Estimation en bloc	335
2. — Estimation parcellaire	339
3. — Estimation détaillée par les récoltes et les frais.	341

	Pages.
§ 1. — Evaluation des récoltes par les semences.	342
2. — Estimation des récoltes moyennes par les produits d'une ou de plusieurs récoltes de la ferme	343
3. — Estimation des récoltes moyennes par des résultats positifs de plusieurs années	344
4. — Du loyer des bâtiments	345
SECTION 4. — Continuation de l'estimation par les produits et les frais.	347
§ 1. — De la valeur du travail fait sur une ferme	349
A Culture sarclée des végétaux de commerce	351
B Assolement avec prairies artificielles.	354
C Culture avec jachères	355
D Ferme en pâturages.	356
E Conséquences	357
2. — De l'intérêt du capital d'exploitation	359
3. — Profit du fermier.	364
SECTION 5. — Evaluation du fermage	366
§ 1. — Ferme à cultures industrielles.	id.
2. — Estimation d'une ferme soumise à la jachère à Pro- vins (Seine-et-Marne).	368
 SEPTIÈME PARTIE. — Détermination de la valeur relative des terrains	
CHAPITRE I. — Qualités des terres arrosées.	375
SECTION 1. — Caractères qui font la perfection des terres arrosées	377
2. — Des effets de la composition du terrain sur la valeur des terres arrosées	379
3. — Consommation des engrais dans les terres arrosées.	381
CHAPITRE II. — Des terres fraîches.	383
III. — Des terrains secs.	388
SECTION 1. — Faculté de conserver l'engrais	390
2. — Durée de l'état de sécheresse de la terre	392
3. — Composition des terres relativement aux engrais	393
4. — Facilité et difficulté des travaux	396
5. — Des terres sèches dans le midi.	398
CHAPITRE IV. — Des terres sèches en été et humides en hiver	399
V. — Des terres humides	401
VI. — Valeur comparée des terres selon leur degré d'humidi- té.	402
VII. — Valeur des sols selon leur profondeur	404
VIII. — Compensation des divers éléments d'appréciation	405
SECTION 1. — Terres dans la période céréale	id.
2. — Terres dans les périodes commerciale et jardinière.	410
CHAPITRE IX. — Des circonstances qui affectent la valeur des terres	413
SECTION 1. — Activité de la culture.	415

	Pages.
SECTION 2. — Richesse locale.	417
3. — Richesse de la population agricole	419
4. — Influence de la population.	424
5. — Distance des marchés; état des communications.	427
CHAPITRE X. — Des circonstances qui affectent les produits de la valeur des terres.	429
HUITIÈME PARTIE. — Des amendements	433
CHAPITRE I. — Moyens d'augmenter l'humidité du sol.	435
II. — Des irrigations.	436
SECTION 1. — Qualité des eaux	<i>id.</i>
2. — De l'irrigation	439
3. — Quantité d'eau nécessaire pour l'irrigation.	443
4. — Moyens d'obtenir l'eau.	445
§ 1. — Canaux	<i>id.</i>
2. — Réservoirs artificiels	447
3. — Puits en étages	450
4. — Puits forés.	452
5. — Machines à élever l'eau	454
SECTION 5. — Du prix de revient de l'eau	455
6. — Valeur de l'amélioration comparée au prix de l'eau	458
CHAPITRE III. — Communication du sol avec le réservoir inférieur des eaux.	460
IV. — Moyen de dessécher les terrains humides	462
V. — Neutralisation des matières nuisibles au sol	468
VI. — Soustraction de matériaux nuisibles au sol.	469
VII. — Moyens de modifier la ténacité du sol	470
VIII. — Moyens de modifier la chaleur du soleil.	475
NEUVIÈME PARTIE. — Alimentation végétale (engrais, amende- ments, stimulants)	477
CHAPITRE I. — Aliments nécessaires à tous les végétaux.	479
II. — Aliments spéciaux des plantes.	482
III. — Recherches des aliments convenables aux diverses plantes.	491
IV. — Méthode à suivre pour l'application de ces principes.	496
V. — Considérations générales sur les matières alimentaires des plantes (engrais).	499
VI. — De l'état dans lequel les aliments doivent être fournis aux plantes	502
VII. — Aliments des végétaux considérés comme contenant de l'azote	506
SECTION 1. — Sels	507
§ 1. — Nitrates.	<i>id.</i>
2. — Sels ammoniacaux	512

	Pages.
§ 3. — Emploi des sels azotés.	517
SECTION 2. — Débris d'animaux.	519
§ 1. — Chair musculaire.	<i>id.</i>
2. — Poissons.	<i>id.</i>
3. — Sang.	520
4. — Noir de raffinerie.	521
5. — Os.	525
6. — Pain de crêton.	530
7. — Suint.	531
8. — Chiffons.	<i>id.</i>
SECTION 3. — Matières excrétées.	533
§ 1. — Urine.	<i>id.</i>
2. — Excréments en général.	534
3. — Engrais désinfectés.	540
4. — Excréments des bêtes à laine.	541
5. — Guano.	545
6. — Colombine.	551
7. — Excréments de poissons.	552
8. — Excréments des insectes.	<i>id.</i>
SECTION 4. — Substances végétales.	553
§ 1. — Végétaux transportés pour être enfouis.	<i>id.</i>
A Jeunes pousses de pin.	554
B Buis.	555
C Roseaux.	<i>id.</i>
D Sarments.	556
E Goémon.	557
F Fourrages.	558
2. — Engrais verts cultivés sur place.	<i>id.</i>
A Prairies.	<i>id.</i>
B Lupin.	560
C Autres végétaux cultivés pour engrais.	562
D Réflexions sur les engrais verts.	567
3. — Débris végétaux.	570
A Terreau.	<i>id.</i>
B Tourbe.	<i>id.</i>
C Marcs.	572
4. — Produits de la combustion des végétaux.	580
5. — De l'écobuage.	582
6. — Substances minérales propres à fournir aux plantes des aliments azotés.	585
SECTION 5. — Engrais composés.	588
§ 1. — Engrais solides; préparation.	590
2. — Fermentation.	592
3. — Qualité et valeur des fumiers.	597
4. — Engrais liquides.	600

	Pages
§ 5. — Engrais flamand	602
6. — Engrais Jauffret	604
CHAPITRE VIII. — Aliments des végétaux considérés comme contenant du carbone	606
IX. — Aliments des végétaux considérés comme contenant des alcalis minéraux	609
SECTION 1. — De la potasse	610
§ 1. — Potasse du commerce	<i>id.</i>
2. — Cendres	611
SECTION 2. — De la soude	614
3. — Moyen de mettre à la disposition des plantes les alcalis des silicates	622
CHAPITRE X. — Aliments des végétaux considérés comme contenant des sulfates	624
SECTION 1. — Cendres pyriteuses	629
2. — Sulfate de fer	632
CHAPITRE XI. — Aliments des végétaux contenant de la chaux	634
SECTION 1. — De la chaux	<i>id.</i>
2. — De la marne	638
CHAPITRE XII. — Valeur commerciale des engrais	642
XIII. — Valeur des engrais relativement aux différents genres de culture et aux différentes circonstances du sol	646
SECTION 1. — Valeur du fumier employé à diverses cultures dans les terres fraîches	650
§ 1. — Froment	651
2. — Betterave	655
3. — Prairies	656
4. — Luzerne	659
5. — Garance	664
6. — Données sur la valeur du fumier employé à quelques autres cultures	666
SECTION 2. — Valeur de l'engrais dans les terres sèches	668
§ 1. — Froment	669
2. — Betterave	670
3. — Garance	671
4. — Oliviers	<i>id.</i>
5. — Vigne	672
SECTION 3. — Examen des résultats	673
CHAPITRE XIV. — Prix de production de l'engrais	675

FIN DE LA TABLE DU TOME PREMIER.

Imprimerie d'E. DUVERGER, rue de Verneuil, n° 4.

KSTIEGOZBIOR
MARCINA ZAMOYSKIEGO

10240

42



Biblioteka im. Hieronima
Łopacińskiego w Lublinie

II 202.808

I.1

Aliments des végétaux

les.

- Cendres pyriteuses.

- Sulfate de fer

- Aliments des végétaux conte

SECTION 1. — De la chaux

2. — De la marne. . . .

PARTIE XII. — Valeur comm

XIII. — Valeur des es

culture et aux