

**LEÇONS**  
DE  
**CHIMIE AGRICOLE.**

*Tout exemplaire de cet ouvrage qui ne sera pas revêtu de notre griffe sera réputé contrefait.*

*L. G. Hériby, E. Magdeleine & Co*

---

### A LA MÊME LIBRAIRIE :

**LEÇONS ÉLÉMENTAIRES DE CHIMIE**, par M. MALAGUTI, professeur de chimie près de la Faculté des sciences de Rennes. 2 forts vol. in-18 jésus, ornés de fig. intercalées dans le texte. Prix, br. 10 »

**HISTOIRE DE FRANCE**, depuis l'origine de la nation jusqu'à nos jours, par M. G. OZANEAUX, inspecteur général de l'instruction publique, 2 forts volumes in-8, ornés de 30 jolies gravures historiques sur bois. Prix, br. 12 »

*Le même ouvrage*, format in-12. 2 volumes de 600 pages chacun. Prix, br. 7 50

*Ouvrage couronné par l'Académie française.*

**HISTOIRE MODERNE**, depuis la chute de l'empire grec jusqu'à la révolution française, par MM. ROYÉ, professeur d'histoire à Sainte-Barbe, et TEXTE, ex-professeur d'histoire au collège Rollin, à Paris. 2 forts vol. in-12, ornés de gravures historiques sur bois. Prix, br. 7 50

**HISTOIRE DE L'ADMINISTRATION MONARCHIQUE EN FRANCE**, depuis Philippe-Auguste jusqu'à Louis XIV (1180-1715); par M. CHÉRUÉL, maître de conférences à l'École normale supérieure. 2 vol. in-8. Prix, br. 12 »

---

Coulommiers. — Imprimerie de A. MOUSSIN.

LEÇONS  
DE  
**CHIMIE AGRICOLE**

PROFESSÉES EN 1847,

PAR F. MALAGUTI,

PROFESSEUR DE CHIMIE  
PRÈS LA FACULTÉ DES SCIENCES DE RENNES.



PARIS,

DEZOBRY, E. MAGDELEINE ET C<sup>IE</sup>, LIBRAIRES-ÉDITEURS,  
Rue du Cloître-Saint-Benoît, 10  
(Quartier de la Sorbonne).

1855.

*L'auteur et les éditeurs se réservent le droit de traduction et de reproduction.*





## AVANT-PROPOS.

---

J'avais rencontré, dans mon cours classique de chimie organique, bien des questions relatives à l'agriculture; forcé par mon programme de les effleurer seulement, j'ai vu plusieurs personnes m'exprimer le désir de les entendre traiter d'une manière spéciale.

J'ai longtemps hésité : ce n'est pas que, dans un pays voué à l'agriculture, rien de ce qui s'y rapporte puisse rester indifférent; mais je n'osais aborder un enseignement auquel devait manquer l'autorité d'une expérience personnelle.

Toutefois, je savais que l'utilité d'une leçon tient moins à l'originalité des vues qu'à la netteté de l'exposition et à l'exactitude des faits.

Un Cours de chimie agricole pouvait de plus, sans demander à mes auditeurs beaucoup de temps, ni un travail en dehors de leurs habitudes, offrir des notions utiles, disséminées dans de volumineux re-

cueils ou dans des livres d'un accès difficile. Enfin, c'était pour moi un devoir de faire acte de bonne volonté, et de reconnaître ainsi, dans la mesure de mes forces, les sympathies qui m'honorent depuis sept années.

J'ai donc consacré à l'exposition des théories agricoles les plus accréditées un certain nombre de leçons consécutives, et, par une liaison d'idées que tout le monde trouvera naturelle, j'y ai joint un essai d'analyse pratique. J'ai voulu prouver aux agriculteurs que les opérations chimiques n'ont rien de vraiment difficile, et qu'elles peuvent devenir pour leur industrie de nouveaux éléments de succès.

Il ne m'appartient pas de dire comment ces leçons furent écoutées : dans ce pays, la distraction est inconnue; on déserte un cours, mais, si l'on y assiste, c'est avec recueillement.

Le cours terminé, on m'exprima le désir de le voir publier. Ici encore les mêmes motifs me firent hésiter d'abord, et enfin me décidèrent.

Je n'ai aucune vue personnelle dans cette publication; elle pourra aider les souvenirs de ceux qui

m'ont écouté, et faciliter ou prévenir les recherches des agriculteurs désireux de connaître et de s'expliquer les secours qu'ils ont à attendre de la chimie.

J'ai conservé à mon exposition la forme de leçons orales, afin de ne point faire perdre le fruit de leur travail à ceux qui auraient recueilli des notes sur mon cours : je n'ai point voulu d'ailleurs encourir, avec la prétention de donner à mes lecteurs un ouvrage élaboré, une responsabilité d'écrivain trop périlleuse pour moi.

C'est ainsi que, fidèle aux traditions de l'enseignement oral, j'ai exposé et expliqué les faits admis par la science, ou sanctionnés par la pratique, sans trop me préoccuper des sources.

Néanmoins, pour prévenir tout reproche d'oubli, et dissiper tout soupçon de plagiat, je citerai mes autorités : *Davy, Chaptal, Liebig, Boussingault, Payen, Thaër, Dombasle Saussure, Gasparin, Kuhlmann-Girardin, Schwertz, Schübler, Puvis*, ainsi qu'un grand nombre d'autres savants, ou praticiens distingués.

Quel que soit l'accueil destiné à ces leçons, je me

croirai toujours dédommagé amplement du travail qu'elles m'ont demandé, si elles peuvent disposer les agriculteurs de la Bretagne à écouter avec profit, dans d'autres occasions, des leçons plus savantes, faites par des professeurs plus habiles, mais non pas plus zélés que moi.



# CHIMIE AGRICOLE.

---

## PREMIÈRE LEÇON.

PLAN DU COURS. — COMMENCEMENT DE L'ÉTUDE DE L'AIR  
ATMOSPHÉRIQUE.

MESSIEURS,

C'est avec un certain embarras que je viens vous parler de choses agricoles. Aussi étranger à la culture qu'à l'économie des champs, n'ayant pas à vous apporter le tribut de mon expérience personnelle, cette même confiance dont vous m'avez honoré lorsque, pendant plusieurs années, je vous entretenais d'une science à laquelle j'ai consacré ma vie, la retrouverai-je aujourd'hui ?

Vous me permettrez donc, avant d'aller plus loin, de vous expliquer comment, malgré mon ignorance des arts agricoles, je puis sur une pareille matière avoir quelque chose d'utile à vous dire.

L'esprit humain a fait tant de progrès, que l'on peut affirmer, sans crainte d'erreur, qu'il n'existe pas un seul art qui ne soit représenté par une science.

Quelle que soit l'étendue, quelle que soit l'importance

d'un ordre de faits, cet ordre se résume dans plusieurs formules qui en expriment la raison. Ces expressions formulées constituent la science; et comme, dans presque toutes les sciences, on rencontre des formules identiques, il en résulte que toutes les sciences, ainsi rapprochées entre elles, constituent un vaste mais unique système.

Vous signaler donc les rapports par lesquels la chimie se rattache à l'agriculture, vous indiquer les notions chimiques qui en peuvent éclairer la pratique, c'est le seul but que je me propose d'atteindre, en vous conviant à un cours de chimie agricole. Et, pour que vous puissiez vous faire une idée exacte des limites que je m'imposerai dans cet enseignement nouveau pour moi, je vous demande la permission de vous énumérer les sujets principaux sur lesquels j'attirerai votre attention, et de vous expliquer la marche que je me propose de suivre pour les discuter et les développer.

Presque tous les phénomènes, qui se passent à la surface du globe, sont généralement plus ou moins influencés par l'atmosphère, qui intervient, soit par son action mécanique, soit par son action chimique. Si l'on ignorait la nature de l'air atmosphérique et sa manière d'agir, on serait dans l'impossibilité d'expliquer pourquoi une plante végète. Il suffit de mettre dans le vide de la machine pneumatique une plante vivante pour se convaincre que l'action de l'air est indispensable à son existence. Une plante dans le vide ne continue pas à vivre : premièrement, parce que, soustraite à la pression que l'air exerce sur elle, son organisation se détériore ;

secondement, parce qu'elle ne trouve plus une partie des éléments qui lui sont indispensables pour se développer.

L'étude de l'atmosphère doit donc être le préliminaire de nos travaux, et, loin de nous préoccuper de ce dont un chimiste se préoccupe ordinairement dans l'étude des corps, c'est à dire de leur pureté absolue, nous ne voulons connaître l'atmosphère que dans son état normal, en un mot avec ses impuretés.

Il n'y a pas une seule plante qui, soumise à l'action destructrice du feu, ne laisse un résidu composé d'une partie des éléments que l'on trouve infailliblement dans le sol où cette plante a végété. Certains principes fixes sont donc aussi indispensables à l'existence des plantes que les principes gazeux. Sans gaz acide carbonique, sans ammoniaque, sans vapeur d'eau, d'une part; sans silice, sans chaux, sans magnésie, sans potasse, sans soude, sans chlore, sans acide phosphorique, sans acide sulfurique, sans oxyde de fer, d'une autre part, vous ne ferez jamais prospérer une plante. Il y en a, il est vrai, qui peuvent se passer de quelques-uns de ces principes fixes, mais elles ne pourront jamais se passer de tous.

Or, si certains principes fixes sont une condition de l'existence des plantes, il sera indispensable de connaître s'ils existent dans le sol que vous destinez à recevoir ces plantes.

Mais, comme l'analyse peut seule donner cette connaissance, on conçoit qu'à l'étude de l'atmosphère nous fassions succéder l'étude de la composition des terres.

Cependant la terre n'agit pas sur les plantes seulement par la quantité et la qualité de ses principes ; elle agit aussi comme masse, comme véhicule, comme agent mécanique en un mot.

Les céréales demandent des terres riches en phosphates et en silicates alcalins ; mais il peut se faire qu'un sol riche de ces deux substances soit néanmoins inapte à faire prospérer le moindre épi de froment, par exemple, s'il est trop poreux, s'il est trop compacte, s'il est trop pierreux ou s'il est trop divisé.

L'étude de la nature du sol ne portera donc pas exclusivement sur ses éléments, mais aussi sur ses qualités physiques. L'analyse chimique doit être précédée de l'analyse mécanique.

La connaissance de la nature du sol pourrait, dans quelques cas, être une donnée insuffisante ; elle doit se compléter par la connaissance des principes fixes des plantes que l'on veut cultiver. On sait qu'il y a des végétaux dont les cendres sont riches en principes terreux, tels que chaux et magnésie ; qu'il y en a d'autres riches en alcalis, tels que soude et potasse ; d'autres en phosphates ou en silicates. Il est évident que, dans ce cas, la connaissance de votre sol vous suffira pour bien choisir les différents genres de culture. Cependant l'agriculture étend tous les jours ses limites ; elle fait de nouvelles conquêtes. Des plantes étrangères lui sont offertes, et, alors, il faut ou que le cultivateur s'abandonne aux chances du tâtonnement et de l'essai, ou qu'il éclaire, par la connaissance immédiate et préalable des principes



minéraux de la nouvelle plante, la marche qu'il se proposera de suivre pour sa nouvelle exploitation.

Il m'a donc paru convenable de faire suivre l'étude de la composition du sol par l'étude de la composition des cendres végétales, sous un point de vue général.

Chaque récolte enlevant au sol une partie plus ou moins considérable de ces éléments, un moment arrive où la même récolte n'est plus possible. Si vous cultivez successivement sur la même portion de terrain la même plante, vous vous apercevrez que les récoltes iront en s'amoindrissant ; mais vous pourrez obtenir plusieurs bonnes récoltes successives si, au lieu de semer la même plante sur le même terrain plusieurs fois de suite, vous faites suivre la culture d'une plante donnée par la culture d'une plante d'une autre famille. Grâce à ce fait, si bien connu des cultivateurs, il est facile de comprendre que chaque plante choisit dans la terre ce qui lui convient, et que deux plantes différentes, cultivées l'une après l'autre dans le même endroit, peuvent trouver de quoi satisfaire à leurs exigences, si leurs exigences sont différentes.

Une plante riche en principes calcaires pourra succéder à une plante riche en principes siliceux, si le sol qui les a soutenues renferme de la chaux et de la silice. La première aura trouvé les éléments de sa prospérité, sans porter atteinte aux éléments destinés à la prospérité de la plante qui doit lui succéder.

Toutes les considérations, tous les développements qui se rattachent à ce fait capital, constituent ce qu'on appelle

*la théorie des assolements*; théorie qu'on ne peut aborder qu'à la condition de connaître préalablement la nature du sol et des principes fixes des plantes.

A l'analyse du sol et des cendres, nous ferons donc succéder la théorie des assolements.

La connaissance la plus profonde de ce qui se passe dans les assolements laisse intact ce principe fondamental, qui est, pour ainsi dire, la pierre angulaire de toute l'agriculture : *il faut rendre au sol ce que les plantes lui enlèvent.*

Peu importe que le sol ait été appauvri par une culture bien ou mal entendue; toujours est-il que, pour entretenir sa fertilité, il faudra lui rendre tôt ou tard ce que les plantes lui ont enlevé. On effectue cette restitution, en introduisant dans le sol ce qu'on appelle les engrais.

A l'étude des assolements nous ferons donc succéder l'étude des engrais, considérés non-seulement sous le rapport de leur composition, mais encore sous le rapport de leur conservation, de leur valeur relative, et de leur emploi. Ainsi notre cours se divisera en quatre parties distinctes :

L'étude du sol,

L'étude des principes fixes des végétaux,

La théorie des assolements,

L'étude des engrais, et, comme introduction, l'examen de l'air atmosphérique.

Il est bien établi que l'air atmosphérique se compose, sur 100 volumes, de 20,80 vol. d'oxygène et de 79,20 vol. d'azote. Cette composition de l'air est constante, à quelque hauteur qu'on le prenne ; et si parfois on trouve des différences, elles tiennent à des causes locales, qui n'ont pas d'action sur la masse entière.

De ces deux gaz, celui dont la proportion est moindre, je veux dire l'oxygène, est le soutien de la respiration et de la combustion. Lorsque vous chauffez un morceau de bois jusqu'à ce qu'il devienne lumineux, vous déterminez la combinaison de l'oxygène de l'air avec les éléments qui constituent ce morceau de bois : sans oxygène, votre bois, quoique fortement chauffé, ne brûlerait pas. En effet, plongez dans de l'azote votre bois en combustion, vous le verrez s'éteindre immédiatement. Enlevez à l'air son oxygène, et plongez-y un animal ; il y périra presque aussitôt.

Mais il vous paraîtra étrange que l'oxygène, soutien de la combustion et de la respiration, se trouve dans l'air en proportion moindre que l'azote, lequel ne joue aucun rôle, si ce n'est un rôle passif. Détrompez-vous, le rôle passif de l'azote est aussi important que le rôle actif de l'oxygène. Si l'oxygène n'était pas délayé dans l'azote, au lieu d'entretenir la vie des animaux, il la compromettrait, en déterminant des maladies inflammatoires ; au lieu de se prêter à des combustions modérées et conformes à nos besoins, il déterminerait des embrasements qu'on ne saurait maîtriser. Cette bougie, qui brûle si tranquillement dans l'air, où elle trouve peu d'oxygène,

brûlerait avec une grande rapidité et disparaîtrait en peu de temps, si elle se trouvait dans une atmosphère formée exclusivement d'oxygène. Par ce fait, vous vous expliquerez pourquoi les animaux périraient s'ils étaient contraints de respirer de l'air très-oxygéné, et, à plus forte raison, de l'oxygène pur. La respiration n'est qu'une lente combustion ; elle a pour but principal d'entretenir une certaine température indispensable à la vie. Que cette combustion devienne plus énergique, la température de l'animal deviendra plus élevée, les harmonies de l'organisation seront troublées, et l'animal périra.

Il faut donc considérer l'azote comme l'excipient de l'oxygène ; sa mission consiste à tempérer l'action trop énergique de cet élément, et à la renfermer dans des limites au-delà desquelles elle ne ferait qu'occasionner destruction et mort.

Cependant les combustions innombrables qui s'effectuent à la surface de la terre, les myriades infinies d'animaux qui à chaque instant absorbent de l'oxygène pour respirer, devraient faire décroître la proportion de ce principe dans l'atmosphère : néanmoins la composition de l'air est constante !

C'est que l'oxygène, qui se fixe dans l'acte de la combustion et de la respiration, retourne dans l'atmosphère sous la forme d'acide carbonique ; et en effet, nous verrons tout à l'heure que l'acide carbonique est aussi un élément constituant de l'air atmosphérique, quoique en proportion minime. Or, l'acide carbonique atmosphérique est décomposé par la matière verte des plantes, sous l'influence

de la lumière ; son carbone reste fixé dans la plante même, tandis que l'oxygène, rendu libre, rentre dans l'air. Des expériences d'une simplicité remarquable, et à la portée de tout le monde, peuvent confirmer l'exactitude de ce que je viens d'établir.

Introduisez dans une éprouvette remplie d'air ordinaire une bougie allumée ; dans quelques instants elle s'éteindra ; versez alors dans cette éprouvette de l'eau de chaux, et vous verrez ce liquide blanchir : c'est que la chaux, dissoute dans l'eau, a trouvé de l'acide carbonique provenant de la combustion de la bougie, elle s'est combinée avec lui, et a formé du carbonate de chaux ou de la craie.

L'air que vous aspirez ne blanchit l'eau de chaux que peu à peu, mais l'air que vous expirez la blanchit assez promptement.

Voyez, en effet : je fais passer à travers ces deux masses d'eau de chaux très-limpide, de l'air ordinaire au moyen d'un soufflet, et de l'air expiré de mes poumons : dans ce dernier cas, le liquide se trouble presque immédiatement, tandis que l'autre liquide ne perd pas sensiblement sa limpidité.

Voyez maintenant : cette éprouvette contient une plante plongée depuis quelques jours dans de l'air contenant  $8 \frac{0}{100}$  d'acide carbonique ; si nous examinons cet air aujourd'hui, nous trouverons qu'il contient fort peu d'acide carbonique et plus d'oxygène qu'auparavant.

On conçoit donc l'immutabilité de la composition de l'air, quand on pense que si, d'un côté, il y a des causes

qui lui enlèvent de l'oxygène, il y en a d'autres qui lui en donnent : il y a balance entre la perte et le gain. Maintenant le brassage incessant opéré par les vents, explique pourquoi l'air des forêts ne diffère pas sensiblement de l'air des déserts, et pourquoi l'air des plus hautes montagnes ne diffère point de l'air des vallées.

Mais, abstraction faite de cet équilibre, la quantité d'oxygène qui, dans le laps d'un siècle, serait absorbée par la respiration des hommes et des animaux, serait tellement petite en comparaison de tout l'oxygène contenu dans l'atmosphère, que cette perte ne pourrait pas être appréciée par nos moyens d'investigation. Comment pourrions-nous dire que l'air d'aujourd'hui est moins riche de  $\frac{1}{114}$  millième que l'air d'il y a un siècle ? Car, en n'admettant pas de compensation dans la perte d'oxygène, provenant de la respiration d'un milliard d'hommes et de tous les animaux, pendant un siècle, cette perte ne s'élèverait pas à  $\frac{1}{114}$  millième de l'oxygène atmosphérique.

Prouvons maintenant que dans l'air atmosphérique il y a de l'acide carbonique. Qui de vous ignore que de la chaux vive, une fois arrosée d'eau et abandonnée à l'action de l'air pendant longtemps, devient susceptible d'entrer en effervescence dès qu'on la met en contact avec les acides ? Vérifions néanmoins ce fait, que je suppose ne pas vous être inconnu. Voici de la chaux vive ; elle a été arrosée, il y a quelques instants, avec de l'eau, et est devenue pulvérulente ; nous constaterons qu'elle ne bouillonne pas, si on la jette dans un acide : mais si nous

faisons agir ce réactif sur cette même chaux pulvérulente, exposée depuis longtemps à l'air, nous remarquerons une effervescence. Or, ce phénomène indique que la chaux, par son exposition prolongée à l'air, a absorbé de l'acide carbonique, et s'est transformée en carbonate de chaux; car tous les carbonates traités par un acide se décomposent et laissent échapper leur acide carbonique sous forme gazeuse, en produisant une sorte de bouillonnement.

Maintenant, si l'on songe que, d'après les analyses faites avec un grand soin, la quantité d'acide carbonique de l'air n'en dépasse point les 4 à 6 dix-millièmes, on concevra pourquoi la chaux ne se carbonate que très-lentement.

On a de la peine à comprendre, de prime-abord, qu'une quantité aussi petite d'acide carbonique puisse jouer un rôle si important dans l'économie de la nature : cependant ce rôle est immense.

Supposez que le gaz acide carbonique disparaisse de l'air atmosphérique, supposez que celui qui est produit par la combustion des êtres organisés et par la respiration des êtres vivants se fixe à mesure qu'il se forme : eh bien ! l'absence de cette quantité minime d'acide carbonique aura pour effet d'abord l'étiollement et ensuite la mort de toutes les plantes.

Les plantes renferment environ la moitié de leur poids de carbone. Or, ce corps se présente à l'assimilation, sous forme d'acide carbonique; et, si ce gaz disparaissait de l'atmosphère, la principale nourriture des plantes

disparaîtrait aussi. Et il n'y a pas à élever le moindre doute sur ce fait, que l'acide carbonique de l'atmosphère peut fournir à lui seul tout le carbone de la végétation terrestre, car on a calculé que le carbone atmosphérique est de beaucoup supérieur à celui contenu dans toutes les plantes de la terre.

Si, par des événements impossibles à prévoir, la quantité de l'acide carbonique augmentait dans l'atmosphère, la végétation deviendrait plus riche et plus belle ; cependant, si cette augmentation atteignait certaines limites, les plantes prendraient un grand développement, mais les animaux périraient, car l'air atmosphérique n'est plus respirable dès qu'il est mêlé à une forte proportion d'acide carbonique.

C'est peut-être à cette circonstance qu'il faut attribuer l'accroissement extraordinaire des fougères, des cycadées, des conifères, antérieures à l'apparition des animaux sur la terre. Ces plantes, à cette époque, atteignaient des dimensions colossales, peut-être parce que l'air atmosphérique contenait plus d'acide carbonique qu'il n'en contient à présent. La diminution de cet acide carbonique dans l'air était liée au grand développement des plantes, qui avaient pour mission, en le fixant, de préparer l'existence aux animaux : et, pour que cette existence ne fût plus désormais compromise, Dieu envoya un cataclysme qui ensevelit à de grandes profondeurs tout ce carbone solidifié, le mit, de cette manière, à l'abri de toute éventualité qui pût lui rendre la forme d'acide carbonique, et ménagea ainsi, en marquant l'é-



poque houillère, une source immense de richesse, de force et de bonheur à l'homme, qui devait plus tard paraître sur la terre pour y régner.

Nous allons prouver maintenant que dans l'air atmosphérique il y a aussi constamment une autre substance, mais dont la quantité varie considérablement, et, pour ainsi dire, à chaque instant; et, chose remarquable, elle y abonde justement quand sa présence y est le plus nécessaire. Cette substance est la vapeur d'eau.

Quel que soit le moment de la journée, quelle que soit la saison, introduisez dans un récipient en verre un mélange réfrigérant, dont la température soit beaucoup moins élevée que celle de l'air extérieur, et vous remarquerez toujours, sans exception, que la surface externe du récipient se recouvre d'une couche d'eau, qui se congèlera ou ne se congèlera pas, suivant la température des parois, et qui sera plus ou moins épaisse, suivant la durée de l'expérience et l'état hygrométrique de l'air.

Ce fait, qui est si connu, et que, par cela même, je crois inutile de reproduire sous vos yeux, prouve bien que dans l'air il y a toujours de l'eau sous forme de vapeur; mais, ce qu'il est utile que vous connaissiez, c'est la grande quantité de vapeur d'eau qui peut se dissoudre dans l'air, et la nature des influences capables de faire varier cette quantité.

Un mètre cube d'air à 0, sous la pression de 0,760 mm., peut contenir 4 lit. 35 de vapeur d'eau, pesant 5 gr. 66; à + 20 degrés, un mètre cube d'air peut contenir 14 lit. 45 de vapeur d'eau pesant 18 gr. 77. Vous voyez donc

que plus la température s'élève, plus la quantité de vapeur d'eau dans l'air augmente ; mais, comme la température de l'air change très-souvent, la quantité de vapeur aqueuse dans l'air doit varier.

Cela vous explique pourquoi le soir on éprouve l'impression de l'humidité plus que dans le milieu de la journée, et pourquoi le matin la quantité de vapeur contenue dans l'air est à son minimum. C'est que, le soir, la température va en baissant, et, par conséquent, la vapeur de l'eau se condense peu à peu sur les objets terrestres et les mouille ; et, toute la nuit, la température ayant été constamment inférieure à celle de la journée, au lever du soleil, la quantité de vapeur dissoute dans l'air doit être relativement peu considérable.

De toutes les saisons de l'année c'est donc l'été, de toutes les heures de la journée c'est donc le midi, à peu près, où l'air est le plus riche en vapeur aqueuse, et la terre, le plus pauvre d'humidité.

Les fortes pluies de l'été se laissent maintenant expliquer d'une manière très-simple. Supposez qu'une grande portion de l'atmosphère se refroidisse par l'irruption d'un vent du nord, et vous concevrez la condensation d'une immense quantité de vapeur, qui tombera sur la terre sous forme d'eau torrentielle.

Maïs quelle est l'importance de la vapeur d'eau dans l'air ? Elle est immense, et peu de mots suffiront pour vous le prouver.

Si l'on évapore beaucoup d'eau de pluie, elle laissera

un résidu plus ou moins considérable. Ce résidu est en partie formé de poussières qui voltigent toujours dans l'air, et de quelques sels solubles, parmi lesquels figure le sel marin; on y trouvera aussi des sels ammoniacaux, et spécialement du nitrate d'ammoniaque, si l'eau examinée est de l'eau d'orage, car la foudre en sillonnant l'atmosphère y produit de l'acide nitrique et de l'ammoniaque. La vapeur aqueuse de l'air, en tombant sous forme de pluie, balaie l'espace, et entraîne avec elle des matières qui, introduites dans la terre, exercent une influence heureuse sur la végétation. En effet, personne ne peut contester aujourd'hui les bons effets du sel marin et des sels ammoniacaux sur les plantes; mais, en nous plaçant au point de vue de la végétation naturelle, en dehors tout à fait de l'influence de l'art, nous voyons dans ces matières salines, apportées par les pluies sur la terre, un des éléments de l'existence des végétaux. En effet, il n'en est point qui ne contienne de l'azote. Ce principe est aussi indispensable à leur existence que le carbone, l'oxygène, l'hydrogène. Mais certaines plantes où le trouveraient-elles, si ce n'est, en partie du moins, dans les sels ammoniacaux des pluies? Ce que je viens de dire est aussi applicable à la soude. Dans certaines cendres, on en trouve constamment: sa présence inmanquable prouve qu'elle est un élément de vie pour les plantes d'où l'on a tiré ces cendres. Or, il peut arriver que l'analyse la plus exacte ne fasse pas découvrir la moindre trace de soude dans le terrain où ces plantes ont végété. D'où viendrait-elle donc, si ce n'est de l'at-

mosphère, où elle se trouve transportée par l'évaporation de la mer, sous forme de sel marin ?

La vapeur d'eau atmosphérique, qui, par sa condensation se transforme en pluie, sert de véhicule pour introduire dans la terre des matières nécessaires à l'existence des végétaux.

Et si vous me disiez que rien n'est moins prouvé que le rôle que l'on veut faire jouer aux sels ammoniacaux de l'air dans la végétation, et que l'azote des plantes pourrait bien provenir de l'azote gazeux, qui forme les  $\frac{1}{5}$  de l'atmosphère, je vous répondrais : soit, je vous l'accorde ; mais, dans ce cas même, cet azote, quelle qu'en soit la source, ne pourra être assimilé sans le secours de la vapeur d'eau.

Quels que soient les moyens dont la nature se sert pour organiser les éléments, toujours est-il que l'affinité chimique joue un grand rôle dans ce travail mystérieux : sans l'intervention de l'affinité, on ne pourra jamais comprendre que du carbone, de l'oxygène, de l'hydrogène et de l'azote, puissent se transformer en un tissu. Or, l'affinité chimique semble paralysée en l'absence de l'eau. La chaux a une grande affinité pour l'acide carbonique ; mais des années entières de contact entre ces deux matières, sans humidité, ne suffiront jamais à déterminer leur combinaison. Le fer se rouille avec une grande facilité, mais le fer ne se rouillera jamais dans l'air absolument sec. La surface de la feuille absorbe l'acide carbonique, je veux même admettre qu'elle absorbe l'azote ; mais, à coup sûr, elle les absorbe sous l'influence

de l'humidité : c'est de l'acide carbonique dissous dans l'eau, c'est de l'azote dissous également dans l'eau que la feuille absorbe, et non pas de l'acide carbonique et de l'azote sous forme gazeuse et à l'état sec.

Si la surface du poumon n'était pas humectée, l'animal périrait, parce que l'oxygène ne pourrait pas y pénétrer, faute de véhicule aqueux.

En un mot, l'existence des plantes et des animaux est subordonnée à l'existence de l'humidité dans l'air.

Nous venons d'étudier l'air atmosphérique sous le rapport de ses éléments constitutifs ; à la prochaine séance nous l'étudierons sous le rapport de ses éléments accidentels.

---

## DEUXIÈME LEÇON.

IMPURETÉS DE L'AIR ATMOSPHÉRIQUE. — MIASMES.

MESSIEURS ;

L'oxygène et l'azote sont les principes constants et invariables de l'air atmosphérique. La présence de l'acide carbonique dans l'air y est également constante, mais en proportions variables ; cependant les limites de cette variation sont parfaitement définies. Il n'en est plus de même de la vapeur d'eau : sa présence dans l'air ne manque jamais , mais elle est tellement liée avec la température, que sa quantité ne peut pas être déterminée d'une manière générale. Nous avons déjà fait remarquer que dans l'air atmosphérique il peut également se trouver, mais non pas constamment, des matières salines. Il nous reste à établir qu'il peut de même s'y trouver des substances organiques, et par conséquent composées de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote.

Quand on expose à l'air un vase de verre rempli de glace, la surface de ce vase se couvre d'une couche d'eau. Si cette expérience est faite dans certaines localités, par exemple dans les lieux marécageux, on trouvera que l'eau condensée sur la surface refroidie par la glace, renferme des matières puantes, incontestablement d'origine organique, car elles se détruisent par le feu en donnant tous les produits des matières organisées.

On a remarqué que certaines maladies envahissent, de préférence, des endroits où il est facile de constater dans l'air la présence de ces matières puantes, et où l'on trouve des étendues plus ou moins considérables recouvertes de substances en putréfaction.

On a donc associé dans une seule idée, pour ainsi dire, la putréfaction des matières organiques, la présence dans l'air de certaines substances putréfiables, et l'apparition de quelques maladies particulières.

Dans les substances putréfiables de l'air, on a vu les miasmes, que l'on a considérés comme la cause des maladies, et dans la putréfaction spontanée, on a vu le foyer des miasmes.

Que cette association ait quelque chose de rationnel, c'est ce qui paraît incontestable, quand on pense que, parmi les habitations situées autour d'un étang marécageux, il y en a qui sont envahies par les maladies miasmiques, et ce sont celles qui, placées sous les vents dominants, reçoivent toutes les exhalaisons de l'étang; tandis qu'il y en a d'autres exemptes du fléau, et ce sont

précisément celles qui, placées à l'abri des vents dominants, voient balayer devant elles les exhalaisons du marécage.

M. Rigaud de Lille n'a-t-il pas observé des positions en Italie où un rideau d'arbres préservait tout ce qui était derrière lui, tandis que la partie découverte était exposée aux fièvres ? Ne raconte-t-il pas aussi que les moines de Franquevaux, en se tenant constamment sous de doubles tentes de canevas, pouvaient prendre la fraîcheur du soir et du matin, qui frappait de fièvres tous ceux qui avaient l'audace de la respirer à découvert ?

C'est donc un fait bien constaté, que la présence dans l'air de certaines matières organiques peut être la cause spéciale de maladies, et que les putréfactions qui s'effectuent à la surface de la terre sont souvent la source de ces miasmes. Cependant hâtons-nous d'ajouter que toute décomposition spontanée, que toute putréfaction n'en implique pas la production; car on peut constater la présence des matières organiques dans l'air d'une localité où s'accomplissent des putréfactions, sans que l'air pourtant soit insalubre.

On n'a jamais remarqué de maladies miasmatiques à Montfaucon, dans les environs de Paris, et cependant Montfaucon est un immense foyer de putréfaction. Il est vrai que l'on a objecté à cette observation que les miasmes provenaient seulement de la putréfaction des matières végétales; mais une pareille opinion est certainement contestable, car elle tendrait à établir, d'une manière bien nette, entre le végétal et l'animal cette ligne de dé-



marcation que chaque jour la science s'efforce de faire disparaître.

Tout en reconnaissant que ce n'est pas dans les putréfactions spontanées en général que l'on doit voir la cause des miasmes, nous admettons que cet effet peut résulter de quelques cas particuliers de putréfaction spontanée. Du reste, on n'est pas parvenu à déterminer ces cas particuliers, et les circonstances qui concourent à leur réalisation sont encore inconnues.

Quoi qu'il en soit, les miasmes exerçant une fâcheuse influence sur les progrès de l'agriculture, nous ne pouvons nous dispenser d'examiner brièvement de quelle manière ils agissent, et comment on peut se mettre à l'abri de leur atteinte.

Nous n'avons pas l'intention de vous faire passer en revue toutes les opinions plus ou moins soutenables que l'on a formulées sur la nature des miasmes; nous nous bornerons seulement à vous exprimer en peu de mots celle qui paraît le plus en harmonie avec l'état actuel de la science.

Un animal, et par conséquent le corps de l'homme, se compose de liquides et de solides d'une nature très-complexe. Chaque solide, chaque liquide a une mission à remplir, à une fonction à exercer : altérez leur nature, vous troublez leurs fonctions; et, comme la santé et la vie de l'animal dépendent de l'harmonie de ces fonctions, vous compromettez l'une et l'autre en altérant la nature de ses parties matérielles.

Que l'on suppose introduite dans l'économie animale

une matière qui par son contact puisse liquéfier les parties solides et solidifier les parties liquides, il est évident qu'il y aura perturbation dans l'harmonie générale de l'individu, et la maladie, peut-être la mort, en sera la conséquence. Ce cas se réalise lors d'un empoisonnement, et nous le concevons comme étant le résultat d'un conflit d'affinités chimiques ordinaires.

Mais il arrive souvent que le jeu des affinités ne peut pas être invoqué comme moyen d'explication, car nous voyons des phénomènes morbides qui paraissent rentrer dans l'ordre des phénomènes de fermentation, qui échappent aux lois ordinaires de la chimie.

En effet, qu'est-ce que nous voyons dans la fermentation ? La métamorphose ou la décomposition d'un corps, provoquée par le simple contact d'un autre corps qui se métamorphose lui-même ; c'est une espèce de mouvement communiqué : les produits des deux décompositions simultanées se séparent et s'isolent, n'ayant aucune affinité entre eux.

Pour compléter l'idée que nous pouvons nous faire de la fermentation, ajoutons que quelquefois le ferment, à mesure qu'il s'épuise, se reproduit ; c'est le cas de la fermentation du moût de bière : quelquefois le ferment s'épuise sans se reproduire ; c'est le cas de la fermentation du sucre par l'action de la levure de bière.

Maintenant, avec ces idées sommaires sur la fermentation, ne nous est-il pas facile de concevoir l'action des miasmes et le phénomène de la contagion ?

Nous voyons une substance, introduite en petite quantité dans l'économie vivante, y apporter des désordres qui ne sont pas de la même nature que les désordres produits par les poisons. Comme rien n'autorise à supposer que cette substance forme avec les principes immédiats du corps humain une combinaison chimique, il s'ensuit que l'esprit est satisfait de l'idée que cette substance étrangère agit sur le sang à la façon d'un ferment : ce qui revient à dire que, par sa présence, elle détermine l'altération d'un des nombreux principes dont le sang se compose, et par conséquent une perturbation, cause de la maladie.

L'action des miasmes peut donc rappeler, sans choquer la raison, l'action des ferments dans sa plus simple expression.

Maintenant admettons-nous que cette matière étrangère, en agissant comme un ferment sur le sang, puisse se reproduire en empruntant au sang lui-même les éléments de sa reproduction ? nous y verrons alors un cas de fermentation complexe, et nous saisirons aisément la différence qu'il y a entre une maladie miasmatique et une maladie contagieuse.

Associons donc l'idée de la fièvre des marais à l'idée de la fermentation du sucre par son contact avec la levure de bière : et l'idée de la petite vérole ou d'une maladie contagieuse quelconque, à l'idée de la fermentation du moût de bière, où le ferment se reproduit en agissant ; alors nous saurons apprécier la différence qui existe entre les miasmes et les contagions. Dans un cas,

le miasme affecte le corps humain purement et simplement, et dans l'autre cas, il l'affecte et le convertit en un foyer de miasmes.

Nous ne voulons pas vous en dire davantage, de crainte de vous distraire du sujet principal qui doit avant tout nous occuper; si nous avons tâché de vous faire sentir la différence qui existe entre les poisons, les contagions et les miasmes, c'est que nous nous sommes proposé de vous mettre à même de reconnaître combien sont rationnels les moyens propres à combattre ces derniers, et à lever ainsi de sérieux obstacles aux progrès de l'agriculture. Les moyens que la pratique éclairée signale à l'agriculteur pour se mettre à l'abri de l'action des miasmes sont de deux sortes : les uns directs et positifs, consistent à dénaturer le miasme; les autres indirects et négatifs, consistent à écarter le contact de l'agent délétère, ou à le rendre impuissant, sans cependant le dénaturer.

Monsieur le comte de Gasparin raconte qu'un vieux garde des marais Pontins faisait détonner chaque soir une pincée de poudre à canon dans sa cabane, et dégageait ainsi un gaz que la tradition lui faisait regarder comme salulaire. Ce vieux garde suivait une pratique qu'un chimiste ne pourrait désapprouver, car le chimiste sait que, parmi les produits de la combustion de la poudre, il y a du gaz acide sulfureux et du protoxyde d'azote. Or, sans attacher trop d'importance aux qualités antiseptiques de ce dernier composé, nous ferons remarquer que l'acide sulfureux altère et dénature pour ainsi dire les matières organiques; et vous n'avez qu'à vous rappé-

ler ce qui se passe lorsque vous exposez de la laine, de la soie, des violettes, des roses, à l'action de ce gaz. Vous savez que ces matières blanchissent : c'est d'ailleurs un fait facile à constater.

Si ces matières blanchissent, c'est que leurs principes colorants sont dénaturés par l'acide sulfureux. Là propriété qu'a cet acide d'attaquer et d'altérer les matières organiques ne peut donc pas être contestée, et son emploi dans les fumigations doit être approuvé.

Maintenant le simple bon sens vous dira qu'il est très-probable que d'autres acides volatils agissent de la même manière que le gaz acide sulfureux. En effet, une ancienne pratique vérifie cette indication : on sait qu'on jette du vinaigre sur un fer rouge, et qu'on promène dans les appartements qu'on suppose infectés, les fumées acides qui s'en dégagent. Les vapeurs acides, en général, paraissent donc pouvoir dénaturer la constitution organique des miasmes ; leur emploi dans l'intérieur des maisons et leur aspiration ne peuvent être que très-utiles.

L'emploi des vapeurs acides, quelque avantage qu'il puisse présenter, ne laisse pas d'entraîner des inconvénients. Ces vapeurs affectent les organes respiratoires, causent souvent des maux de tête ; dans quelques cas, leur usage peut devenir impraticable ; au surplus, leur action est souvent très-faible.

Au contraire, le chlore, à petite dose, agit autant et encore plus que les vapeurs acides, car son action est très-énergique. Dans les chlorures d'oxydes, connus sous

le nom de chlorures désinfectants, on doit voir une source lente de chlore, apte à neutraliser les effets délétères des miasmes, vu qu'elle en altère la nature. Et de même que nous sommes partis de la propriété que possède le gaz acide sulfureux de décolorer, pour en déduire sa propriété de dénaturer les miasmes, de même nous partirons non-seulement de cette même propriété du chlore, mais, en outre, de sa faculté de faire disparaître l'infection avec une grande rapidité, pour conclure que le chlore est l'antagoniste par excellence des miasmes.

Nous allons constater qu'une dissolution d'un chlorure désinfectant décolore les matières organiques. Nous constaterons aussi, et tout le monde pourra s'en assurer après la séance, qu'un liquide fétide, de nature animale, est désinfecté presque sur-le-champ par une dissolution de chlore ou de chlorure d'oxyde.

Si donc le chlore dénature immédiatement les matières organiques et fétides, il n'y a pas de raison pour qu'il ne puisse dénaturer les miasmes, qui, eux aussi, sont de nature organique.

D'ailleurs, l'expérience a prononcé, et l'on ne saurait assez recommander aux agriculteurs des localités exposées aux miasmes d'avoir toujours dans leurs appartements des assiettes contenant des dissolutions de chlorures d'oxydes, lesquelles dissolutions, affectées par l'action de l'acide carbonique de l'air, se décomposent, et dégagent lentement le chlore destiné à saisir le miasme et à le rendre inefficace.

On ne saurait également assez recommander à ces

mêmes agriculteurs de porter toujours sur eux un sachet rempli de chlorure de chaux, qu'ils changeraient de temps en temps, et de s'entourer, pour ainsi dire, de cette manière, d'une atmosphère que les miasmes ne pourraient pas traverser.

Voyons maintenant quels sont les moyens indirects à l'aide desquels on peut se préserver de l'atteinte des miasmes sans les décomposer, et les attaquer dans leur constitution.

Nous avons déjà fait remarquer que la quantité d'eau contenue dans l'air pouvait souvent être en raison de la température. On conçoit donc que par le refroidissement de l'air, l'humidité se condense et vienne, sous la forme de liquide, sous la forme de rosée si vous voulez, se déposer à la surface des corps terrestres. En supposant que l'air renferme des matières de nature organique (et parmi ces matières nous faisons figurer les miasmes), il est clair qu'elles seront précipitées, en grande partie du moins, par l'humidité qui se condense; et en effet, il arrive bien souvent qu'une goutte de rosée mise en contact avec un peu d'acide sulfurique, et puis évaporée, laisse un résidu charbonneux; ce qui n'a pas lieu, si l'on opère avec une goutte d'eau pluviale.

On conçoit donc que celui qui se trouverait dehors au moment où la rosée se forme, et par la même raison au moment où la rosée se dissipe, serait plongé dans une atmosphère très-riche en matières organiques et même miasmiques, et se trouverait par conséquent dans des circonstances extrêmement défavorables à sa santé,

Nous partageons avec plusieurs agronomes l'opinion que c'est aux travaux du matin, spécialement confiés aux hommes, que l'on doit attribuer la grande mortalité de ce sexe : avec plusieurs agronomes, nous signalons comme précaution salulaire de ne jamais sortir avant que la rosée soit dissipée, et de rentrer avant qu'elle tombe ; sans oublier toutefois qu'une boisson excitante, comme le thé et le café, ne peut qu'aider, le matin surtout, à préserver de l'influence des miasmes : excitante, disons-nous, et non spiritueuse ; car cette dernière ne ferait qu'augmenter la prédisposition à en ressentir l'action délétère. A cette occasion, nous insisterons sur la convenance de l'usage des gilets de flanelle pour entretenir les fonctions de la peau, et coopérer ainsi, avec l'usage du café et du thé, à entretenir cet état d'excitation qui est un véritable préservatif.

Si les miasmes sont des matières pondérables et saisissables, on conçoit aisément que l'on puisse s'en préserver par des moyens simplement mécaniques. Nous avons dit, en commençant, que les moines de Franquevaux pouvaient respirer impunément l'air frais du matin et du soir, en se tenant sous de doubles tentes de canevas. Ce procédé se réduit à une véritable filtration de l'air, et de même que, par la filtration à travers le papier, on peut rendre limpide une eau trouble, de même, par la filtration à travers la toile, on pourra nettoyer l'air.

L'exemple des moines de Franquevaux devrait être suivi en été par les habitants des endroits marécageux, et, au lieu de tentes en plein air, ils devraient garnir les



fenêtres de leurs appartements de châssis de canevas, afin de les ouvrir sans introduire les miasmes.

On conçoit qu'un rideau d'arbres qui serait placé, relativement aux habitations, de manière à leur faire un rempart contre les vents insalubres, jouerait le rôle d'un véritable filtre et pourrait assainir les localités infectées.

En résumé, en associant les moyens chimiques aux moyens hygiéniques et mécaniques ; en faisant prévaloir tantôt les uns, tantôt les autres, il est possible de se mettre, sinon complètement, du moins en grande partie, à l'abri des atteintes d'un fléau qui frappe de stérilité des contrées d'ailleurs naturellement fertiles.

Nous terminerons ce que nous nous étions proposé de dire sur ce sujet, en nous soumettant aux exigences de la méthode, et en faisant ainsi ressortir brièvement la relation qui existe entre les miasmes considérés comme des ferments, et les moyens proposés pour en affaiblir l'action.

On connaît des substances qui, introduites dans une dissolution de sucre en fermentation, arrêtent immédiatement cette fermentation. On explique ce phénomène en disant que la substance ajoutée a arrêté ce mouvement moléculaire du ferment, qui, en se communiquant à la molécule du sucre, en détermine le dédoublement : plus de modification de la part du ferment, plus de décomposition de la part du sucre.

Pourquoi ne verrions-nous pas dans l'action du chlore ou des acides sur les miasmes, la reproduction d'un fait analogue ? On conçoit que le miasme, considéré

comme ferment, forcé, pour agir, de se modifier lui-même d'une manière spéciale, soit paralysé dans son action par l'intervention d'une substance telle que le chlore ou un acide qui l'attaque dans ces éléments, et trouble ainsi cette modification moléculaire, sans laquelle il ne peut être miasme, c'est-à-dire ferment morbide.

Nous rappellerons maintenant qu'il ne suffit point que le ferment se trouve dans son état normal et en contact avec la matière fermentescible pour qu'il agisse, mais qu'il exige en outre un concours de circonstances, telles qu'un certain degré d'humidité et de chaleur; nous nous expliquerons ainsi pourquoi, dans l'usage des boissons légèrement excitantes, on peut trouver un préservatif, et dans les boissons irritantes un prédisposant.

Le faible état d'excitation, cet état presque fébrile que détermine l'usage du thé et du café, constitue une condition contraire à l'action du miasme, de même qu'une température trop élevée empêcherait la levure de bière de faire entrer le sucre en fermentation.

Cette prostration, ce relâchement, qui succède à l'usage des spiritueux et des irritants, est une circonstance favorable à l'action du ferment-miasme, qui n'aura plus à surmonter l'obstacle que lui offre l'énergie vitale d'une bonne santé.

Enfin, nous ne dirons pas pourquoi les moyens qui ont pour but d'empêcher le contact du miasme s'accordent avec l'idée que les miasmes sont des ferments, car c'est

une notion trop répandue et trop connue qu'un ferment n'agit qu'au contact.

Si nous nous sommes arrêté peut-être un peu trop sur ce sujet, c'est que, nous en avons l'intime conviction, il n'y aurait rien de plus utile aux progrès de l'agriculture que de répandre les idées qui ont trait aux moyens de combattre les effets du mauvais air.

La popularité de ces idées serait un puissant auxiliaire dans la colonisation. Si les pionniers d'Amérique s'étaient préoccupés de la nature du mauvais air, ils n'auraient pas payé si cher leur dévouement aux intérêts de la civilisation. Le colon qui défriche une terre vierge, et la soumet pour la première fois à la culture, présente à l'action de l'atmosphère une foule de corps organiques, conservés depuis des siècles à l'abri du contact de l'air ; ces corps entrent alors en décomposition et engendrent des exhalaisons délétères, qui s'ajoutent puissamment aux obstacles naturels à toute colonisation.

Le capitaliste-agriculteur, une fois persuadé que le mauvais air n'est pas un ennemi indomptable, tournerait ses regards vers ces vastes étendues, qu'il est habitué à considérer comme maudites, et qui pourtant, éloignées des populations condensées, se prêteraient naturellement à une grande culture. Là il arrêterait ses projets, là il engagerait ses capitaux et convertirait un désert en un riche fonds de production.

Maintenant que nous connaissons la composition de l'atmosphère ; maintenant que nous savons quel rôle joue chacun de ses principes constituants dans l'écono-

mie du monde, considérons-la dans son ensemble comme masse, abstraction faite des matières qui la forment.

Cette énorme quantité de fluide gazeux, qui entoure d'une enveloppe d'environ 12 à 15 lieues d'épaisseur le globe terrestre, exerce sur sa surface une pression incessante, capable de faire équilibre à une colonne d'eau de la hauteur de plus de 10 mètres et demi, et à une colonne de mercure de la hauteur de 76 centimètres.

Si nous renversons ce tube rempli de mercure dans un bain du même métal, nous verrons que la colonne mercurielle descend un peu, oscille et puis s'arrête. Si, par un moyen quelconque, nous éliminons l'air qui se trouve dans cette chambre, nous verrions le mercure descendre jusqu'au niveau du bain, et le tube resterait vide. En faisant rentrer l'air dans la chambre, on verrait le mercure remonter dans le tube, jusqu'à sa hauteur première.

Cela prouve donc que l'air atmosphérique exerce une pression continuelle sur la surface terrestre.

Elle est continuelle cette pression, mais elle n'est pas toujours égale.

En effet, si nous mesurons plusieurs fois par jour, et plusieurs jours de suite, la hauteur de cette colonne, nous pourrions la trouver tantôt plus haute, tantôt plus basse qu'elle ne l'est dans ce moment. C'est que le baromètre non-seulement indique la pression de la couche d'air où il est plongé, mais bien la pression de toute l'atmosphère. Or, dans certaines couches et à certaines hauteurs, il peut y avoir des variations considérables de

température, qui, en changeant le volume de l'air, en changent le poids relatif.

Suivant donc certaines conditions de température, et même suivant des conditions toutes particulières, sur lesquelles nous laissons aux météorologistes et aux physiiciens le soin d'arrêter votre attention, la pression exercée par l'air sur la surface terrestre peut être plus ou moins prononcée; mais, quelle que soit cette pression, elle est toujours indiquée avec précision par le baromètre, instrument que l'agriculteur devrait habituellement consulter, car ses variations indiquent souvent des événements climatiques qui sont loin d'être sans influence sur l'économie de l'agriculture.

Qui de vous ignore que le baromètre indique le beau temps et la pluie? Quoiqu'il soit inexact d'envisager ainsi cet instrument, il n'est pas moins vrai que souvent le baromètre qui monte indique le beau temps, et le baromètre qui descend, la pluie ou l'orage. Et pourquoi donc un pareil instrument ne se trouve-t-il pas dans les fermes? Combien de fois une récolte a-t-elle été perdue, parce qu'on ne l'a pas faite tel jour où il faisait beau, parce qu'on ne l'a pas même mise à l'abri d'un orage, dont l'arrivée avait été indiquée par le baromètre.

Aux portes de Rennes, il y a une ferme-modèle; vous le savez tous. L'homme de talent qui la dirige consulte souvent cet instrument, et, de son propre aveu, il lui est redevable d'avoir sauvé des récoltes qu'une intempérie soudaine aurait compromises ou perdues.

Un baromètre ne coûte certainement pas plus cher qu'une foule d'instruments agricoles ; son prix n'est pas au-dessus des moyens du plus modeste fermier, et pourtant combien de fermiers y a-t-il qui en possèdent ?

Mais revenons à notre sujet principal ; et, puisque nous avons constaté la pression exercée par l'air à la surface de la terre, voyons l'utilité de cette pression. Ici comme ailleurs nous trouverons que, si la pression normale de l'atmosphère était beaucoup plus grande ou beaucoup plus petite, l'économie générale serait troublée.

Supposons-la plus forte. Que d'inconvénients résulteraient de cette nouvelle condition ! Pour vous en citer un seul facilement saisissable, nous dirons que, si la pression était plus forte, l'évaporation en général serait plus faible : par conséquent une des fonctions de la vie animale, la transpiration serait ralentie ; les terres seraient plus longtemps humides, et par conséquent les cultures entravées.

Supposons-la plus faible. Dans ce cas, outre les inconvénients de tout à l'heure, reproduits dans un sens inverse, l'empire de l'homme s'amoinrirait. L'homme règne aussi bien dans les plus profondes vallées que sur les plus hautes montagnes ; mais, si la pression atmosphérique devenait normalement plus faible, il serait obligé de quitter certaines hauteurs, parce qu'il ne pourrait plus y vivre. Les fluides de son corps se dilateraient, faute d'une suffisante pression au-dehors, tendraient à briser leurs enveloppes et à porter ainsi le désordre dans l'organisation.

La chaleur, que le soleil envoie sur la terre pendant le jour, est en partie absorbée par l'atmosphère; c'est donc un inconvénient, dira-t-on ! Mais si l'atmosphère empêche la totalité de la chaleur solaire d'arriver à la surface de la terre, elle empêche aussi celle-ci de se refroidir brusquement. Sans l'atmosphère, le rayonnement de la terre vers les espaces célestes serait si prompt, que la transition d'une grande chaleur à un grand froid se réaliserait, pour ainsi dire, toutes les vingt-quatre heures; et, dans ce cas, quelle plante pourrait vivre, quelle santé pourrait résister ?

Mais dans l'atmosphère éclatent les tempêtes et la foudre ! Où est leur utilité ? Si la foudre exerce des ravages, elle laisse sur son passage des éléments de fertilité pour la végétation. Sans les tempêtes, sans les vents impétueux, que de montagnes arides, que de plantes frappées de stérilité !

Le voyageur altéré étanche sa soif au palmier du désert; mais, sans les vents et les tempêtes, le palmier à fruit serait un arbre stérile, car c'est le vent et la tempête qui lui apportent le pollen fécondant, en franchissant d'énormes distances.

Rien n'est inutile dans l'atmosphère sous le rapport de sa composition, rien n'est inutile sous le rapport de sa masse; elle concourt à cette harmonie générale qui atteste la sagesse infinie de celui qui l'a créée.

## TROISIÈME LEÇON.

### FORMATION DE LA TERRE ARABLE — PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DU SOL.

MESSIEURS,

Quand on creuse un point quelconque de la surface de la terre, on est certain, après avoir pénétré à une profondeur plus ou moins grande, d'atteindre la limite formée par des roches solides, de nature variable, mais toujours compactes, ou cristallines.

Que vous perciez une chaîne de montagnes perpendiculairement à son axe, ou que vous preniez pour point de départ le pic le plus élevé de cette chaîne, vous arriverez toujours au même résultat, et je puis ajouter : vous y arriverez promptement.

On peut donc établir que la terre est formée d'une matière particulière, qui ne ressemble point à la matière qui constitue cette surface que nous foulons, qui recouvre nos vallées, nos plaines et les flancs de nos montagnes.



Rendons-nous compte de cette absence d'homogénéité dans la masse principale de la terre, et de la différence de cohésion entre la surface et les parties intérieures du globe.

Imaginons la terre autrefois incandescente et à l'état pâteux, se refroidissant lentement et durcissant à sa surface. Imaginons ses éléments dissociés d'abord par la chaleur, et rapprochés ensuite par le refroidissement, se combinant en vertu de leurs affinités, et produisant des corps cristallisés de nature variable; de même que nous verrions dans nos usines une masse énorme de scories incandescentes se refroidir peu à peu, et, en se solidifiant, se transformer en une masse tantôt cristalline, tantôt vitreuse, jamais homogène.

Imaginons encore que le refroidissement soit arrivé au point de permettre à l'eau de conserver sa forme liquide et de stationner sur la terre. Dès ce moment, nous concevrons que la surface cristalline de la terre commencera à être attaquée mécaniquement et chimiquement par l'eau et par l'air. Elle sera attaquée mécaniquement par l'eau, qui s'infiltrera peu à peu jusqu'à une certaine profondeur; là, en se congelant parfois, elle jouera le rôle d'un coin, produira des fentes, des solutions de continuité.

L'air, à son tour, pénétrera ces fentes, agira chimiquement sur les parties dont la cohésion est déjà affaiblie par l'action préalable de l'eau: de là des oxydations, des transformations, des dédoublements, des dissolutions produites par l'oxygène et par l'acide carbonique; et

dans tous les cas, il y aura toujours désagrégation. C'est ainsi qu'une masse feldspathique soumise à l'influence de l'air et de l'eau peut se déliter, perdre sa compacité, changer de nature, abandonner ses éléments alcalins, ne conserver que ses éléments terreux, et devenir argile.

Nous concevons donc que ces roches d'origine ignée, ainsi dénommées parce qu'elles sont les plus anciennes de la terre, ces roches si dures et si solides, puissent présenter une surface perméable et mobile. Imaginons maintenant déposés sur cette surface des germes qui, pour se développer, ne demandent à la terre qu'un point d'appui : dans ce cas, la surface de ces roches pourra se couvrir d'une végétation qui par ses racines l'amcublira davantage, et par ses détritns en augmentera l'épaisseur. De cette manière, par la suite des siècles, un terrain primitif se recouvrira d'une couche de terre qui ne serait qu'un mélange de roche divisée ou décomposée et de débris organiques, et deviendra le siège d'une végétation plus exigeante et plus riche.

Le cas que nous venons de considérer est le plus simple : nous voyons une roche se décomposer, se désagréger, se transformer en terre végétale. C'est le cas le plus simple, disons-nous, car ici nous devons trouver nécessairement une liaison intime entre la nature de cette terre végétale et la nature de la roche qui lui sert de support ; ou, en d'autres termes, il doit exister une liaison intime entre le sol et le sous-sol. Supposons en effet ce support formé par du granit, qui est, comme on sait, un empâtage

de quartz, de mica et de feldspath : il est évident que la terre végétale qui le recouvrira se composera de quartz, de mica et d'argile, car, dans l'altération du granit, le quartz et le mica se désagrègent tout simplement, tandis que le feldspath se transforme en grande partie en argile. De même, si nous supposons le sous-sol formé de syénite, nous trouverons dans la terre végétale qui le recouvre les mêmes matières que nous venons de signaler pour le sous-sol granitique, à cela près qu'à la place du mica, il y aura de l'emphibole, car la syénite peut être considérée comme du granit qui renferme de l'emphibole au lieu de mica.

Mais ce cas si simple, qui nous explique la transformation de la terre primitive en terre labourable, ne se réalise actuellement que par exception, surtout dans notre Europe occidentale.

Analysons de la terre végétale et analysons son support : tantôt nous y trouverons une relation de composition, tantôt cette relation, si elle existe, sera difficilement appréciable ; souvent nous remarquerons que le sous-sol ou support n'est point une roche massive et cristalline ; et, pour atteindre cette roche, il faudra descendre à des profondeurs considérables, en traversant des couches plus ou moins puissantes formées par des terrains de nature différente ; et lorsque nous aurons enfin atteint cette roche massive, nous trouverons souvent qu'il n'y a aucune relation entre la nature de la couche qui s'appuie immédiatement sur cette roche, et la nature de la roche même.

Il s'agit maintenant de nous rendre compte du fait.

Transportons-nous de nouveau à l'époque plutonienne; à cette époque où la surface de la terre commençait à se refroidir; à cette époque où l'eau, devenue liquide, allait stationner dans les parties les plus basses ou les plus creuses de la terre. Voyons donc la terre avec ses fleuves, ses lacs et ses mers beaucoup plus étendues qu'elles ne le sont aujourd'hui; voyons-la par conséquent avec ses pluies fréquentes et torrentielles, résultat d'une évaporation très-forte; voyons-la tourmentée et agitée par des boursoufflements fréquents, occasionnés par la masse centrale encore liquide, qui, trouvant une faible résistance dans le peu d'épaisseur de la croûte refroidie, tend à percer l'enveloppe qui l'emprisonne pour épancher au dehors ses vapeurs et ses gaz. Nous verrons ainsi la surface de la terre, non-seulement entamée par le simple contact de l'eau et de l'air, mais encore par le choc des grandes pluies et des débris charriés par les torrents; ces fragments détachés, broyés dans leur course, iront se déposer au fond des eaux pour former des couches puissantes.

Mais la terre, avons-nous dit, se boursouffle çà et là; elle se soulève, elle se crevasse; en se soulevant, elle met à sec des lacs et des mers. Leur fond, d'abord parallèle à l'horizon, lui devient plus ou moins incliné. Alors les eaux déversées font une irruption diluvienne, entraînent une partie du puissant dépôt qu'elles recouvrent, et, avec une vitesse en raison de la pente sur laquelle elles s'écoulent, vont, avec une force proportion-

nelle à cette vitesse, se heurter contre tout ce qu'elles rencontrent sur leur passage. Ici elles brisent des rochers, dont les débris vont joncher des plaines éloignées; là elles comblent des vallées, en y déposant ce qu'elles ont entraîné dans leur course rapide et tumultueuse.

En se crevassant, la terre se laisse pénétrer à de grandes profondeurs par l'eau, qui va trouver de hautes températures. Dans ces conditions extraordinaires, il s'effectue des décompositions et des combinaisons chimiques, dont la réalisation est rarement réalisable dans des conditions ordinaires. Alors des sources, ou pour mieux dire des fleuves, non pas d'eau naturelle, mais de dissolutions bouillantes de principes inconnus, jaillissent des entrailles de la terre, vont inonder de vastes étendues, dont la surface se recouvrira d'un dépôt compacte et cristallin tel que doit le produire une dissolution saturée à chaud et abandonnée à un refroidissement très-lent; ensuite l'eau, débarrassée, pour ainsi dire, de cet excès de matière dont elle était le dissolvant, mais riche encore d'autres principes plus solubles, va porter son action sur des roches, qu'elle attaque, non pas comme eau, mais comme véhicule d'agents chimiques, et donne naissance à de nouvelles formations de produits que nous ne pouvons pas actuellement imiter, parce que nous ne pouvons pas disposer des mêmes conditions.

Maintenant, si vous songez, Messieurs, que ces convulsions de la nature se sont renouvelées plusieurs fois, et que plusieurs fois la surface de la terre a été boule-

versée vous vous expliquerez la superposition de tant de terrains différents, l'obliquité des plus anciens, l'horizontalité des moins anciens, l'absence des débris organisés dans les premiers, la présence de ces débris dans les derniers, et dans tous, des produits minéraux que nous ne saurions obtenir artificiellement.

Mais, à mesure que la terre vieillit, sa croûte devient plus épaisse; les soulèvements deviennent plus rares, le calme s'établit d'une manière plus durable; les mers, livrées à un long repos, se peuplent d'êtres vivants, et s'épurent en déposant des sédiments puissants, dans lesquels plus tard l'homme doit lire une des grandes phases de la vie primitive. D'un autre côté, des influences dont les effets avaient passé inaperçus, commencent à s'exercer sur la surface de la terre, et amènent des modifications toutes locales. Là, on voit des fleuves, par leurs crues souvent périodiques, inonder les terres voisines, et déposer à leur surface un limon riche en matière végétale, doué d'une fertilité extraordinaire, et donner naissance ainsi, par la reproduction réitérée du phénomène, à ce que l'on appelle un terrain d'alluvion.

La basse vallée du Nil, celle du Gange, celle du Pô, celles du Rhône, du Rhin et de la Garonne, offrent des exemples remarquables des sols les plus riches du monde, qui appartiennent à cette formation.

Ici, les parties saillantes des côtes de la mer, battues sans cesse par les flots, abandonnent aux courants littoraux des débris qui vont se déposer dans les anses enfoncées, dont le lit va en s'exhaussant au point de n'être

plus recouvert que par les hautes marées. Il en est de même des fleuves qui, vers leur embouchure, rencontrant le flux de la mer, ralentissent leur course, et dans cet arrêt, produisent de grands dépôts qui finiront un jour par rester à sec. Ces dépôts, connus sous le nom d'attérissement, constituent quelquefois des étendues immenses, changent la configuration des pays, et, une fois conquis par l'homme, peuvent devenir de vastes et riches empires.

On voit quelquefois ces attérissements s'élever comme une digue pour séparer de la mer certaines étendues d'eau qui deviennent des étangs; et, à mesure que ceux-ci recevront les alluvions de l'intérieur des terres, et pourront ainsi se combler en partie ou en totalité, ils deviendront marais ou maremmes.

Dans les terrains volcaniques formés de laves scoriacées, de basaltes, de trachytes, qui sembleraient être destinés à une éternelle stérilité, on voit néanmoins des cultures très-riches: c'est que sur ce terrain calciné, il s'accumule des couches de produits vomis par les volcans, lesquels produits, ou très-divisés par eux-mêmes, comme les cendres, ou d'une facile désagrégation, comme les argilolites, les boues, les vaques, offrent à la végétation un sol très-favorable, parce qu'ils renferment les éléments que les plantes recherchent, nous voulons dire les alcalis et l'ammoniaque.

Mais, s'il se forme ici des terrains qui doivent augmenter la richesse de l'homme, là d'autres terrains riches en valis peu à peu par des sables mouvants de-

viennent de véritables déserts. L'Égypte est menacée sans cesse par les sables de la Lybie ; entre les embouchures de l'Adour et de la Gironde , il y a une mer de sables de soixante-quinze lieues d'étendue : obéissant à l'impulsion des vents de l'ouest, cette mer se porte vers l'est avec une vitesse que l'on évalue en moyenne à vingt-quatre mètres par an, couvrant des forêts et des villages, comblant des rivières et les forçant à s'étendre en marais et en étangs à la surface du sol. Déjà une partie de la petite ville de Mimizan est enterrée, et l'on a calculé qu'en vingt siècles, le riche territoire de Bordeaux aura complètement disparu.

Heureusement que le génie de l'homme est là. Les anciens Pharaons élevèrent des monuments qui, pendant quarante siècles, ont été considérés comme de gigantesques témoignages d'une grande folie. En effet, n'est-ce pas insensé que d'épuiser les richesses d'un peuple pour construire des tombeaux ! Mais on a supposé que les Pyramides étaient et sont encore destinées à arrêter les sables du grand désert, qui tendraient sans cesse à envahir la plaine de l'Égypte.

Dans les temps modernes, on ne s'est pas contenté d'élever des digues contre les inondations des sables, mais on a arrêté ces sables, on les a rendus immobiles, et on les a forcés à rendre à l'homme en richesse ce qu'ils lui ont fait dépenser en force.

Maintenant que nous nous sommes rendu compte de la cause probable de l'existence des différents terrains, il ne nous reste plus qu'à nous demander comment les



terrains supérieurs sont devenus en partie terre arable; ensuite nous passerons à l'étude spéciale de cette terre.

Nous avons déjà dit qu'il y eut probablement une époque où les plantes étaient de nature à n'exiger de la terre qu'un point d'appui. Cependant leurs racines, aidées par le concours de l'action de l'eau et de l'air, ont dû à la longue entamer le roc auquel elles adhéraient, et peu à peu elles ont dû lui enlever des principes minéraux qu'auparavant elles ne trouvaient que dans l'air. Mais ces plantes sauvages primitives mouraient et pourrissaient sur place. Leurs restes devaient nécessairement contenir tous les principes minéraux qui les constituaient et une partie des principes gazeux atmosphériques, qu'elles avaient solidifiés pendant leur vie. Les plantes qui leur succédaient devaient naturellement en faire autant, c'est-à-dire entamer le sol, lui enlever quelque chose, et ensuite augmenter, en mourant, le détritüs laissé par la génération précédente.

Il devait donc arriver alors ce qui arrive à présent sous nos yeux, c'est-à-dire que, par le fait seul de la végétation naturelle, une terre s'ameublît, s'enrichît de principes organiques qui lui sont étrangers, et de principes minéraux préparés pour une facile assimilation. Car, réfléchissez bien, Messieurs, à ce trait de la Providence : dans la nature, les générations qui passent préparent la terre pour les générations qui leur succèdent.

L'homme, après avoir été chasseur et pâtre, prend la bêche et la charrue, vient faire en un jour ce que les plantes auraient fait en dix siècles. Il brise la surface de la terre, la rend perméable aux agents atmosphériques jusqu'à une certaine profondeur, il lui donne ce qui lui manque, il lui enlève ce qu'elle possède en excès, et provoque ainsi une végétation factice, il est vrai, mais appropriée à ses besoins.

Nous concevons donc comment la terre, abandonnée à elle-même ou dominée par l'homme, a pu satisfaire aux exigences de la végétation ; nous concevons, en outre, comment la surface brute du sol, par la simple végétation spontanée, a pu devenir de plus en plus apte, non-seulement à soutenir, mais à nourrir des plantes. En définitive, ici c'est la succession naturelle de la vie végétale, là c'est le travail de l'homme, qui a produit la terre arable.

Voyons maintenant quelles en doivent être les qualités, pour qu'elle puisse satisfaire à une bonne culture. Nous voilà enfin arrivés au sujet qui doit principalement arrêter notre attention.

C'est un problème difficile que la détermination d'une bonne terre arable, car ici il n'y a rien d'absolu. En effet, une terre qui se refuse à une certaine culture peut se prêter très-avantageusement à une culture d'une autre espèce. Suivant les circonstances, la même terre peut être tantôt stérile, tantôt fertile.

Il s'agit donc moins de formuler d'une manière absolue les bonnes qualités du sol, que d'en déterminer les

propriétés, quelles qu'elles soient, sauf à établir par la suite quel parti on en peut tirer.

A notre sens, les agronomes qui ont attaché une importance exclusive à la composition chimique élémentaire des terres arables ont eu le même tort que ceux qui ont attaché une importance exclusive à leur composition immédiate ; les uns et les autres n'ont envisagé qu'un côté du problème : la solution qu'ils en ont donnée n'a donc pu être qu'incomplète.

Il est prouvé qu'il faut prendre en considération non-seulement la composition élémentaire et immédiate de la terre, mais ses caractères et ses propriétés physiques. Nous commencerons donc par examiner ces propriétés, nous passerons ensuite à l'étude de sa composition.

Les terres arables résultant de l'assemblage de parties de diverse nature, de diverses formes, de diverses grosseurs, doivent nécessairement posséder des degrés différents d'humidité, de cohésion, etc., 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 retirer de la terre les substances dont l'humidité est le véhicule ou le dissolvant ; si la terre est trop peu consistante, elles ne peuvent y trouver un appui contre les vents ; si elle est trop tenace, elles ne pourront pas la pénétrer pour aller chercher leur nourriture.

Nous croyons que les propriétés physiques dont l'a-

agriculteur doit surtout se préoccuper sont les suivantes :

La consistance,  
L'adhésion aux instruments,  
La faculté d'imbibition,  
La faculté de dessiccation,  
L'échauffement par la chaleur solaire.

Lorsqu'un agriculteur qualifie une terre de forte ou de légère, il veut désigner la résistance qu'elle oppose à la force qu'on lui applique.

Un coup de bêche suffit bien pour déterminer si une terre est forte ou légère, mais un pareil moyen laisse trop de latitude aux méprises et aux fausses inductions.

M. le comte de Gasparin, pour arriver à la connaissance de la ténacité relative des terres, a modifié un procédé employé par Schübler. Voici comment il a opéré : il a humecté la terre de manière à ce qu'elle fût assez liée pour que les éléments divers ne se séparassent pas ; il l'a coulée dans un moule rectangulaire, il l'a laissée sécher sous une pression d'un kilogramme, et enfin il a retiré le prisme pour en achever la dessiccation à  $+100^{\circ}$ . Ensuite, il a placé ce prisme sur deux supports espacés de quatre centimètres ; il a attaché au milieu de la partie libre du prisme un plateau de balance, qu'il a chargé doucement de petit plomb, jusqu'à rupture : il n'a plus eu qu'à peser le plateau et le plomb, à mesurer la surface de rupture, et à la rapporter à une unité de surface, pour avoir le coefficient de la consistance recherchée.

Pour vous faire bien comprendre cette expérience, nous allons la répéter sous vos yeux.

Voici un prisme, que nous supposons formé par de la terre arable ; nous le faisons soutenir par deux supports espacés de quatre centimètres ; nous y attachons un léger plateau, et puis nous chargeons..... Voilà la rupture effectuée sous un poids de 6640 gram. ; nous mesurons la surface, que nous trouvons égale à 355 mm. carrés : rapportons ces données, par une équation, à une unité qui sera de 225, et nous aurons 355:225::6640:4268. Cette terre sur laquelle nous venons d'expérimenter est donc très-forte.

Il ne faut pas se dissimuler que cette méthode n'est point d'une exactitude irréprochable. On conçoit que quelques grains de sable inégalement répartis dans la masse du prisme peuvent accélérer la rupture ; et, au contraire, un peu de matière végétale inégalement distribuée peut la retarder. Cependant cette méthode est encore préférable aux indications empiriques fournies, pour donner un exemple, par la résistance qu'opposerait à la pression des doigts une boule de terre d'un diamètre déterminé.

Mais tel terrain, rebelle dans son état de sécheresse, devient doux et liant dès qu'il est humecté ; la force de cohésion avec laquelle une terre humide adhère aux instruments peut ralentir plus ou moins le travail, et mettre en défaut les conclusions que l'on aurait tirées des expériences faites sur de la terre sèche.

Il faut donc que nous ne nous bornions pas seulement

à connaître les moyens pour apprécier la consistance d'une terre normalement sèche ; mais il faut aussi que nous connaissions les moyens d'apprécier la force avec laquelle la terre adhère aux instruments et rend leur maniement plus ou moins pénible.

Schübler s'est servi du procédé suivant, que les agronomes trouvent fort bon : il a substitué à un des deux plateaux d'une balance un carré de bois de hêtre d'un décimètre de côté ; il a établi l'équilibre entre les deux plateaux, et puis il a mis celui de bois en contact parfait avec la terre complètement humide, qui ne laisse plus filtrer d'eau. Il a chargé ensuite le plateau libre de la balance avec des grains de plomb versés sans secousse, et quand l'adhésion a été rompue, il a pesé le plomb, dont le poids lui a représenté la force employée pour vaincre la cohésion de la terre humide.

Nous pouvons faire cette expérience pour donner encore une idée plus exacte du procédé,

Voici de la terre complètement humide. Nous faisons adhérer à sa surface le plateau de bois de cette balance, et puis nous chargeons l'autre plateau..... Voilà l'adhésion rompue..... Pesons le plomb employé, et constatons que la cohésion de la terre humide expérimentée est 0 kil. 941.

En réunissant les deux notions que nous venons d'acquérir expérimentalement, on voit qu'il est possible de se faire une idée exacte de la véritable ténacité de la terre, sous le point de vue cultural et économique.

La connaissance de la faculté que possèdent les sols

de retenir l'eau, en s'opposant à une évaporation trop rapide, est extrêmement importante, à cause de l'influence qu'elle exerce sur la fertilité. On conçoit qu'une terre qui se dessèche vite se trouve dans les mêmes conditions que si elle était exposée à la sécheresse.

Nous empruntons encore à Schübler un procédé pour apprécier le degré relatif de cette qualité.

Que l'on prenne une quantité connue de terre, 200 grammes, par exemple, et qu'on en fasse une bouillie liquide, que l'on versera sur un filtre mouillé et contenu dans un entonnoir, qu'on laisse égoutter, et puis qu'on pèse. Si l'on sait d'avance le poids de l'entonnoir et du filtre humide, on connaîtra la quantité d'eau qui est restée dans la terre, puisque le poids de la terre est connu.

Tenez, Messieurs, voici une expérience déjà faite d'avance : Le poids de la terre employée est 200 grammes, le poids de l'entonnoir et du filtre mouillé est 94 grammes. Vous voyez que l'entonnoir n'égoutte plus ; nous pouvons donc le peser ; nous trouvons que le poids total est 384 grammes. Retranchons le poids de la terre, du filtre et de l'entonnoir, qui est de 294 grammes ; il nous reste 90 grammes ; donc 200 grammes de la terre sur laquelle nous avons expérimenté ont retenu 90 grammes d'eau.

Tel est le procédé extrêmement simple qui peut servir à établir la *faculté relative* d'imbibition de différentes terres, Mais il ne faut pas oublier de prendre en considération la présence des détritrus organiques ; car ces matières absorbent et retiennent l'eau avec beaucoup de fa-

cilité, et peuvent induire en erreur, en faisant attribuer à la terre un résultat qui serait dû à la présence d'une matière étrangère dans cette terre même.

En comparant donc la faculté d'imbibition des différentes terres, il faut tenir compte de la quantité relative des matières organiques qu'elles peuvent contenir.

La faculté qu'a le sol de laisser dissiper dans l'atmosphère l'eau dont il est surchargé, est tout aussi essentielle à connaître que la faculté de la retenir dans une juste proportion.

Les terrains qui abandonnent avec trop de lenteur l'humidité acquise pendant l'hiver, présentent de graves embarras au cultivateur. Ils sont souvent inabordables au printemps, et occasionnent par conséquent des semailles tardives.

Le procédé pour déterminer la faculté de dessiccation est extrêmement simple.

Vous voyez ce disque métallique, muni d'un rebord très-peu profond; supposez que nous comblions ce disque avec de la terre parfaitement humide, telle que nous l'avions dans l'entonnoir de l'expérience précédente; supposez en outre que nous exposions ce disque à l'air dans une chambre fermée, dont la température nous soit connue, et pendant un temps déterminé, quatre heures par exemple. Il est évident qu'au bout de ce temps, il y aura une perte quelconque d'eau, que l'on pourra déterminer au moyen de deux pesées. Si nous faisons la même expérience dans les mêmes conditions sur différentes terres, nous serons à même de reconnaître laquelle de ces



terres abandonne plus d'eau dans un temps donné, et de là nous en concluons leur faculté relative de dessiccation.

Le tableau suivant vous donnera une idée de l'application pratique des différents procédés que nous venons de connaître. Et pour que ce tableau soit plus instructif, nous n'avons pas voulu en chercher les éléments dans les différents terrains, mais bien dans les principes immédiats qui constituent ces terrains.

*Tableau exprimant la valeur relative de quelques propriétés des éléments constituant la terre arable.*

	Consistance de la terre		Adhésion de la terre aux instrumens	Imbibition. Eau absorbée par 100 de terre.	Dessiccation. 100 d'eau de la terre perdent en 4 heures à + 19° centig.
	sèche.	humide			
	kil.	kil.	kil.		
Argile pure. . . . .	11,10	1,32	1,32	70	31,9
Calcaire. . . . .	0,55	0,71	0,71	85	28,0
Sable siliceux. . . . .	0,00	0,19	0,19	25	88,4
Humus. . . . .	0,97	0,42	0,32	190	20,5

Ces principes immédiats sont, comme tout le monde sait, l'argile, le calcaire, le sable et l'humus. Suivant que l'un de ces quatre principes dominera dans le sol, ses qualités spécifiques y domineront, de façon qu'en prenant pour point de départ ce tableau, on pourrait, par l'analyse de la terre, en deviner approximativement les principales qualités.

Nous terminerons cette séance par quelques mots sur l'échauffement des terres par la chaleur solaire.

Cette propriété est une des plus importantes en agriculture, mais elle dépend d'un grand nombre de circonstances, dont la principale est la couleur du sol.

Pour se faire une idée de l'influence que la couleur du sol peut exercer sur la végétation, il suffit de songer que deux lots de la même argile blanche, dont un aurait été noirci par une légère quantité de noir de fumée, exposés également au soleil, s'échauffent inégalement, et la différence de température acquise peut être de huit à dix degrés en faveur du lot noir.

Y a-t-il un vigneron qui ignore que les récoltes dans les terrains colorés avancent toujours sur les récoltes dans les terrains blancs? Qui ne sait combien les vins des terrains blancs sont moins spiritueux que ceux des terrains colorés?

Ce n'est pas seulement sur la vigne que cet effet se remarque; quoique les blés et 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 temps.

De Saussure rapporte qu'il a vu les habitants de Chamouni répandre sur leurs champs couverts de neige la poussière des schistes noirâtres, pour hâter la fusion de cette neige.

L'agriculteur doit donc se préoccuper de la couleur du

sol , comme l'horticulteur doit se préoccuper de la coloration des murs d'espalier.

Les murs blancs réfléchissent la chaleur sur les fruits, et produisent un maximum de température ; les murs noirs absorbent la chaleur solaire , et la rayonnent pendant la nuit , en rendant moins sensible la différence de la température entre le jour et la nuit.

Dans les pays froids , où il importe de hâter la maturité en provoquant ou en surexcitant le mouvement de la sève par des coups violents de chaleur, les murs d'espalier blancs seront les plus convenables.

Dans les pays chauds , où ce qu'on a le plus à redouter c'est la grande différence entre la température du jour et celle de la nuit , les murs d'espaliers noirs mériteraient la préférence , parce qu'ils absorberaient pendant le jour une forte quantité de chaleur, qu'ils rejetteraient pendant la nuit sur les fruits , et les garantiraient ainsi de la fâcheuse influence d'un refroidissement considérable , provoqué par le grand rayonnement des corps terrestres sous un ciel ordinairement pur.

---

## QUATRIÈME LEÇON.

COMPOSITION DE LA TERRE ARABLE. — SON ANALYSE MÉCANIQUE. — PROPRIÉTÉS DES PRINCIPES IMMÉDIATS DE LA TERRE ARABLE. — SILICE. — ARGILE. — ALUMINE.

MESSIEURS,

Nous avons consacré la dernière séance à rechercher l'origine de la terre arable, et à déterminer les procédés les plus commodes pour reconnaître les qualités physiques dont l'agriculteur doit principalement se préoccuper, dans un sol destiné à la culture.

Aujourd'hui nous nous occuperons des moyens propres à faire connaître la composition d'une terre arable. Cette notion, jointe à celle que l'étude des propriétés physiques peut procurer, doit former un ensemble de convictions, qui est la base préliminaire de toute exploitation agricole.

On a beaucoup écrit, depuis Bergman, sur la composition chimique des terres; on a fait d'excellentes analyses des sols reconnus pour être les plus fertiles. Mais la pratique agricole, il faut l'avouer, a tiré un bien mince avan-

tage de ce genre de travaux. La raison en est toute simple.

C'est que les qualités que nous estimons dans les terres labourables dépendent en grande partie du mélange mécanique de différents principes. Un simple lavage, qui indiquerait le rapport du sable à l'argile, en dirait certainement plus qu'aucune analyse précise et complète. Peu importera à un agriculteur de savoir quelle est la quantité de silice, d'alumine et de chaux qui se trouve dans 100 parties d'une terre donnée; mais il lui importera beaucoup de savoir dans quelle proportion se trouve le sable relativement à l'argile; car il n'ignore pas que les propriétés dominantes d'un sol sont à peu près les mêmes que celles du principe qui domine dans sa composition.

Lorsqu'on dira à un agriculteur : Votre terre est composée de quatre cinquièmes de sable, on lui donnera tout de suite l'idée d'une terre sèche légère, très-meuble; et lorsqu'on lui dira : Votre terre renferme quatre cinquièmes d'argile, on lui donnera l'idée d'une terre humide, forte, et difficile à travailler. Dans les deux cas, il saura à quoi s'en tenir sur le choix des cultures.

Nous ne voulons donc pas tomber dans le même égarement que les chimistes nos devanciers : nous voulons connaître la composition des terres, non pas sous le rapport de leurs éléments, mais bien sous le rapport de leurs principes immédiats.

Nous voulons savoir dans quelle proportion se trouvent les parties terreuses très-divisées, très-légères et très-

h.

minces, relativement aux parties terreuses moins divisées et spécifiquement plus lourdes; car de ces deux matières (peu importe leur nature) dépendent la plus ou moins grande perméabilité, la plus ou moins grande ténacité d'un sol.

Mais comme nous ne voulons pas être exclusivement empiriques, comme nous aurons à régler le choix de nos amendements et de nos engrais sur la présence ou l'absence de certains principes, dont il importe de connaître la nature chimique plutôt que la nature physique, nous apprendrons encore quelques procédés analytiques de laboratoire; ces procédés seront à la portée de tout le monde, et ils n'exigeront pas de notions scientifiques préalables, difficiles à rencontrer dans les agriculteurs qui n'auraient pas fait de la chimie une étude spéciale.

Nous allons donc nous mettre au fait, premièrement de l'analyse mécanique, secondement de l'analyse chimique.

Soit une terre dont nous voulons connaître la constitution mécanique. Nous commencerons par la laisser sécher à l'air; ensuite nous la criblerons dans un tamis en crin, dont les mailles auront le diamètre d'un millimètre et demi environ.

Ce tamisage préalable doit séparer de la partie terreuse proprement dite, toute la partie formée de détritux végétaux et pierreux.

En effet, voyez ici de la terre arable desséchée à l'air; nous la criblons: il va nous rester sur le tamis un mé-

lange de pierres et des débris végétaux. Il ne sera pas tout à fait inutile de tenir compte de ce résidu grossier et d'en connaître la proportion.

Prenons maintenant une trentaine de grammes de cette terre criblée, et ayons le soin de la dessécher à une température connue, car ce sera à cette même température qu'il faudra faire les dessiccations à venir, pour que les résultats soient comparables entre eux.

La température constante la plus facile à obtenir est celle de l'eau bouillante. On n'a donc qu'à mettre sur un fourneau une casserole contenant de l'eau, fermer l'ouverture de la casserole avec une capsule en porcelaine ou en terre vernissée, et puis faire bouillir. Au bout d'une couple d'heures, la terre sera desséchée autant qu'elle peut l'être dans ces circonstances, surtout si l'on a eu soin d'agiter et de remuer la masse de temps en temps, avec une baguette en verre.

Ne croyez pas, messieurs, que ce procédé soit d'une grande exactitude; ce n'est pas ainsi qu'un chimiste dessécherait une substance qu'il voudrait étudier; mais ce procédé de dessiccation, tout inexact qu'il est, suffit néanmoins pour ce que nous voulons faire.

Prenons maintenant et introduisons dans un matras une vingtaine de grammes de cette terre sèche; nous y verserons trois à quatre fois son volume d'eau; nous agiterons avec force, en imprimant un mouvement rotatoire au liquide; nous attendrons un instant pour permettre aux parties les plus lourdes de se déposer, et puis nous décanterons dans une capsule le liquide trouble. Nous

n'aurons plus qu'à répéter cette opération autant de fois qu'il sera nécessaire, pour que cet instant d'attente suffise pour éclaircir le liquide du matras.

De cette manière, nous aurons séparé par décantation les parties les plus divisées des moins divisées, les parties spécifiquement plus légères des parties spécifiquement plus pesantes.

Ne nous faisons pas illusion cependant. Ce partage n'est pas et ne peut pas être exact. En supposant que notre terre soit composée d'argile et de sable, ne croyons pas que tout ce qui aura été entraîné avec l'eau par décantation soit exclusivement de l'argile, et que tout ce qui sera resté dans le matras soit exclusivement du sable. La portion entraînée par l'eau sera formée en grande partie d'argile, il est vrai, mais il y aura plus ou moins de sable; de même que le dépôt sera formé pour la plus grande partie de sable, mais contiendra aussi de l'argile.

¶ Cela n'empêchera pas qu'après avoir recueilli séparément les deux lots de terre sur deux filtres distincts, les avoir desséchés à la température de l'eau bouillante, et enfin, après les avoir pesés, cela n'empêchera pas, disons-nous, qu'on ne puisse se faire une idée suffisante de la nature de la terre.

C'est en effet au moyen des données de cette nature, associées à des observations directes sur les récoltes, que Thaër et Einoff ont déterminé les qualités de certaines terres par rapport aux cultures qu'elles favorisent.



Schwartz a résumé pratiquement ces déterminations, et nous allons très-brièvement nous rendre compte de ce résumé, non pas pour en déduire des conclusions systématiques, mais pour mettre en évidence cette vérité, qu'en agriculture, il est possible avec un esprit observateur et des expériences d'une simplicité remarquable, de s'écarter de la voie de l'empirisme pour suivre celle de la raison.



Supposez deux sols qui présentent des qualités extrêmes : l'un composé en grande partie de cette matière qui, dans l'expérience de tout à l'heure, se dépose dans le matras, et qui est, par conséquent, peu divisée et lourde.

L'autre sol, supposez-le en grande partie composé de cette matière que nous avons vue tout à l'heure s'en aller avec l'eau, et que nous avons considérée, par conséquent, comme étant légère et très-divisée.

Le premier sol sera mouvant lorsqu'il sera sec; il se desséchera avec une grande facilité, une fois mouillé. Le second sera dur et tenace, même pendant les longues sécheresses; une fois mouillé, il ne se desséchera qu'à grande peine, et conservera toujours sa forte ténacité.

Ces deux terrains extrêmes seront tous les deux mauvais; cependant nous admettons que dans le terrain mouvant on puisse cultiver quelque peu de seigle, et que dans le terrain tenace on puisse cultiver quelque peu de blé.

Concevons maintenant que le sol mouvant aille en perdant par degrés ses qualités extrêmes, et s'enrichisse d'une portion de l'élément qui domine dans le sol tenace; ou, en d'autres termes, supposons que le sol, extrêmement sablonneux gagne un peu d'argile; et dans le même temps, supposons que le sol extrêmement argileux acquière un peu de sable et perde de sa grande ténacité. Dans ce cas, nous verrons que, dans le sol mouvant ainsi modifié, il sera possible de cultiver du sarrasin, outre le

seigle ; de même que dans le sol tenace , à son tour modifié , nous trouverons qu'outre le blé , on pourra cultiver l'avoine.

Continuez maintenant à améliorer votre sol mouvant, et ajoutez-y, par la pensée, des quantités toujours croissantes d'argile ; améliorez, à son tour, votre sol tenace, par des additions toujours croissantes de sable : vous trouverez que, d'un côté, il vous sera possible de joindre successivement à la culture du seigle et du sarrasin celle de l'avoine et de la petite orge, ainsi que vous pourrez joindre successivement à la culture du blé et de l'avoine celle de la petite et de la grosse orge ; et, en continuant de part et d'autre ces additions parallèles, vous arriverez à une composition identique, espèce de sol neutre, où il vous sera possible de cultiver toutes les céréales, le sarrasin compris.

Ne perdez pas de vue, Messieurs, qu'en vous expliquant l'échelle de Schwertz, nous ne prétendons pas vous donner une recette, et vous inspirer la croyance qu'il suffise d'ajouter de l'argile ou du sable à un sol donné, pour l'adapter à toutes les cultures possibles.

Nous vous avons déjà dit que Schwertz a formulé les résultats des observations de Thaër et d'Einoff ; ces observations n'avaient pas porté seulement sur les qualités physiques du sol, mais sur leurs produits. Thaër et Einoff savaient bien que la fertilité d'une terre ne tient pas seulement aux proportions de sable et d'argile qui la composent, et aux qualités physiques qui en résultent ; mais ils avaient aussi qu'elle tient à l'inclinaison respective des

sols à l'horizon, à la nature du climat, à la présence de certains principes, dont la quantité est à peine pondérable et ne peut exercer aucune influence physique, enfin à la nature des labours.

Si, à propos de l'analyse mécanique, nous vous avons parlé de l'échelle de Schwertz, c'est que nous avons voulu vous faire apprécier le rôle que l'analyse peut jouer dans les questions agricoles; mais nous n'avons pas voulu identifier, pour ainsi dire, la notion de fertilité ou de stérilité avec la notion pure et simple d'analyse.

Tel sol, fertile en Angleterre, deviendrait stérile en Provence, parce que les climats ne sont pas les mêmes. Le versant méridional d'une colline sera moins fertile que le versant septentrional, quoiqu'il n'y ait pas de différence entre les deux terrains; mais l'exposition est différente.

Si l'on pouvait formuler des procédés absolus, on ôterait à l'art de l'agriculture ce caractère de difficulté qui explique la lenteur de ses progrès. Les effets, dans l'agriculture, procèdent de causes très-complexes; pour les démêler, il faut avoir un esprit investigateur. Les lumières que les sciences, et en particulier la chimie, peuvent apporter à cet art, ne sont que des phares qu'il faut regarder souvent pour ne pas s'égarer; mais aucune science ne pourra faire de l'agriculture un art facilement abordable, car l'observation et le raisonnement se sont réservé dans l'application une part infiniment large.

L'analyse mécanique que nous venons d'étudier n'est

donc qu'un des nombreux éléments de ce vaste système, que l'on appelle agriculture,

Passons maintenant à l'analyse chimique.

En commençant cette séance, nous avons déjà fait remarquer que, si l'analyse mécanique d'une terre peut être d'une grande utilité à l'agriculteur, par les idées qu'elle donne sur le choix de telle ou telle culture, l'analyse chimique peut lui être non moins utile pour le choix des amendements et des engrais, et nous ajouterons qu'elle peut lui servir de guide dans la marche des assolements.

A chaque récolte on enlève au sol une quantité considérable d'éléments minéraux. Si, à force de récoltes, on épuise le sol de quelques-uns de ces éléments, la plante, qui ne peut exister sans eux, finira par ne plus y prospérer. Voilà pourquoi l'agriculteur est obligé d'ajouter au sol, de temps en temps, des principes minéraux, dont le choix sera d'autant plus rationnel, s'il sait d'avance s'assurer de leur absence ; ou bien encore s'il sait comment acquérir la certitude que les plantes qu'il veut cultiver exigent réellement de ces éléments, qu'il suppose épuisés.

Un exemple rendra mieux notre pensée. Depuis un temps immémorial, on met, à longs intervalles, de la chaux dans le sol ; mais il y a des cas où cette pratique peut être inefficace ; et cela arrive là où le terrain est calcaire, ou bien encore où les plantes que l'on destinerait à être cultivées sur ce sol ne sont pas avides de chaux.

Il faut donc nous familiariser avec des moyens faciles, pour reconnaître avant tout la présence de certains prin-

cipes dans le sol, et, par extension, dans les cendres des plantes.

Mais ici une question de bon sens se présente tout naturellement.

Devons-nous énumérer, d'un côté, les composés que l'observation a signalés dans les terres labourables et les cendres des végétaux, et, de l'autre côté, les réactifs et les opérations indiquées par la pratique, pour les déceler ? Ou bien, devons-nous faire préalablement connaissance avec ces mêmes principes, qui ne sont pas, du reste, très-nombreux, et nous préparer ainsi à expliquer les anomalies, ou à résoudre les difficultés qui se présenteraient pendant nos recherches ?

Il nous semble que la solution de cette question ne peut pas être douteuse. Il est vrai qu'il n'est pas nécessaire qu'un agriculteur soit un chimiste profond ; mais il ne faut pas non plus que, dans les opérations chimiques qui concernent son état, il ne soit que l'instrument irréfléchi d'une routine aveugle. S'il applique son intelligence à toutes les pratiques agricoles, pourquoi n'en fera-t-il pas autant pour ces opérations qui, bien qu'essentiellement chimiques, n'en sont pas moins agricoles pour lui, vu le but dans lequel il les réalise ?

Commençons par énumérer les substances que l'on rencontre dans la terre labourable et dans les cendres ; apprenons à connaître leurs propriétés essentielles, et ensuite nous nous occuperons des moyens d'en constater la présence, et même de les séparer au besoin les unes des autres.

Nous avons déjà eu l'occasion de remarquer plusieurs fois que la terre arable est composée essentiellement de sable et d'argile ; nous ajouterons qu'elle peut renfermer des quantités plus ou moins grandes de carbonate de chaux, de carbonate de magnésie, de sulfate de chaux, de phosphates calcaire, magnésien ou ferrugineux, d'oxyde de fer et d'humus. Dans les cendres des végétaux se découvre la plus grande partie de ces substances ; on n'y rencontre du sable proprement dit qu'accidentellement, mais on y trouve de la silice ; on n'y rencontre point d'argile, mais quelquefois, rarement à la vérité, de petites quantités d'alumine, et, en revanche, presque toujours de fortes proportions de carbonate de potasse et de carbonate de soude.

*Quartz et silice*, chimiquement parlant, sont synonymes. Si, en effet, on purifie du sable dit quartzeux de toutes les matières étrangères qui peuvent le salir, et qu'on l'analyse, on trouvera qu'il a la même composition que la silice la plus pure ; c'est-à-dire 52 oxygène, 48 silicium. Mais, sous un autre point de vue, la différence entre le sable et la silice est très-grande. Imaginez du cristal de roche qui, par des causes mécaniques, aurait été divisé en fragments plus ou moins petits, vous auriez, de cette manière, une idée du sable quartzeux. Ce sable serait infusible dans nos fourneaux, insoluble dans l'eau, dans les acides et les liquides alcalins ; il ne formerait point pâte avec l'eau, ou du moins il en formerait une très-peu tenace et très-peu liante, à la condition, toutefois, qu'il eût été amené à un état de division extrême.



Ce serait à ce manque de plasticité du sable que vous devriez attribuer la mobilité du sol qui en est riche, et la compacité du sol qui en est pauvre. Le sable, ainsi considéré, ne peut jouer en agriculture que le rôle d'agent mécanique.

Imaginez maintenant une eau thermale qui, par le refroidissement et l'évaporation, laisserait déposer une matière blanche, amorphe, opaque, insipide, d'une ténuité extrême, soluble dans les alcalis et très-peu dans les acides et dans l'eau, infusible dans nos fourneaux, douée d'une très-faible plasticité, qui serait cependant plus forte que la plasticité du sable même le plus fin. Eh bien ! dans cette matière blanche et amorphe, vous ne verriez que de la silice.

C'est ainsi que les jets d'eau de Geysir, en Islande, déposent de la silice autour de leurs cratères ; c'est ainsi que presque toutes les eaux de source laissent pour résidu en s'évaporant une certaine quantité de silice.

La différence culminante entre le sable quartzéux et la silice, la différence dont l'agriculteur doit se préoccuper avant tout, c'est que la silice est sensiblement soluble dans l'eau, tandis que le sable ne l'est pas du tout. Alors l'agriculteur doit chercher dans cette propriété l'explication de la présence de la silice dans les cendres des végétaux, et, par conséquent, il doit attribuer à ce corps, non pas un rôle mécanique comme pour le sable, mais une rôle chimique.

En effet, ce ne peut être ni par hasard, ni inutilement,

que la cendre de la tige de froment renferme plus de 40 p. 100 de silice, celle du seigle 63, celle de l'orge 70. Ce ne peut être ni par hasard ni inutilement, qu'aux nœuds des graminées il se forme des concrétions de silice pure, que l'épiderme du bambou en est formé presque exclusivement; en un mot, que la silice forme le squelette des végétaux. Ce rôle remarquable que la silice joue dans la nutrition et la constitution des plantes est dû à la solubilité de ce corps dans l'eau, et, par conséquent, à ses fonctions comme agent chimique. C'est à l'état de dissolution que la silice est absorbée par les spongioles des racines, et introduite dans l'économie de la vie végétale. Enlevez à la silice la propriété de se dissoudre dans l'eau, la végétation s'étiolera, parce qu'il manquera un point d'appui à la charpente où vont se déposer les éléments organiques. Enlever la silice aux plantes, c'est ôter une grande partie du squelette aux animaux.

On a des idées bien confuses en agriculture sur l'argile. Les uns regardent comme de l'argile toute matière terreuse capable de faire une pâte liante avec l'eau; les autres, au contraire, regardent comme de l'argile toute matière terreuse contenant de l'alumine. Ces deux manières de voir sont également inexactes, car beaucoup des mélanges terreux peuvent être plastiques et alumineux, sans être pourtant formés d'argile.

L'argile, pour nous, est une espèce minérale dérivée, qui ne date pas des premiers âges du monde, car elle peut se former, pour ainsi dire, sous nos yeux.

Supposez une roche alcaline, de la pegmatite, du gra-

nit, de la syénite, du porphyre, ou du basalte. Sous l'influence de certains agents, non encore bien déterminés (parmi lesquels cependant paraissent figurer incontestablement l'acide carbonique et l'eau), cette roche commencera par perdre sa forme cristalline, se désagrégera, et ensuite se décomposera ; ses éléments alcalins, dissous par l'eau, s'en iront avec une portion de silice, tandis que ses autres éléments et le reste de la silice resteront sur place, si les eaux ne les charrient pas sous forme d'argile.

Il n'est pas difficile de surprendre la nature sur le fait, en examinant, comme plusieurs savants l'ont déjà fait, des échantillons de feldspath, qui, intacts sur un point, vont en s'altérant de proche en proche, de façon qu'on arrive à ne plus trouver que de l'argile. En comparant entre elles les compositions des différentes zones, on remarque qu'à mesure que la décomposition avance, la quantité des principes alcalins diminue et celle des principes terreux augmente.

Or, comme la décomposition des roches alcalines peut s'effectuer aussi bien dans les entrailles de la terre qu'à sa surface, on conçoit que ces roches décomposées abandonnent des quantités considérables d'argile aux eaux, qui iront les déposer dans les plaines et les vallées.

Pour se faire une juste idée de l'argile, il faut donc la considérer sous deux points de vue : d'une manière abstraite, et comme débarrassée de toutes les matières étrangères qui l'accompagnent ; ensuite, dans son état normal, avec ses impuretés.

Dans le premier cas, l'argile pure se compose d'alu-

mine et de silice, en proportions variables. Il est rare que l'alumine dépasse 50 p. 100 comme maximum, et qu'elle soit au-dessous de 30 p. 100 comme minimum; le plus souvent la totalité de la silice n'est pas combinée chimiquement avec l'alumine, de façon qu'une argile pure peut être considérée comme un mélange d'une combinaison chimique d'alumine et de silice, plus de la silice. Dans le second cas, c'est-à-dire dans son état normal, l'argile est ordinairement un mélange d'argile pure, d'une quantité plus ou moins grande de sable, et de quelques fragments de la roche alcaline qui lui a donné naissance.

L'argile pure est une matière très-divisée, d'une densité spécifique moindre que celle de la silice, faisant une pâte très-plastique avec l'eau, mais dont la plasticité varie suivant la quantité plus ou moins grande de matières étrangères qui l'accompagnent.

L'argile est très-avide d'eau et la retient avec beaucoup de force, dès qu'elle en est imprégnée. Ce n'est qu'à une température très-élevée, et au moins au rouge vif, qu'elle se dessèche.

Elle est attaquée très-facilement par les acides et par les alcalis; souvent elle abandonne de la silice à l'eau.

Tenez, Messieurs, voici dans ce matras de l'argile que l'on a fait bouillir avec de l'acide hydrochlorique; dans cet autre matras nous avons fait bouillir de la même argile avec une dissolution alcaline. Nous allons filtrer, et en décomposant le liquide acide par un alcali (de l'ammoniaque, par exemple) et le liquide alcalin par un

acide , nous aurons la preuve péremptoire que les argiles sont attaquées par les acides et par les alcalis.

Lorsque l'argile a été calcinée au rouge , elle devient plus facilement attaquable par les acides ; ce qui pourrait prouver qu'une température élevée en modifie la constitution.

Une des propriétés les plus remarquables des argiles , c'est de condenser facilement dans leurs pores l'ammoniaque ; propriété importante , faute de laquelle une grande partie de l'ammoniaque introduite dans la terre par les eaux pluviales ou par les engrais se disperserait en pure perte pour la végétation.

De ce qu'on ne trouve pas d'argile dans les plantes , on pourrait induire que le rôle de cette matière dans l'agriculture est un rôle exclusivement mécanique ; mais il n'en est rien. D'abord nous avons dit qu'elle renferme presque toujours de la silice libre ; or , cette silice est un peu soluble dans l'eau : donc l'argile peut être une source d'un des éléments minéraux les plus nécessaires à la végétation. De plus , dans les cendres de quelques végétaux , on trouve une très-petite quantité d'alumine , qui provient probablement de l'argile.

Donc l'argile , outre la silice , pourrait fournir aux plantes de l'alumine.

Dans les cendres des végétaux on trouve presque toujours des quantités d'alcalis. Il serait permis d'admettre *à priori* que les terres labourables renferment des sels alcalins , qui , étant presque tous solubles , devraient se

laisser isoler par l'eau. Cependant il arrive bien rarement qu'en lavant une terre labourable, à moins qu'elle n'ait été récemment fumée, on en sépare des sels alcalins. D'où viennent donc les alcalis que l'on trouve en quantité dans les cendres des végétaux ?

Nous avons dit que les argiles normales renferment toujours de petits fragments des roches alcalines d'où elles dérivent. Or, il est plus que probable que ces fragments sont toujours en voie de décomposition lente, et que les alcalis qu'elles rendent libres peu à peu sont absorbés par les racines au fur et à mesure. Mitscherlich a analysé une grande quantité d'argiles brutes, et a trouvé dans toutes, sans exception, des alcalis.

En résumé, les argiles non-seulement jouent dans l'agriculture un rôle mécanique de la plus haute importance, en communiquant au sol certaines qualités de ténacité, mais un rôle chimique qui ne peut pas être méconnu.

Elles fournissent aux végétaux la silice et l'alumine ; elles ménagent à la végétation l'ammoniaque, qui se dissiperait en pure perte, et enfin elles servent, pour ainsi dire, de véhicule aux alcalis qui, dans la plus grande partie des cas, sont indispensables à l'existence des plantes.

Pour compléter ce que nous avons à dire sur l'argile considérée comme un des principes qui constituent les sols arables, il faut que nous nous arrêtions un peu sur les propriétés de l'alumine. Non pas que l'alumine elle-

même soit un principe immédiat des terres arables, ainsi que le calcaire, l'argile, etc.; mais dans l'analyse d'une terre, on rencontre toujours de l'alumine provenant de l'argile qui l'a cédée aux agents employés: ainsi nous sommes obligés de faire ample connaissance avec cette matière.

La topaze, le saphir, le rubis, l'améthyste, ne sont que de l'alumine un peu colorée par des oxydes métalliques. Dans l'état de nature, l'alumine est aussi inattaquable que le quartz; mais lorsqu'elle sort d'une combinaison, lorsqu'elle n'est pas condensée par la force de cohésion, elle a des caractères qui servent à la faire distinguer d'une foule d'autres corps.

D'abord l'alumine, peu importe qu'elle ait été condensée par la nature, ou bien qu'elle se trouve dans un état d'extrême division, est toujours composée de 47 d'oxygène et 53 d'aluminium; elle est toujours, ainsi que la silice, infusible dans nos fourneaux.

Quel que soit son état, elle est toujours absolument insoluble dans l'eau; elle devient soluble cependant dans ce liquide, et d'une manière très-sensible sous l'influence de l'ammoniaque; et, lorsqu'elle est ainsi dissoute, on peut la mettre en liberté, soit par l'ébullition, soit par l'addition d'une certaine quantité de sel ammoniac.

L'alumine est soluble dans les acides et les alcalis, ainsi qu'il est facile de le prouver: mêlons-en une portion avec un acide, et une autre portion avec un alcali: dans les deux cas, nous la verrons disparaître.

Enfin, elle a pour caractère saillant d'acquérir une magnifique couleur bleue, lorsqu'elle est calcinée avec une petite quantité d'oxyde de cobalt.

Désormais nous n'aurons pas de peine à reconnaître l'alumine, lorsque nous la rencontrerons dans les analyses de la terre arable.





## CINQUIÈME LEÇON.

CARBONATE DE CHAUX. — CARBONATE DE MAGNÉSIE. —  
SULFATE DE CHAUX. — PHOSPHATES. — OXYDES DE FER.

MESSIEURS ,

Nous continuerons à passer en revue les principes immédiats qui constituent les terres arables, et que nous rencontrerons plus tard, lors de l'analyse de ces terres.

Nous avons déjà vu les caractères principaux de la silice, et nous avons établi ce que l'on doit entendre par sable quartzeux. Nous avons déjà vu les caractères principaux de l'argile, dont nous avons complété l'histoire par l'examen de l'alumine.

Le principe immédiat qu'on trouve presque toujours dans les sols arables, après le sable et l'argile, c'est le carbonate de chaux.

Occupons-nous donc de cette matière.

Le carbonate de chaux est un des minéraux les plus répandus dans la nature. Il suffit de vous dire que, considéré comme roche, il appartient à toutes les époques

de la série géologique. On le voit, avec l'aspect grenu saccharoïde, former des couches puissantes dans les terrains primitifs, et on le trouve plus ou moins mélangé avec de l'argile, dans les dépôts les plus modernes des continents.

L'aspect du carbonate de chaux varie depuis la texture saccharoïde et compacte du marbre, jusqu'à la texture lâche et pulvérulente de la craie.

C'est à ces différentes textures du calcaire qu'est due la variabilité des caractères physiques de quelques terres arables qui en sont riches.

Dans une des séances précédentes, nous avons essayé de faire ressortir combien il importe de déterminer certaines qualités des terres arables, telles que les facultés d'imbibition, de dessiccation, etc.

Or, il peut arriver que deux terrains composés de la même manière, renfermant la même quantité d'argile, de sable et de calcaire, présentent des facultés d'imbibition, de dessiccation, de ténacité différentes.

D'après les expériences de Schübler, on sait que de la terre calcaire fine absorbe plus d'eau que de l'argile pure, résultat tout à fait opposé à celui que l'on pourrait prévoir; car, théoriquement parlant, l'argile a une faculté d'imbibition beaucoup plus prononcée que toutes les autres terres. Mais si la terre calcaire n'avait pas été aussi fine, sa faculté d'imbibition aurait été moindre, et l'argile aurait conservé son rang de primauté.

C'est encore par des expériences de Schübler que l'on sait que le calcaire en poudre fine usurpe à l'argile sort

rang pour la faculté de dessiccation. Dans les mêmes circonstances, l'argile pure perd 32 p. 100 d'eau, tandis que le calcaire n'en perd que 28. Ici, comme ailleurs, on aurait prévu le contraire, si l'on avait ignoré que ces différences anormales tiennent à l'état de ténuité du calcaire.

Il importera donc à l'agriculteur, lorsqu'il appréciera un terrain, non-seulement de reconnaître la quantité du calcaire, mais encore la qualité.

D'ailleurs, quel que soit l'état physique de cette matière, sa composition est toujours la même, c'est-à-dire 56 de chaux et 44 d'acide carbonique. Le seul énoncé de sa composition doit vous expliquer pourquoi, lorsqu'on calcine du calcaire, on a ce que l'on nomme de la chaux vive : c'est que, par l'action du feu, l'acide carbonique s'en va, et il ne reste plus que la chaux, appelée vive, parce qu'arrosée avec de l'eau, elle s'échauffe et augmente de volume. Dès qu'elle s'est saturée d'eau et délitée, elle perd le nom de chaux vive, attendu qu'elle n'éprouve plus aucun changement, soit par l'action de l'eau, soit par l'action de l'air. Je me trompe cependant, car la chaux éteinte, la chaux qui n'est plus vive, restant exposée à l'air, en absorbe de nouveau l'acide carbonique, et redevient carbonate. Le carbonate de chaux, par l'action du feu, devient chaux, et la chaux par l'action de l'air devient carbonate.

Ce que les agriculteurs emploient pour le chaulage des terrains est de la chaux ; ce qu'ils emploient pour le marnage est du calcaire plus ou moins pur.

De même que le carbonate de chaux se décompose par l'action de la chaleur en acide carbonique, qui s'en va sous forme gazeuse, et en chaux, qui reste; de même, il se décompose par l'action du premier acide venu, car son acide carbonique est le plus faible de tous les acides. Prenez en effet l'acide le moins fort que vous ayez à votre disposition, du vinaigre, par exemple, et mettez-le en contact avec du calcaire qui n'est que du carbonate de chaux: vous remarquerez une effervescence, un bouillonnement dû au dégagement de l'acide carbonique, chassé par l'acide que vous avez employé. C'est même par cette réaction, que quelques praticiens jugent si un terrain est calcaire. Cependant il est bon que l'on sache que le carbonate de magnésie pourrait donner la même réaction, et entraîner un faux jugement. Mais on peut s'assurer si l'effervescence provoquée par un acide est due exclusivement à du carbonate de magnésie ou à du carbonate de chaux, ou enfin à un mélange de l'un et de l'autre.

Il suffit de se rappeler un des caractères distinctifs des dissolutions calcaires, qui consiste en ce que, saturées d'ammoniaque, elles donnent par l'acide oxalique, un précipité abondant. Ce précipité est de l'oxalate de chaux. Maintenant, si la matière effervescente avait été du carbonate de magnésie, cette réaction n'aurait pas eu lieu.

Tout cela est facile à constater. Voici du carbonate de chaux, et voici du carbonate de magnésie; dissolvons-les tous deux dans l'acide muriatique, et fil-

trons : si sur les liqueurs filtrées nous versons de l'ammoniaque et puis une dissolution d'acide oxalique, acide que l'on trouve aisément dans le commerce, nous verrons que la dissolution calcaire donnera un abondant précipité, tandis que la dissolution magnésienne n'en donnera point.

Mais la propriété culminante du carbonate de chaux, et sur laquelle je tiens à arrêter l'attention des agriculteurs, c'est qu'insoluble par lui-même dans l'eau ordinaire, il y devient soluble lorsque l'eau est chargée d'acide carbonique.

Voyez, nous introduisons dans ce flacon de la craie, c'est-à-dire du calcaire très-fin ; nous y versons de l'eau saturée d'acide carbonique ; nous agitons, et puis nous filtrons : la liqueur est limpide ; mais si on la fait bouillir, si l'on chasse par conséquent l'acide carbonique qu'elle contient, elle se troublera, et laissera déposer de la craie.

C'est donc un fait incontestable, que le carbonate de chaux devient soluble à la faveur de l'acide carbonique.

Si l'on songe que les eaux pluviales, les eaux de rivière et de source renferment généralement de l'acide carbonique ; que dans la terre arable il s'en forme toujours, à cause des décompositions spontanées des débris végétaux, on s'explique facilement l'heureuse influence exercée sur la végétation par le calcaire.

Presque toutes les cendres des végétaux renferment de la chaux. Comment cette chaux peut-elle pénétrer dans les plantes ? Elle y pénètre à l'état soluble, sous

forme de bi-carbonate. C'est ainsi que nous nous expliquons le principal rôle du calcaire dans le sol : rôle spécialement chimique, car il offre à la plante un des éléments minéraux indispensables à son existence.

Ce n'est pas que dans les terrains appelés crayeux et riches en carbonate de chaux, le rôle de cette substance ne puisse être aussi mécanique ; mais, ces terrains étant beaucoup moins étendus qu'à ceux qui sont peu calcaires, il est permis de ne considérer le carbonate de chaux, dans l'économie agricole, que comme un agent chimique. Du reste, son rôle mécanique sera discuté, lorsque nous le considérerons comme un amendement.

Parmi les principes immédiats qui manquent rarement au sol, figure la terre magnésienne, ou le carbonate de magnésie. Souvent ce principe des terres arables est un double carbonate de magnésie et de chaux, connu sous le nom de dolomie.

Le carbonate de magnésie est composé de 51,5 d'acide carbonique et de 48,5 de magnésie.

Sous plusieurs rapports, le carbonate de magnésie ressemble au carbonate de chaux. Il est blanc et insipide ; il est décomposé par la chaleur en magnésie qui reste et en acide carbonique qui s'en va sous forme gazeuse. La magnésie obtenue par la calcination ne porte pas le nom de magnésie vive, ainsi que la chaux, car, arrosée avec de l'eau, elle ne s'échauffe pas considérablement, n'augmente pas de volume, et ne se délite pas ; en un mot, elle ne subit pas de ces modifications qui ont valu à la chaux l'épithète de vive.

Ainsi que la chaux, par l'action de l'air, la magnésie réabsorbe l'acide carbonique ; fait effervescence avec les acides mêmes les plus faibles, et elle est soluble dans l'eau chargée d'acide carbonique.

Nous n'avons qu'à répéter avec du carbonate de magnésie la même expérience que nous avons faite, lorsque nous avons voulu prouver la solubilité du carbonate de chaux dans l'eau chargée d'acide carbonique.

Voici un flacon contenant de la magnésie ; versons-y de l'eau saturée d'acide carbonique et agitions ; si l'on filtre ce mélange, et si l'on fait bouillir la liqueur filtrée, on verra s'y former un dépôt blanc pulvérulent. Ce dépôt est de la magnésie qui était dissoute à la faveur de l'acide carbonique. Cet acide s'est dégagé en vertu de l'ébullition, et la magnésie est devenue libre. ]

Jusqu'à présent nous n'avons parlé que des propriétés communes aux deux carbonates. Il faudra maintenant que nous fassions ressortir les propriétés qui les distinguent. Une dissolution de magnésie dans l'acide muriatique, assez étendue d'eau, à laquelle on ajoute de l'ammoniaque, ne précipite point par l'acide oxalique, tandis qu'une dissolution semblable de chaux précipite abondamment. Voilà donc le véritable caractère différentiel, qui ne permettra pas de confondre le carbonate de magnésie avec le carbonate de chaux.

Quoiqu'on trouve de la magnésie dans presque toutes les cendres des végétaux, il ne faut pas conclure que l'importance de cette matière dans les terres arables soit aussi grande que celle de la chaux. On a observé que là

où manque la magnésie, la chaux peut la remplacer : mais, l'inverse n'est pas vrai.

Cependant Bergman a trouvé des quantités notables de magnésie dans les terrains les plus fertiles. Les terres de la vallée du Nil contiennent une forte proportion de carbonate de magnésie ; différents sols du Languedoc, réputés excellents, en renferment de 7 à 12  $\%$ . Thaër parle des qualités améliorantes extraordinaires d'une marne qui en contenait 20  $\%$ . Néanmoins, les terrains formés uniquement de débris dolomitiques n'ont plus qu'une végétation languissante, une graminée dure (*nardus stricta*) s'emparant alors du sol, et formant des pâturages d'une qualité médiocre.

Il y eut, dans le temps, une singulière panique en Angleterre, au sujet de la magnésie.

Les fermiers des environs de Doncaster avaient reconnu que la chaux extraite d'une certaine variété de calcaire était funeste aux récoltes : Tennant, l'ayant soumise à l'analyse, trouva qu'elle contenait de la magnésie. Il fit un mélange de cette base calcinée et de terre ordinaire, dans lequel il sema différentes graines. Toutes moururent, ou ne végétèrent que d'une manière imparfaite, et restèrent languissantes. Il conclut de cette expérience que les mauvais effets de la pierre à chaux employée par les fermiers de Doncaster étaient dus à la magnésie qu'elle renfermait.

Cette conclusion fit que la magnésie devint la terreur des agriculteurs, terreur que plus tard Davy et Lampa-



dius , par des expériences bien faites et bien raisonnées , firent disparaître.

Dans les terrains où le carbonate de magnésie n'est pas très-abondant , le rôle mécanique de ce principe n'est pas appréciable ; mais dans les terrains où il abonde , son rôle mécanique ne peut pas être contesté. Quoique le carbonate de magnésie ne diffère pas beaucoup du carbonate de chaux , sous le rapport de la cohésion , on trouve cependant une différence notable dans leur faculté d'imbibition. Le premier absorbe quatre fois et demie son poids d'eau , et le second en absorbe un peu plus d'un quart : ce qui fait que la présence d'une certaine quantité de carbonate de magnésie contribue à rendre les terrains plus frais , plus légers , plus accessibles aux agents atmosphériques qu'une pareille quantité de carbonate de chaux ne pourrait le faire.

Quant au rôle chimique du carbonate de magnésie dans les sols arables , il est le même que celui du carbonate de chaux : il est rendu soluble par l'acide carbonique , et c'est à l'état de bi-carbonate de magnésie qu'il est introduit dans les plantes.

Passons maintenant à l'examen d'un autre principe minéral que l'on rencontre souvent dans les sols arables ; nous voulons parler du gypse , ou sulfate de chaux , connu plus communément sous le nom de plâtre.

Jusqu'à présent nous avons examiné les matières dont on peut trouver des quantités notables dans les terres arables. Le gypse que nous allons étudier , ou manque totalement dans le sol , ou bien il s'y trouve en petite pro-

portion. Néanmoins la constatation de sa présence est si importante pour l'agriculteur, que nous croyons indispensable d'étudier ses principales propriétés chimiques, afin de nous rendre compte plus tard des moyens que nous emploierons pour le reconnaître et pour le séparer.

Dans son état naturel, le sulfate de chaux ou le gypse renferme ordinairement le cinquième environ de son poids d'eau ; il en existe cependant de complètement anhydre ; dans ce cas, il renferme 42 p. 100 de chaux, et le reste c'est de l'acide sulfurique. Lorsqu'on l'a déshydraté par la calcination, il porte le nom de plâtre.

Le sulfate de chaux que l'on rencontre le plus souvent dans les terres arables est hydraté ; il est un peu soluble dans l'eau. En effet, l'eau que l'on appelle séléniteuse (et c'est le cas d'une grande partie des eaux de puits) est de l'eau tenant en dissolution du sulfate de chaux.

On reconnaît la présence du sulfate de chaux dans une dissolution aqueuse, par les réactifs propres à décélérer l'acide sulfurique et la chaux. Les réactifs les plus usités pour cela sont, la dissolution de chlorure de barium, qui produit un trouble là où il y a de l'acide sulfurique, et l'oxalate d'ammoniaque, qui produit également un trouble là où il y a de la chaux.

Voici de l'eau qui a été en contact avec du gypse : versons-y de la dissolution de chlorure de barium, nous la verrons blanchir. Pour avoir la certitude que ce trouble tient à la présence de l'acide sulfurique, on

constate que quelques gouttes d'eau forte ne le font pas disparaître.

Versons maintenant sur une autre portion de cette même eau limpide une dissolution d'oxalate d'ammoniaque, et nous aurons encore un trouble qui décèlera la présence de la chaux. Le plâtre en dissolution se laisse donc découvrir par deux réactifs : le chlorure de baryum et l'oxalate d'ammoniaque, réactifs que l'on trouve très-aisément dans le commerce.

Le sulfate de chaux a une autre propriété, qui sert à le faire reconnaître : c'est d'être insoluble dans l'alcool même faible. Si je verse, en effet, de l'alcool sur de l'eau séléniteuse, je la verrai se troubler. Il va sans dire que, si je sou mets à l'évaporation cette même eau, à mesure que son volume diminuera, le gypse, ou sulfate de chaux, sera mis en liberté. Ce qui explique la formation de certains dépôts dans les tuyaux de conduite des eaux séléniteuses ; ce qui explique aussi la présence de stalactites dans certaines grottes, où de l'eau imprégnée de sulfate de chaux suinte et s'égoutte, en présentant à l'air une grande surface.

Enfin, je signalerai aux agriculteurs une autre propriété fort intéressante du sulfate de chaux : de l'eau renfermant de cette substance et des matières organiques, abandonnée quelque temps à elle-même, finit par sentir mauvais, et particulièrement elle répandra l'odeur d'œufs pourris. Cette mauvaise odeur est due à la formation d'un gaz fétide, connu par les chimistes sous le nom d'hydrogène sulfuré. Voici comment ce gaz se forme :

les matières organiques qui se trouvent en contact avec le sulfate de chaux, lui enlèvent peu à peu l'oxygène et le réduisent à l'état de sulfure de calcium ; phénomène facile à comprendre, lorsqu'on songe que le sulfate de chaux est composé en définitive d'oxygène, de soufre et de calcium. Or, le sulfure de calcium, en présence de l'eau et de l'air, se décompose à son tour, et, parmi les produits de sa décomposition, il se trouve de l'hydrogène sulfuré.

C'est ce qui explique la présence de ce gaz fétide dans les eaux de la mer, aux environs de certaines localités ; l'odeur infecte des eaux stagnantes ; cette même odeur des eaux séléniteuses, conservées dans des réservoirs en bois ; c'est ce qui explique enfin l'odeur que dégagent certains terrains aux premières atteintes de l'eau qui les arrose.

Il est bien, je le répète, que les agriculteurs connaissent la facile décomposition du sulfate de chaux en présence de matières organiques, car dans un grand nombre de cas, le souvenir de cette propriété leur permettra de se rendre compte de l'insalubrité de certaines eaux, et d'aviser au moyen de prévenir les inconvénients que leur usage pourrait occasionner.

La présence du sulfate de chaux dans certaines plantes et la solubilité de cette matière dans l'eau expliquent, de prime abord, les avantages que l'agriculture tire de l'emploi du plâtre, et la manière dont il agit.

Pour le moment, je n'en dirai pas davantage sur cette

matière, et je me réserve d'entrer dans de plus amples développements en temps utile.

Parmi les principes immédiats des terres arables, dont la présence a passé longtemps inaperçue, et qu'aujourd'hui on constate presque partout, se trouvent les phosphates.

C'est dans ces derniers temps, où l'analyse minérale s'est tant perfectionnée, que l'on a trouvé dans presque tous les terrains, des proportions minimales de phosphates. Du temps de Chaptal, il y a vingt ans environ, on ne s'apercevait pas encore que les cendres de certains végétaux en contiennent jusqu'à 15 ou 20 p. 100.

Les phosphates que l'on trouve dans les terres arables peuvent être de différente nature : on peut y rencontrer des phosphates d'alumine, de chaux, de magnésie, de fer. Cela ne doit pas nous étonner, car la plus grande partie des roches et même les roches cristallines renferment des phosphates. Si je voulais vous mettre au fait de toutes les propriétés chimiques des phosphates, je vous entraînerais trop loin, et il faudrait même que je vous supposasse des notions chimiques dont je dois vous croire dépourvus. Je me bornerai donc à vous signaler certaines propriétés des phosphates, que j'invoquerai plus tard, lorsque je m'occuperai de l'analyse de la terre arable.

Si l'on excepte les phosphates alcalins, tous les autres sont insolubles ou très-peu solubles dans l'eau ; en revanche, ils sont tous solubles dans les acides forts : il y en a même qui sont solubles dans les acides très-faibles.

Les phosphates de chaux et de magnésie sont solubles, par exemple, dans l'acide acétique ou vinaigre; les phosphates d'alumine et de fer ne sont solubles que dans l'acide hydrochlorique ou nitrique. Cependant ces deux derniers peuvent être attaqués par l'acide acétique très-concentré, ou contenant déjà une quantité assez forte d'acétate de fer.

Peu importe la nature du dissolvant; mais une dissolution d'un phosphate terreux ou métallique est toujours décomposée par les alcalis, et produit un précipité qui simule l'aspect ou de l'alumine pure ou de l'alumine ferrugineuse.

Voici une dissolution de phosphate de chaux, voici une dissolution de phosphate de fer : si je verse de l'ammoniaque sur ces deux liquides, j'obtiens des précipités volumineux, légers, d'aspect gélatineux, en tout point semblables aux précipités fournis, dans les mêmes conditions, par une dissolution de simple sulfate d'alumine, ou bien par une dissolution de sulfate d'alumine ferrugineuse.

C'est à cause de cette analogie de caractères extérieurs entre ces précipités, que pendant longtemps, l'on a confondu le phosphate de chaux ou de magnésie avec l'alumine, et le phosphate de fer avec l'oxyde de fer.

Les dissolutions acides des phosphates terreux ou métalliques, évaporées à sec, laissent un résidu qui, après avoir été fortement chauffé, se compose exclusivement des phosphates. Les dissolutions acides des substances avec lesquelles on pourrait confondre les phosphates,

une fois desséchées, avec certaines précautions, dont nous parlerons plus tard, laissent un résidu entièrement ou presque entièrement soluble. Au surplus, une dissolution nitrique d'un phosphate, si toutefois elle ne contient pas un excès de dissolvant, est précipitée par l'acétate de plomb; les dissolutions nitriques des matières avec lesquelles on pourrait confondre les phosphates ne sont pas précipitées par ce réactif.

La présence des phosphates dans la terre est la garantie, pour ainsi dire, de l'existence des animaux. Leurs os sont formés en grande partie de phosphate de chaux; or, les carnivores trouvent la matière de leurs os dans la nourriture qui se compose d'herbivores; ces derniers trouvent la matière de leurs os dans la nourriture qui se compose de végétaux, et les végétaux trouvent leurs phosphates dans la terre. Cette solidarité entre ces quantités minimales de phosphates, que l'on trouve dans les sols, et l'existence des animaux, est une des harmonies les plus remarquables de la nature.

Quant à la manière dont les phosphates, et notamment les phosphates terreux, s'introduisent dans les plantes, rien n'est plus facile à comprendre. Les phosphates terreux sont un peu solubles dans l'eau chargée d'acide carbonique: ils sont donc, à l'état liquide, absorbés par les racines, ainsi que le sulfate de chaux, le carbonate de chaux et le carbonate de magnésie.

De même que les phosphates, l'oxyde de fer ne manque jamais dans les terres, et son rôle est aussi important que celui des phosphates. Il suffit de dire que le

sang des animaux renferme une quantité très-sensible de fer, dont l'absence entraînerait des maladies ; mais les animaux ne peuvent trouver ce fer que dans leurs aliments qui, en définitive, dérivent des végétaux. En admettant même que la présence du fer dans les végétaux ne fût pas une nécessité de leur existence, elle le deviendrait par la mission dont ils sont chargés dans l'économie générale. Au surplus, que les végétaux puissent se passer de fer, c'est une supposition tout à fait gratuite, et qui n'est rien moins que fondée.

Quel est l'agriculteur praticien qui n'a pas remarqué le fait suivant ? Lorsque la charrue laboure profondément et ramène de la terre brune à la surface, cette terre ne devient réellement fertile qu'après avoir changé de couleur, et avoir pris une teinte jaunâtre ou rougeâtre. Cela prouve, à mon sens, non-seulement que les plantes exigent du fer pour prospérer, mais qu'elles l'exigent dans un état particulier.

La terre brune, que la charrue amène à la surface du sol, renferme du fer qui se trouve à un état particulier d'oxydation : par l'exposition à l'air cet état d'oxydation change, ou, en d'autres termes, le fer absorbe davantage d'oxygène, et ce n'est qu'après s'être sur-oxydé qu'il convient à la végétation. On pourrait dire que le fer protoxydé de la terre profonde a besoin de se suroxyder, non pas pour devenir un élément constituant des plantes, mais pour déterminer la décomposition des détritux végétaux de la terre arable, en leur cédant une portion de son oxygène. Dans ce cas, la vé-



gétation s'améliore, non point par une action directe et par la suroxydation du fer, mais parce que la terre a profité de cette suroxydation.

Tout en acceptant ce rôle que l'oxyde de fer peut jouer dans la terre arable, nous n'en persistons pas moins à soutenir que le peroxyde de fer exerce une influence directe sur la végétation même; en voici le motif: l'absence du fer dans les cendres des plantes n'est qu'une exception; or, la nature ne fait rien inutilement: si dans toutes les plantes il y a du fer, il est raisonnable d'admettre que le fer est nécessaire à l'existence des plantes.

Ainsi, puisqu'il paraît que dans la végétation le fer agit à l'état de peroxyde, c'est sous cette forme seulement que nous l'étudierons.

Le peroxyde de fer peut se trouver dans les sols à l'état isolé aussi bien qu'à l'état de phosphate, de carbonate et de silicate.

Pour plus de simplicité, supposons-le à l'état isolé.

Lorsqu'il n'a pas été fortement calciné, il est soluble dans les acides d'où il est précipité par les bases solubles, potasse, soude, ammoniacque, sous la forme de flocons rougeâtres très-volumineux, qui, par la dessiccation, et surtout par la calcination, deviennent très-bruns.

Ses dissolutions ont deux propriétés, que l'agriculteur doit bien connaître, pouvant à elles seules lui décèler la présence du peroxyde de fer partout où il se trouve.

Une dissolution de peroxyde de fer noircit par une infusion de noix de galle ; ou bien encore un morceau d'écorce de chêne plongé dans une pareille dissolution noircit, et signale par cette réaction la présence du fer : l'écorce de chêne noircit, vu qu'elle renferme le même principe que la noix de galle, c'est-à-dire le tannin.

L'autre propriété des dissolutions de peroxyde de fer est de donner un précipité bleu magnifique, quand on les met en contact avec une petite quantité d'une dissolution de prussiate jaune de potasse. Ce précipité est du bleu de Prusse.

Si le peroxyde de fer rend de grands services à l'agriculture, en offrant aux plantes un de leurs éléments indispensables, et en améliorant les terres par la part qu'il prend à la décomposition des détritius organiques, les autres oxydes inférieurs que l'on trouve dans le sol ne doivent pas être considérés comme nuisibles ou comme inutiles à la végétation.

Le fer, quel que soit son degré d'oxydation, est le principe colorant des terres ; et la faculté qu'elles possèdent d'absorber la chaleur est en raison de leur coloration. A parité de circonstances, la récolte se fait plus vite sur une terre colorée que sur une terre blanche, par cette raison que la terre colorée s'est échauffée davantage et a accéléré le développement de la plante.

Donc un oxyde de fer quelconque contribue à rendre la terre perméable à la chaleur, propriété précieuse qui n'a pas besoin d'être expliquée.

De plus, les oxydes inférieurs produisent de l'ammo-

niaque, au moment de leur suroxydation sous l'influence de l'air. Ce fait a été tellement mis hors de doute, qu'aujourd'hui on l'annonce et on le pose sans le discuter. Mais si les oxydes inférieurs du fer engendrent de l'ammoniaque en se convertissant en peroxyde, celui-ci a, de son côté, la propriété également précieuse d'arrêter, d'absorber et de condenser dans ses pores l'ammoniaque engendrée et de la ménager pour les besoins de la végétation.

Ainsi le rôle du peroxyde de fer dans la nature est très-important : d'abord parce qu'il fournit aux plantes un élément de leur existence ; ensuite parce qu'il peut absorber et condenser dans ses pores le gaz ammoniac ; en outre, il améliore la terre en favorisant la décomposition des détritiques organiques. Mais ce qui lui donne le pas sur tous les autres principes immédiats, c'est que, dans l'acte de sa formation, il produit la quintessence de la nourriture végétale ; il produit ce principe à la formation prompte et facile duquel s'appliquent toutes les spéculations des chimistes agronomes ; en un mot, il produit de l'ammoniaque.

---

## SIXIÈME LEÇON.

SULFATE DE FER. — SULFATE DE MAGNÉSIE. — NITRATE  
DE POTASSE. — SEL MARIN. — TERREAU.

MESSIEURS,

Il est rare que dans les cendres des végétaux on ne trouve pas des alcalis à l'état de carbonate. Cependant, non-seulement il n'existe pas de carbonates alcalins dans les plantes, mais il n'en existe pas non plus dans les sols qui ont supporté et nourri ces plantes.

Si nous étudions les principales propriétés des carbonates alcalins, ce n'est pas, comme nous avons fait jusqu'à présent, pour connaître préalablement un principe immédiat du sol, ou bien un principe minéral constituant des végétaux ; c'est pour compléter les notions qui nous sont nécessaires, afin d'analyser rationnellement les terres arables et les cendres des plantes qu'elles produisent.

Mais écartons d'abord une préoccupation. Il n'y a pas de carbonates alcalins dans la terre arable ; il n'y en a pas dans les plantes ; cependant il y en a dans les cendres. D'où proviennent donc ces carbonates ?

En parlant des argiles, nous avons dit qu'elles renferment des débris de roches alcalines. Ces débris doivent être nécessairement la source principale où les plantes puisent leurs alcalis, mais sous forme de silicates ou de phosphates ou de sulfates. Ces sels, une fois entraînés dans le torrent de la circulation végétale, éprouvent l'influence de forces particulières émanant de la vie; ils se décomposent et se transforment en acétates, malates, tartrates, citrates de potasse ou de soude.

En un mot, les acides minéraux des sels alcalins cèdent leur place à des acides végétaux, et cela en vertu d'une force dont le maniement est le secret de la vie. Or, ces nouveaux sels végétaux à base alcaline se décomposent à leur tour par l'action du feu, et le résidu de leur décomposition est le carbonate ou de potasse ou de soude. Voilà pourquoi, bien qu'il n'y ait de ces substances ni dans les sols, ni dans les plantes, on en trouve néanmoins dans les cendres. Hâtons-nous cependant de dire que les plantes peuvent trouver dans le sel marin, dont quelques terres sont imprégnées, une autre source de soude; mais cette seconde source n'est qu'exceptionnelle; car toutes les terres ne renferment pas de sel marin, tandis que toutes renferment plus ou moins d'argile. Au surplus, indépendamment du sel marin, qui parfois peut se trouver dans les sols arables, et indépendamment des sels minéraux à base de potasse ou de soude qui accompagnent les argiles, ces mêmes sols contiennent des alcalis, que les engrais leur apportent.

Les carbonates de potasse et de soude sont solubles et

doués d'une saveur urineuse et désagréable, dont vous pouvez vous faire une idée en goûtant de la lessive de cendres communes : le carbonate de potasse est même déliquescent, car il absorbe l'humidité de l'air et devient liquide quand il y est exposé ; le carbonate de soude, au contraire, y perd son aspect cristallin, et devient pulvérulent, parce qu'il cède à l'air une partie de l'eau qu'il renferme. Vous comprendrez cela facilement quand vous saurez que le carbonate de potasse se compose de 68 parties de potasse et de 32 parties d'acide carbonique, tandis que le carbonate de soude dans son état normal, c'est-à-dire cristallisé, renferme 21,5 de soude, 15,5 d'acide carbonique et 63 d'eau.

Or, il en est du carbonate de soude comme de la plus grande partie des sels très-hydratés ; lorsqu'ils sont exposés à un air sec, ils lui cèdent une portion de leur eau.

Les dissolutions de ces deux sels ont une réaction fortement alcaline, facile à reconnaître, en y plongeant du papier de tournesol préalablement rougi par un acide : ce papier deviendra bleu.

Ainsi que tous les carbonates, ceux de potasse et de soude font effervescence, dès qu'ils sont mis en contact avec un acide soluble quelconque.

En effet, si je verse du vinaigre sur ces deux dissolutions, vous remarquerez un bouillonnement dû au dégagement du gaz acide carbonique provoqué par le vinaigre.

Mais, contrairement aux autres carbonates que nous

connaissions, ceux de potasse et de soude sont réfractaires à l'action du feu. A une haute température, ils fondent sans se décomposer et sans perdre la moindre trace d'acide carbonique.

Le carbonate de potasse est pourvu de plusieurs propriétés chimiques qui servent à le caractériser et à le reconnaître. Je me bornerai à vous en signaler une, qui résulte de l'emploi d'un réactif facile à se procurer et à conserver.

- Versez dans de la dissolution de carbonate de potasse concentrée, un peu de dissolution alcoolique de chlorure de platine (réactif que vous trouverez chez tous les fabricants de produits chimiques), et vous verrez aussitôt se former un dépôt jaune de chlorure double de platine et de potassium.

Ainsi, toutes les fois que vous rencontrerez une matière blanche, amorphe, indécomposable par le feu, soluble dans l'eau, communiquant à la dissolution une forte alcalinité, un goût urineux, ayant de plus la propriété de faire effervescence par son contact avec un acide; en outre, si la dissolution concentrée de cette matière a la propriété de donner un précipité jaune par le chlorure de platine, vous direz, à coup sûr, c'est du carbonate de potasse.

Le carbonate de soude a aussi des propriétés caractéristiques, qui servent à le distinguer du carbonate de potasse et à le reconnaître. Mais ces propriétés ne sont mises en évidence qu'au moyen de réactifs difficiles à préparer et difficiles à conserver. Il vaut donc mieux,

pour l'agriculteur, qu'il procède par élimination pour reconnaître le carbonate de soude.

Ainsi, une matière blanche cristallisable, non déliquescente, ayant du reste toutes les propriétés du carbonate de potasse, moins celle de produire un précipité jaune par le chlorure de platine, pourra être considérée, dans les recherches chimico-agricoles, comme du carbonate de soude.

La potasse et la soude, quel que soit l'acide avec lequel elles se trouvent combinées, sont deux éléments indispensables à l'existence des plantes ; et de même que la chaux y peut remplacer en grande partie la magnésie, de même la potasse y peut remplacer la soude ; mais, dans le cas spécial des alcalis, il y a réciprocité, tandis qu'il n'en est pas ainsi, comme vous le savez, pour la magnésie et la chaux.

La potasse peut remplacer la soude ; la soude peut remplacer la potasse ; la chaux peut remplacer la magnésie ; mais la magnésie ne peut pas remplacer la chaux.

Cette réciprocité dans l'échange de la potasse et de la soude a cependant des limites, et je ne la crois pas absolue. Je ne pense pas qu'une plante qui se plaît sur les côtes de la mer, et dont les cendres renferment des quantités considérables de sel marin (chlorure de sodium) et de carbonate de soude, puisse également bien prospérer au milieu des continents, où elle trouvera plus de potasse que de soude. Il faut convenir cependant qu'il y a des cas où, sans que sa prospérité en souffre, une plante à



soude, une fois dépaysée, peut devenir une plante à potasse. La *salsola tragus*, qui remonte si haut dans la vallée du Rhône, ne se montre pas moins vigoureuse, dans sa situation la plus continentale, qu'elle ne l'était près de la mer.

Toutefois, je persiste à croire que la substitution de la potasse à la soude dans les plantes ne peut jamais être complète ; d'ailleurs il y a une circonstance qui s'y oppose : c'est qu'il en est de la potasse et de la soude comme d'une foule d'autres matières, qui s'accompagnent toujours.

Le fer, par exemple, est toujours accompagné par du manganèse, la chaux est accompagnée ordinairement par de la magnésie, l'argent par de l'or, etc., etc. Or, la potasse est accompagnée presque toujours par de la soude, et il est rare d'analyser une roche alcaline qui ne contienne ces deux bases à la fois, comme il est rare d'analyser une cendre qui ne contienne également de la potasse et de la soude. Certainement dans les cendres des végétaux terrestres la proportion de potasse l'emportera sur celle de la soude ; dans les cendres des végétaux maritimes, la proportion de la soude l'emportera sur celle de la potasse ; mais toujours est-il que, dans tous les cas, on rencontrera les deux alcalis réunis, et que difficilement on peut se faire l'idée d'une plante contenant exclusivement ou de la potasse ou de la soude.

Dans un grand nombre de sols arables, la potasse n'entre que pour une très-petite partie de la masse ; il y a des sols qui en renferment à peine un millième, mais

il y en a d'autres aussi qui en possèdent une quantité assez considérable, et dans lesquels il se forme du salpêtre.

On en trouve quelques-uns de cette espèce dans le midi de la France; et les terrains de l'Espagne et de l'Inde, où le nitrate de potasse cristallise à la surface, doivent être abondamment pourvus d'alcalis.

On remarque dans les montagnes avec quelle richesse de végétation l'herbe pousse sur la plus légère couche de terre dont la roche granitique est recouverte, et avec quelle persistance elle s'y conserve sans engrais : c'est que le granit est une roche qui contient une quantité considérable de feldspath, et le feldspath contient de 12 à 16 p. 100 d'alcali, potasse ou soude.

On a constaté les excellents effets d'un arrosage de lessive sur les gazons qui possédaient pourtant un sous-sol bien pourvu de terreau et d'azote.

Les agriculteurs ne sauraient donc porter trop d'attention sur la dose d'alcalis, potasse ou soude, que renferment leurs terres, car cette connaissance peut les diriger utilement dans les modifications qu'ils doivent faire subir aux engrais qu'ils y enfouissent. Si jamais le sel marin (qui peut être considéré comme un sel à base de soude) devenait d'un emploi plus accessible, il serait bon que les agriculteurs se préoccupassent sérieusement de la quantité des alcalis contenus dans leurs terres. Car il est évident que les terres riches en alcalis ou en sel marin ne ressentiront pas un avantage aussi marqué de

l'emploi de cette substance, que les terrains qui en sont très-pauvres ou totalement dépourvus.

Du reste, quant à l'importance des alcalis dans le sol, il suffit de jeter les yeux sur ce tableau, pour être convaincu qu'elle est très-grande :

*TABLEAU du contenu en alcalis, potasse ou soude, de certaines cendres de végétaux.*

SUR CENT PARTIES DE CENDRES	IL Y A EN ALCALIS
de luzerne (plante entière) . . . . .	21,67
de haricots — . . . . .	21,37
de lentilles — . . . . .	38,50
de vesces — . . . . .	41,50
d'asperges — . . . . .	23,50
de bois de chêne . . . . .	9,40
— de hêtre . . . . .	17,00
— de pin . . . . .	39,70
— de mélèze . . . . .	16,40
— de pommier . . . . .	14,00
— de vigne . . . . .	33,20
— d'orme . . . . .	24,00
— de cerisier . . . . .	29,20
d'écorce de cerisier . . . . .	22,00
— d'orme . . . . .	8,58
de tiges de fèves . . . . .	20,25
— de pois . . . . .	14,89
de feuilles de maïs . . . . .	37,00
de paille d'avoine . . . . .	27,00
— de seigle . . . . .	17,03
— de froment . . . . .	7,50
— d'orge . . . . .	9,60
de racines de garance . . . . .	31,40
de graines d'orge . . . . .	20,40
— de moutarde blanche . . . . .	19,63
— de moutarde noire . . . . .	24,55
— de madia sativa . . . . .	20,77
— de seigle . . . . .	37,00

SUR CENT PARTIES DE CENDRES	IL Y A EN ALCALIS
de graines de seigle ergoté. . . . .	62,17
— de navets. . . . .	26,50
— de pois. . . . .	63,00
— de froment. . . . .	28,50
— de sarrasin. . . . .	29,00
— de maïs. . . . .	3,08
— d'avoine. . . . .	12,90
— de chenevis. . . . .	22,33
— de lin. . . . .	26,46
— de chêne. . . . .	64,64
— de pin. . . . .	19,68
— de millet. . . . .	8,29
— de café. . . . .	54,00
— de coing. . . . .	30,00
— de citron. . . . .	37,50

Ce tableau fait voir que, quelle que soit la partie de la plante que l'on incinère, on trouvera toujours des alcalis dans la cendre, et le plus souvent en quantité considérable : l'absence des alcalis n'est qu'une rare exception. Ce tableau prouve donc d'une manière péremptoire qu'un sol dépourvu d'alcalis sera à coup sûr stérile, à moins qu'on ne lui en donne par la voie des engrais. Les chiffres qu'il renferme n'ont rien d'absolu, car si l'on fait l'analyse de plusieurs cendres provenant de différents individus de la même espèce de plantes, mais appartenant à des localités diverses, on trouvera des différences considérables dans les proportions relatives non-seulement des alcalis, mais aussi des autres principes.

Le tableau que voici

*Analyse de cendres de vignes et de feuilles de maïs de différentes localités (Strushauer).*

	VIGNE.			MAIS.	
	Terrain quartzeux tertiaire	Terrain calcaire devonien.	Mica-schiste.	Terrain quartzeux tertiaire.	Terrain calcaire devonien
Potasse et soude. . .	26,78	22,76	25,75	45,77	44,88
Chaux . . . . .	20,43	26,54	24,49	4,24	9,63
Magnésie. . . . .	2,96	5,03	6,70	4,46	9,58
Oxyde de fer. . . . .	9,40	0,17	0,44	0,71	0,61
Acide phosphorique. .	10,39	13,80	12,34	9,32	18,76
Acide sulfurique . . .	4,70	4,67	4,78	0,47	0,68
Silice. . . . .	0,92	0,44	4,81	14,98	29,36
Chlore. . . . .	0,32	0,25	0,18	3,01	0,28
Acide carbonique. . .	15,71	20,24	17,67	8,41	3,83
Charbon et sable. . .	11,08	9,10	8,40	11,27	11,84
Perte. . . . .	0,61	0,00	0,74	0,36	0,50
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

vous prouvera la vérité de mon assertion; mais en même temps il confirmera la conséquence déduite du tableau précédent, c'est-à-dire que la présence des alcalis est un élément indispensable des sols que l'on destine à la culture.

Pour achever la revue à laquelle nous aurons bientôt consacré trois séances, il nous reste à connaître les principes solubles, que l'on trouve toujours dans les terres

arables en petite quantité, mais dont l'appréciation devient, dans quelques cas, indispensable; enfin, il nous reste à connaître les principes végétaux qui, sous le nom de terreau, contribuent si puissamment à développer la fertilité des sols.

Les principes minéraux solubles qu'il est possible de trouver quelquefois dans les sols sont le vitriol ou le sulfate de fer, le sulfate de magnésie, le nitrate de potasse ou nitre, le sel marin ou chlorure de sodium. . . .

On trouve dans la nature, quelquefois dans le voisinage de certaines mines, des eaux d'un goût styptique, qui laissent un dépôt jaunâtre, et qui ont la propriété de donner un précipité bleu, lorsqu'on les met en contact avec une dissolution de prussiate jaune de potasse; en outre, elles se colorent en noir lorsqu'on les mêle à un peu de décoction d'écorce de chêne ou de noix de galle.

Ces deux réactions doivent vous rappeler l'oxyde de fer. En effet, elles sont dues à la présence de cette matière. Ces eaux sont appelées vitrioliques, parce qu'elles ne sont qu'une dissolution de vitriol, qui est une combinaison d'oxyde de fer et d'acide sulfurique. Les chimistes connaissent cette combinaison sous le nom de sulfate de fer, et le vulgaire, sous le nom de vitriol vert.

Le sulfate de fer se distingue donc par les deux réactions que nous avons constatées dans les eaux vitrioliques. Et, pour ne pas adopter des idées inexactes, il faut que vous appreniez que lorsqu'on verse sur une dissolution récente de sulfate de fer du prussiate de potasse, on n'a

pas un dépôt bleu, mais bien un dépôt verdâtre sale, qui devient bleu au bout de quelque temps, par suite de l'action de l'air. Et si nous avons obtenu un dépôt bleu dans les eaux vitrioliques, c'est que ces eaux avaient été exposées à l'air.

Le fer peut contracter deux degrés différents d'oxydation en se combinant avec l'oxygène : un premier degré, que les chimistes appellent protoxyde de fer, et c'est précisément celui qui se trouve dans le vitriol vert, ou sulfate de fer ; un second degré, appelé peroxyde de fer, et c'est dans celui-ci que le premier se transforme par l'action de l'air.

Or, l'oxyde de fer au premier degré, en combinaison avec un acide, donne par le prussiate jaune de potasse un précipité vert sale, et l'oxyde au second degré donne, dans les mêmes circonstances, un précipité bleu. Mais comme le premier degré, ou protoxyde, devient par l'action de l'air second degré, ou peroxyde, on conçoit que les eaux vitrioliques, quoiqu'elles ne soient qu'une dissolution de vitriol, ou sulfate de protoxyde de fer, puissent donner, après avoir subi l'action de l'air, la réaction propre au sulfate de peroxyde de fer ; c'est-à-dire le précipité bleu.

Je dois maintenant, pour éclaircir autant que possible vos idées sur ce sujet, vous expliquer comment il se fait qu'il y ait des eaux vitrioliques. Ne croyez pas que dans les entrailles de la terre il y ait des gisements de vitriol qui, dissous par les eaux, donneraient naissance aux

sources vitrioliques ; mais il y a des pyrites qui sont composées de soufre et de fer.

Ces minéraux, par l'action de l'air, se décomposent, perdent leur cohésion, et absorbent de l'oxygène ; le soufre devient acide sulfurique, le fer devient oxyde de fer ; ces deux matières oxygénées se combinent, et de leur combinaison résulte le vitriol, qui est entraîné par les eaux, puisqu'il y est soluble.

On creuse la terre pour exploiter les mines ; on fait ainsi pénétrer à de grandes profondeurs l'air atmosphérique, qui rencontre des pyrites, les attaque, les oxyde et les convertit en sulfate de fer : voilà la cause probable de certaines sources vitrioliques naturelles.

Les mineurs transportent à la surface de la terre des minéraux pyriteux pour en tirer le métal. Dans cette exploitation, la pyrite de fer, si ce n'est elle-même qu'on exploite, est rejetée ; mais ce détritrus subit l'action de l'air, se vitriolise, et voilà la cause probable des eaux vitrioliques qui coulent dans les environs de certaines mines.

Lorsqu'un terrain s'imbibe de ces eaux, il est frappé de stérilité.

On conçoit donc qu'un agriculteur se préoccupe des moyens de s'assurer si un sol qu'il voudrait soumettre à la culture ne serait pas imbibé de ce liquide, et si un cours d'eau dont il se sert pour ses irrigations, ne pourrait pas être défavorablement influencé par une exploitation minérale du voisinage.

Je ne vous entretiendrai pas beaucoup du sulfate de



magnésie ; sa présence dans les sols est très-rare. Je me bornerai à vous annoncer les caractères distinctifs de cette substance.

Le sulfate de magnésie est cristallisé en prismes ; lorsqu'il a été calciné, il se compose de 66 parties d'acide sulfurique et de 34 parties de magnésie. Il est très-amer. Sa dissolution présente le caractère générique des sulfates, savoir, de précipiter par un sel de baryte : elle a aussi un caractère spécifique qui signale la présence de la magnésie, et le voici. Lorsqu'on verse sur une dissolution de sulfate de magnésie une dissolution de bi-carbonate de potasse, il n'y a pas le moindre trouble, et cela parce que le bi-carbonate de magnésie qui se forme est soluble. Fait-on bouillir ce mélange, le bi-carbonate de magnésie se décomposera par la chaleur, perdra une partie de son acide carbonique, qui se dégagera sous forme gazeuse, et il deviendra simple carbonate de magnésie. Or, vous savez que cette dernière substance est presque insoluble : il s'en formera donc un dépôt et le liquide deviendra trouble ; vous obtiendrez ainsi une réaction caractéristique qui, jointe à la réaction déjà constatée des sulfates, ne vous laissera pas de doute sur la présence du sulfate de magnésie.

Nous allons prouver par l'expérience ce que nous venons de dire. Voici une dissolution de sulfate de magnésie : j'y verse une dissolution de bi-carbonate de potasse (c'est-à-dire une dissolution de carbonate de potasse, renfermant le double d'acide carbonique) ; vous ne remarquerez aucun changement, aucun phénomène appa-

rent ; mais, si je fais bouillir ce liquide, il se troublera, et il se déposera une matière blanche pulvérulente, qui n'est que du carbonate de magnésie, ainsi que je vous l'ai dit tout à l'heure. En un mot, c'est ce même carbonate de magnésie que j'obtiendrai, en versant sur une dissolution de sulfate de magnésie du carbonate de potasse dissous, à la place de bi-carbonate.

Disons maintenant quelques mots sur le nitrate de potasse ou salpêtre, que l'on trouve quelquefois dans les terres arables des pays chauds surtout.

Le nitrate de potasse cristallise en longs prismes cannelés : sa saveur est fraîche, piquante, et a un peu d'amertume. Ce sel renferme 46,5 p. 100 de potasse, et le reste est de l'acide nitrique. Il a la propriété caractéristique de fuser, en répandant de la lumière, une fois qu'il est mis en contact avec des charbons incandescents. Sa dissolution précipite en jaune par le chlorure de platine, réaction qui dénote la présence de la potasse. Le nitrate de potasse a bien d'autres propriétés caractéristiques, et bien des sels à base de potasse peuvent fuser avec dégagement de lumière ; mais l'agriculteur est sûr que, toutes les fois qu'il tirera d'un sol une substance réunissant les deux propriétés indiquées, il ne se trompera pas, en admettant que c'est du nitrate de potasse ou salpêtre.

Le sel marin, autre substance soluble que l'on trouve souvent dans les terres arables, est aussi facile à reconnaître que le salpêtre.

Je ne vous parlerai pas de ses caractères physiques.

Qui de vous en ignore et le goût et l'aspect cubique ? Cette substance, que l'on trouve en si grande abondance dans l'eau de la mer, se compose de 39,5 de sodium, et 60,5 de chlore ; c'est à cause de cette composition que les chimistes l'appellent chlorure de sodium ; mais, lorsqu'il se décompose en présence de l'eau, il donne d'un côté de l'acide chlorhydrique, et de l'autre côté de la soude ; de sorte que 100 parties de sel marin peuvent être considérées comme fournissant 46 parties de soude.

La réaction à laquelle l'agriculteur doit attacher de l'importance pour reconnaître le sel marin, c'est celle qui est fournie par une dissolution de cette matière, mise en contact avec une dissolution de nitrate d'argent. Il se forme, en ce cas, un abondant précipité cailleboté, blanc d'abord, et qui violace plus tard par l'action de la lumière.

Lorsque je parle de l'importance que l'on doit attacher à cette réaction, je ne veux pas dire qu'elle soit caractéristique, mais que l'agriculteur, qui aura tiré du sol une substance cristallisable en cubes et ayant le goût du sel marin, peut être certain d'avoir affaire à cette matière, si elle donne de plus la réaction ci-dessus indiquée. Autrement, je commettrais une grande erreur, en la qualifiant d'importante pour reconnaître le sel marin, car tous les chlorures solubles en donnent une semblable avec le nitrate d'argent ; mais un chlorure tiré d'une terre arable, ayant le goût et la forme du sel marin, ne peut être que du sel marin.

Nous venons de terminer la revue des principales pro-

priétés des substances minérales qui constituent les terres arables et les cendres des végétaux. Cette revue était nécessaire pour nous rendre compte des moyens analytiques que nous emploierons plus tard pour constater la présence et au besoin la quantité de ces substances, et dans le sol et dans les cendres.

Pour compléter le travail auquel nous venons de nous livrer, il est nécessaire que nous arrêtions notre attention sur une matière qui fait partie des terres arables, et qui, sans être d'une nature minérale, joue cependant un grand rôle dans la culture des plantes. Je veux parler du terreau.

Le terreau se compose des restes des plantes mortes sur place.

Tout être vivant, abstraction faite des matières minérales qui en constituent la charpente, est composé de quatre éléments condensés : le charbon, l'hydrogène, l'oxygène et l'azote. Dès que cet être cesse de vivre, il se résout en ses éléments; mais cette résolution est précédée d'une série de métamorphoses, de telle sorte qu'il ne sera pas demain ce qu'il est aujourd'hui; il ne sera pas après-demain ce qu'il sera demain.

On ne pourra donc pas trouver au terreau, à cette matière végétale, jadis vivante et actuellement en voie de décomposition, des propriétés caractéristiques et distinctives, telles qu'on en trouve à des matières bien définies, dont la nature et l'individualité sont immuables; et quand même il serait facile, par certaines réactions, d'en constater la présence, on ne pourrait jamais parvenir à dé-

terminer à quel degré de décomposition il se trouve, et par conséquent quelle est son efficacité : toutefois, en nous éclairant davantage sur sa véritable nature, nous pourrons plus tard mieux comprendre son rôle dans les terres arables.

Lorsque les plantes mortes se trouvent dans des conditions convenables de température, d'humidité et d'aérage, elles entrent en fermentation et pourrissent. Pendant l'acte de cette fermentation où de cette putréfaction, il se dégage de l'acide carbonique, qui, arrêté par l'humidité ou bien encore par l'état poreux de la terre, est absorbé en temps utile par les racines, et contribue ainsi au développement des plantes. Dans le même temps qu'il se produit de l'acide carbonique, il se produit des matières liquides, colorées, renfermant de l'azote et des principes minéraux : ces matières colorées, par cela même qu'elles sont solubles, se trouvent dans les conditions nécessaires pour être absorbées par les racines ; une fois absorbées, elles sont dépouillées de leur azote et de leurs principes minéraux, et rejetées comme inutiles.

A mesure que la décomposition avance, la production de l'acide carbonique et des matières colorées azotées se ralentit : le moment arrive où la putréfaction et les phénomènes qui l'accompagnent cessent complètement ; toute trace de l'ancienne organisation a disparu ; on ne trouve plus qu'un détritüs inerte, mais je ne dirai pas inutile ; car, si ce détritüs ne peut plus être considéré comme une source d'acide carbonique, d'azote et de principes minéraux, ou, en d'autres termes, si ce détritüs ne

peut plus être considéré comme une source de nourriture pour les plantes, on ne peut pas lui refuser un rôle mécanique incontestablement utile.

Ce détrit<sup>us</sup>, connu sous le nom de *pourri*, ameubl<sup>it</sup> par sa présence le sol, et contribue à le rendre perméable à l'humidité et à l'air, deux conditions indispensables à la fertilité, tandis que les restes végétaux en voie de décomposition, et désignés par le nom d'*humus*, non-seulement jouent le rôle mécanique du *pourri*, mais encore un rôle chimique, en offrant de l'acide carbonique et des principes azotés aux racines des plantes.

Cette esquisse rapide doit vous faire sentir que le terreau est une matière complexe, formée nécessairement de parties végétales non encore atteintes par les agents extérieurs, de parties végétales en voie de décomposition, et enfin de parties déjà décomposées.

Le simple bon sens et la plus légère réflexion doivent vous faire comprendre qu'il en doit être du terreau comme d'un sol considéré exclusivement sous le point de vue minéral.

La fertilité d'un sol est liée avec l'état de décomposition des roches qui le constituent; elle s'amoin<sup>dr</sup>ira d'autant que la végétation soustraira les parties déjà décomposées; enfin elle pourra devenir nulle, si, à force de soustraire, on a fait disparaître toutes les parties susceptibles de se prêter à l'assimilation dans les plantes.

Eh bien ! l'efficacité d'un terreau est liée avec l'état de décomposition de ses éléments végétaux, et s'amoin<sup>dr</sup>ira à mesure que la végétation soustraira certains produits

qui résultent de cette décomposition; enfin, elle pourra s'anéantir si, à force de soustraire, on a épuisé toutes les portions susceptibles de devenir assimilables.

La plus légère réflexion vous fera aussi comprendre que la décomposition du terreau doit varier. En effet, si cette substance ne représente que des plantes en décomposition, comme toutes les plantes n'ont pas une composition identique, sa nature ne peut pas être toujours la même. De plus, la décomposition des plantes ne s'effectue pas toujours dans les mêmes conditions. Il est donc évident que, les conditions provocatrices du phénomène pouvant varier, la marche du phénomène et son résultat ultime pourront varier à leur tour.

Ainsi, des plantes non tannifères, des plantes douces dépourvues de principe astringent ou de tannin, donneront, en pourrissant à l'air, un terreau doux non acide, qui pourra s'appliquer à toutes les cultures. Mais, dans les mêmes circonstances, des plantes tannifères donneront un terreau acide, qu'on appelle terre de bruyère, qui ne conviendra point à toutes les cultures, et qu'il faudra même corriger par des additions de chaux, afin de le neutraliser et de le rendre ainsi propre à la fertilisation des terres.

Supposez maintenant que ces plantes, peu importe leur nature, se soient décomposées dans l'eau, et à l'abri par conséquent de l'air atmosphérique : il est clair que leur terreau doit avoir des caractères tous différents. Ainsi, la tourbe peut être considérée comme un terreau, d'une nature particulière, quoique les plantes d'où il dé-

rive soient les mêmes que celles qui ont produit le terreau proprement dit.

Maintenant nous allons nous occuper de l'analyse chimique des sols et des cendres, et, pour ne pas interrompre la chaîne des idées, nous commencerons par étudier les moyens de reconnaître analytiquement la présence et la qualité du terreau, un des principes immédiats les plus importants de la terre arable.

---



## SEPTIÈME LEÇON.

### ANALYSE CHIMIQUE DE LA TERRE ARABLE. — DÉTERMINATION DE L'AZOTE.

MESSIEURS,

Le sujet que nous allons traiter sera l'analyse chimique des terres arables et des cendres. Je crains que ce mot d'analyse chimique ne jette l'alarme dans vos esprits, en vous donnant l'idée d'une étude hors de proportion avec vos connaissances actuelles.

Je vais vous rassurer. Si vous avez bien fait attention à l'esprit qui a dominé jusqu'à présent mon enseignement agricole, vous vous serez aperçus que j'ai visé moins à faire de vous des savants que des praticiens éclairés, capables de se rendre un compte raisonné de leurs opérations. Ainsi, lorsque, pour vous faire connaître les matières contenues dans les terres arables et les cendres des végétaux, je me suis borné à vous en signaler les ca-

caractères spéciaux, c'est que ces caractères, vous les constaterez plus tard dans l'analyse par des réactions; mais vous rattacherez celles-ci à l'histoire d'un corps particulier, et vous ne les accepterez pas comme des données empiriques et isolées.

Si, au lieu de quelques caractères spéciaux, je vous eusse fait connaître l'histoire chimique de ces matières, j'aurais accablé votre esprit d'une foule de notions que vous auriez retenues avec peine : d'abord, parce que vous n'auriez pas eu l'occasion d'en faire l'application; ensuite, parce qu'elles ne se seraient pas rattachées à des notions précédentes et n'auraient pas fait partie d'un système; en un mot, parce qu'il n'y a rien de plus difficile que de retenir une notion isolée.

Il en serait résulté que, las d'un travail dont les avantages n'auraient pas été en raison de la difficulté, vous auriez été saisis par ce dégoût qui mène droit au mépris de la science.

Je n'hésite pas un instant à admettre que le peu d'influence que les livres ont exercé jusqu'à présent sur l'agriculture est dû à ce qu'ils sont trop scientifiques. Dédaignant un langage modeste, aspirant à de hauts suffrages, ces livres se sont rendus intelligibles pour ceux qui ont le plus d'intérêt à les comprendre.

Tous mes efforts tendant à éviter cet écueil, vous comprendrez facilement que, pour vous mettre au fait de l'analyse des terres arables et des cendres, je ne vous amènerai pas dans mon laboratoire; je ne vous entourerai pas de réactifs extraordinaires, d'instruments délicats et

difficiles à manier ; je ne vous proposerai pas des opérations accessibles seulement à des praticiens consommés. Tout au contraire, Messieurs, je tâcherai de simplifier le problème de l'analyse, et d'en rendre la solution possible pour tous les agriculteurs, si toutefois, avec une certaine instruction et quelque esprit d'observation, ils ont le courage de ne pas reculer en face de ces difficultés, qu'un peu de volonté surmonte toujours.

Le succès serait immanquable, si les agriculteurs pouvaient se persuader qu'il n'y aurait rien de ridicule ni d'irrationnel à consacrer un coin de leur maison à quelques bocaux, à une petite balance, à quelques fioles, à un fourneau, à quelques instruments, dont l'emploi pourrait, au besoin, leur rapporter autant que le manie-ment d'un instrument aratoire perfectionné.

Si l'on n'hésite pas à augmenter le matériel d'une exploitation agricole par l'acquisition ou d'une machine à battre ou d'un coupe-racines, dont le prix est souvent élevé, pourquoi hésiterait-on à monter un petit laboratoire, dont le prix ne serait que de quelques dizaines de francs ? Et si ce laboratoire empêchait un jour, ou d'appliquer aux terres un engrais artificiel qui ne produirait aucun effet, ou d'y cultiver une plante qui ne pourrait pas prospérer, ce laboratoire, je le demande, ne dédommagerait-il pas amplement des sacrifices qu'on aurait faits à la routine et au préjugé ?

Je ne puis mieux vous découvrir le fond de ma pensée qu'en vous disant ceci : Si, dans quelques années, j'avais encore à vous parler de choses agricoles, sans rien chan-

ger à l'esprit de mon plan actuel, je n'hésiterais pas à vous donner des notions plus nombreuses et plus élevées, car dans quelques années vous vous seriez enrichis d'une foule de ces idées scientifiques qui, naturellement et sans efforts, pénètrent sans cesse dans les masses, et s'y enracinent.

En terminant la dernière séance, je vous ai dit que nous allions commencer par le terreau l'étude de l'analyse proprement dite, afin de ne pas rompre la chaîne de nos idées, et de continuer ce que nous avons dit sur cette matière.

Si l'on fait bouillir pendant vingt minutes une quinzaine de grammes de terre arable avec une dissolution de potasse, et qu'on filtre, on trouvera que la liqueur filtrée sera brune, si la terre contient du terreau ; dans le cas contraire, la liqueur alcaline filtrée ou sera à peine colorée, ou ne le sera pas du tout.

Voyez, dans ce matras, de la terre arable en ébullition avec de l'eau alcaline ; nous allons filtrer, et nous verrons que le liquide sera coloré : voilà donc la preuve de la présence du terreau.

Mais il ne suffit pas de savoir si dans une terre arable il y a du terreau, il importe de connaître quel est son état.

Vous n'avez pas oublié que cette substance peut être considérée d'une manière générale, comme un mélange de détritrus provenant des matières végétales enfouies dans le sol et déjà décomposées, et de matières végétales qui se décomposent et pourrissent. Le rôle du détritrus,

que nous avons nommé *pourri*, ne peut être qu'un rôle mécanique; le rôle des matières végétales en voie de décomposition, et que nous avons désignées par le nom d'*humus*, est essentiellement chimique.

Or, la condition qui attribue un rôle chimique aux principes végétaux du sol, leur attribue implicitement un rôle mécanique; mais la réciproque n'est pas vraie. Il en résulte donc que la constatation pure et simple de la présence du terreau dans le sol établira l'influence mécanique, mais n'établira point l'influence chimique.

Je ne connais que M. Boussingault qui, parmi tous les chimistes agronomes, ait vraiment compris le point de vue auquel l'agriculteur doit se placer dans la recherche du terreau. M. Boussingault, après avoir, avec beaucoup de raison, critiqué tous les procédés suivis d'ordinaire pour apprécier dans les sols la quantité de cette substance, a conclu que le seul moyen de se faire une idée exacte de la valeur qu'elle communique à une terre arable, c'est de déterminer la quantité d'azote contenue dans cette terre.

J'adopte entièrement, et sans restriction, cette manière de voir, et, pour vous la faire adopter à mon tour, je vous demande la permission d'entrer dans quelques explications.

Supposez, Messieurs, qu'une certaine quantité de matière végétale s'enfouisse dans une terre arable, et qu'elle y trouve les conditions nécessaires pour se décomposer. La décomposition commence et continue; le produit de cette décomposition est l'élimination d'une partie du car-

bone et de l'oxygène sous forme d'acide carbonique, d'une partie de l'hydrogène et de la totalité de l'azote sous forme d'ammoniaque. Dès que la décomposition sera terminée, il restera le *pourri* qui se compose des portions de carbone, d'hydrogène et d'oxygène qui n'ont pas été éliminées. Ainsi des quatre éléments dont se compose la plante, carbone, hydrogène, oxygène et azote, il n'y a que l'azote qui s'élimine entièrement sous l'influence de la décomposition, tandis que les trois autres éléments ne s'éliminent qu'en partie.

Il est donc évident que, la présence des matières végétales dans la terre arable une fois établie, la constatation de la présence ou de l'absence de l'azote indiquera si ces matières végétales sont ou non complètement décomposées.

Elles seront complètement décomposées, elles seront devenues ce que l'on appelle *pourri*, elles n'auront plus qu'une action mécanique, si elles ne renferment plus d'azote; elles seront encore *humus*, elles exerceront encore sur le sol une action chimique et mécanique à la fois, si elles renferment encore de l'azote. C'est donc la quantité de cette matière qu'il faut avant tout déterminer, pour savoir quel intérêt on doit attacher à la présence des matières végétales dans le sol arable.

Il y a quelques jours, pour ainsi dire, la détermination de l'azote était encore une des opérations les plus délicates de la chimie. Elle exigeait des instruments de précision très-coûteux; en outre, il fallait que l'opérateur fit beaucoup de calculs. Aujourd'hui elle est devenue,

grâce aux travaux de M. Peligot, d'une grande simplicité ; et je crois qu'il n'y a pas un agriculteur qui, armé d'un peu de bonne volonté, ne puisse tenter cette opération avec succès.

En effet, prenons un tube en verre peu fusible, fermé à l'une de ses extrémités, et ayant une longueur à peu près de 60 à 70 centimètres et un diamètre de 25 millimètres ; mettons-y dans le fond un gramme à peu près d'acide oxalique ; ayons un bouchon en liège, pouvant s'adapter à ce tube ; ayons aussi un tube en verre à trois boules, à peu près de la forme d'un oméga majuscule.

Perçons ce bouchon dans le sens de son axe, au moyen d'une râpe qu'on appelle queue de rat, et tâchons que le trou livre passage à frottement à une des branches de notre tube à trois boules. Introduisons dans ce tube, à l'aide d'un petit entonnoir effilé, 10 centimètres cubes d'acide sulfurique : cet acide doit être assez étendu pour que les 10 centimètres cubes contiennent 0 gram. 612 d'acide concentré et marquant 66 degrés au pèse-acide. On peut se procurer cette liqueur acide toute préparée chez les fabricants de produits chimiques. Nous mesurerons les 10 centimètres cubes à l'aide d'une pipette graduée, et puis nous introduirons encore la moitié de ce volume d'eau ordinaire pour laver l'entonnoir, et pour être sûrs que toute la liqueur acide est entrée dans l'appareil.

Maintenant, la présence du terreau constatée, pesons 10 grammes de terre arable épierrée et desséchée à la température de l'eau bouillante ; mettons cette portion

de terre dans un mortier en porcelaine non émaillée et moyennement chaud; versons-y un mélange composé d'une partie de soude et de trois parties de chaux éteinte, en quantité suffisante pour qu'il puisse remplir à peu près la moitié du tube droit. Ce mélange alcalin, on le trouve aussi tout préparé chez les fabricants de produits chimiques. L'agriculteur n'aura qu'à le conserver dans des flacons à large goulot et bouchés à l'émeri.

On agite légèrement avec le pilon pour que la terre se mêle, et puis on l'introduit dans le tube, qu'on finit de remplir avec ce même mélange alcalin, jusqu'à 40 millimètres environ de l'ouverture. On bouche avec le bouchon dans l'axe duquel est engagé le tube à trois boules, et on place l'appareil sur une grille soutenue par deux briques.

On commence à chauffer du côté du bouchon, et de proche en proche on ajoute du feu lentement, en marchant vers l'extrémité.

Les matières végétales ou animales qui renferment de l'azote, chauffées au rouge avec de la potasse ou de la soude, se décomposent et abandonnent tout leur azote sous forme d'ammoniac.

Que faisons-nous dans ce moment? Nous chauffons au rouge de la soude délayée de chaux et de la terre arable qui contient des matières organiques. Si ces matières organiques renferment de l'azote, il devra se dégager sous forme de gaz ammoniac.

Admettons donc que, par cette opération, il se dégage peu à peu de notre tube incandescent du gaz ammoniac :



ce gaz, pour sortir de l'appareil, étant forcé de traverser l'acide sulfurique, il se combinera avec lui, pour former du sulfate d'ammoniaque, qui reste en dissolution.

Pour vous donner une idée de ce qui se passe à présent dans le tube à boules, je vais introduire dans cette éprouvette, remplie de mercure, de l'acide sulfurique étendu ; si j'y fais passer du gaz ammoniac, vous verrez qu'à mesure qu'il arrive en contact avec l'acide sulfurique, il disparaît.

Eh bien ! ce qui se passe dans cette éprouvette d'une manière si appréciable, se passe également dans l'appareil à boules. En effet, ce qui en sort n'est que de l'air ; et rien qu'en flairant l'extrémité ouverte de l'appareil, ou bien en y approchant un papier réactif rouge, on est facilement convaincu qu'il n'en sort pas la moindre quantité de gaz ammoniac.

En effet, ce gaz a une odeur pénétrante fort prononcée ; il ramène au bleu le papier réactif rouge. Or, vous voyez que le papier rouge ne change pas de couleur, en l'approchant de l'extrémité de l'appareil, et en flairant vous ne trouvez pas la moindre odeur qui rappelle le gaz ammoniac. Il est donc bien établi que, dans les conditions de l'opération, si le terreau qui est contenu dans la terre arable que nous examinons, renferme de l'azote, cet azote doit se transformer en gaz ammoniac, et que ce gaz est arrêté au passage par l'acide sulfurique et converti en sulfate d'ammoniaque. Il en résulte que, si nous chassons l'acide sulfurique en excès, il nous restera du sulfate d'ammoniaque ordinaire.

Mais nous ne nous donnerons pas la peine d'isoler le sulfate ammoniacal pour évaluer d'après sa quantité la richesse de la terre en azote. Ce moyen présenterait trop de difficultés. Nous ne ferons qu'une simple opération de titrage, et, dans quelques instants, nous allons connaître au juste la quantité d'ammoniaque fixée par l'acide sulfurique, et par conséquent la quantité d'azote contenue dans la terre arable soumise à l'expérience.

Arrêtons notre attention sur le titrage.

Sous le nom de saccharate ou de sucrate de chaux, les chimistes et les fabricants de produits chimiques préparent une liqueur qui renferme du sucre et de la chaux, et qui peut se conserver très-longtemps, pourvu qu'elle soit renfermée dans des flacons bouchés à l'émeri.

Avec ce sucrate de chaux, qui coûte très-peu, et une burette graduée (instrument que l'on trouve aussi dans le commerce), on peut faire en quelques instants le titrage dont nous nous occupons dans ce moment.

Supposons que notre combustion soit terminée, et que tout dégagement de gaz ait cessé, bien que le tube soit entouré de charbons ardents dans toute sa longueur. Nous enlèverons l'appareil à boules, nous en verserons le contenu dans un verre, et puis nous rincerons deux ou trois fois avec de l'eau ordinaire, en ajoutant l'eau de lavage au liquide du verre.

Nous ajouterons à ce liquide quelques gouttes de teinture de tournesol, pour qu'il devienne d'un rouge pelure d'oignon. Cela fait, nous remplirons de sucrate de chaux

la burette graduée, et nous en verserons, à l'aide de cette burette, sur le liquide acide, jusqu'à ce que sa couleur rouge ait viré au bleu.

Nous marquerons ensuite la quantité de sucrate versée. Supposons qu'elle soit égale à 25 centimètres cubes.

Introduisons dans un autre verre 10 centimètres cubes de ce même acide sulfurique étendu, que nous avons introduit dans l'appareil à boules avant de commencer l'analyse. Nous y ajouterons quelques gouttes de teinture de tournesol, afin de le colorer en rouge, et puis, avec notre burette de tout à l'heure, nous y verserons du sucrate de chaux, jusqu'à ce que la couleur rouge ait bleui.

Admettons par hypothèse que, dans cette seconde opération, nous ayons employé 36 centimètres cubes de sucrate.

Il ne nous restera plus qu'un très-petit calcul à faire pour connaître la quantité de l'azote contenu dans notre terre arable.

La différence entre les deux quantités de sucrate employées pour bleuir les deux liqueurs acides est 11.

Si l'on divise ce reste par 36, on aura 3,05, nombre des centimètres cubes d'acide sulfurique étendu converti en sulfate d'ammoniaque.

Si l'on multiplie 3,05 par 175, on aura 53,37 nombre des milligrammes d'azote contenus dans le sulfate d'ammoniaque qui s'est formé pendant l'analyse.

Mais comme ces 53 milligrammes d'azote ont été tirés

de 10 grammes de terre arable, il est évident que cette terre en renferme un peu plus d'un demi pour cent.

Vous m'ê permettez, Messieurs, de vous donner brièvement quelques explications sur la marche des calculs.

Je vous ai déjà dit que 10 centimètres cubes d'acide sulfurique préparé pour cette sorte d'analyse renferment 612 milligrammes d'acide très-concentré.

Or, cette quantité d'acide sulfurique est précisément suffisante pour transformer en sulfate ammoniacal une quantité d'ammoniaque qui renfermerait 175 milligrammes d'azote.

Il s'agit donc de connaître quelle quantité de sulfate ammoniacal il s'est formé. On y parvient en déterminant la différence entre les deux quantités de sucrate de chaux employées pour saturer les deux volumes d'acide sulfurique, dont un aura servi à l'expérience.

Ainsi, dans le cas présent, nous avons trouvé cette différence égale à 11.

Mais  $36 : 10 :: 11 : 3,05$ . Il y a donc 3,05 centimètres cubes d'acide sulfurique qui se sont convertis en sulfate ammoniacal. Par là s'explique pourquoi on divise la différence entre les deux sucrites par la quantité de sucrate qui a servi à saturer les 10 centimètres cubes d'acide sulfurique titré.

Rappelons-nous bien maintenant que 10 centimètres cubes d'acide sulfurique exigent 175 milligrammes d'azote, sous forme d'ammoniaque, pour devenir sulfate ammoniacal.

On aura par conséquent  $10 : 175 :: 3,05 : 53$ . Ce

chiffre 53 représente donc le nombre de milligrammes d'azote qui se trouvent dans le sulfate ammoniacal formé. On comprend ainsi pourquoi on multiplie par 175 le quotient de la division précédente.

Quant à la partie pratique du procédé, je n'ai qu'une observation à vous faire faire. Vous avez remarqué que j'ai introduit d'abord à peu près un gramme d'acide oxalique dans le tube qui a servi à l'analyse, et ensuite le mélange de terre arable et d'alcali. Je dois vous dire pourquoi j'ai commencé par introduire de l'acide oxalique.

Lorsque la combustion de la matière azotée est achevée, il faut balayer l'intérieur du tube pour qu'il n'y reste pas la moindre trace de gaz ammoniac, car sans cela il y aurait perte, et le résultat de l'analyse serait inexact. Eh bien ! on effectue ce balayage en chauffant l'acide oxalique qui est au fond du tube.

L'acide oxalique chauffé à une température élevée en présence d'un alcali, produit du gaz hydrogène. C'est justement ce gaz qui sert à balayer l'intérieur de l'appareil, et à chasser, dans le tube à boules, les dernières traces d'ammoniaque.

Par la place qu'occupe l'acide oxalique, vous voyez clairement que sa décomposition ne peut avoir lieu qu'à la fin de l'expérience, et précisément lorsque le balayage est devenu nécessaire.

Ainsi, avec des réactifs et des instruments faciles à trouver et à manier, avec des calculs qui se réduisent à deux divisions et à une multiplication, on peut, en une

demi-heure, connaître la richesse en azote d'une substance donnée,

Je me hâte cependant de vous dire que ce procédé, si simple et si commode, n'est applicable qu'aux substances dans lesquelles l'azote n'est point à l'état de nitrate. Supposez que votre terre eût contenu du nitre (azotate de potasse), vous n'en seriez pas moins arrivés au même résultat, tandis qu'avec un autre procédé, vous auriez obtenu en outre l'azote du nitre.

Sous un certain rapport, le procédé de M. Peligot, par cela même qu'il ne donne pas l'azote des nitrates, présente, en agriculture surtout, un avantage que n'ont pas les autres procédés. Nous verrons plus tard que les agriculteurs ont intérêt à distinguer l'azote, qui peut facilement se convertir en ammoniacque, ou bien encore qui existe déjà à l'état d'ammoniacque, de l'azote qui, ainsi que celui des nitrates, ne peut subir cette transformation que par un concours de circonstances particulières.

On conçoit donc facilement toute la supériorité du procédé d'analyse dont nous venons de nous occuper, par la raison qu'il nous met à même de faire cette distinction. D'ailleurs, nous verrons, dans une des séances suivantes, comment on peut reconnaître et doser le nitre.

Je n'ai plus rien à vous dire sur l'opération la plus délicate que l'agriculteur soit appelé à faire, lorsqu'il voudra acquérir l'importante notion de la richesse en azote d'une terre arable donnée. De cette notion il pourra conclure qu'un sol arable renferme du terreau encore

efficace comme agent chimique, parce qu'il renferme encore de l'azote, et il partira de cette donnée pour faire un choix des engrais ou des amendements qui conviendront le mieux à son exploitation.

Ce qui lui restera à faire d'opérations analytiques, pour connaître les principes minéraux, présentera beaucoup plus de simplicité, bien qu'il n'y ait pas cependant de difficultés véritablement sérieuses dans le dosage de l'azote.

Il ne s'agit pas, en effet, de ces opérations qui demandent une longue et savante pratique, et peuvent offrir des complications abordables seulement aux chimistes.

J'ai la conviction intime que vous tous, après avoir fait quelques essais, après vous être entourés du matériel nécessaire, vous en feriez autant que moi.

Et remarquez bien ceci : les instruments qu'il vous faut, pour faire l'opération la plus difficile de la chimie agricole, se réduisent à bien peu de chose. Une grille en fer, un mortier en porcelaine non émaillée, quelques tubes en verre, un tube à boules et quelques réactifs : tout cela, vous le trouverez dans le commerce, et vous n'avez qu'à le faire transporter chez vous.

Maintenant, pour vous prouver combien il est utile que l'agriculteur ait à sa disposition un petit laboratoire, et qu'il sache faire quelques opérations chimiques d'ailleurs très-simples, je n'ai plus qu'à vous soumettre une observation.

Si l'on vous disait : il y a quelque part une vaste étendue d'une terre inculte, très-perméable, mouvante, com-

posée de grains noirs mêlés de particules sablonneuses, dépourvue de calcaire, ne renfermant qu'une petite quantité de sel, de l'argile, du sable et du fer, n'auriez-vous pas de la peine, d'après un pareil énoncé, à croire cette terre de bonne qualité? Si l'on vous proposait d'en devenir les propriétaires, n'hésiteriez-vous pas?

Cependant, si, avant d'en repousser l'acquisition, vous l'examiniez de plus près, et si vous la soumettiez, par exemple, à la recherche de l'azote, vous trouveriez peut-être que cette terre mérite de n'être pas négligée.

Supposez que vous y eussiez constaté la présence d'environ 2 millièmes d'azote. Dans ce cas, vous trouveriez une identité parfaite entre cette terre inculte, dont on vous proposerait l'acquisition, et une des terres les plus fertiles du monde. Dès-lors, peut-être, vous n'hésiteriez plus; vous l'achèteriez, et vous feriez bien.

Entre le 54<sup>e</sup> et le 57<sup>e</sup> degré de latitude nord, s'étend un sol qui, de la rive gauche du Volga, va jusqu'à Tchoboksav, et couvre encore un district des plus étendus, sur le côté asiatique des monts Ourals. Cette vaste étendue de terrain porte le nom de Tchornoï-Zem. C'est le meilleur sol que la Russie possède pour le blé et les pâturages; jamais on n'y a appliqué d'engrais, et il suffit d'une jachère continuée pendant une ou deux années, pour lui rendre toute sa fertilité. Ce sol a précisément les caractères que j'ai supposés à la terre inculte dont on vous aurait proposé l'acquisition; et le secret de sa grande fertilité consiste en ce qu'il renferme presque 7 p. 0/0 de matière organique azotée.



Maintenant, je vous le demande, comment auriez-vous établi l'analogie entre la terre dont on vous proposait l'achat et le Tchornoï-Zem, si vous n'aviez pas su en apprécier l'azote?

---

## HUITIÈME LEÇON.

DÉTERMINATION DU CALCAIRE, DU PLATRE ET DU SEL MARIN.

MESSIEURS,

Une analyse élémentaire complète d'une terre arable ne présente aucune utilité à l'agriculteur. Peu doit lui importer, en effet, de connaître combien sa terre arable renferme de silice et d'alumine, s'il sait d'avance, par l'analyse mécanique, dans quelles proportions approximatives s'y trouvent le sable et l'argile. Je dirai plus : il est rare qu'un agriculteur ait besoin de déterminer la quantité précise de tel ou tel principe minéral du sol ; de sorte que l'analyse chimique se réduit pour lui à un problème d'une grande simplicité.

Cependant il peut se présenter quelques cas où il soit nécessaire de connaître si un principe, dont la présence est déjà constatée, s'y trouve ou non en abondance.

Supposez, par exemple, que vous vouliez avoir des

renseignements sur un terrain blanchâtre, et doué de la propriété de faire effervescence avec les acides : cette propriété indique déjà la présence du calcaire ou carbonate de chaux, ou bien encore celle du carbonate de magnésie ; ce qui, du reste, est plus rare. Mais il s'agit de décider si cette couleur, qui n'est pas de bon augure, tient ou à une grande quantité de calcaire, ou bien à une trop petite quantité de fer ; car chacune de ces deux causes affecterait différemment la valeur de cette terre et indiquerait le besoin d'amendements différents. Et remarquez bien que l'analyse mécanique ne nous aurait pas beaucoup éclairés, car le calcaire, suivant son état de division, peut tantôt passer par décantation avec l'argile, tantôt rester avec le sable ; d'ailleurs ce n'est pas par ce moyen que l'on peut reconnaître la quantité de l'élément calcaire d'un sol.

Dans ce cas, il faut donc savoir approximativement quelle est la quantité de calcaire contenue dans cette terre.

Il en sera de même pour le plâtre ou sulfate de chaux. Supposez que, par l'application de certains réactifs dont il a été parlé dans une des séances précédentes, on se soit assuré qu'une certaine terre renferme du sulfate de chaux, on ne saura pas cependant s'il est en quantité telle que sa présence soit seulement indiquée par les réactifs, ou bien qu'elle rende inutile l'amendement par le plâtre. Il faudra donc, dans ce cas encore, en connaître approximativement la quantité.

Je pourrais en dire autant du sel marin, en ajoutant

que son dosage serait doublement important, car il s'agirait d'éviter un amendement non-seulement inutile, mais quelquefois pernicieux.

Quant aux autres principes, qui constituent les sols arables, je pense que la nécessité d'en apprécier la proportion ne se présente qu'exceptionnellement.

Dominé par cette pensée, je me propose de vous rendre le problème de l'analyse (ce problème qui est l'épouvantail de tous les agriculteurs) d'un abord très-facile, puisqu'il ne s'agira que d'essais d'analyse qualitative, et bien peu d'essais d'analyse quantitative. Les premiers sont d'une très-grande simplicité; les seconds sont moins simples, il est vrai, mais par compensation ils sont peu nombreux.

Commençons donc par les essais quantitatifs, et débutons par le dosage du calcaire.

Nous avons un sol qui fait effervescence lorsqu'il est mis en contact avec un acide. Constatons d'abord que cette effervescence est due à la présence du calcaire, ou carbonate de chaux. Pour cela, nous mettons un peu de terre dans un verre, nous y versons un peu d'acide chlorhydrique : voilà l'effervescence. Ajoutons de l'eau pluviale, et jetons cette bouillie sur un filtre.

En attendant que la filtration s'effectue, je vous ferai remarquer que les chimistes, dans leurs recherches analytiques, se servent toujours d'eau distillée, c'est-à-dire d'eau très-pure, et débarrassée de toute substance étrangère par la distillation; mais, pour les essais analytiques des agriculteurs, il est complètement inutile de

s'en servir : l'eau de pluie, quoiqu'elle ne soit pas complètement pure, l'est assez cependant pour pouvoir remplacer sans inconvénient l'eau distillée des chimistes. Voilà pourquoi je m'en suis servi pour étendre le mélange de terre et d'acide.

La filtration étant déjà assez avancée, versons sur la liqueur filtrée, qui est nécessairement acide, assez d'ammoniaque liquide pour la rendre alcaline, ce que nous pourrons constater par le papier rouge de tournesol ; ajoutons quelques gouttes d'une dissolution d'acide oxalique. Voici un précipité blanc considérable qui nous prouve que la cause de la propriété effervescente de notre sol est due à la présence du calcaire, puisque ce n'est autre chose que de l'oxalate de chaux. Maintenant voulons-nous savoir si, avec le carbonate de chaux, il y avait aussi du carbonate de magnésie ? Introduisons dans un matras cet oxalate de chaux avec le liquide qui l'accompagne, et chauffons-le pour lui donner de la cohésion et le filtrer plus facilement ; dès qu'il aura pris de la cohésion, nous le verserons sur un filtre, et dans la liqueur qui traversera nous chercherons la présence de la magnésie.

Mais auparavant rendons-nous bien compte de ce que nous venons de faire.

Nous avons mis de la terre arable en contact avec un acide ; il y a eu effervescence : cela prouve qu'il y avait un carbonate qui s'est décomposé, et dont l'acide carbonique est parti sous forme gazeuse.

Nous avons pensé que, d'après toute probabilité, il

s'agissait de carbonate de chaux, mêlé peut-être à du carbonate de magnésie.

Sous l'influence de cette idée, nous avons séparé le liquide de la terre ; ce liquide naturellement acide devait contenir la base du carbonate décomposé, quel qu'il fût. Nous avons sursaturé ce liquide acide par de l'ammoniaque, qui s'est emparé de l'acide, et a rendu libre la chaux et peut-être la magnésie ; mais la mise en liberté de ces deux bases n'a amené aucune réaction sensible, et il ne pouvait y en avoir, puisque la chaux et la magnésie sont solubles dans l'eau, et que leurs dissolutions sont incolores. Il ne pouvait, il ne devait donc pas y avoir de précipité ni de coloration ; rien, en un mot, de sensible. Qu'avions-nous donc dans le liquide, après y avoir ajouté l'ammoniaque ? une dissolution de muriate d'ammoniaque (puisque nous avons employé de l'acide muriatique pour attaquer la terre), et une dissolution de chaux et probablement de magnésie. Eh bien ! en versant un peu d'acide oxalique sur cette dissolution, nous avons converti la chaux en oxalate de chaux, lequel oxalate de chaux s'est précipité sous la forme d'une poussière blanche, à cause de son insolubilité, en nous offrant la réaction caractéristique qui décèle la chaux dans un liquide quelconque.

En effet, prenons la dissolution d'un sel à base de chaux, versons-y quelques gouttes d'ammoniaque, et ensuite quelques gouttes d'acide oxalique, et nous aurons toujours la même réaction, savoir un précipité blanc.

En supposant qu'il y eût de la magnésie avec de la

chaux, qu'a-t-il dû arriver par l'action successive de l'ammoniaque et de l'acide oxalique? La magnésie a dû nécessairement, de son côté, se transformer en oxalate de magnésie; mais comme ce sel est un peu soluble, ou du moins ne précipite pas immédiatement, il est resté dans le liquide.

La liqueur qui filtre, et qui se sépare ainsi de l'oxalate de chaux, doit donc contenir de l'oxalate de magnésie, si tant est qu'il y ait eu du carbonate de cette base dans la terre sur laquelle nous avons expérimenté.

Voici ce que nous ferons pour nous assurer s'il y a ou non de la magnésie.

Versons-y un peu d'ammoniaque, et de la dissolution de phosphate de soude, réactif que l'on trouve dans le commerce en grande abondance. S'il y a de la magnésie dans le liquide, il y aura formation d'un dépôt blanc et pesant. Vous voyez qu'il y a trouble : cela nous prouve donc qu'avec le carbonate de chaux ou calcaire, il y avait aussi un peu de carbonate de magnésie.

Il ne me reste plus qu'à vous dire pourquoi, en ajoutant une dissolution de phosphate de soude à une dissolution d'oxalate de magnésie, il se forme un précipité blanc.

C'est que ces deux sels, phosphate de soude et oxalate d'ammoniaque, changent réciproquement leurs bases : l'oxalate de magnésie devient oxalate de soude, et le phosphate de soude devient phosphate de magnésie. Or, le phosphate de magnésie, étant insoluble, se précipite.

pile, tandis que l'oxalate de soude, qui est soluble, reste dans le liquide.

Ce précipité, occasionné par l'addition du phosphate de soude, est donc du phosphate de magnésie.

Nous avons maintenant la certitude que la terre arable sur laquelle nous expérimentons, renferme non-seulement du carbonate de chaux, mais aussi du carbonate de magnésie. Mais, cette dernière substance s'y trouvant en très-petite proportion, nous ne voulons pas nous préoccuper de son dosage, et nous ne tenons qu'au dosage de la chaux.

Commençons donc cette opération, qui, sans être difficile, exige cependant plus de soins que ce que nous venons de faire.

Pesons 5 grammes de terre épierrée et desséchée à la température de l'eau bouillante, et introduisons-les dans un matras. Versons dans ce matras 20 à 30 grammes d'acide muriatique, étendu d'un égal volume d'eau : il y a, bien entendu, effervescence; nous agiterons de temps en temps, et, lorsque tout mouvement dans le liquide aura cessé, nous jetterons le tout sur un filtre.

Mais comme la cessation de tout mouvement n'a lieu qu'au bout d'un certain temps, supposons que l'expérience soit déjà avancée, ainsi qu'elle l'est en effet dans ce matras, où nous avons préalablement traité la même quantité de la même terre par de l'acide chlorhydrique étendu. Versons ce mélange sur un filtre, ajoutons-y l'eau qui servira à rincer le matras, et, dès que tout le liquide aura passé, nous laverons à plusieurs reprises



Le filtre avec de l'eau chaude, jusqu'à ce que nous ayons obtenu 8 à 10 fois le volume de l'acide employé.

Mais, comme cette opération exige du temps, supposons qu'elle soit déjà terminée, ainsi qu'elle l'est dans cette seconde expérience faite d'avance.

Vous voyez qu'ici le volume du liquide filtré est à peu près de 100 centimètres cubes, c'est-à-dire trois fois et demie environ le volume de l'acide employé.

Introduisons ce liquide dans un matras, versons-y de l'ammoniaque et un peu de dissolution d'acide oxalique. Nous voyons se former un précipité dont nous connaissons la nature; nous donnons de la cohésion à ce précipité en le chauffant, et nous le versons peu à peu sur un double filtre.

Dès que tout le précipité aura été ainsi réuni, il faudra le laver à l'eau chaude, jusqu'à ce que cette eau de lavage ne présente plus aucune réaction. Vous voyez ici une opération qui en est à ce point, et où l'eau de lavage est parfaitement neutre.

Il ne nous reste plus qu'à ôter de l'entonnoir le double filtre, à le déposer sur du papier sans colle, pour lui faire perdre beaucoup de son humidité, et enfin à l'étendre sur une assiette qu'on exposera à la chaleur d'un bain-marie, dont l'eau ne doit pas être en ébullition.

Voici une expérience déjà terminée, et où le filtre est déjà sec, par suite d'une longue exposition à une température de 50 à 60 degrés environ.

Séparons le premier filtre de celui qui renferme l'oxa-

late de chaux ; la différence de leurs poids exprimera la quantité d'oxalate de chaux obtenue.

Ici nous avons 0,920 gram. d'oxalate de chaux. Dans cet état, cette substance renferme une quantité de chaux correspondant à 68,5 de calcaire pour 100 d'oxalate.

Nous n'avons donc qu'à multiplier 920 par 685, et le produit égal à 0,63 représentera la quantité de calcaire contenue dans les 5 grammes de terre arable sèche soumise à l'expérience, ou, en d'autres termes, notre terre renfermera 12,6 pour 100 de calcaire.

Voilà, Messieurs, la série des manipulations qu'amène le dosage du calcaire d'une terre arable. Ces manipulations, je les ai effectuées toutes sous vos yeux, et vous avez vu qu'elles ne sont point difficiles. Qui de vous, après avoir bien saisi la marche que je viens de suivre, ne pourra, avec un ou deux essais, faire le dosage d'un calcaire ?

Pour cette opération, il n'y a besoin ni d'instruments délicats, ni de réactifs précieux. Au contraire, un matras, un entonnoir, un bocal, un double filtre, une assiette, une casserole avec de l'eau, une balance, et puis de l'acide muriatique, de l'ammoniaque, de l'acide oxalique, du phosphate de soude, constituent tout le matériel nécessaire pour une opération qui non-seulement amène au dosage du calcaire, mais à la constatation de la magnésie.

Quel est l'agriculteur qui n'aurait pas tout cela et bien davantage, avec le plus mince laboratoire ? Quel est celui qui ne serait pas bien aise d'acquérir, à si peu

de frais, une notion qui pourrait lui être fort utile, tout en se passant des lumières et du concours d'un chimiste, qui, après tout, a droit de ne pas faire bon marché de son temps ?

Avant de quitter ce sujet, je dois vous faire faire une remarque. Tout ce que nous avons vu, relativement au dosage du calcaire, suffit, et au-delà, aux besoins de l'agriculture ; mais n'allez pas croire qu'un chimiste qui tiendrait à faire un dosage scrupuleux suivît en tout point la même marche.

Bien loin de là : il n'emploierait qu'une partie de vos réactifs, et il en emploierait d'autres dont je ne vous ai pas parlé ; ensuite il aurait à prendre une foule de précautions sur lesquelles je n'ai même pas voulu attirer momentanément votre attention.

Vous n'avez pas oublié que je ne prétends pas faire de vous des chimistes, mais bien des agriculteurs capables de quelques manipulations chimiques propres à vous éclairer ; et pour vous rendre plus facilement praticables ces manipulations, je m'applique à les dépouiller, autant qu'il est possible, de ce qu'elles ont d'ardu et de difficile. Je sais bien que les résultats obtenus de cette manière n'auront pas le même degré d'exactitude que les résultats obtenus par un chimiste ; mais est-il important pour un agriculteur de connaître rigoureusement la quantité d'un principe qui fait partie constituante d'un sol ?

Il est possible qu'un chimiste, en analysant 5 grammes de la même terre que nous venons d'analyser, eût trouvé 13 ou 13,5, et même 14 de calcaire, au lieu de

12,5, ainsi que cela nous est arrivé; mais cette différence pourra-t-elle jamais fausser les conclusions que l'agriculteur aura tirées d'une analyse tant soit peu grossière?

Pénétrés de l'idée qu'en toute chose la perfection ne vient que peu à peu, nous continuerons à nous familiariser avec les essais analytiques, qui, bien que dépourvus de ce degré suprême d'exactitude qui caractérise l'analyse moderne, ne nous seront pas moins pour cela fort utiles.

Passons au dosage du plâtre contenu dans la terre arable.

Que l'on fasse bouillir quelques grammes de terre avec de l'eau de pluie, et qu'on jette le mélange sur un filtre de papier, lavé préalablement avec de l'acide muriatique étendu, pour le débarrasser de tous les sulfates et de tous les sels calcaires qu'il renferme dans son tissu.

Si la liqueur filtrée contient du sulfate de chaux, une goutte de chlorure de baryum dissous y produira un trouble que ne doit pas faire disparaître un peu d'eau forte ou d'acide nitrique. On obtiendra le même résultat avec quelques gouttes d'oxalate d'ammoniaque, et pareillement avec une certaine quantité d'alcool.

Par l'emploi de ces moyens extrêmement simples, et que vous connaissez déjà, vous acquerrez la preuve de la présence du plâtre dans la terre.

Il s'agit maintenant d'en connaître la quantité. Prenons

10 grammes de terre épierrée et desséchée à l'eau bouillante ; introduisons-la dans un matras, et faisons-la bouillir avec de l'acide muriatique.

Après un quart-d'heure ou 20 minutes d'ébullition, ajoutons de l'eau de pluie en volume égal à celui de la masse, et filtrons par un filtre ordinaire.

Voici une expérience déjà assez avancée pour pouvoir ajouter l'eau et filtrer.

Comme il faudrait beaucoup de temps pour achever la filtration et les lavages, supposons ces opérations terminées, et voyons-en, dans le flacon que voici, le résultat.

Que peut contenir cette dissolution ? Elle peut contenir du muriate de fer, puisque les terres arables renferment de l'oxyde de fer ; elle peut contenir du muriate de chaux, de magnésie, d'alumine et de l'acide phosphorique, puisque les terres contiennent de l'argile, du calcaire, des phosphates et de la magnésie ; enfin, cette dissolution peut contenir, je dirai plus, elle doit contenir du plâtre. Or, de toutes ces matières, il n'y a que la dernière qui soit insoluble dans l'esprit de vin faible ; toutes les autres y sont solubles. Si nous ajoutons donc à cette dissolution la moitié de son volume d'esprit de vin ordinaire, nous forcerons le plâtre à se déposer, tandis que toutes les autres matières resteront dissoutes dans le liquide.

En effet, vous voyez qu'après avoir reçu de l'eau-de-vie, la masse est devenue louche ; livrée à un long repos, elle s'éclaircira, parce que toute la matière qui la ren-

dait trouble se sera déposée. Or, cette matière doit nécessairement être le sulfate de chaux.

Qu'on soutire donc la partie claire au moyen d'un siphon ; qu'on réunisse sur un double filtre le dépôt ; qu'on le lave plusieurs fois avec de l'esprit de vin faible, et puis qu'on le dessèche à l'air.

En pesant séparément les deux filtres, la différence représentera la quantité du plâtre.

Dans une expérience semblable, faite d'avance, nous trouvons que cette différence entre les deux filtres est égale à 0, gr. 220 ; ce qui correspond à 2,2 pour 100 de plâtre ou de gypse ordinaire non calciné.

Il est évident qu'une terre identique à celle que nous venons d'examiner, ne demandera pas de plâtre pour être convenablement amendée.

Y a-t-il rien de plus facile que ce dosage ? Il l'est encore plus que celui du calcaire, puisqu'on dose le plâtre à son état naturel.

Arrivons à la détermination quantitative du sel marin.

Il est inutile que je vous répète qu'un amendement fait avec une substance dont le sol est déjà riche, ne peut être qu'infructueux ; mais je crois fort utile de vous répéter que, pour le cas spécial du sel marin, cet amendement serait inefficace, et de plus pernicieux, parce qu'un excès de sel marin, loin de favoriser la végétation, s'oppose à son développement.

Avant de commencer, je dois vous faire observer qu'en général le sel marin, ou chlorure de sodium, est accom-

pagné, dans les sols arables, d'autres chlorures, tels que ceux de magnésium, de calcium et de potassium; mais la quantité totale de ces chlorures est si peu de chose, comparativement à la quantité du sel marin proprement dit, que ce n'est pas la peine de s'en préoccuper.

Ayons donc une terre arable, épierrée et desséchée à l'eau bouillante: nous nous sommes assurés, je suppose, à l'aide des essais dont on a parlé dans la sixième séance, que cette terre contient du sel marin.

Pesons-en 20 grammes, introduisons-les dans un matras, avec trois à quatre fois leur volume d'eau pluviale chaude; versons ce mélange sur un filtre, et lavons avec l'eau également chaude, jusqu'à ce que ce liquide filtré ne se trouble plus par la dissolution de nitrate d'argent.

Voici une expérience déjà arrivée à ce point. Sur l'eau filtrée, versons un peu de dissolution de nitrate d'argent; agitons brusquement pour donner de la cohésion au chlorure qui se formera, et laissons reposer.

Dès que le chlorure d'argent sera précipité, on soutirera l'eau claire à l'aide du siphon, et on renouvelera l'eau plusieurs fois, ainsi que nous l'avons déjà fait d'avance.

Le dépôt de chlorure d'argent est introduit dans un verre de forme conique, où on le laisse se reposer. On décante et on introduit le chlorure d'argent dans une capsule de porcelaine, que l'on expose d'abord à l'évaporation au bain-marie, et ensuite pendant quelques in-

stants à la flamme d'une lampe à alcool, pour en achever la dessiccation.

En attendant que la capsule se refroidisse pour pouvoir la peser, je vous expliquerai pourquoi nous avons du chlorure d'argent, et pourquoi nous nous occupons de son dosage, afin de connaître la quantité de sel marin contenue dans la terre arable.

Vous n'avez pas oublié que le moyen de déceler les chlorures solubles consiste dans l'emploi du nitrate d'argent, d'où résulte la formation de chlorure d'argent : cette substance étant insoluble, se précipite sous la forme d'un dépôt cailleboté. La réaction provient d'un double échange : l'acide nitrique du nitrate prend la base du chlorure, dont le chlore prend l'argent du nitrate.

Or, on sait à quelle quantité de sel marin, ou chlorure de sodium, équivaut une quantité donnée de chlorure d'argent : 100 parties de ce dernier correspondent à 40 parties du premier. Par conséquent, en pesant le chlorure d'argent, on a le poids du sel marin, par une simple opération d'arithmétique.

Mais notre capsule est déjà froide; pesons-la. Elle pèse 6, gr. 730; retranchons le poids de la capsule, qui est de 6 grammes, il reste 0, gr. 730 de chlorure d'argent.

Or, 100 parties de chlorure d'argent correspondant à 40 parties de sel marin, les 73 centigrammes deviendront 23.

Mais comme nous avons opéré sur 20 grammes de terre



arable, celle-ci renferme 1,45, c'est-à-dire à peu près  $1 \frac{1}{2}$  p. 100 de sel marin.

Dans la prochaine séance, nous terminerons ce que nous avons à dire sur l'analyse.

---

## NEUVIÈME LEÇON.

DÉTERMINATION DU NITRE, DES SULFATES ET DES PHOSPHATES.

— CLASSIFICATION DES CENDRES. — MOYEN DE RECONNAITRE  
LES CENDRES ALCALINES ET TERREUSES.

MESSIEURS ,

Lorsqu'un agriculteur est à même d'apprécier si le terreau est encore chimiquement efficace, dans un sol arable, et lorsqu'il peut aussi connaître très-approximativement les proportions de calcaire, de sel marin ou de plâtre qui y sont contenues, il ne lui reste que bien peu à faire pour avoir une idée complète de sa composition générale.

Il lui reste peu à faire, ai-je dit, parce que je pense que, dans aucun cas, il ne lui est nécessaire de connaître la quantité des alcalis, des phosphates, du fer et des sels solubles qui constituent un sol arable. A moins d'un cas tout particulier, il lui suffira toujours d'en constater la présence, et de juger de leur plus ou moins grande quantité par la manière dont les réactions se manifestent.

En un mot, pour connaître les principes immédiats d'un sol qui lui auront échappé dans l'analyse mécanique, et dont il lui importera peu de déterminer les proportions, il n'aura qu'à faire quelques essais qualitatifs très-simples et très-faciles.

Vous n'avez pas oublié ce que je vous ai dit dans la cinquième et la sixième séance, relativement aux propriétés particulières de ces matières? Eh bien! ce que vous en savez pourrait vous suffire, dans la plus grande partie des cas, pour faire ces essais qualitatifs; mais comme je tiens spécialement à vous initier à ces sortes d'opérations par l'exemple, vous me permettrez encore, pour aujourd'hui, de vous faire assister à des manipulations qui auront pour but de constater dans le sol arable la présence de matières, dont la quantité plus ou moins grande ne peut pas influencer sur le choix des amendements.

Commençons par reconnaître la présence des sels solubles, et, pour faciliter la solution du problème, rendons-le plus compliqué en apparence.

Supposons que nous ayons un sol arable qui renferme du sulfate de magnésie, du sulfate de fer, du nitrate de potasse.

Il est évident que, dès que nous saurons reconnaître chacune des substances qui constituent le mélange, il nous sera encore plus facile de reconnaître chacune d'elles en particulier. Voilà donc comment, en compliquant le problème, on en facilite la solution.

Traitons par de l'eau pluviale tiède une centaine de

grammes de terre riche en sels solubles, et filtrons.

Dès que la liqueur sera filtrée, nous l'évaporerons lentement à un feu nu, mais modéré, jusqu'à réduction d'un tiers : le dernier tiers, nous le transporterons dans une capsule plus petite, pour en achever la dessiccation au bain-marie.

Voyons dans cette capsule le produit d'une opération terminée : la couleur rouge ocracée de ce résidu nous révèle déjà la présence du sulfate de fer. En effet, que l'on prenne un peu de ce résidu, pour le dissoudre dans de l'eau, qu'on y verse de l'acide nitrique et qu'on le partage en deux portions ; par le chlorure de barium, on saura si dans la dissolution il y a des sulfates, car, dans ce cas, on obtiendra un précipité de sulfate de baryte. Par la dissolution de prussiate jaune de potasse, nous saurons s'il y a du fer, parce que nous obtiendrons un précipité de bleu de Prusse.

Nous pouvons donc être certains que la terre sur laquelle nous expérimentons contient du sulfate de fer ; car, lorsque ce métal se trouve dans les sols arables à l'état soluble, il y est toujours sous forme de sulfate, et non pas à l'état de nitrate, ni de chlorure.

Maintenant il nous reste peu à faire pour découvrir si dans ce résidu il y a du sulfate de magnésie. Nous n'avons qu'à constater s'il y a de la magnésie. Il est vrai que cette substance peut se trouver dans les sols arables à l'état soluble sous la forme de chlorure de magnésium, mais alors elle s'y rencontre en très-petite quantité ; si, au contraire, parmi les produits solubles d'un sol, on en trouve

de magnésiens en quantité fort appréciable, on peut être sûr qu'il s'agit de sulfate de magnésie.

Dans le cas actuel, nous savons déjà que la plus grande partie de notre résidu se compose de sulfates, parmi lesquels nous venons de constater le sulfate de fer ; si maintenant nous parvenons à trouver de la magnésie en proportion notable, nous pouvons conclure que, outre le sulfate de fer, il y a aussi du sulfate de magnésie.

Nous n'avons pas oublié qu'il y a un moyen très-simple pour constater la présence de la magnésie. Ce moyen consiste à verser de la dissolution de bi-carbonate de potasse dans le liquide magnésien, et à faire bouillir. La magnésie se précipitera par un précipité formé à la suite de l'ébullition.

Ici nous avons du sulfate de fer : ce qui fait qu'en ajoutant de la dissolution de bi-carbonate de potasse, nous aurons un précipité, dont la présence pourrait masquer l'autre précipité, qui se formerait plus tard par l'ébullition. Il n'y aura donc qu'à filtrer ce premier précipité ferrugineux, et à faire bouillir la liqueur filtrée.

Versons, en effet, sur une portion de ce résidu dissous un peu de bi-carbonate de potasse également dissous : il se forme, comme vous voyez, un dépôt coloré ; filtrons et laissons bouillir la liqueur filtrée.

Comme il faut un certain temps pour que l'opération s'effectue, nous ferons bouillir la liqueur filtrée provenant d'une expérience faite d'avance. Dans quelques instants, vous verrez se manifester un trouble ; ensuite il

Y aura formation d'un dépôt floconneux de carbonate de magnésie.

Passons maintenant à la constatation du nitrate de potasse. Lorsque nous avons parlé, dans la sixième séance, des caractères principaux de cette matière, nous avons dit qu'on peut la reconnaître en la jetant sur des charbons ardents, car elle y fuse avec dégagement de lumière. Mais, dans le cas actuel, cette réaction ne peut pas être provoquée avec succès, le nitrate de potasse se trouvant mêlé à d'autres substances qui peuvent la masquer.

Cependant on peut en faire l'essai, pour voir s'il n'y aurait pas quelque indice. Effectivement, il y a un éclat de lumière, mais cet éclat est trop peu prononcé. Il vaut donc mieux avoir recours à un autre moyen, qui est également très-expéditif, et voici en quoi il consiste :

On met dans deux verres du sulfate de fer pulvérisé : on ajoute à l'un d'eux un peu du résidu qui est censé contenir du nitrate de potasse, et on verse dans les deux verres de l'acide sulfurique pur, et non pas de l'acide sulfurique du commerce. On agite avec une baguette de verre, et on voit que le liquide qui renferme un peu de résidu devient brun, tandis que l'autre, qui sert de point de comparaison, est bien moins coloré, ou ne l'est même pas du tout.

Cette réaction nous prouvera péremptoirement que dans le résidu il y a des nitrates. Maintenant nous voulons savoir si c'est du nitrate de potasse. On verse quelques gouttes de chlorure de platine sur un peu de résidu

dissous dans l'eau, et l'on observe si, au bout de quelque temps, il se forme un dépôt jaune.

Je me hâte de dire que ce dépôt jaune pourrait aussi bien indiquer l'ammoniaque que la potasse. Mais il n'y a rien de plus simple que de s'assurer s'il y a de l'ammoniaque dans ce résidu ; on n'a qu'à en mettre un peu dans un verre à expérience, avec un fragment de potasse ; on verse dessus quelques gouttes d'eau : si dans le résidu il y a de l'ammoniaque, elle doit se dégager, et on s'en apercevra aux fumées denses qui se manifesteront dans l'intérieur du verre, en y introduisant une baguette mouillée d'acide chlorhydrique faible.

Vous voyez qu'il n'y a rien de tout cela, et par conséquent le précipité jaune, produit par le chlorure de platine, indique bien la potasse, et non point l'ammoniaque.

Maintenant je vous dirai qu'il est rare que le sulfate de fer, le sulfate de magnésie et le nitrate de potasse se trouvent simultanément dans le même sol, et que, dans la plus grande partie des cas, il ne s'agit que de constater une seule de ces matières. Or, si vous avez bien saisi ce que je viens de vous démontrer expérimentalement ; si vous vous souvenez de ce que je vous ai dit, en parlant des principales propriétés de chacune d'elles, il vous sera fort aisé de vérifier la nature du sel soluble dont sera pourvue une terre arable donnée.

L'agriculteur ne sera pas plus embarrassé pour reconnaître la présence de certains principes insolubles, qui souvent sont une garantie de fertilité.

Un sol sans fer pourrait être considéré, à coup sûr,

comme stérile ; mais où trouver un sol de cette espèce ? En général, c'est ce métal qui colore les terres arables, et, quand même il y en aurait d'incolores, cela ne prouverait point l'absence du fer. Voilà donc un principe immédiat dont l'agriculteur ne sera presque jamais obligé de constater la présence.

Néanmoins il est facile d'y arriver, le cas échéant ; un instant suffira pour vous en faire connaître le moyen.

Supposez que nous voulions savoir si dans une terre donnée il y a du fer. Nous en introduisons quelques grammes dans un matras, nous y versons un peu d'acide muriatique et un peu moins d'acide nitrique, et nous faisons bouillir pendant 15 à 20 minutes. L'ébullition terminée, on ajoute de l'eau, on filtre, et enfin on évapore le liquide filtré.

Le produit de cette évaporation (produit que nous avons préparé d'avance) étendu d'eau, et mis en contact avec une petite quantité de dissolution de prussiate jaune de potasse, produira un précipité abondant de bleu de Prusse, ou azur de Berlin.

Mais, si l'agriculteur ne se trouve presque jamais obligé de constater la présence du fer dans une terre arable, il sera, au contraire, fréquemment obligé d'y constater la présence des phosphates.

Un sol dépourvu complètement de phosphates serait, sous plusieurs rapports, stérile, à moins qu'on ne lui en donnât au moyen des engrais. Mais il y a des engrais qui renferment des phosphates, et il y en a d'autres qui en renferment peu ou point : le choix entre ces deux espèces



d'engrais dépendra donc de la connaissance préalable de la terre. L'agriculteur choisira un engrais phosphaté lorsqu'il aura une terre non phosphatée, et réciproquement.

C'est pour ne pas avoir connu ces principes, que tant d'agriculteurs ont essuyé des mécomptes dans l'emploi du noir-animal. Cet engrais renferme une quantité considérable de phosphates; son efficacité doit donc être faible dans les terres qui en sont riches. C'est quelquefois à cette circonstance que l'on aurait dû attribuer le peu d'effet du noir-animal, plutôt qu'à sa qualité.

Ce que je viens de dire suffit, je crois, pour vous faire comprendre combien il est nécessaire à un agriculteur de savoir constater la présence des phosphates.

Heureusement que cette constatation est tout ce qu'il y a de plus facile et de plus simple en fait d'essais analytiques.

Traisons par l'acide nitrique une vingtaine de grammes de terre arable épierrée : si cette terre renferme des phosphates, elle les abandonnera à l'acide; en outre, l'acide enlèvera à l'argile une portion de son alumine, dissoudra tout le calcaire, toute la magnésie, et de l'oxyde de fer.

Supposons maintenant que le mélange ait bouilli pendant 10 à 12 minutes, et qu'il soit semblable à ce mélange que voici, et que nous avons fait bouillir d'avance. Nous l'étendrons d'eau, nous le filtrerons, et nous laverons le filtre. La liqueur filtrée sera réduite à siccité au bain-marie, et on versera sur le résidu 10 à 12 gram-

mes d'esprit de vin, aiguisé avec deux à trois gouttes d'acide nitrique.

Après quelques minutes de contact entre le résidu et l'esprit de vin, on filtre; sur la liqueur filtrée on verse une petite quantité d'acétate de plomb dissous dans l'eau.

Si la terre sur laquelle on a expérimenté renferme des phosphates, il se formera un précipité au moment où l'on ajoutera l'acétate de plomb. Dans le cas contraire, il n'y aura pas de précipité.

Voilà donc, en définitive, la réaction qui vous indiquera la présence des phosphates dans un sol arable, et, suivant que cette réaction sera plus ou moins prononcée, ou, en d'autres termes, suivant que le précipité produit par l'acétate de plomb sera plus ou moins abondant, vous jugerez de la plus ou moins grande quantité des phosphates dans le sol.

En résumé, l'agriculteur peut arriver à la constatation de la présence des phosphates insolubles dans le sol, par des opérations d'une grande simplicité, qui consistent dans des ébullitions, des filtrations, des évaporations; et, pour réactifs, il n'a qu'à employer l'acide nitrique, l'esprit de vin et l'acétate de plomb.

Vous me permettrez, Messieurs, avant d'aller plus loin, de vous expliquer le sens des principales opérations que nous venons de faire pour constater la présence des phosphates dans la terre arable.

Par l'acide nitrique, nous avons enlevé à la terre tout ce qui est soluble dans cet acide, et par conséquent les phosphates.

Par l'évaporation à sec, nous avons chassé l'excès d'acide nitrique, et nous avons obtenu un résidu composé de nitrates, de phosphates acides et de phosphates neutres.

Par l'esprit de vin acidulé, nous dissolvons tout ce qui est phosphate et une partie des nitrates; et si, par hasard, il s'était trouvé du sulfate de chaux, il fût resté sans se dissoudre.

Il est important que le sulfate de chaux soit éliminé, car sa présence suffit pour détruire la netteté de la réaction produite par l'acétate plombique.

Enfin, c'est par ce dernier réactif que nous précipitons l'acide phosphorique à l'état de phosphate de plomb.

Nous devrions maintenant nous occuper des essais analytiques nécessaires pour découvrir la présence des alcalis dans un sol; mais ici je dirai toute ma pensée. Ou les alcalis se trouvent dans le sol à l'état soluble, et vous savez par quel moyen les découvrir, puisque vous connaissez les réactifs qui les décèlent; ou les alcalis se trouvent dans le sol à l'état insoluble, et alors il faudra avoir recours à des opérations très-faciles pour un chimiste, mais assez compliquées pour un agriculteur. D'un autre côté, simplifier ces opérations, ce serait peut-être les rendre inutiles.

Arrêtons-nous donc ici; et n'oublions pas que nous débutons dans la chimie agricole, et qu'il ne nous convient pas de nous imposer une tâche décourageante par sa difficulté. D'ailleurs, le principe alcalin est de tous les principes celui dont il importe le moins de constater la

présence. Ce n'est pas qu'il ne joue un grand rôle dans la végétation, mais c'est que l'on peut compter sur sa présence, lorsqu'on s'est assuré de celle de l'argile.

J'ai déjà eu l'occasion de vous dire que toutes les argiles proviennent des roches alcalines, et qu'elles renferment des fragments de ces roches. Là donc où il y a des argiles, il y a des alcalis. Il est vrai qu'une couche d'argile pourra s'appauvrir en alcalis par une longue suite de cultures; mais les labours plus ou moins profonds peuvent ramener la richesse épuisée.

Je crois donc inutile de fatiguer votre attention à ce sujet. Tout ce que vous savez sur l'analyse des sols vous suffira pour le moment. Lorsque vous vous serez familiarisés avec des essais faciles, vous pourrez, avec chance de succès, en aborder de plus difficiles.

Pour compléter ce que nous devons savoir sur l'analyse, sur cette partie de la chimie agricole, que je n'hésite point à déclarer une des plus importantes, il nous reste à nous occuper de la composition des cendres des végétaux.

Vous comprendrez qu'il serait inutile de déterminer ce que l'on trouve dans un sol, ou ce qui lui manque, dans le cas où l'on ignorerait si ce qui lui manque constitue un défaut, et si ce qu'il renferme est bien utile. Or, il n'est pas possible d'arriver à ces notions, si l'on ne connaît point la nature des principes minéraux que les différentes cultures enlèvent au sol; mais on ne pourra connaître la nature de ces principes sans l'analyse des cendres.

Ne craignez pas, Messieurs, que je vous propose de faire pour les cendres ce que je vous ai proposé pour les terres. Ici la question se présente sous un jour beaucoup plus simple.

On connaît la composition de la plus grande partie des cendres des végétaux ordinairement cultivés ; et lorsqu'on a à sa disposition le recueil de ces analyses (*voir ce recueil à la fin du volume*), on n'a qu'à le consulter pour se faire une idée approximative de l'harmonie qui pourra exister entre la nature d'un sol et les exigences des plantes que l'on voudra y cultiver.

Cependant il ne faut pas croire que l'on ait analysé les cendres de toutes les plantes cultivables : d'ailleurs, une nouvelle culture peut se présenter, et, dans ce cas, la connaissance préalable de la cendre de la nouvelle plante devient très-utile.

Mais, pour que l'agriculteur puisse parvenir à connaître la nature d'une cendre, il n'a pas d'opération bien difficile à faire : et, en définitive, cette analyse sera pour lui une opération bien plus simple que l'analyse d'une terre.

Ce n'est pas que la composition de la cendre ne soit aussi complexe et même plus complexe que celle d'une terre ; ce n'est pas que l'analyse rigoureuse d'une cendre ne présente autant et même plus de difficultés que l'analyse rigoureuse d'une terre ; mais l'agriculteur n'a point à rechercher tant d'exactitude, et il doit se contenter de se faire une idée des principes qui dominent dans la cendre, sans aller plus loin.

Les cendres, quelle que soit leur provenance, peuvent se diviser en quatre grandes classes.

La première renferme celles où dominent les principes alcalins. Dans les cendres de la seconde, domineront les principes terreux ; dans la troisième, on trouvera les cendres riches en phosphates ; enfin celles qui sont très-riches en acide silicique formeront la quatrième.

Ainsi les cendres peuvent donc se diviser en alcalines, terreuses, phosphatées et siliceuses.

Les opérations auxquelles il faut procéder pour connaître à laquelle de ces quatre classes appartient une cendre donnée sont si faciles, que je crois inutile de les exécuter sous vos yeux. Une simple description doit vous suffire à vous qui avez déjà assisté à l'analyse de la terre arable.

Supposez que vous vouliez introduire dans vos propriétés une nouvelle culture, et que vous ignoriez la nature des principes minéraux qui lui conviennent le mieux. Il s'agira dans ce cas de connaître la nature de la cendre que la nouvelle plante laissera comme résidu, par suite de la combustion. Procurez-vous donc une certaine quantité de cette plante, et brûlez-la tout bonnement sur l'âtre de votre cheminée.

Dès que l'incinération sera accomplie, passez la cendre par un crible, afin de la séparer des portions non brûlées, et puis pesez-la : de cette manière vous vous ferez une idée du rapport qui existe entre le poids de la plante et le poids de ses principes fixes, et cette notion seule vous donnera une idée approximative de sa faculté épuisante.

Il est évident que, de deux plantes, celle qui laisse le plus de cendre épuisera davantage le sol.

Introduisez ensuite dans un matras 40 grammes de cette cendre avec 100 à 110 grammes d'eau de pluie, et faites bouillir pendant quelques minutes. Jetez le mélange sur un double filtre, lavez ce qui reste sur le filtre, desséchez à la température de l'eau bouillante, et pesez, en mettant sur l'un des plateaux de la balance le filtre contenant la matière et sur l'autre plateau le filtre qui doublait le premier. La perte de poids que vous constaterez par la pesée vous donnera la quantité des sels solubles contenus dans la cendre.

Supposez, par exemple, que la cendre ainsi traitée ait perdu la moitié de son poids, vous en conclurez qu'elle appartient à la classe des cendres alcalines; vous conclurez encore que votre nouvelle plante se plaira dans les terrains alcalifères, dans les terrains granitiques, schisteux, etc., etc.

Il est vrai que tout ce qu'une cendre abandonne à l'eau n'est pas du carbonate de soude ou du carbonate de potasse; il est vrai qu'elle peut renfermer du sulfate de potasse, du chlorure de sodium ou de potassium, des silicates alcalins, et même, quoique rarement, du phosphate de potasse; mais les carbonates alcalins et le carbonate de potasse surtout constituent la plus grande partie des principes solubles.

En considérant donc comme des carbonates alcalins les principes solubles d'une cendre, l'agriculteur est certain d'arriver à des conclusions suffisamment exactes

dans la pratique ; et il choisira, pour sa nouvelle culture, la partie la plus alcalifère de son exploitation, ou bien il avisera à se pourvoir d'engrais ou d'amendements alcalins.

Vous voyez donc, Messieurs, que l'appréciation des sels solubles ou des principes alcalins d'une cendre se réduit à un simple lavage.

Quand même vous auriez trouvé 60 p. 100 et même plus, de sels solubles, ce ne serait pas une raison pour vous arrêter là et pour négliger de connaître, à peu près, la nature des principes insolubles qui restent.

On conçoit facilement qu'une plante, quelque avide d'alcalis qu'elle soit, n'en exige pas moins d'autres principes minéraux pour prospérer.

Ainsi, lorsque l'agriculteur aura soumis au lavage une quantité connue de cendre, il faudra, dans tous les cas, qu'il poursuive ses recherches pour compléter les notions qu'il veut acquérir.

Supposons donc que la quantité des sels solubles contenue dans une cendre soit déjà déterminée : il s'agit de savoir dans quelle proportion s'y trouvent les principes terreux.

On introduira le résidu de cette même cendre dans un matras, on ajoutera de l'acide muriatique étendu de la moitié de son poids d'eau, et l'on fera bouillir pendant 15 à 20 minutes ; on versera ensuite le mélange dans une capsule de porcelaine, on y ajoutera 3 à 4 grammes de sel ammoniac (muriate ou chlorhydrate d'ammoniaque), et puis on évaporera à siccité à la température de l'eau



bouillante; on transportera la capsule sur un fourneau, pour la chauffer graduellement à feu nu, jusqu'à ce que, malgré l'intensité de la chaleur, il n'y ait plus de fumées ni de vapeurs acides. On laissera refroidir la capsule, on répandra de l'eau sur son contenu, et enfin on versera le mélange sur un filtre double : dès que les lavages seront terminés, on dessèchera le filtre et on le pèsera par le procédé ordinaire.

La diminution de poids éprouvée par le premier résidu représentera le principe terreux, qui se compose ordinairement de carbonate de chaux; la magnésic n'y manque presque jamais, mais le carbonate de chaux y domine.

Jusqu'ici, vous le voyez, il n'y a point de difficulté à surmonter : tout est parfaitement simple, et ce qui reste à faire pour déterminer les caractères des deux autres classes ne sera pas plus difficile que ce qu'on a déjà fait.

C'est ce que vous verrez, au commencement de la prochaine séance.



## DIXIÈME LEÇON.

CENDRES PHOSPHATÉES ET SILICEUSES. — ASSOLEMENTS.

MESSIEURS,

Nous avons vu, dans la séance précédente, par quels moyens on peut reconnaître si une cendre donnée appartient à la classe des cendres alcalines ou terreuses.

Aujourd'hui, nous commencerons par démontrer que rien n'est plus facile, que de déterminer si une cendre donnée appartient à la classe des cendres phosphatées ou siliceuses.

Vous n'avez pas oublié que la perte en poids éprouvée par 10 grammes de cendre, à la suite de l'action successive de l'eau et de l'acide chlorhydrique, représentait la quantité des principes alcalins et terreux. Maintenant vous n'avez qu'à faire digérer avec de l'acide chlorhydrique étendu le résidu de ce premier traitement, et la nouvelle perte représentera la quantité des phosphates. Il est évident que le poids de ce résidu définitif sera le poids de la silice.

Comme exemple, je vais prendre une cendre déjà analysée, et je chercherai avec vous dans quelle classe elle peut être rangée.

Soit de la cendre de pommes de terre. Dix grammes, après avoir été traités par l'eau, sont devenus 3,5<sup>gr</sup>. 8. La perte éprouvée par ce traitement est égale à 62 p. 100. Cet essai m'indique déjà que la cendre de la pomme de terre est très-alcaline, et que, par conséquent, elle appartient à la 1<sup>re</sup> classe. Cependant je veux me faire une idée de la nature des principes qui dominent le plus après les alcalis. Je traite mes 3,5<sup>gr</sup>. 8 par de l'acide chlorhydrique; j'ajoute à la dissolution un peu de sel ammoniac, et je dessèche le mélange au bain-marie; je le chauffe ensuite très-fortement, et je le reprends par l'eau. Mes 3,5<sup>gr</sup>. 8 deviennent 0,5<sup>gr</sup>. 8. Cela m'indique, par conséquent, que pour 62 de principes alcalins, il y a 30 de principes terreux. Cependant je veux voir si dans les 8 décigr. qui restent il y a des phosphates; je les fais digérer dans de l'acide chlorhydrique étendu, et je m'aperçois que tous les 8 décigr. se dissolvent; d'où je conclus que la cendre de pommes de terre ne renferme point de silice, ni par conséquent de silicates.

En somme, 10 gr. de cendre de pommes de terre m'ont donné 62 p. 100 de sels solubles, 30 p. 100 de principes terreux et 8 p. 100 de phosphates. J'en conclus que cette cendre est très-alcaline et appartient à la 1<sup>re</sup> classe; j'en conclus, en outre, qu'elle est moyennement terreuse, très-peu phosphatée et nullement siliceuse.

Voilà enfin terminée la partie la plus fastidieuse de nos

études, c'est-à-dire la partie qui réclame des expériences et des opérations de laboratoire, et qui, par cela même, choque les habitudes et soulève les répugnances des agriculteurs. J'ai fait, quant à moi, tous mes efforts pour amoindrir ces obstacles; j'ai sacrifié à des procédés faciles cette scrupuleuse exactitude qui caractérise toute recherche analytique, et qui cependant aurait été superflue pour le but que nous nous proposons; j'ai tâché de prouver que quelques instruments chimiques et quelques réactifs ont autant de droit à l'attention de l'agriculteur qu'une machine agricole, car l'emploi des premiers peut être aussi utile que l'emploi de la seconde; j'ai tâché de prouver qu'on peut parvenir, sans être un chimiste, et moyennant des opérations très-simples, à acquérir des notions suffisantes pour améliorer les pratiques agricoles.

Si j'étais parvenu, non pas à introduire des laboratoires de chimie dans vos exploitations, mais à vous habituer à considérer cette innovation comme facile, rationnelle et utile, je me croirais largement récompensé de mes efforts. Avant de combattre un ennemi, il faut s'habituer à le regarder en face : si aujourd'hui vous commencez à considérer une ancienne habitude comme un préjugé pernicieux à vos intérêts, demain vous songerez sérieusement à l'abandonner.

D'après la marche que nous nous sommes proposé de suivre dans nos études, nous devons parler des assolements.

Quand on compare les notions que l'on a aujourd'hui

sur les assolements avec celles que l'on avait il y a quelques années, on est forcé de reconnaître que peu de sciences peuvent rendre à l'agriculture d'aussi grands services que la chimie.

Si elle n'avait pas mis l'agronome en mesure de comparer entre elles les cendres des différentes cultures, et de comparer ces cendres mêmes avec les principes minéraux des terres arables; si elle n'avait pas permis à l'agronome de faire une espèce de bilan entre les principes organiques introduits dans le sol par les fumiers ou les enfouissages et les principes organiques des récoltes, la théorie des assolements serait encore enveloppée de mystère, et la pratique n'aurait avancé qu'avec cette lenteur à laquelle elle est condamnée lorsqu'elle marche sans l'escorte de la science.

Quelle que soit la valeur de la classification que nous avons adoptée pour les cendres végétales, elle suffit pour prouver que chaque plante épuise le sol d'une manière spéciale, et que, par conséquent, la fertilité d'un sol peut se prolonger plus ou moins longtemps, suivant l'ordre d'après lequel on fait succéder les différentes cultures.

Mais cette fertilité est-elle solidaire de la nature minéralogique du sol, ou bien se rattache-t-elle à la nature des engrais qu'on introduit périodiquement dans le sol même? Cette fertilité relève-t-elle à la fois de la nature du sol et des engrais? Les principes organiques proprement dits, ou les principes aériens des plantes, c'est-à-dire ces principes que les plantes peuvent trouver à la

rigueur dans l'air, le carbone, par exemple, sous forme d'acide carbonique, l'hydrogène sous forme d'eau, l'azote sous forme d'ammoniaque ; ces principes, disons-nous, doivent-ils être pris en considération dans l'étude des assolements ? Quelles sont, en un mot, les règles d'après lesquelles l'agriculteur doit diriger cette pratique, qui a exercé une si heureuse influence sur l'amélioration de l'agriculture ?

Voilà les points que nous discuterons à propos des assolements.

Commençons d'abord par simplifier le problème, en prouvant que le sol, sous le rapport de sa nature minéralogique, n'exerce qu'un rôle secondaire et peu important.

Supposez un terrain artificiel, soit du sable presque pur ; plantez-y des pommes de terre, que la pluie arrosera naturellement : vous verrez qu'en opérant ainsi, votre récolte sera bien chétive ; vous verrez que les tiges seront maigres, étiolées, petites, et que les nouveaux tubercules seront flétris, très-peu développés ; en un mot, vous aurez tous les effets de la stérilité.

Cependant arrachez ces pommes de terre, et ayez bien soin d'en débarrasser complètement votre sol artificiel, sans en laisser le moindre débris.

Ensuite sur ce même sol semez du blé. Dans ce cas, vous ne serez pas plus heureux que dans le cas précédent. Votre blé n'arrivera pas à maturité, vous n'aurez point d'épis : ce ne sera qu'un peu d'herbe jaune plutôt que verte. Quoi qu'il en soit, enlevez cette herbe,

enlevez ses racines, et tâchez qu'il n'en reste point dans le sol.

Après cette seconde récolte, semez du trèfle. Il ne prospérera pas plus que le blé et la pomme de terre, et cette troisième récolte sera aussi maigre que les deux récoltes précédentes ; enlevez maintenant les feuilles et les racines du trèfle, et semez encore du froment, qui ne réussira pas non plus ; enfin, après cette quatrième récolte, semez de l'avoine, seulement pour constater que l'avoine ne sera pas plus heureuse que les deux froments, le trèfle et la pomme de terre.

Cependant vous avez suivi ce que l'on appelle une rotation, et vous avez essayé un ordre de cultures que peut-être plusieurs d'entre vous pratiquent d'habitude avec succès depuis longtemps. En effet, vous avez ouvert la rotation par une plante sarclée, vous l'avez fait suivre par une céréale, celle-ci par une légumineuse, qui a été suivie successivement par deux récoltes, la première plus exigeante que la dernière.

Et remarquez bien qu'en changeant l'ordre des cultures, qu'en mettant la plante sarclée au milieu, par exemple, ou bien en commençant la rotation par la légumineuse, le résultat n'aurait pas été différent.

Représentons-nous maintenant la même série d'expériences, mais faites sur un sol artificiel d'une nature meilleure que le précédent ; un sol, par exemple, composé de sable, d'argile, et d'un peu de calcaire. Dans ce cas, nous verrions une légère amélioration dans les récoltes ; cependant le blé ne parviendrait pas à maturité,

l'avoine non plus; mais ces deux céréales donneraient des épis qui ne mûriraient point, il est vrai, et dont les tiges seraient molles et lâches, mais qui indiqueraient néanmoins une végétation plus avancée : le trèfle et la plante sarclée ne donneraient pas non plus de résultats satisfaisants; mais, en définitive, il y aurait encore ici quelque léger indice d'amélioration.

Et si l'on avait aussi interverti l'ordre des cultures, on ne se serait pas aperçu d'une bien sensible différence dans la qualité et dans la quantité des récoltes.

D'où l'on est obligé de conclure que, lorsqu'on fait abstraction de tout ce qui est étranger au sol, c'est-à-dire de tout ce que les différentes cultures peuvent y laisser et de tout ce que les fumiers peuvent y introduire, et qu'on ne prend en considération que le sol, sous le point de vue minéralogique, l'influence de ce sol sur les différentes cultures successives, formant la rotation ou l'assolement, est bien peu de chose.

Cette légère influence du sol considéré isolément ressortira encore davantage, si l'on songe aux résultats heureux que l'on obtient lorsqu'on opère cette même rotation dans une terre composée de sable, d'argile et d'un peu de calcaire, mais enrichie, au commencement de la rotation, par une forte dose de fumier, enrichie ensuite par les racines des plantes qui y ont végété, par l'enfouissage des fanes de la plante sarclée, et par l'enfouissage de la troisième pousse du trèfle.

Maintenant que nous avons fait la part de l'influence que le sol, considéré sous le point de vue minéralogique



exerce sur les assolements; maintenant que nous avons établi que cette influence est très-peu sensible, et que la réussite semble au contraire se lier étroitement avec les fumiers et les enfouissages, tâchons de mettre en évidence cette liaison, et commençons par nous faire une idée bien exacte du but que l'on se propose d'atteindre par la pratique des assolements.

Si, dans un terrain fertile, on fait une suite de récoltes, sans renouveler les engrais, on remarque qu'elles vont en diminuant. Ainsi, les récoltes affaiblissent la fertilité du sol. C'est un fait trop souvent sanctionné par l'expérience pour qu'il puisse être un sujet de doute.

D'un autre côté, on a reconnu depuis longtemps que les différentes espèces de plantes cultivées épuisent la terre d'une manière très-différente : on admet même que, loin de l'épuiser, certaines espèces, comme le trèfle, la luzerne, lui communiquent une nouvelle vigueur.

Mais cette opinion est erronée, et on peut admettre en principe que toute plante, sans exception, appauvrit le sol dans lequel elle végète. L'appauvrissement, il est vrai, sera plus ou moins sensible, suivant que la plante récoltée aura laissé dans le sol plus ou moins de débris; mais le fait de l'appauvrissement, à part sa mesure, est, dans tous les cas, incontestable.

Thaër a prétendu le mesurer par la quantité de substance nutritive contenue dans les récoltes; mais cette méthode est nécessairement inexacte, parce qu'elle ten-

drait à faire admettre que tous les éléments dont une plante est formée dérivent du sol.

La terre, sans doute, contribue dans une certaine proportion au développement des végétaux, mais on ne peut plus douter aujourd'hui que l'air et l'eau n'y contribuent également.

D'ailleurs, on n'a qu'à songer aux végétations marines. Il y en a qui atteignent des hauteurs gigantesques. Cook parle d'un fucus de 360 pieds, qui, certainement, n'empruntait pas ses éléments constitutifs au sol sur lequel il s'appuyait, car ce sol n'était autre chose qu'un rocher aride. Quoi qu'il en soit, cet appauvrissement, résultat inévitable des récoltes, doit être compensé; on y parvient au moyen des engrais, dont la quantité est généralement limitée. Il en résulte qu'il faut parer à l'épuisement des terres par une succession de cultures convenablement choisies, ou, en d'autres termes, par des rotations ou des assolements rationnels.

La pratique des assolements a donc pour but d'obtenir, dans le moindre espace de temps possible, de fortes récoltes, tout en occasionnant des épuisements faibles et en ménageant l'emploi des engrais.

Comme il n'entre pas dans mon plan de vous faire l'historique des assolements et de vous dire par quelle série de modifications cette pratique est allée en s'améliorant jusqu'à nos jours, j'analyserai de suite un cas particulier, et de cette analyse il ressortira des principes théoriques qui doivent rester invariables, quelles que

soient les localités et les circonstances où se trouvera une exploitation.

Je prendrai donc pour exemple une rotation quinquennale, qui représentera pour nous, une moyenne entre les assolements de trois et de sept ans.

1 <sup>re</sup> année,	—	pommes de terre ;
2 <sup>e</sup>	—	froment ;
3 <sup>e</sup>	—	trèfle ;
4 <sup>e</sup>	—	froment et navets ;
5 <sup>e</sup>	—	avoine.

Pour discuter cette rotation, je commencerai par examiner son produit total en matière organique et minérale. J'examinerai ensuite la portion organique et la portion minérale de l'engrais employé, et nous verrons quel aura été le bénéfice.

Je vous en prévient, les données que je vais citer sont réelles et ont été empruntées à une exploitation sur une grande échelle. Dans ce que je vais dire, il n'y a rien de spéculatif ; tout est pratique.

Le tableau que voici doit nous aider singulièrement dans cette discussion.

TABLEAU des produits d'un assolement de cinq ans.

ANNÉES.	SUBSTANCES.	RÉCOLTES	RÉCOLTES	MATIÈRES	MATIÈRES
		par hectare.	sèches.	organiques des récoltes.	minérales des récoltes.
		K.	K.	K.	K.
1 <sup>re</sup>	Pomme de terre. . .	42800	3085	2964,6	423,4
2 <sup>e</sup>	Froment. . . . .	4343	4448	4120,5	27,5
	Paille de froment. .	3052	2258	2099,9	458,4
3 <sup>e</sup>	Trèfle en foin. . . .	5100	4029	3718,8	310,2
4 <sup>e</sup>	Froment. . . . .	4659	4418	4384,0	34,0
	Paille de froment. .	3770	2790	2594,7	495,3
	Navets. . . . .	9550	716	661,6	54,4
5 <sup>e</sup>	Avoine. . . . .	4344	4064	4021,4	42,6
	Paille d'avoine. . .	4800	4283	4217,6	65,4
	Somme. . . . .	40448	47791	46780,4	4040,9
	Engrais employé. .	49086	40161	6889,4	3271,9
	Différence		+7630	+9891,0	-2261,0

Dans notre rotation, chaque hectare d'une terre de qualité moyenne a produit 42800 kil. de pommes de terre. Mais ces tubercules renferment une quantité considérable d'eau, qui ne doit pas figurer dans la récolte, pour la même raison qu'elle ne doit pas être considérée non plus dans l'appréciation de leur pouvoir nutritif.

En retranchant l'eau, ces 42800 kil. se réduisent à

3085 kil. ; et cette quantité ne laisse par l'incinération que 123 kil. , 4 de cendres. Il en résulte que la récolte de la première année de la rotation est représentée par 2961 kil. , 6 de matières organiques, composées de carbone , hydrogène, oxygène, azote, et de 123 kil. , 4 de matières minérales.

La deuxième année est encore plus productive que la première sous le rapport du rendement matériel, puisque, si j'additionne le froment à la paille, j'obtiens environ un dixième de plus que sur la récolte précédente.

Je ferai la même remarque pour la troisième année : le poids du trèfle sec est d'un cinquième et demi plus fort que le poids de la récolte de la deuxième année.

Et de même le poids total de la récolte sèche de la quatrième année est d'un quart et demi plus fort que celui de la troisième.

C'est à la cinquième année que l'on s'aperçoit de l'épuisement du sol, car la récolte de l'avoine est la plus faible de toutes, quant au poids de la matière.

Mais, à part cette remarque, qui reviendra dans un moment plus opportun, toujours est-il que, dans la rotation de cinq ans, on a obtenu 16780 kil. de matières organiques, et 1010 kil. , 9 de matières minérales.

En commençant la rotation, on a fumé le sol, à raison de 27 voitures par hectare, avec du fumier de ferme, dont le poids total, à l'état frais, est de 49086 kil. , représentant 10161 kil. de fumier sec. Cet engrais a donné à l'analyse 6889 kil. de matière organique, et 3271 kil. , 9 de matière minérale.

En admettant qu'à la fin de la rotation, la terre se trouve au même point qu'au commencement, ce que je ne crois pas exact, il en faudra conclure que, pendant les cinq années de la rotation, la culture a emprunté à l'air 9891 kil. d'éléments organiques, oxygène, hydrogène, carbone et azote, et au fumier 1011 kil. de matières minérales.

Mais, comme le fumier employé pendant la rotation renfermait 3272 kil. de principes minéraux, il est évident qu'à la fin, le sol doit s'être enrichi de 2261 kil. de ces principes. J'ajouterai que le sol doit s'être enrichi en outre d'une certaine quantité de principes végétaux, car il ne faut pas croire que les 6889 kil. de matière organique contenus dans le fumier aient été entièrement assimilés par la végétation des cinq années.

Nous admettons ce fait dans nos calculs, pour simplifier; mais il est certain qu'une portion du fumier n'a pas été décomposée et assimilée complètement pendant cette période. Au surplus, chaque plante qui figure dans l'assolement laisse quelque chose au sol. Les pommes de terre laissent leurs fanes, les céréales et le trèfle leurs racines, sans parler des cas où la plante entière y est enfouie. Ce qui reste dans le sol représente donc une partie des principes empruntés à l'air par la plante, principes qui vont se transformer en engrais véritables.

D'où il faut conclure que, dans le fait, la quantité des éléments organiques empruntée à l'air par la culture quinquennale est plus considérable qu'elle ne le paraît,

d'après nos calculs, et que le terrain, par une suite de rotations bien entendues, doit nécessairement s'améliorer. En effet, est-il un cultivateur qui ignore que la terre bien cultivée s'améliore et devient en définitive plus fertile ?

Maintenant que nous avons aperçu le rapport général qui existe entre la récolte quinquennale et l'engrais employé ; maintenant que nous avons vu quel est le rapport entre l'intérêt et le capital, c'est-à-dire entre la récolte marchande et l'engrais, discutons la convenance de la rotation considérée en elle-même, et tâchons de découvrir pourquoi il importe de faire succéder les différentes cultures d'après un certain ordre, et pourquoi cet ordre est subordonné à des règles déterminées. C'est de cette discussion que doit ressortir en grande partie la théorie des assolements.

L'assolement que nous avons choisi pour exemple, par cette raison que nous avons toutes les données pour le discuter, s'ouvre par une plante sarclée, se continue par une céréale dans laquelle est intercalé du trèfle, et se ferme encore par une céréale.

Si, au lieu d'ouvrir la rotation par une plante sarclée, on l'avait ouverte par une céréale ; si, au lieu d'intercaler le trèfle entre les deux cultures céréales, on l'avait fait succéder à toutes les deux ; si la plante sarclée avait suivi le trèfle, au lieu de précéder la céréale, on peut être sûr que le bénéfice aurait été moindre, et que le résultat total aurait été loin d'être satisfaisant.

Il s'agit d'expliquer la convenance d'une succession

telle qu'elle a été conçue dans l'assolement qui nous sert d'exemple.

Quand on veut savoir si un champ est soigneusement cultivé, on n'a qu'à regarder si dans les récoltes il y a de mauvaises herbes : celles-ci enlevant à la plante cultivée sa nourriture, plus il y en aura, moins la récolte sera bonne. On conçoit donc que, pour éviter cet inconvénient, il faille apporter à la préparation de la terre un soin tout particulier.

A cet effet, les agriculteurs cultivent les plantes qui exigent, pour bien venir, de riches fumures, des labours réitérés et l'extirpation des mauvaises herbes : de là les opérations connues sous le nom de binage et de sarclage.

Les plantes qui ont besoin de tous ces soins, et qui portent le nom de plantes sarclées, sont les pommes de terre, les betteraves, les choux, les navets, le colza, les carottes, etc., etc.

On conçoit qu'en ouvrant la rotation par une plante sarclée, non-seulement on nettoie le sol des mauvaises herbes, mais on l'ameublît, et on le rend ainsi plus apte à ressentir l'influence des agents fécondants ; enfin on l'enrichit de matières nutritives, car on l'enrichit de fumier.

Mais on pourrait objecter que, si l'on améliore le sol par la fumure, le binage et le sarclage, la récolte de la plante sarclée doit l'épuiser en partie, car, d'après le tableau ci-dessus, on voit qu'un hectare a produit en une année 3085 kil. de pommes de terre sèches : une partie de



cette récolte doit représenter, sans aucun doute, une partie de l'engrais, et par conséquent un appauvrissement du sol.

Pourquoi, pourrait-on dire encore, ne prépare-t-on pas le sol par des labours et des enfouissages des mauvaises herbes, ou bien encore par des sarclages, sans faire intervenir une culture qui, de toute manière, doit appauvrir le sol?

Malgré le prétendu appauvrissement occasionné par la première culture d'une plante sarclée, les récoltes successives ne sont pas moins riches que la première; au contraire, on les voit augmenter d'année en année, jusqu'à la dernière, où l'épuisement commence à se manifester. En effet, la récolte était, dans la première année, de 3085; dans la seconde, elle est de 3400; dans la troisième, de 4000, et dans la quatrième, presque de 5000: ce n'est que dans la dernière que l'on aperçoit une décroissance sensible.

D'un autre côté, l'idée de labourer, sarcler et enfouir sans récolter, implique l'idée de la jachère, et nous verrons plus tard que, généralement parlant, il n'y a pas de pire assolement que celui avec jachère; car celle-ci n'apporte que l'amélioration du terrain, tandis que la culture d'une plante sarclée apporte l'amélioration du terrain et, en outre, une récolte. Et même, en admettant que l'amélioration par la plante sarclée soit moins efficace que l'amélioration par la jachère, l'expérience a démontré que la différence est amplement et largement compensée par la récolte.

Maintenant, il me sera aisé de vous prouver que l'appauvrissement du sol occasionné par la récolte de la plante sarclée, est en réalité très-peu de chose.

D'abord, sous le rapport des principes minéraux, on voit par le tableau que la récolte de la plante sarclée n'en enlève qu'un 26<sup>e</sup> à peu près. Quant aux principes organiques, je vous ferai observer que ces 3085 kil. de pommes de terre sèches ont été récoltés en même temps que leurs fanes, dont le poids déterminé à l'état sec était de 709 kil. Mais ces fanes renferment 583 kil. de principes végétaux qui retournent à la terre, car les bons praticiens ont constaté que les fanes sont une mauvaise nourriture pour les bêtes, et ils aiment mieux les enfouir, et leur faire jouer ainsi le rôle de fumier. Par conséquent, si vous avez enlevé par la récolte de la plante sarclée 3000 environ de matière végétale, vous en avez rendu presque 600.

Au surplus (et voici le point le plus important), il est aujourd'hui démontré que plus une plante a les organes aériens développés, plus elle emprunte à l'air atmosphérique d'éléments de son développement. Or, si l'on compare la superficie des feuilles d'une pomme de terre à la superficie-totale de la plante entière, on trouve une forte différence en faveur de la superficie des feuilles. Par conséquent, on peut être sûr qu'une partie des principes végétaux d'une plante de pomme de terre provient de l'air atmosphérique, et que la portion de ces principes, que l'on rend au sol par l'enfouissage des fanes, compense, sinon complètement, du moins en grande partie, la

portion enlevée définitivement aux fumiers par la récolte.

Ce que je viens de dire pour justifier l'usage d'enfouir les débris de la plante sarclée, qui ouvre la rotation, renferme une grande partie du secret de la théorie des assolements.

C'est ce que je tâcherai de vous démontrer dans la séance prochaine.



## ONZIÈME LEÇON.

SUITE DE L'ÉTUDE DES ASSOLEMENTS.

MESSIEURS,

En ouvrant la rotation par une plante sarclée, on nettoie la terre et on la prépare aux cultures subséquentes, et, dans la récolte, on trouve une compensation aux frais de fumure et de main-d'œuvre. Si l'on préparait la terre par une jachère, le bénéfice serait moindre, car on aurait une récolte de moins. Voilà ce que nous avons tâché de démontrer et d'établir, en terminant la dernière séance.

Essayons aujourd'hui de démontrer qu'il convient de faire suivre la culture de la plante sarclée par celle du froment.

Nous disons que nous allons prouver la convenance de cultiver le froment après la plante sarclée, et non pas la nécessité. L'agriculture n'est qu'une industrie; elle doit

par conséquent subordonner ses productions à la consommation et aux débouchés.

Si, dans la rotation que nous avons prise pour exemple, on fait suivre la plante sarclée par le froment, c'est que, dans la localité où cette méthode est pratiquée, il y a plus d'avantage, au point de vue industriel, à produire du froment qu'une autre plante; mais il n'en est pas moins vrai que, si les circonstances commerciales étaient autres, il conviendrait peut-être mieux de cultiver une plante tout à fait différente du froment.

Nous admettons donc la culture du froment dans la deuxième année de la rotation, plutôt pour développer un principe que pour démontrer une nécessité.

En comparant une plante sarclée à une céréale telle que le froment, on reste convaincu que cette dernière doit être beaucoup plus épuisante que la première. En effet, celle-ci est douée d'organes aériens très-développés; celle-là, d'organes aériens à petite surface. Par conséquent, les feuilles du froment, à parité de circonstances, doivent moins emprunter à l'air que les feuilles de la plante sarclée: en outre, il arrive un moment où la feuille du froment se meurt, tandis que la graine continue à croître et à grossir; ce qu'elle ne peut faire qu'en empruntant exclusivement à la terre.

Et remarquez bien que, dans cette période de sa nourriture terrestre, la graine du froment demande surtout à la terre le principe dont l'air est très-pauvre et dont la terre n'est jamais très-riche: je veux parler de l'azote.

Une récolte de froment appauvrit bien plus le sol en ammoniacque, ou si vous voulez en azote, qu'une récolte de pommes de terre, quoique cependant, pour le cas actuel, cette dernière récolte représente 46 kil. d'azote provenant de l'ammoniacque, tandis que celle du froment et de sa paille n'en représente que 35. Mais il y a cette différence que la plus grande partie de l'azote de la pomme de terre dérive de l'ammoniacque de l'air atmosphérique, tandis que la plus grande partie de l'azote du froment dérive de l'ammoniacque introduite dans la terre par les fumiers.

Observons en outre qu'une récolte de pommes de terre restitue au sol 583 kilogrammes de principes végétaux constituant les fanes. Or, dans cette quantité on en trouve 16 d'azote.

Supposons maintenant que le chaume de notre récolte de froment soit enfoui immédiatement : il apportera dans le sol 551 kil. de principes organiques renfermant 2 kil. 5 d'azote.

Ainsi, outre que le froment emprunte peu à l'air, en proportion de la pomme de terre, ce qu'il restitue au sol par l'enfouissage du chaume, ne renferme qu'une très-petite quantité d'azote, de ce principe qui de tous a le plus d'importance dans la végétation ; et cette importance tient : 1° à ce qu'il est le moins répandu dans les fumiers ; 2° à ce que, parmi les principes qui concourent au développement d'une plante, il est celui qui joue, d'après les observations des physiologistes, le rôle le plus considérable, attendu que les organes nais-

sants des végétaux renferment autant d'azote que les tissus des animaux.

D'après ce que nous venons de dire, n'est-il pas rationnel de faire suivre une plante peu épuisante par une plante très-épuisante?

Tâchons de faire encore ressortir la convenance de cultiver le froment après la plante sarclée, en nous mettant à un autre point de vue.

Une plante, quelle qu'elle soit, ne se compose pas seulement de principes aériens, mais aussi de principes minéraux : la présence des uns est aussi indispensable que celle des autres.

Parmi les conditions de prospérité d'une plante se trouve celle qui se rattache à la présence des principes minéraux dans le sol. Une plante, par exemple, dont la cendre sera très-phosphatée périra, si elle ne trouve dans la terre où elle végète une quantité suffisante de phosphore.

Mais, abstraction faite de l'influence que le sol peut exercer, comme source de principes minéraux, nous avons déjà vu que le fumier employé dans un assolement renferme de ceux-ci plus que les cinq récoltes n'en exigeront.

Portez maintenant votre attention sur le tableau ci-contre ; suivez les développements et les explications dans lesquelles je vais entrer, et vous verrez combien est rationnelle la rotation que nous étudions.

TABLEAU des principes minéraux renfermés dans les engrais et les récoltes d'une rotation.

ANNÉES.	NATURE DES RÉCOLTES.	Total des parties minérales des récoltes.	Acide phosphorique.	Acide sulfurique.	Chlore.	CHAUX.	MAGNÉSIE.	ALCALIS.	SUCC.
		K.	K.	K.	K.	K.	K.	K.	K.
1 <sup>re</sup>	Pommes de terre.	423,40	16,20	10,30	3,80	2,60	7,80	74,20	8,50
2 <sup>e</sup>	Froment et paille.	185,60	15,70	4,90	1,00	14,49	11,82	22,24	118,45
3 <sup>e</sup>	Trèfle. . .	310,20	26,11	10,31	10,85	102,18	26,11	112,68	21,96
4 <sup>e</sup>	Froment et paille.	229,30	19,49	2,38	1,23	17,90	14,62	27,48	146,20
	Navets. . .	54,40	4,16	7,44	2,01	7,44	2,90	26,04	4,41
5 <sup>e</sup>	Avoine et paille.	108,00	8,96	3,34	3,45	7,56	5,50	26,35	52,81
Somme. . . . .		1010,90	90,62	35,67	22,34	152,17	68,75	288,99	352,33
Matières minér. des engrais. . .		3271,90	98,00	332,00	35,00	581,00	148,00	370,00	1707,90
Excès sur les ma- tières minéral. des récoltes.		2261,00	7,38	296,33	12,66	428,83	79,25	84,01	1355,57

Le fumier que l'on a mis en terre au commencement de la rotation renferme 3272 kil. de substances minérales représentées par de l'acide phosphorique et sulfuri-



que, chlore, chaux, magnésie, alcalis et silice. La quantité de ces substances enlevée par les trois récoltes de la rotation est de 1011 kil : il y a donc ample abondance de ces principes dans le fumier employé. Voilà pour le fait général : passons aux détails.

La récolte des pommes de terre dans notre assolement enlève au sol 123 kil. de principes minéraux, dont 74,20 sont des alcalis. La pomme de terre est donc une plante qui, par cela même qu'elle donne des cendres très-alcalines, épuise le sol d'alcalis.

Maintenant, si vous remarquez que le froment qui succède à la pomme de terre préfère aux alcalis la silice, puisque la récolte de cette céréale en a enlevé au sol 118 kil., vous sentirez toute la convenance d'avoir cultivé l'une après l'autre deux plantes qui ont des exigences différentes : la première cherche les alcalis, la seconde la silice.

Que serait-il arrivé si, au lieu de cultiver d'abord la plante alcaline, et puis la plante siliceuse, on avait cultivé ou deux plantes alcalines, ou deux plantes siliceuses? La première aurait nui à la seconde, dans ce sens qu'elle aurait appauvri le sol d'un principe dont la seconde aurait été avide.

Je sais que vous allez m'objecter que, les engrais renfermant en grande abondance tous les principes minéraux des récoltes, on ne conçoit point la nécessité d'un ordre donné dans la succession des cultures, ordre qui aurait pour but de ménager à chaque plante le principe minéral qu'elle préfère.

Pour répondre à cette objection, je commencerai par vous donner un exemple. Supposez que nous eussions cultivé sur notre hectare de terre fumée, et contenant par conséquent 98 kil. d'acide phosphorique, supposez, dis-je, que nous eussions cultivé une plante qui eût exigé, pour se développer, précisément les 98 kil. d'acide phosphorique; vous pouvez être sûrs que vous auriez échoué dans votre tentative, et cependant rien n'aurait manqué de ce qui aurait dû amener la réussite.

Il ne suffit pas qu'il y ait dans les fumiers les principes minéraux nécessaires aux cultures successives, il faut encore que ces principes soient prêts pour l'assimilation au moment où les plantes viendront les demander.

Mais cette condition ne peut se réaliser que peu à peu et en raison de la décomposition des fumiers.

Une masse de cet engrais renfermant 1000 kil. de silice pourra très-bien être incapable d'en céder un seul gramme à une plante qui le lui demandera à un moment donné.

C'est précisément cette attente indispensable qui explique l'action tantôt prompte, tantôt tardive des fumiers. C'est encore cette attente qui explique les effets de la jachère en friche dans les pays où l'art agricole n'est pas très-avancé et où l'on ne peut disposer de quantités convenables de fumier. La jachère en friche, le repos de la terre, ont pour but de préparer à l'assimilation les principes minéraux renfermés dans la terre elle-même, et qui ne sont pas naturellement assimilables.

La richesse de certaines terres en alcalis tient à la présence des débris des roches feldspathiques; mais croyez-vous obtenir un résultat bien remarquable en cultivant une plante avide d'alcalis dans du feldspath? Assurément non. Vous n'obtiendrez de résultat sensible que lorsque le feldspath, par un concours de circonstances extérieures, se sera décomposé et aura mis en liberté une portion de son alcali sous une forme convenable à l'assimilation.

Il n'y a pas de doute que, parmi les circonstances extérieures qui concourent à la préparation des principes minéraux, se trouve l'action même des racines des plantes en culture; mais cette action est elle-même très-lente et ne peut qu'ajouter à l'effet général sans le déterminer à elle seule.

Il est donc rationnel en principe de ne pas cultiver successivement sur le même sol deux plantes à exigences semblables. Ce principe est respecté jusqu'à présent dans notre assolement; car la pomme de terre, qui ouvre la rotation, est une plante alcaline, et le froment qui succède à la pomme de terre est une plante siliceuse.

Voyons si la troisième culture est aussi rationnelle que les deux précédentes.

Le froment est une plante épuisante, car l'exiguité de ses organes aériens ne lui permet d'emprunter à l'air que la moindre partie des éléments qui la constituent. Elle est épuisante, car ce qu'elle rend au sol par le chaume, provenant en grande partie du sol, ne peut pas

offrir une compensation sensible à l'appauvrissement occasionné par la récolte.

Si l'on veut une nouvelle récolte de froment, il est donc nécessaire d'enrichir la terre de nouveau, soit en lui donnant encore du fumier, soit en l'abandonnant à la jachère, soit en y cultivant des plantes améliorantes.

L'emploi des fumiers est un moyen exceptionnel, car, si toutes les exploitations agricoles étaient aux portes des grandes villes, où l'on trouve des fumiers en abondance, ou bien si elles étaient organisées de manière à en avoir à discrétion, alors l'agriculture ne serait que du jardinage, et il n'y aurait plus à se préoccuper des assolements, qui, ainsi que je vous l'ai déjà dit, sont un moyen d'économiser les engrais sans diminuer les récoltes.

Mais ce n'est que par exception que l'on a du fumier à volonté, je le répète, et le moyen d'améliorer une terre par les fumiers est un moyen qui, le plus souvent, n'est pas praticable.

L'amélioration par la jachère est peu économique; car, ce que l'on se propose en agriculture, c'est d'avoir des produits dans le moins de temps possible: or, l'année de jachère est une année passive, et la récolte que l'on obtient après la jachère représente le produit de deux ou plusieurs années.

La jachère n'est admissible que là où les terres ont peu de valeur, et où les populations sont rares et chélieves. Mais quand l'accroissement de la population a donné aux terres une plus grande valeur, on demande au sol

une plus grande quantité de produits, et les cultures imparfaites, qui rappellent le système pastoral dans toute sa pureté, deviennent insuffisantes.

A une époque où la population est exubérante, et où la culture des céréales devient de plus en plus nécessaire, l'amélioration des terres par la culture de certaines plantes est une convenance économique, vu que, sans dépense de fumier, on obtient des produits dans cette période d'attente, qui est improductive pendant la jachère.

Examinons comment, dans la 3<sup>e</sup> année de notre rotation, il peut y avoir amélioration de la terre.

Au premier coup d'œil, on pourrait douter qu'il y eût réellement amélioration, car la récolte de cette troisième année est représentée par 4029 kil. ; ce chiffre est supérieur aux deux qui représentent la récolte de la seconde année. Comment donc une récolte plus forte pourra-t-elle améliorer la terre ?

Quand on récolte le trèfle, on n'arrache pas ses racines : elles restent en terre, et se convertissent en engrais. Or, une expérience directe a prouvé que 4029 kil. de trèfle laissent en terre 3210 kil. de racines considérées à l'état sec ; mais ces racines renferment 2805 kil. de principes aériens, parmi lesquels l'azote figure pour 60 kil.

Si l'on réfléchit que le trèfle est, ainsi que la pomme de terre, une plante à organes aériens très-développés, et que, par cela même, il doit avoir emprunté à l'atmosphère une grande partie des éléments de son

développement, on conçoit que les racines, qui représentent plus des trois quarts du poids de la récolte et qui restent dans la terre, doivent dédommager celle-ci en grande partie de la perte que la récolte lui a fait subir.

Ajoutons à cela que la culture de la quatrième année est très-avide d'azote : or, si le trèfle enlève au sol, par sa récolte, 84 kil. d'azote, il en laisse dans la terre 60 kil. par ses racines.

L'azote que la terre perd par la culture du trèfle est donc peu de chose, si l'on considère que cette plante a emprunté à l'air une grande partie de cet élément.

D'un autre côté, les cendres du trèfle sont alcalines, c'est à peine si elles sont siliceuses ; tandis que les cendres du froment, qui sera cultivé après le trèfle, sont très-siliceuses, ainsi qu'on peut le voir dans le tableau précédent. Même sous le rapport des principes minéraux, la culture du trèfle non-seulement ne fait pas de tort à la culture du blé qui suivra, mais elle lui est très-avantageuse, car pendant une année elle contribue d'une manière indirecte, à préparer la silice que le blé de la quatrième année doit s'assimiler.

Le trèfle, sous ce rapport, a joué le rôle de jachère, mais de jachère productive.

On conçoit donc qu'en intercalant entre les deux cultures de céréales une culture de trèfle, on améliore la terre avec plus d'économie qu'en y intercalant une jachère avec fumure. Les racines du trèfle jouent le rôle d'un engrais qui n'a pas besoin d'être enfoui ou transporté ;

la préférence que le trèfle donne aux principes minéraux sur la silice équivaut au repos du sol pendant la jachère, puisque, dans les deux cas, la silice a le temps de se préparer à l'assimilation pour la culture subséquente.

De cette discussion il ressort ceci : qu'une rotation doit toujours commencer par une plante qui nettoie et prépare la terre ; que les plantes à organes aériens développés doivent succéder aux plantes à organes aériens exigus, car les premières dédommagent pour ainsi dire la terre des pertes qu'elle éprouve par la culture des secondes.

Vous direz : mais si la culture du trèfle, au lieu d'épuiser, améliorerait la terre, pourquoi donc les cultivateurs, qui auraient un facile débouché de leur foin, ne cultiveraient-ils pas tous les ans du trèfle exclusivement ? De cette manière, non-seulement on aurait un intérêt sans mise de capital, mais de temps en temps on pourrait semer du blé, qui viendrait très-bien, vu l'amélioration produite par les cultures précédentes, sauf à réparer, en pratiquant une nouvelle culture de trèfle, l'épuisement occasionné par le blé. Vous ajouterez encore : on sait qu'on ne peut semer du trèfle qu'à de longs intervalles, puisqu'il ne peut revenir que tous les quatre à cinq ans sur le même sol. A quoi tient cette anomalie ? à quoi tient cette contradiction entre les qualités améliorantes du trèfle et l'impossibilité de sa culture continue ?

C'est un fait qu'une plante ne peut pas être cultivée continuellement sur le même sol. Bien des théories ont été

proposées pour l'expliquer. On a cru d'abord que chaque plante cherche une nourriture exclusive, et qu'une fois le sol dépourvu de la matière qui doit lui servir d'aliment, il devient stérile pour certaines espèces de culture.

Mais on a bientôt vu qu'il n'en était pas ainsi, et que les organes de chaque plante tiraient les sucs qui lui sont nécessaires des substances qui concourent à la nutrition générale des végétaux.

En effet, les plantes les plus opposées par leurs caractères botaniques et par leurs diverses propriétés, celles qui sont alimentaires, comme celles qui sont vénéneuses, peuvent prospérer sur la même motte de terre, aux dépens d'un engrais commun.

On a imaginé plus tard que les végétaux d'organisations diverses ont, en raison de l'extension et du développement plus ou moins considérable de leurs racines, la faculté d'aller chercher, à différentes profondeurs, la matière nutritive contenue dans le sol. Mais cette explication ne saurait être généralisée.

Plus tard encore, on a fait jouer un rôle aux excréments des racines. On a prétendu qu'elles exsudent une matière comparable, sous le rapport physiologique, aux excréments des animaux; que ces excréments peuvent bien servir d'aliment à d'autres plantes, mais jamais à celles d'où ils dérivent. De là résulterait la nécessité d'alterner les cultures. C'est d'après cette idée que de Candolle a établi sa théorie des assolements; c'est d'après cette idée que de Humboldt et Plenck ont expliqué



la cause des attractions et des répulsions de certaines plantes.

Mais rien n'est moins prouvé que la réalité de ces prétendues excréctions végétales. La manière dont les expérimentateurs ont opéré pour l'établir fait voir qu'ils ont pris pour des excréctions des produits morbides de la végétation. Effectivement, si chaque plante abandonnait au sol une certaine quantité d'excréments incapables de lui offrir une nourriture pour l'avenir ; s'il était nécessaire de faire remplacer les excréments d'une certaine plante par ceux d'une autre, comment pourrait-on expliquer que, depuis une époque bien antérieure à la découverte de l'Amérique, sur une grande partie de la côte du Pérou, on ne cultive que du maïs ? Comment pourrait-on expliquer la culture continue du blé depuis deux siècles sur les plateaux des Andes ?

La canne à sucre, le topinambour, l'indigo, la pomme de terre, sont, dans quelques localités, cultivées continuellement sur le même sol.

Toutes ces théories ne peuvent donc pas donner la solution du problème : d'ailleurs il n'a point le caractère de généralité qu'on lui attribue, et j'ose même dire qu'il n'y aurait pas lieu de le poser, si la plante trouvait la seconde année dans le même sol, tout ce qu'elle y a trouvé la première année. Lorsqu'on défriche des contrées couvertes de forêts, en brûlant les arbres sur place, on peut y cultiver constamment du blé, pendant très-longtemps. Ce qui se passe pour le blé sur les terres défrichées par le feu, se passe également sur

les terres où l'on cultive continuellement la canne à sucre, le topinambour, l'indigo, le maïs, la pomme de terre : c'est que ces plantes, par un concours de circonstances particulières, trouvent toujours les éléments de leur prospérité.

Je pense qu'il en serait de même pour le trèfle. Il pourrait venir tous les ans sur le même sol, si tous les ans il trouvait la quantité d'alcalis qui lui est nécessaire. Ainsi vous voyez, par le tableau précédent, que le trèfle est suivi et immédiatement précédé par des plantes qui ne sont pas trop avides d'alcalis. Comment pouvez-vous concevoir que, dans les circonstances ordinaires, un hectare de terre qui a été appauvri par une récolte de 412 kil. d'alcalis, puisse l'année suivante en fournir la même quantité à une autre récolte ?

Le trèfle, restant toujours une plante améliorante, relativement à la culture qui doit lui succéder, n'en épuise pas moins, par lui-même, la terre de certains principes minéraux et ne peut, par conséquent, être cultivé sans relâche à la même place.

Revenons à l'analyse de notre rotation.

Les observations que nous avons faites sur les trois premières années de l'assolement se reproduisent pour la quatrième année. Nous trouvons, en effet, dans cette période de la rotation, la culture d'une plante épuisante, après la culture d'une plante améliorante ; une plante à organes aériens exigus, après une plante à organes aériens développés ; nous voyons enfin une plante siliceuse succéder à une plante alcaline.

Toutes ces conditions nous démontrent la rationalité d'une pareille culture, en même temps que la richesse relative de cette quatrième récolte nous permet de prévoir que désormais l'épuisement doit se manifester d'une manière sensible. La culture du trèfle ne pourra revenir, pour réparer cet épuisement, parce qu'elle suivrait de trop près la culture de la même plante.

Que reste-t-il donc à faire, si ce n'est de soutirer par une dernière culture céréale, ce qui reste encore de fertilité dans le sol, et de clore ainsi la rotation quinquennale ?

Et remarquez bien qu'en choisissant l'avoine, on a choisi la céréale qui convenait le mieux après le froment, sous le point de vue des matières minérales. En effet, l'avoine demande, pour le même poids, moins de matières minérales que le froment, et ses cendres ne sont pas aussi siliceuses.

Cette dernière récolte est faible, comparativement aux précédentes. Cela doit être, puisque, dans la période de quatre années, tout ce qu'il y avait d'efficace dans les engrais a dû se décomposer. Au surplus, dans cette longue période, il a dû s'introduire dans le sol de mauvaises herbes qui détruiront désormais une partie de sa fertilité normale. Il faut donc éliminer ces herbes, redonner au sol sa fertilité; il faut, en un mot, recommencer la rotation.

Résumons en peu de mots les conséquences que nous avons tirées de cette discussion, et formulons la théorie qui en découle.

Pour qu'une terre présente son maximum de fertilité, il faut qu'elle soit débarrassée des mauvaises herbes, enrichie d'engrais et bien ameublie. C'est à quoi l'on parvient par la culture d'une plante sarclée.

L'épuisement produit par une céréale sera en grande partie réparé par la culture immédiate d'une plante améliorante, attendu que celle-ci n'appauvrira pas le sol, et lui laissera le temps de se préparer pour une seconde culture de céréales.

Les plantes à feuilles exigües doivent succéder aux plantes à feuilles développées. Celles qui ont les mêmes exigences ne doivent jamais se suivre. Enfin, et ceci résume tout, il faut tâcher, dans les assolements, de prolonger le plus longtemps possible l'efficacité des engrais, en retardant leur épuisement par des emprunts faits à l'air, tout en obtenant la plus grande quantité possible de produits.

Nous verrons, dans la séance prochaine, si les assolements différents de celui que nous avons examiné, présentent l'application des principes que nous venons de poser, et rentrent dans notre théorie.

## DOUZIÈME LEÇON.

### SUITE DE L'ÉTUDE DES ASSOLEMENTS.

MESSIEURS,

Si vous avez bien compris l'explication des faits discutés dans les leçons précédentes, vous devez être convaincus que le plus avantageux des assolements est celui dans lequel la quantité de matière organique produite pendant le cours de la rotation excède le plus la quantité de matière organique introduite dans le sol par les engrais.

Ce qui revient à dire que le meilleur assolement est celui qui emprunte le plus à l'air.

Cependant il faut mettre certaines restrictions à cette conclusion.

J'ai déjà eu l'honneur de vous dire que l'agriculture, chez les nations civilisées, n'est qu'une véritable industrie. Or, l'industrie trouvant les éléments de sa prospé-

rité dans la consommation de ses produits, il est évident que l'agriculteur doit se préoccuper non-seulement d'obtenir une grande quantité de matière organique, mais de lui donner la forme que le consommateur recherche.

Dans une localité, par exemple, où les céréales auront une grande valeur, il vaudra mieux que la matière organique provenant des cultures ait la forme de froment, d'orge ou de seigle, que la forme de chanvre, de colza et de topinambour.

Dans le choix des assolements, il faut donc prendre en considération la nature des transactions commerciales qui doivent faire écouler les denrées. Par conséquent, on ne peut rien dire d'absolu sur la nature des assolements; car tel système peut être très-utile dans une localité, et fort peu dans une autre.

Mais il n'en est pas moins vrai que, quels que soient les changements que les circonstances imposent à l'ordre des rotations, les principes qui domineront ces changements doivent toujours relever de la théorie que nous avons formulée.

Pour le prouver, examinons quelques rotations différentes, et nous verrons que, lorsqu'elles sont bonnes et réellement productives, elles sont toujours, et sans exception, subordonnées à ces principes.

Commençons par prendre des exemples peu éloignés de nous.

M. Bodin, directeur de l'École d'agriculture de Rennes, a fait paraître un livre excellent, surtout sous le point de vue pratique, et qui a pour titre *Éléments d'Agricul-*

*ture.* Il y a dans ce livre des exemples d'assolements, tels qu'ils sont suivis à la ferme-modèle : ces assolements sont de 4 ans ; et, comme aux portes d'une grande ville il est utile d'avoir le plus possible de céréales, on remarque que, sur ces 4 ans, il y a deux récoltes de céréales, séparées l'une de l'autre par la culture d'une plante améliorante, et la rotation commence par une plante sarclée. Ainsi, à la ferme-modèle d'Ille-et-Vilaine, on remarque, pour la première année, la culture d'une plante sarclée (pomme de terre, colza, betterave, etc.) ; pour la seconde année, la culture d'une céréale (blé, orge, etc.) ; pour la troisième année, la culture d'une plante améliorante, le trèfle ; et pour la dernière année, encore une céréale.

Dans cet assolement, nous trouvons une application exacte des principes précédemment établis.

Une plante qui nettoie et prépare le sol ouvre la rotation ; une plante épuisante succède à la plante sarclée ; une plante améliorante vient après la plante épuisante, pour reposer le terrain ; enfin une nouvelle plante épuisante vient clore la rotation.

Mais, par malheur, l'exemple donné par l'École d'agriculture n'est pas généralement suivi, car, un des assolements les plus ordinaires d'une partie de la Bretagne présente l'ordre que voici :

Première année, sarrasin ; deuxième année, froment ; troisième année, avoine ou orge. Souvent même on voit cultiver deux années de suite du froment, par la seule raison que la récolte de cette céréale a été excel-

lente l'année précédente. Dans cette rotation, le trèfle n'entre pas régulièrement, et sa culture est plutôt déterminée par des causes passagères que par des principes.

L'ouverture de cet assolement par le sarrasin n'est pas un contre-sens, car, sans être ce que l'on appelle une plante sarclée, le blé noir est une plante nettoyante et améliorante. Elle nettoie, parce qu'elle étouffe les mauvaises herbes; elle améliore, parce qu'elle emprunte beaucoup à l'atmosphère et laisse en terre des racines qui deviennent de l'engrais.

D'ailleurs, les principes minéraux que le sarrasin enlève au sol ne sont pas de nature à compromettre la récolte à venir du froment. En effet, la cendre de la paille de sarrasin est composée environ des  $\frac{4}{5}$  de carbonate de chaux et de magnésie; elle renferme très-peu de silice et d'alcalis; tandis que la cendre de la paille de froment est très-siliceuse, moyennement alcaline et très-peu calcaire. La composition de la cendre de la paille du sarrasin révèle aux agriculteurs l'explication de ce fait incontestable, que le blé noir n'exige pas de bonnes terres pour bien venir.

En effet, pour limiter la comparaison entre les plantes améliorantes, prenons uniquement en considération les cendres du trèfle, de la luzerne et du sarrasin.

Les cendres de la luzerne sont phosphatées; celles du trèfle sont terreo-alcalines, et celles du sarrasin sont essentiellement terreuses.

Le mot phosphaté implique nécessairement deux



idées : celle d'acide phosphorique et celle d'une base, chaux, magnésie, potasse, soude, fer. Ainsi une cendre phosphatée indique que la plante d'où elle provient a besoin de trouver dans le sol, outre l'acide phosphorique, une et le plus souvent plusieurs bases alcalines ou terreuses.

Il en est de même pour la cendre terreo-alcaline. Cette désignation rappelle que la plante d'où provient la cendre de cette espèce doit trouver dans le sol principalement de la chaux, de la magnésie, de la potasse ou de la soude.

Mais une cendre qualifiée de terreuse, d'où provient-elle ? D'une plante qui a dû puiser principalement de la chaux et de la magnésie dans le sol où elle a végété.

Or, en thèse générale, moins la composition d'un sol arable sera variée, moins variées seront les cultures auxquelles ce sol se prêtera, et on regarde comme une terre de qualité inférieure celle qui se refuse à la diversité des cultures.

Il en résulte donc qu'une terre de qualité médiocre peut suffire aux exigences bornées du sarrasin. Je ne parlerai pas de toutes les raisons d'économie qui, surtout en Bretagne, en justifient la culture ; mais je répèterai que l'assolement que nous analysons ne prête pas à la critique, en débutant par le sarrasin et en se continuant par une céréale ; mais qu'il y prête beaucoup en faisant succéder deux céréales l'une à l'autre.

Dans l'assolement triennal, adopté souvent en Breta-

gne, on trouve une infraction aux principes que la théorie et une saine pratique ont consacrés. Jamais il ne faut faire suivre une plante épuisante par une plante épuisante, et, à plus forte raison, il faut éviter que deux plantes de la même famille se succèdent immédiatement.

On doit toujours intercaler, entre deux cultures épuisantes, une culture améliorante. Voilà les principes consacrés.

Or, que voyons-nous dans l'assolement habituel de la Bretagne ? l'avoine ou l'orge, c'est-à-dire deux céréales, succéder sans interruption à une autre céréale, le froment. Nous voyons venir, l'une après l'autre, deux cultures ayant les mêmes exigences ; nous voyons enfin deux plantes également épuisantes se suivre, à peu de chose près, sur le même sol.

Comparez maintenant l'assolement breton avec celui qui a été introduit par Schwertz à Hoheinheim, et dont vous pouvez vous faire une idée par le tableau suivant :

*Assolement introduit par Schwertz à Hoheinheim.*

Années	SUBSTANCES.	Récolte sèche par hectare.	Matière organique.	Matière minérale.
1 <sup>re</sup>	Pomme de terre. .	3085 <sup>k.</sup>	2962 <sup>k.</sup>	123 <sup>k.</sup>
2 <sup>e</sup>	Froment. . . . .	1148	1121	27
	Paille de froment.	2258	2100	158
3 <sup>e</sup>	Trèfle en foin. . .	4029	3719	310
4 <sup>e</sup>	Froment. . . . .	1418	1384	34
	Paille de froment.	2790	2595	195
	Navets dérobés. . .	716	662	54
5 <sup>e</sup>	Pois (fumés) . . .	998	967	31
	Paille de pois. . .	2461	2183	278
6 <sup>e</sup>	Seigle. . . . .	1394	1362	32
	Paille de seigle. .	3033	2924	109
<b>Somme. . . . .</b>		<b>23330</b>	<b>21979</b>	<b>1351</b>
<b>Engrais employé. . . . .</b>		<b>12192</b>	<b>8266</b>	<b>3926</b>
<b>Différence. . . . .</b>		<b>+11138</b>	<b>+13713</b>	<b>-2575</b>

Vous verrez dans cette rotation de six ans qu'aucun des principes établis auparavant n'est méconnu. Une

plante épuisante est toujours précédée par une plante améliorante et sarclée.

Dans cet assolement, le gain en matière organique monte à plus de 2000 kilogrammes par an et par hectare, et il est bien certain que l'assolement breton ne peut présenter un pareil bénéfice. Faute de renseignements numériques sur le rendement de la rotation bretonne, je mets sous vos yeux les résultats d'un assolement triennal, qui lui ressemble, dans ce sens que l'on y cultive deux années de suite la même céréale.

*Assolement triennal avec jachère fumée.*

Années.	SUBSTANCES.	Récolte sèche par hectare.	Matière organique.	Matière minérale.
1 <sup>re</sup>	Jachère fumée. .	0000 <sup>k.</sup>	0000,0 <sup>k.</sup>	000,0 <sup>k.</sup>
2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup>	Froment. . . . .	2836	7929,5	456,6
	Paille . . . . .	5550		
	Somme . . . . .	8386	7929,5	456,6
	Engrais employé.	4140	2806,9	1333,1
	Différence. . . .	+4246	+5122,6	-876,5

Dans cette rotation, on commence par une jachère fumée, et sous ce rapport elle est même inférieure, théori-

quément parlant, à la rotation bretonne, qui s'ouvre par une culture de sarrasin fumé.

Quoi qu'il en soit, comparez cet assolement triennal, où les principes qui doivent servir de guide sont méconnus, avec celui de M. Schwertz, où ces principes sont religieusement observés.

Tandis que, pendant une année, le gain effectué par l'assolement de Schwertz est de plus de 2000 kil. en matière organique, l'assolement avec jachère fumée ne donne qu'un gain de 1707 kil. pour le même temps.

Il est vrai de dire que si, dans l'assolement triennal que nous considérons, la quantité de matière organique est moindre que celle d'un assolement raisonné, par compensation elle peut avoir une valeur plus grande. En effet, le tiers de la récolte est représenté par du froment, qui est une denrée d'un prix élevé.

Mais il est vrai aussi que, dans un pareil système, il faut pouvoir ou importer du dehors une grande quantité d'engrais, ou consacrer une forte portion du domaine à la prairie.

Certaines conditions, qui par malheur se rencontrent difficilement dans la petite agriculture, sont donc nécessaires; si elles manquent, un assolement triennal ainsi conçu ne pourra jamais être avantageux.

J'ai hâte de dire que, dans certaines localités, on peut très-bien, et avec bénéfice, cultiver continuellement la même plante. En Alsace, par exemple, on fume tous les deux ans le même sol qui est destiné à la

culture non interrompue du topinambour ; et un pareil usage est considéré comme excellent.

Voyez, en effet, les résultats indiqués par ce tableau :

*Culture continue du topinambour.*

Années.	SUBSTANCES.	Récolte sèche par hectare.	Matière organique.	Matière minérale.
1 <sup>re</sup> et 2 <sup>e</sup>	Topinambour.	11000 <sup>k.</sup>	k.	k.
	Tiges ligneuses.	24561	34213,9	1347,1
	Somme. . . . .	35561	34213,9	1347,1
	Engrais. . . . .	9408	6379,0	2020,0
	Différence . . . .	+26153	+27834,9	-1681,9

Le gain en matière organique est par an de 13917 kil., d'où il faut retrancher pourtant la matière organique de la tige, qui, dans la pratique, n'offre aucune utilité ; ce qui ramène le gain annuel, représenté par le tubercule seul, à 2000 kil. de matière organique.

Avec une culture continue, on obtient, dans ce cas, autant de gain qu'avec une culture variée ; ce qui pourrait constituer une anomalie, si l'on ne faisait pas attention que le topinambour est une de ces plantes qui empruntent énormément à l'air, et qui poussent dans des ter-

rains de mauvaise qualité, dont l'épuisement est bientôt réparé par le fumier.

Mais, dans cette culture, on met du fumier en terre tous les deux ans, circonstance qui pourrait faire douter de son économie, dans ce sens que, si le rendement est plus considérable, la dépense est plus forte.

Pour éviter l'objection, j'ai réduit à la même unité tous les assolements que nous venons de discuter, et l'on verra que le gain réel représenté en azote, provenant de la culture du topinambour, est sensiblement plus prononcé que le gain des autres cultures.

En effet, que voyez-vous par le tableau suivant ?

*Gain théorique en azote des assolements discutés, la consommation de l'engrais étant ramenée à la même unité.*

ASSOLEMENTS.	Engrais sec consommé sur un hectare en une année.	Gain en azote obtenu sur un hectare en une année.
De 5 ans. . . . .	1000 <sup>k.</sup>	6,63 <sup>k.</sup>
De 6 ans. . . . .	1000	7,50
Avec jachère fumée. . . . .	1000	2,38
Culture continue du topinambour.	1000	9,16

Que des quatre assolements que nous avons discutés, celui qui est représenté par la culture continue du topinambour l'emporte sur tous les autres.

Ce que je viens de dire doit vous faire comprendre qu'il y a des cas où la culture continue peut être profitable aussi bien et encore plus que la culture alternée ; mais n'oubliez pas que la convenance de toute culture est toujours subordonnée à des circonstances qui échappent aux prévisions théoriques, et qui relèvent soit des localités, soit des exigences industrielles et commerciales.

L'examen que nous venons de faire des différents assolements prouve donc que là où l'on méconnaît les principes, on obtient des résultats chétifs ; et ces principes, répétons-le encore une fois, se réduisent à ceux-ci :

La terre doit être bien conditionnée et riche en matières fertilisantes au moment de l'ouverture de la rotation. L'épuisement de ces matières fertilisantes, déterminé par certaines cultures, doit être réparé en grande partie par d'autres cultures qui empruntent beaucoup à l'air, et dont les détritiques puissent suppléer à une portion de l'engrais consommé.

Ainsi, une plante épuisante à organes aériens exigus, qui s'alimente presque exclusivement dans le sol, doit être suivie par une plante améliorante, à organes aériens très-développés, et qui s'alimente en grande partie dans l'air.

Toutefois, l'appauvrissement produit par une plante qui épuise ne peut être entièrement réparé par une plante qui améliore : l'épuisement doit donc se faire sentir après une certaine suite de cultures ; d'où il résulte la nécessité de redonner à la terre de nouveaux principes fertilisants, c'est-à-dire des engrais, et de recommencer ainsi la rotation.



Quant au but définitif que l'on se propose d'atteindre, il se réduit à ceci : obtenir le plus de récolte avec le moins possible d'engrais.

On conçoit que, sous un point de vue économique, l'assolement est la pierre angulaire de l'agriculture, et que les engrais en sont la base. L'assolement le mieux conçu, la distribution des cultures la mieux raisonnée, n'aboutiraient à aucun résultat, faute d'engrais.

Par conséquent, après que l'agriculteur s'est bien pénétré de tout ce qui concerne les assolements, il faut qu'il se préoccupe des engrais.

Il nous faut donc aborder ce grave sujet, puisque nous avons déjà approfondi et discuté la question des assolements.

Quand on pense à la riche végétation des forêts vierges, on est porté à se demander à quoi tient la nécessité des engrais.

Ces forêts immenses, que la cognée de l'homme ne saurait faire disparaître sans le concours du feu, ces forêts immenses ont-elles eu besoin de principes fertilisants souvent renouvelés pour atteindre leurs imposantes proportions ?

Le vent apporte aujourd'hui une graine sur une terre déserte ; dans un siècle, à la place de cette graine, il y a un arbre gigantesque, et pourtant cet arbre doit avoir trouvé dans l'espace limité de terre envahi par ses racines ce qui lui a été nécessaire pour se développer. Il est vrai que tous les ans les feuilles de cet arbre sont tombées à ses pieds, où, se putréfiant, elles se sont trans-

formées en engrais : mais la plus grande partie de nos plantes de culture ne laisse-t-elle pas à la terre des détrit<sup>us</sup>, qui se putréfient à leur tour et se changent en engrais ? Si ces détrit<sup>us</sup> peuvent être considérés comme l'équivalent des feuilles des plantes forestières, d'où vient que les premières exigent des engrais extraordinaires pour prospérer, tandis que les autres n'exigent rien en dehors d'elles-mêmes ?

Il y a cette différence entre l'économie agricole et l'économie forestière, que la première a pour but la production de l'azote, et la seconde la production du carbone.

On demande à l'économie agricole de la viande, à l'économie forestière de la chaleur : sans azote vous ne ferez jamais de viande, sans carbone vous ne produirez jamais de chaleur.

Or, l'atmosphère est riche en carbone et pauvre en azote assimilable : par conséquent, la plante forestière trouvera dans l'atmosphère son principal élément ; le contraire aura lieu pour la plante agricole. Voilà pourquoi celle-ci demandera à la terre ce qu'elle ne trouve pas dans l'air ; et comme la terre ne renferme pas normalement d'azote, il faudra lui en donner au moyen des engrais, pour qu'elle puisse à son tour le transmettre à la plante.

Mais je m'aperçois que ce que je viens de dire jette le trouble dans vos esprits. J'ai donné à mes propositions une allure dogmatique, et je comprends qu'il

ne vous soit pas aisé d'en saisir tout de suite la signification.

Permettez-moi donc, Messieurs, de m'expliquer.

J'ai dit qu'on demande à l'économie agricole de l'azote, à l'économie forestière du carbone.

Cela est vrai ; car si vous analysez 100 parties d'une récolte, quelle qu'elle soit, vous y trouverez beaucoup plus d'azote que dans 100 parties de bois coupé dans la forêt.

J'ai dit qu'on demande à l'économie agricole de la viande, et à l'économie forestière de la chaleur ; cela est encore vrai ; car, si vous faites abstraction des plantes textiles, oléagineuses et tinctoriales, les autres plantes agricoles, riches en azote, comprises sous la dénomination de céréales et de légumineuses, et constituant la base de l'agriculture, servent à faire vivre l'homme et les animaux ; et c'est des animaux que nous tirons la viande.

D'un autre côté, quelle que soit la forme que vous donniez au bois tiré de nos forêts, toujours est-il que tôt ou tard il finira par être brûlé, et converti de cette manière en une source de chaleur ; car c'est la destinée inévitable de tout ce qui a vécu, de rentrer dans la nature minérale par la voie de la combustion, en abandonnant dans son trajet la chaleur qu'il s'était appropriée en s'organisant.

Les plantes rentrent dans la nature minérale, en brûlant dans le système capillaire des herbivores. Les herbivores y rentrent, en brûlant dans le système capillaire des carnivores. Tout ce qui échappe à la combustion lente,

·dans ce foyer mystérieux qu'on appelle système capillaire, n'échappera point à la combustion déterminée par l'action spontanée de l'oxygène atmosphérique, ou, en d'autres termes, n'échappera point à la putréfaction.

C'est par ce dernier moyen que disparaîtra la végétation excessive de nos forêts, lorsque l'homme n'en hâtera pas le retour à la nature minérale, en la brûlant dans ses foyers.

Dans tous les cas, il y aura toujours de la chaleur produite, mais tantôt lente et imperceptible, tantôt considérable et instantanée : c'est dans ce dernier cas que se trouvent les plantes des forêts, lorsque l'homme les fait servir comme combustible. C'est pourquoi j'ai dit qu'on demande à l'économie forestière de la chaleur.

J'ai dit encore que l'atmosphère est riche en carbone, pauvre en azote ; et cependant on sait, par l'analyse de l'air atmosphérique, qu'il contient  $\frac{1}{10000}$  environ de carbone et  $\frac{1}{6}$  d'azote. Mais ce dix-millième de carbone s'y trouve sous une forme qui le rend apte à l'assimilation ; ce dix-millième de carbone représente  $\frac{1}{10000}$  environ d'acide carbonique, qui, aspiré par la plante et décomposé par la feuille, concourt sans cesse, par son carbone, qui se fixe, à l'augmentation et à la croissance de la plante même.

D'un autre côté, l'azote qui entre dans l'air atmosphérique pour  $\frac{1}{6}$ , ne peut pas être assimilé par la plante ; elle ne l'aspire pas, elle ne l'absorbe pas ; et si, par hasard, un peu de cet azote, charrié par la sève, entre dans

la circulation, il en est bientôt expulsé, comme un élément inutile.

Pour que l'azote puisse être assimilé par les plantes, il faut qu'il prenne une forme particulière, qui, d'après toute probabilité, est celle de l'ammoniaque. Or, l'analyse ordinaire de l'air ne décèle pas la moindre trace de cette matière, et, pour en découvrir, il faut la chercher, par des moyens indirects, dans des masses considérables, et dans des circonstances toutes particulières.

Il est donc incontestable que l'air est très-pauvre en azote assimilable, et l'azote gazeux, qui en constitue les  $\frac{4}{5}$ , ne peut pas plus influer sur la végétation que le carbone, s'il lui était offert non pas sous forme d'acide carbonique, mais de charbon proprement dit, ou de diamant en poudre.

D'après ce que je viens de dire, vous comprendrez le sens de cette proposition. On demande à l'économie agricole de l'azote ou de la viande ; on demande à l'économie forestière du carbone ou de la chaleur.

Comme conséquence inévitable de cette proposition, vous concevez la nécessité de fournir à l'agriculture de l'engrais, car avec des engrais on lui fournit de l'azote, c'est-à-dire cet élément qu'elle ne saurait trouver suffisamment dans l'air.

Au point où nous sommes arrivés, nous voyons la route qu'il nous reste à parcourir ; elle est toute tracée.

Nous devons étudier la nature des engrais, pour savoir si tous peuvent être considérés comme autant de

sources d'azote, et si des engrais peuvent être fertilisants sans être cependant azotés.

Nous devons étudier la théorie de leur action pour ne pas l'appliquer hors de propos.

Enfin, nous devons étudier les moyens les plus rationnels pour nous procurer et pour conserver ces matières si précieuses, sans lesquelles il n'y a pas d'agriculture possible.

C'est à la solution de ces différentes questions que nous consacrerons les prochaines séances.

---

## TREIZIÈME LEÇON.

### ÉTUDE DES ENGRAIS. — FUMIER.

MESSIEURS,

De la terre ordinaire, mais dépourvue de terreau, de la terre riche en terreau, mais dépourvue de quelques-uns des principes minéraux que l'on trouve dans les cendres des plantes, tels qu'acide phosphorique, chaux, ou autres, serait également stérile.

Ni l'ameublissement, ni le labour le plus opiniâtre, ni l'excellence du climat, ne pourraient jamais fertiliser de semblables terres.

Ce n'est pas que toute végétation soit impossible dans ces circonstances ; mais ce qui devient impossible, c'est l'industrie agricole, qui a pour but d'obtenir des quantités considérables de substances végétales, le plus souvent azotées.

La fertilité de la terre dépend de la présence de cer-

tains principes végétaux et minéraux ; mais, comme chaque culture diminue cette fertilité, il est indispensable de la réparer en restituant au sol les principes enlevés, et cette restitution s'effectue au moyen des engrais.

Nous considérons donc comme engrais toute substance capable de rendre à la terre ce que les récoltes lui enlèvent ; peu importe que cette substance réparatrice soit de nature végétale, animale ou minérale. Le fumier pour nous est un engrais, aussi bien que la chaux ; car ces deux matières peuvent également contribuer à rétablir, à entretenir ou à augmenter la fertilité du sol, pourvu que leur application soit faite à propos.

D'après ce que nous venons de dire, nous ne pouvons pas accepter l'ancienne classification, qui, divisant les engrais en fumiers et en stimulants, rapprochait l'alimentation végétale de l'alimentation animale, et faisait jouer à certaines matières fertilisantes le même rôle que nous faisons jouer aux épices dans notre nourriture.

Pour plus de commodité, nous partagerons les engrais en deux grandes classes, les engrais organiques et les engrais d'origine minérale, ou amendements, sans attacher pour cela à leur action des idées absolument différentes.

Commençons par étudier ceux d'origine organique, et débutons par l'engrais dont l'usage est consacré par la plus haute antiquité, par l'engrais type, par le fumier.

Nous venons d'appeler le fumier engrais type, parce qu'étant formé de matières organiques et minérales, il représente une grande partie des principes enlevés au sol par la culture ; de sorte qu'en fumant, après une récolte,



on répare les pertes que celle-ci a occasionnées à la terre, et l'on est dispensé de toute préoccupation de choix et d'opportunité.

Après la mastication, les aliments des animaux passent dans l'estomac sous forme bolaire et mêlés à la salive; celle-ci, jointe au suc gastrique, liquéfie une grande partie des aliments azotés et amylo-sucrés, et les dispose à être absorbés par les orifices des veines stomacales. Le détritüs de cette élaboration, mêlé aux aliments de nature grasse, se convertit en une espèce de bouillie appelée chyme, laquelle passe dans les intestins grêles, pour abandonner à la bile les principes gras : ceux-ci, émulsionnés tout d'abord, et puis rendus solubles par les alcalis du chyle, vont être transportés dans le système capillaire. Ce qui échappe à la double digestion de l'estomac et de l'abdomen passe dans les gros intestins, et de là est expulsé sous forme de déjection. Voilà l'origine des déjections solides animales.

Quant aux déjections liquides, rien n'est plus facile que d'en connaître la provenance.

Quel que soit l'organe par lequel l'absorption des aliments a lieu, toujours est-il que ceux-ci pénètrent dans le système capillaire où ils seront brûlés; leur carbone et leur hydrogène seront transformés en acide carbonique et en eau, produits que la respiration expulsera; leur azote sera brûlé à son tour et converti en urée, qui, sécrétée par les reins, sera accumulée dans la vessie, d'où elle sortira sous forme d'urine.

Les déjections solides des animaux sont donc un dé-

tritius de la digestion, et les déjections liquides sont un produit de cette combustion qui s'effectue sans cesse dans l'économie vivante pour entretenir la chaleur animale.

Si à ces deux sortes de déjections on ajoute des matières végétales, c'est-à-dire de la litière, on aura ce que l'on appelle ordinairement le fumier.

Considérons maintenant le fumier le plus ordinaire, celui qui, dans chaque exploitation, constitue la base de la fumure et qui provient du cheval ou de la vache. Afin de nous en faire une idée plus exacte, oublions un instant la litière, pour nous occuper seulement des déjections.

Par ce tableau nous aurons une idée de leur nature et de leurs différences relatives.

*TABLEAU de la composition des déjections solides et liquides de la vache et du cheval.*

	VACHE.		CHEVAL.	
	Bouse.	Urine.	Crottin.	Urine.
Carbone . . . . .	42,8	27,2	38,7	36,0
Hydrogène . . . . .	5,2	2,6	5,1	3,8
Oxygène . . . . .	37,7	26,4	37,7	11,3
Azote . . . . .	2,3	3,8	2,2	12,5
Sels { Sulfates. Phosphates } terreux, Chlorures } alcalins } .	12,0	40,0	16,3	36,4
(Carbonates)				
	100,0	100,0	100,0	100,0

Ce qui nous frappera avant tout, c'est l'identité entre les éléments des végétaux et ceux des déjections animales. En effet, si nous incinérons la première plante venue, nous trouverons que la plus grande partie de sa cendre se compose de sulfates, de phosphates, de chlorures et de carbonates terreux et alcalins; si, d'un autre côté, on examine les produits gazeux qui se dégagent pendant l'incinération, on trouvera que leurs éléments sont le carbone, l'hydrogène, l'oxygène et l'azote.

On peut donc établir que l'on rencontre dans les déjections du cheval et de la vache les mêmes éléments que dans les plantes; et par conséquent on doit concevoir comment, au moyen de déjections animales, on parvient à redonner à la terre tous les principes organiques et minéraux que la culture des différentes plantes lui aura enlevés.

Quant à la manière dont cette restitution pourra se réaliser, il suffit de se rappeler que toute substance qui a vécu, une fois soustraite à la vie, tend à se décomposer et à ramener ses éléments organiques à l'état minéral: elle y ramène le carbone sous forme d'acide carbonique, l'hydrogène sous forme d'eau, l'azote sous forme d'ammoniaque. C'est dans ce passage des aliments végétaux de l'état organique à l'état minéral (passage qui s'effectue en grande partie dans le sol, lorsqu'il s'agit de déjections animales enterrées), que la plante s'empare de l'acide carbonique, pour s'approprier le carbone; de l'eau, pour s'en approprier les éléments hydrogène et

oxygène ; de l'ammoniaque, pour s'en approprier l'azote. Enfin elle s'assimilera les sulfates, les phosphates, en un mot, les principes minéraux de la substance qui se décompose, et complétera ainsi cette provision d'éléments qui lui est nécessaire pour se développer, et qu'elle n'aurait trouvés en abondance ni dans l'air, ni dans le sol.

Rappelons-nous maintenant que l'agriculture se propose une grande production d'azote sous forme de viande, de blé ou de légumes, et que l'azote capable de prendre ces formes est justement de tous les éléments naturels celui qui est le moins répandu : on concevera alors comment les déjections animales sont pour les plantes des sources subsidiaires d'alimentation, et comment leur valeur et leur efficacité relatives sont en raison de leur richesse en azote.

D'après ce que nous venons de dire, on voit clairement que les déjections du cheval doivent être plus efficaces que celles de la vache. Cependant si l'on demande à un agriculteur ce que la pratique lui démontre relativement à l'efficacité des deux fumiers de cheval ou de vache, il répondra que le second l'emporte sur le premier.

Il s'agit d'expliquer ou, pour mieux dire, de faire disparaître cette contradiction entre les données de la science et les résultats de la pratique.

Si l'on faisait deux mélanges en proportions égales, l'un d'urine de vache et de bouse, l'autre d'urine de cheval et de crottin, et si l'on fumait deux portions de terre identiques sous le rapport de la superficie et de la com-

position physique et chimique, on peut être sûr que la terre fumée avec les déjections du cheval serait plus fertile que la portion de terre fumée avec les déjections de la vache. Mais dans la pratique agricole, on ne fume jamais la terre avec de simples déjections de cheval ou de vache, mais bien avec un mélange de ces déjections et de litière, c'est-à-dire avec du fumier.

Si le fumier de cheval, au sortir de l'écurie, était transporté dans le sol, nul doute encore qu'il ne fût plus efficace que le fumier de vache au sortir de l'étable. Mais le plus souvent il est abandonné à une décomposition préalable avant d'être mis en terre, et c'est dans l'examen de cette circonstance que nous allons trouver le nœud de la contradiction apparente.

Nous n'avons pour y parvenir qu'à signaler une observation de M. Boussingault.

Ce savant, après avoir constaté que 100 parties de fumier d'écurie frais amené à un état connu de dessiccation contenaient 2,7 d'azote, les disposa en une couche épaisse et les abandonna à une décomposition complète : il fit ainsi à peu près ce que tous les agriculteurs font, lorsqu'ils ne transportent pas immédiatement sur la terre les fumiers de leurs étables et de leurs écuries. Le résultat de cette expérience fut que les 100 parties de fumier devinrent 10, et ces dix parties contenaient un centième d'azote.

Cette expérience de M. Boussingault, en prouvant que le fumier du cheval perd pendant sa préparation beau-

coup de ses principes, et surtout d'azote, explique pourquoi il est moins efficace que celui de la vache, bien que les déjections liquides de cet animal soient comparative-ment très-peu azotées.

Il faut ajouter cependant que, dans la pratique, on ne pousse jamais à l'extrême la préparation du fumier de cheval, ainsi que M. Boussingault l'a poussée; mais il n'en est pas moins vrai que l'on en approche plus ou moins, et que le résultat, sans être aussi défavorable que celui auquel est arrivé le savant agronome, est toujours désavantageux.

Mais je vous entends dire : Pourquoi cette grande perte d'efficacité dans la préparation du fumier du cheval, et non dans la préparation du fumier de la vache ?

La bouse renferme plus de 96 pour 100 d'eau : le crottin n'en renferme que 75. Cette différence d'humidité dans les deux déjections fait que celle de la vache met plus de lenteur et de régularité que celle du cheval à se convertir en fumier préparé. Le crottin, lorsqu'il est mêlé à la litière et mis en tas, s'échauffe rapidement et se dessèche; et si l'on n'entretient pas dans la masse en fermentation une quantité d'eau suffisante pour modérer la température, si l'on ne prévient pas, au moyen d'un tassement convenable, l'accès de l'air, on perd, à n'en pas douter, une grande proportion de principes, qu'il importerait de conserver.

La cause de l'infériorité du fumier préparé des écuries comparativement au fumier préparé des étables, tient donc à ce que celui du cheval, à cause de son peu

d'humidité, fermente vite, et perd beaucoup de ses principes actifs, tandis que le fumier de la vache, qui est très-humide, fermente lentement, et que la perte de ses principes actifs est peu considérable.

Mais nous voici, sans nous en douter, en présence d'une nouvelle question.

Les fumiers sont-ils plus efficaces à l'état frais, ou après avoir été préparés, c'est-à-dire après avoir été entassés et abandonnés à eux-mêmes pendant un temps plus ou moins long ?

Il y a peu de questions agricoles qui aient été autant agitées que celle-là. Des agronomes de la plus haute distinction ont prétendu que les fumiers frais agissaient avec une énergie incomparablement plus grande que les fumiers fermentés. Aux résultats de la pratique, ces agronomes ajoutaient le raisonnement.

Ils disaient : cent voitures de fumier frais deviennent 75 de fumier préparé. Cette réduction tient à la fois à une diminution d'humidité et à une perte de matières efficaces. Ils invoquaient la fameuse expérience de Davy.

Ce célèbre chimiste avait introduit une certaine quantité de fumier frais dans une grande cornue, dont il avait engagé le bec à la hauteur des racines, sous de la terre semée de gazon. A mesure que le fumier se modifiait par la putréfaction, on voyait le gazon, influencé par les gaz qui sortaient de la cornue, verdoyer et grandir plus vite que le gazon éloigné.

Ces mêmes agronomes ajoutaient que l'engrais frais ameublissait la terre, la rendait plus perméable à

l'air, et, en même temps, plus accessible à l'humidité.

D'autres ont soutenu que le fumier préparé ou fermenté méritait la préférence, parce qu'il manifestait son action dans un laps de temps assez court, et rapportait dans l'espace d'un an l'intérêt que le fumier frais ne rapportait que dans la période de plusieurs années.

Aujourd'hui l'on trouve que ces différentes opinions, par cela même qu'elles sont extrêmes et qu'elles mènent à des conséquences exclusives, sont également bonnes et également mauvaises.

Sans doute il peut se faire qu'une certaine culture dans un terrain argileux, compacte et profond, s'accommode d'un fumier frais, autrement dit long et pailleux; mais il peut se faire aussi qu'une culture différente sur un sol sablonneux, mobile et sec, s'accommode mieux d'un fumier fermenté, ou autrement dit beurre noir.

D'ailleurs, à l'époque où l'on prétendait résoudre la question en invoquant des faits si opposés, on n'avait pas encore d'idées nettes sur la nature des changements que le fumier éprouve par la fermentation; on ne connaissait pas les moyens de la diriger, et, de plus, les méthodes d'observation n'étaient pas aussi perfectionnées qu'elles le sont aujourd'hui.

Un observateur superficiel, peu habitué à la discussion des faits, n'hésitera pas un instant à donner la préférence aux fumiers frais. Il songera à la perte de principes actifs qu'éprouvera un tas de fumier abandonné à lui-même; mais il ne soupçonnera pas que cette perte peut



être évitée en grande partie, et même réparée : d'ailleurs, dans l'hypothèse d'une perte effective, il y aurait compensation d'un autre côté, vu qu'une grande portion de matière organique se désagrège, se décompose, et devient ainsi apte à servir de nourriture aux racines des plantes. En effet, ces mêmes racines n'auraient jamais pu s'assimiler les principes nutritifs du fumier, tant qu'ils auraient été liés entre eux par l'organisation.

De quoi se compose un fumier ? de litière imbibée d'urine et mélangée à des déjections solides. Or, si l'on songe que celles-ci sont composées pour les trois quarts de fragments de paille, on voit clairement que cent parties de fumier brut renferment, on peut le dire, dix-neuf vingtièmes de matière végétale.

Maintenant, qu'arrive-t-il, lorsqu'on enterre du fumier frais ? Admettons que tout ce qui est de provenance animale se décompose et offre à la végétation ses éléments sous forme d'acide carbonique et d'ammoniaque ; mais la paille, qui est encore douée de son organisation, ne pourra pas, à coup sûr, se décomposer dans le même temps que les matières animales, et il en résultera qu'une fois celles-ci détruites, la paille restera comme dépourvue d'une espèce de ferment, et par conséquent sa décomposition deviendra tellement lente, que c'est à peine si son efficacité sera aperçue à la fin d'une longue période d'années.

En opérant ainsi, c'est comme si l'on remplaçait le fumier par de la paille. Or, la paille est certainement un engrais, vu qu'elle est plus ou moins azotée, suivant sa

nature ; mais on sait que la paille est un engrais très-lent, et en agriculture, ainsi que dans toutes les industries possibles, le temps doit figurer parmi les frais aussi bien que l'argent déboursé : 1000 francs représentés par du fumier qui produit son effet en un an, rapportent un intérêt bien plus grand que 1000 francs représentés par du fumier qui produit son effet en cinq ans.

La question ne changerait en aucune façon si, au lieu d'enterrer le fumier frais, on le mettait sur la terre, ainsi qu'on le pratique dans différents pays. Dans ce cas, l'inconvénient ne serait que plus grave.

Où le fumier frais appliqué sur la terre rencontrerait une saison sèche, et alors la portion liquide ou urineuse entrerait en décomposition ; il se formerait du carbonate d'ammoniaque qui, étant volatil, se disperserait en partie dans l'air ; la portion animale solide du fumier se dessècherait à son tour, sa décomposition serait arrêtée, ou du moins très-ralentie ; et, comme il y aurait encore, dans ce cas, formation de carbonate d'ammoniaque, il en résulterait aussi perte de cette matière précieuse, qui est la nourriture la plus exquise de la plante, ainsi que nous l'avons déjà dit plusieurs fois.

Où la saison, au contraire, serait pluvieuse, et, dans ce cas, les matières solubles seraient entraînées dans l'intérieur de la terre ; ce qui resterait de matière animale au dehors étant dépourvu du liquide qui joue à son égard le rôle de ferment, n'entrerait que plus tard et qu'avec peine en décomposition. Ainsi ce que la terre aurait ga-

gné en absorbant de suite les matières solubles, elle le perdrait par la lenteur de la fermentation des matières solides restées à sa surface.

Et quand même il n'y aurait ni excès ni défaut d'humidité, l'inconvénient principal subsisterait toujours : nous voulons parler et de la dispersion dans l'air d'une portion du carbonate d'ammoniaque provenant de la décomposition des principes animaux du fumier, et du rôle passif et presque inutile de toute la portion pailleuse et végétale.

Ce que nous venons de dire prouve que le fumier frais, qu'il soit enfoui dans la terre ou étendu à sa surface, perd, par cela même qu'il est frais, une partie de son efficacité.

Qu'arrivera-t-il si, au lieu de se servir du fumier frais, on l'entasse et on l'abandonne à lui-même pendant un certain temps ? Tout ce qu'il contient de véritablement animal entre en décomposition et se désagrège ; il se forme des sels ammoniacaux en même temps que la température s'élève ; mais cette décomposition des matières animales, aidée par l'élévation de température, détermine la décomposition des parties pailleuses, qui constituent les 95 centièmes du fumier. Dès lors, la paille perd sa ténacité, devient lâche et ne présente plus de résistance à la division. La voilà déjà entrée en voie de fermentation ; ses éléments tendent à former des composés particuliers, et entr'autres du carbonate d'ammoniaque.

Ainsi, cette paille qui, dans l'application du fumier frais, est condamnée à jouer un rôle passif, ou purement

mécanique, nous la voyons, dans le cas du fumier préparé ou ancien, contribuer à en augmenter l'efficacité par la dissociation de ses éléments.

Mais cependant puisque, dans cette fermentation du fumier, il se dégage de la chaleur et du carbonate d'ammoniaque, il est évident qu'il doit y avoir dispersion de ce précieux produit dans l'air.

De plus, la perte peut arriver jusqu'à faire disparaître tout l'azote, et à ne laisser qu'une espèce de détritus inerte, si la fermentation est poussée trop loin.

Aussi les agronomes praticiens savent-ils que l'on ne peut comparer l'efficacité d'un fumier ancien, réduit à un grand état d'homogénéité et se laissant pour ainsi dire couper au couteau, en un mot à l'état de beurre noir, avec l'efficacité d'un fumier qui a seulement commencé à se décomposer et qui ne diffère du fumier frais que par une moindre ténacité de ses parties pailleuses.

C'est que le fumier dont la décomposition n'est pas très-avancée, et qui n'a pas perdu notablement de ses principes azotés, continue, une fois mis en terre, à se décomposer lentement, et offre à la jeune végétation les éléments nutritifs dans une période de temps suffisamment limitée.

Le fumier qui n'a fait qu'entrer en voie de décomposition doit donc être plus efficace que le fumier consommé. Mais où est la ligne de démarcation au-delà de laquelle les pertes apparaissent?

Le temps qu'un fumier exige pour entrer en décompo-

sition, et la rapidité avec laquelle celle-ci marche, doivent être en raison de la nature de la paille contenue dans le fumier lui-même !

Toutes les litières ne sont point de la même nature ; il y en a de plus ou moins tenaces, de plus ou moins azotées, et leur résistance à l'action des influences extérieures doit se lier à cette ténacité variable et à cette richesse en azote, qui n'est pas constante !

Il y a donc toujours de l'incertitude, et dès lors la pratique, se trouvant peu éclairée, est obligée de marcher à tâtons.

Ces préoccupations sont très-justes, mais la science est là pour les dissiper ; car elle indique les moyens d'éviter la perte des principes ammoniacaux, perte qui est toujours le plus à redouter.

En outre, la science dira à la pratique comment elle peut pousser au dernier degré de décomposition des fumiers, sans qu'il y ait appauvrissement de matières nutritives.

Je tâcherai de vous le prouver dans la leçon suivante.

## QUATORZIÈME LEÇON.

### PRÉPARATION DES FUMIERS.

MESSIEURS ,

Une matière organisée, mais privée de vie, pourra se conserver plus ou moins longtemps, et même indéfiniment, si elle se trouve à l'abri du contact de l'air, ou bien dans un état convenable de dessiccation, et garantie de l'humidité; enfin si elle se trouve exposée à une température au-dessous de zéro.

En Sibérie, on a trouvé, dans un état de parfaite conservation, des éléphants, morts depuis 4000 ans peut-être, quoiqu'ils eussent été exposés à l'air et à l'humidité, mais à une température toujours inférieure à zéro.

On sait que des matières alimentaires, renfermées hermétiquement dans des boîtes métalliques, peuvent se conserver des années et des années, si l'on a eu la précaution d'exposer pendant quelque temps les boîtes à la

température de l'eau bouillante. Cette méthode de conservation, inventée par Appert, est fondée sur l'élimination de l'oxygène de l'air.

Lorsqu'on ferme les boîtes, non-seulement elles contiennent des matières alimentaires, mais aussi de l'air, dont elles absorbent l'oxygène, à la température de l'eau bouillante : or, puisque c'est à la présence de l'oxygène qu'est due la propriété destructive de l'air, il est évident que, dépourvu de ce principe, il perdra toute action et deviendra au contraire un milieu conservateur.

Voilà toute la théorie de la conservation des aliments par la méthode d'Appert.

Lorsqu'on fume des viandes dans les ménages, et qu'on les rend ainsi incorruptibles, que fait-on ? D'abord on les dessèche au moyen de la température élevée et de la ventilation auxquelles on les expose, en les faisant stationner sous le manteau de la cheminée. D'un autre côté, certains principes de la fumée se combinant à des principes particuliers de la viande, constituent comme une espèce de vernis imperméable.

Dans ce cas, la conservation est fondée sur l'élimination de l'humidité.

Il faut donc conclure que l'oxygène de l'air, l'humidité et une certaine élévation de température sont les conditions indispensables pour que des matières organisées, soustraites à l'influence de la vie, s'altèrent et se décomposent.

Il nous est maintenant aisé de nous expliquer pourquoi les fumiers, qui ne sont qu'un mélange de matières

organisées, s'altèrent lorsqu'ils sont abandonnés à eux-mêmes. C'est qu'ils se trouvent nécessairement sous la triple influence de l'oxygène, de l'humidité et de la chaleur.

Demandons-nous à présent à quel ordre de phénomènes se rattache l'altération des fumiers.

Nous avons déjà établi, dans les séances précédentes, que les matières ultimes, dans lesquelles se transforment toutes les substances organisées, sont l'acide carbonique, l'eau et l'ammoniaque; mais cette transformation ultime est précédée d'une multitude de degrés intermédiaires: ces degrés supposent des phénomènes différents de ceux qui dérivent d'une oxygénation.

Ces gaz fétides, ces matières d'une nature ignorée, qui accompagnent en général la décomposition de matières organisées, et spécialement des fumiers, autorisent à croire que la putréfaction est un acte complexe d'oxydation et de fermentation.

En parlant des miasmes, nous avons eu l'occasion de discuter ce dernier phénomène. Nous avons établi que certaines matières azotées pouvaient se transformer en ferment, sous l'influence momentanée de l'oxygène; que ces ferments pouvaient par eux-mêmes, et en vertu d'une altération spontanée, déterminer la décomposition et le dédoublement d'autres corps, par la simple influence du contact et sans l'intervention des forces ordinaires de l'affinité; enfin que l'efficacité des ferments pouvait être paralysée, et même anéantie à jamais, par l'action de certaines



matières appelées antiseptiques ou par des changements notables de température.

C'est ainsi que les principes azotés quaternaires, dissous dans le jus du raisin, se transforment en ferment, lequel plus tard détermine la décomposition de la matière sucrée contenue dans ce même jus, et donne naissance à ce mouvement, à cette effervescence que l'on appelle fermentation du moût.

Tout porte à croire que des phénomènes de cette nature doivent se passer dans la putréfaction du fumier, ne fût-ce qu'en vertu de la présence de l'urine dans le fumier même.

Si l'on abandonne de l'urine; elle change de nature; son mucus se modifie, son urée devient carbonate d'ammoniaque : dans ce cas, le mucus est le ferment, l'urée la substance fermentescible. L'urine dont le fumier est imprégné doit nécessairement se comporter de la même manière : ce qui suffit pour prouver que, dans la préparation des fumiers, il se passe des phénomènes de fermentation. En outre, la facilité avec laquelle la matière végétale, telle que la litière, s'altère et se désagrège lorsqu'elle est mêlée à des substances animales, fait supposer que ces substances jouent vis-à-vis d'elle le rôle de ferment, tandis que la litière joue à son tour vis-à-vis de ces substances animales le rôle de matière fermentescible.

Si l'on admet que la préparation des fumiers est accompagnée de phénomènes d'oxydation et de fermentation; si l'on admet que la putréfaction consiste dans l'accom-

plissement de ces deux phénomènes, et si l'on n'oublie point quelles sont les conditions indispensables à la putréfaction, il sera aisé de soumettre à un examen critique les méthodes usitées pour la préparation des fumiers, et de faire ressortir ce qu'elles ont de défectueux.

Au sortir des écuries, les fumiers sont entassés à des hauteurs plus ou moins considérables. Ces tas sont plus ou moins serrés, rarement abrités.

L'oxydation commence dans ces tas, parce que l'oxygène y a accès de tous côtés. Il s'y dégage de la chaleur par suite de l'oxydation. Cette chaleur, avant d'atteindre certaines limites, détermine la fermentation.

Déjà tout ce qui est organisé perd sa texture. Il y a formation de nouveaux produits, qui doivent subir plus tard des transformations nouvelles pour se convertir enfin en acide carbonique et en carbonate d'ammoniaque.

En attendant, les matières liquides qui se forment s'échappent de la masse, et tantôt se dispersent au loin, tantôt stationnent dans les environs, sans cesser de se décomposer.

Telle est la méthode généralement suivie.

Prouvons combien cette méthode est vicieuse. Le carbonate d'ammoniaque se volatilise en pure perte à cause de la chaleur qui se développe dans la masse et qui parvient souvent à un degré fort élevé, si la pluie n'arrive pas à propos pour la modérer.

Mais cette pluie, bienfaisante sous un rapport, deviendra funeste d'un autre côté, parce qu'elle enlèvera à la masse du fumier tout ce qu'elle y trouvera de soluble, et

cette dissolution ou sera perdue, ou, si elle est conservée, le sera mal et sans soin.

Voyons ce que font les agriculteurs éclairés.

Je commencerai par vous faire connaître le procédé que M. Schattenmann a adopté pour préparer le fumier des écuries, qui, pour lui comme pour tous ceux qui voudront suivre son exemple, deviendra toujours le meilleur des fumiers.

M. Schattenmann, placé auprès d'une caserne d'artillerie, dispose du fumier de 200 chevaux. Sa fosse a 400 mètres carrés de surface ; elle est divisée en deux parties de 200 mètres. C'est un plan incliné qui s'élève en avant et de droite et de gauche, de manière que les eaux se réunissent au milieu, où se trouve un réservoir muni d'une pompe pour ramener à volonté sur le fumier les eaux qui en découlent. A côté, il y a un puits muni également d'une pompe.

Les deux parties de la fosse sont alternativement garnies de fumier sortant des écuries. Il est entassé à 3 ou 4 mètres de hauteur sur toute la surface du carré, foulé par le pied des hommes qui l'apportent et l'étendent, et abondamment arrosé.

M. Schattenmann ajoute aux eaux du réservoir ou répand sur le fumier une dissolution de sulfate de fer ou bien de l'acide sulfurique faible.

Par ces moyens simples et peu dispendieux, il obtient, en deux ou trois mois, un engrais parfaitement fait, aussi gras et aussi pâteux que le fumier des bêtes à cornes, et doué d'une grande énergie.

Discutons le procédé que nous venons de décrire.

Le plan sur lequel le fumier repose est incliné, et l'inclinaison aboutit à un réservoir : excellente disposition ; car si le plan était horizontal, les eaux stationneraient dans le fond du fumier ; leur action y serait excessive, tandis que les parties supérieures seraient très-arides.

M. Schattenmann fait fouler aux pieds le fumier. Il a raison ; en effet, comme le fumier de cheval est peu humide, ce tassement, outre qu'il ralentit la dessiccation, ralentit aussi la putréfaction générale, parce que l'oxygène n'a pas un libre accès.

A l'aide d'une pompe, il arrose la masse du fumier, soit avec les eaux qui s'en sont séparées par un égouttage spontané, soit avec de l'eau prise à un puits. Cette pratique est très-rationnelle ; car, malgré le tassement, le fumier de cheval finit par entrer en fermentation violente, et par dégager une grande quantité de chaleur.

Or, l'arrosage refroidit la masse, ralentit la fermentation, et empêche ainsi la dispersion des parties les plus énergiques.

Mais ce qui imprime au procédé de M. Schattenmann un cachet particulier de bon sens, c'est l'addition aux eaux du réservoir ou à la masse même du fumier, d'une certaine quantité de sulfate de fer ou d'acide sulfurique.

Par ces moyens, il fixe l'ammoniaque, qui se dégage des parties solides et liquides des fumiers ; sans cela cette ammoniaque, transformée en carbonate, se volatiliserait en pure perte pour l'agriculture.

L'addition du sulfate de fer ou de l'acide sulfurique

est, à mon avis, une pratique si bien entendue que je veux vous en pénétrer l'esprit par quelques expériences.

Vous savez que parmi les produits de la putréfaction des matières organisées il y a du gaz acide carbonique et du gaz ammoniac : et comme ces deux gaz ne peuvent se trouver en présence sans se combiner, il en résulte qu'en définitive l'ammoniaque provenant de la décomposition des matières organisées affecte la forme de carbonate, dans quelques cas, il est vrai, celle d'hydrosulfate, mais toujours la forme saline.

Voyez en effet ce qui se passe lorsque je mêle ces deux gaz, dont l'un est de l'acide carbonique, l'autre du gaz ammoniac.

Comme vous voyez, ils se solidifient : ils ne peuvent donc pas rester en présence sans se combiner, et leur combinaison serait d'autant plus prompte, s'ils étaient humides, et le résultat de leur combinaison serait du carbonate d'ammoniaque.

Mais ce composé est volatil à la température ordinaire, et à plus forte raison à une température élevée ; dès lors, dans une masse de fumier où la chaleur s'élève jusqu'à 45 ou 50 degrés, il en restera bien peu, quoiqu'il s'en forme une quantité assez considérable.

Or, rien n'est plus facile que de rendre fixe l'ammoniaque, en décomposant son carbonate, soit par de l'acide sulfurique, soit par du sulfate de fer.

L'anéantissement de l'évaporation ammoniacale tient à ce que le carbonate d'ammoniaque se transforme, en vertu de l'action de ces réactifs, en sulfate d'ammo-

niaque, qui peut, sans se volatiliser, rester exposé à l'air, même à une température plus haute que celle qui se développe dans un tas de fumier.

Dois-je insister sur l'utilité de transformer un produit ammoniacal volatil, facile à se disperser, en un produit fixe, également ammoniacal, qui n'offre aucune chance de perte ?

Ne comprenez-vous pas que, du moment où l'on n'a plus à se préoccuper de la perte du produit ammoniacal dans la préparation du fumier, cette même préparation devient aisée et commode, et en même temps plus complète, car on n'est plus obligé de limiter le temps pendant lequel cette préparation doit continuer ?

D'où il résulte que l'on pourra prolonger l'opération jusqu'à la décomposition complète de toute la matière pailleuse, et se procurer ainsi un engrais qui, en produisant tout son effet dans un laps de temps limité, pourra être comparé à ce capital qui ne fait pas attendre longtemps son intérêt.

En suivant ces règles, on peut donc faire avec les déjections du cheval un fumier de première qualité, qui convient à tous les sols, et qui ne diffère du fumier de vache que par sa supériorité.

Ce que nous venons de dire pour la préparation du fumier d'écurie est applicable à la préparation du fumier d'étable, et comme celui-ci est très-humide, les aspersions avec de l'eau deviennent moins nécessaires, car la fermentation marche plus lentement, et la chaleur qui se dégage dans le tas est moins forte.

Je dois faire une remarque.

Nous avons dit que l'acide sulfurique et le sulfate de fer sont des matières qui fixent l'ammoniaque ; mais l'emploi de l'acide sulfurique, et surtout du sulfate de fer, peut entraîner des inconvénients entre des mains inexpérimentées. Si l'on employait un excès de ces substances, non-seulement une partie de la dépense serait inutile, mais cet excès pourrait être pernicieux à la végétation. Un fumier trop acide peut brûler les racines tendres des jeunes plantes. Un fumier qui contiendrait une forte proportion de sulfate de fer, apporterait dans le sol une matière que nous avons déjà signalée comme n'étant pas favorable à la végétation ; mais, avec un peu de précaution, il est facile de se prémunir contre ce double danger.

D'abord j'admets en principe qu'il est plus économique d'arroser les tas de fumier avec de l'acide sulfurique qu'avec du sulfate de fer.

Une livre d'acide sulfurique correspond, pour l'efficacité, à 2  $\frac{1}{2}$  de sulfate de fer. Or, quelque modéré que soit le prix de ce sel, il sera toujours supérieur à 3 sous, prix d'une livre d'acide.

Supposez donc que vous opéreriez avec de l'acide sulfurique. Vous en verserez dans le réservoir une quantité suffisante pour communiquer à la masse liquide la propriété de rougir le papier bleui par la teinture de tournesol ; mais cette masse liquide ne doit pas faire effervescence au contact de la cendre ordinaire. Dans ce cas, l'acidité serait trop forte.

Une fois ce point atteint, on arrose la masse du fumier, et l'on ne songe à ajouter de nouvel acide que lorsque l'eau du réservoir a perdu son acidité.

En opérant de cette manière, on ne court aucun risque; car, lors même que le fumier serait un peu acide le jour où on l'enterrerait, son acidité disparaîtrait presque de suite par l'action des carbonates terreux, qu'on trouve toujours dans le sol en plus ou moins grande quantité.

Mais, il faut en convenir, ce procédé, tout simple qu'il est, offre un inconvénient, lequel consiste dans le maniement d'une substance qui peut devenir dangereuse faute de précaution.

C'est pour cela qu'il vaut mieux remplacer l'usage de l'acide sulfurique par l'usage un peu plus coûteux du sulfate de fer.

Dans ce cas, il faut introduire quelques livres de sulfate de fer dans le réservoir, et au lieu de se préoccuper de la réaction du liquide, il faut se préoccuper de la réaction du fumier.

Lorsqu'un fumier fermente, si l'on fait stationner quelques instants un peu de papier rouge de tournesol dans l'intérieur de sa masse, il deviendra bleu, ce qui prouve qu'il y a dégagement de carbonate d'ammoniaque. Mais cette propriété disparaîtra ou du moins diminuera considérablement, si l'on arrose le fumier avec une dissolution de sulfate de fer.

Or, si l'on ajoute aux eaux du réservoir quelques livres de sulfate de fer, seulement quand on remarque la



propriété alcaline du fumier, on est presque sûr de ne jamais dépasser les limites voulues.

Je conçois que ces innovations dans la préparation des fumiers ne peuvent être facilement adoptées par la généralité des agriculteurs. La répugnance à quitter d'anciennes habitudes, la crainte de mal opérer, ou bien encore la défiance qu'inspire un échec, conséquence d'une mauvaise opération, la difficulté de se procurer ces matières, non généralement connues, sont de sérieux et puissants obstacles.

On a, il est vrai, proposé de remplacer l'usage de l'acide sulfurique ou du sulfate de fer par celui du plâtre, et j'ajouterai que nombre d'agriculteurs préparent leurs fumiers en faisant intervenir cette substance si connue et si inoffensive.

Mais j'ai lieu de croire que le plâtre, sans être dépourvu de toute efficacité, est, à parité de circonstances, bien moins actif que l'acide sulfurique et le sulfate de fer.

Pour que le plâtre agisse complètement, il lui faut des circonstances particulières ; par exemple : le plâtre exige une grande quantité d'eau pour produire le même effet que produirait le sulfate de fer avec une quantité bien moindre.

Je me crois donc obligé de vous parler des moyens qui ont été employés par des agronomes d'un grand mérite, auxquels l'usage des agents chimiques était inconnu.

D'abord tous les agriculteurs éclairés se sont toujours préoccupés de l'emplacement de leurs fumiers. Ils ont compris qu'en les abandonnant à toutes les intempéries

de l'air, ils ne pouvaient réussir que par hasard. Aussi y a-t-il des agriculteurs qui les abritent par un hangar ou par des arbres, plantés à l'entour, afin de maintenir une température uniforme, et de retarder la dessiccation et l'évaporation des matières en fermentation. Ceux qui ne peuvent pas disposer d'arbres recouvrent les tas de fumier avec de la paille, que l'on assujettit en plaçant dessus quelques morceaux de bois un peu lourds. A défaut de ces abris, le fumier se dessèche presque toujours pendant les chaleurs de l'été. Quelques agriculteurs établissent autour de la place destinée au fumier, une espèce de petite digue ou de petit mur, qui empêche les eaux de la ferme de s'y introduire, et laisse le tas exposé seulement aux eaux pluviales.

Tous, sans exception, font grand cas du jus de fumier, qu'ils reçoivent dans une petite mare ou une citerne, et qu'ils conservent soigneusement, pour le répandre, en temps opportun, sur les prairies et les terres en culture, ou bien pour arroser le fumier et l'entretenir à un degré convenable d'humidité et de température, laquelle ne devrait jamais dépasser, au centre, 28 degrés centigrades.

Dans la fameuse ferme modèle de Roville, dirigée jadis par feu Mathieu de Dombasle, la place du fumier est disposée d'une manière très-simple. C'est un espace plat et de niveau avec le sol environnant, mais dont le fond est glaisé de manière à ne permettre aucune infiltration.

Cet espace, qui a 84 mètres carrés de superficie, est

entouré d'une rigole qui conduit le purin dans un réservoir de 2 mètres carrés de surface et de 1 mètre de profondeur.

En dehors de la rigole, et tout autour du tas, on a pratiqué un trottoir de 1 mètre et demi de largeur, formé de gravier et d'argile, afin d'empêcher que le purin ne puisse jamais sortir des rigoles, et que les eaux extérieures ne puissent s'y mêler.

Ce trottoir a 2 décimètres de hauteur au milieu, et se termine en pente douce des deux côtés, en sorte que cette pente est presque insensible à la vue, et ne gêne nullement l'accès des chariots, qui peuvent entrer et sortir sur tous les points.

Dans le réservoir est placée une pompe fixe en bois, au moyen de laquelle on peut verser le purin, soit sur le tas de fumier pour l'arroser, soit dans les tonneaux pour le conduire sur les prairies.

Le fumier est déposé avec soin sur cet emplacement, à la hauteur d'environ 2 mètres. On élève toutes les faces du tas aussi verticalement que possible, et afin que l'ancien fumier ne se trouve pas toujours enfoui sous le nouveau, on forme à volonté deux ou trois divisions, que l'on charge et que l'on enlève successivement dès que la paille commence à brunir et à perdre de sa consistance.

Dans les deux fermes de l'Institut de Hoheinheim, Schwertz dispose les fumiers d'une manière différente. Le lit est de niveau avec le terrain environnant; le sol n'est pas pavé, mais seulement formé de moëllons posés

de champ, recouverts de deux couches de débris de pierres assez gros à la couche inférieure, et menus à la couche supérieure, le tout recouvert d'un peu de terre et bien damé.

Une fosse profonde de 1 mètre et demi, et large de 1 mètre, sépare en deux parties le lit du fumier : chaque partie a vers elle une pente d'environ 32 centimètres, afin que le purin y coule et s'y rassemble ; mais comme une certaine quantité de liquide n'en découle pas moins de trois autres côtés, ils sont bordés d'une rigole pavée qui conduit ce liquide dans la fosse.

A l'un des bouts est fixée une pompe au moyen de laquelle le purin peut être versé dans les tonneaux, ou bien distribué sur les différents points du tas à l'aide d'auges qui s'ajoutent les unes aux autres.

L'ouverture de la fosse est recouverte de madriers convenablement espacés, ou d'une grille en bois assez serrée, mais qui ne s'oppose pas au passage du liquide.

A cette disposition, on en peut ajouter d'autres fort importantes : c'est de diriger dans la fosse les urines des étables et écuries, et de placer au-dessus, du côté opposé à la pompe, les latrines des valets et ouvriers. On réunit ainsi sur un seul point tous les éléments de fertilité que produit une ferme.

Dans certaines parties de la Suisse, on remarque une disposition particulière fort convenable aux petites exploitations.

Supposez une fosse plus longue que large. Dans le sens de la largeur sont placées les unes contre les autres des

poutrelles ou de petits arbres, de manière à former une espèce de grille sur laquelle on place le fumier. Le liquide qui suinte tombe directement dans la fosse, à travers la grille en bois. L'un des bouts reste découvert ; on y place une pompe, qui sert à ramener le liquide sur le fumier ou à le verser dans des tonneaux.

On comprend que la grille empêchant les chariots de passer sur le fumier même, on ne peut donner à l'emplacement qu'une certaine étendue, et que par conséquent cette disposition ne convient que dans les petites fermes, où la production du fumier n'est pas considérable.

Je pourrais encore vous citer une foule de procédés également rationnels pour préparer les fumiers, mais qui, en définitive, se valent tous à peu près, et dont vous pouvez acquérir la connaissance en lisant l'excellent livre de M. Girardin, intitulé : *Des Fumiers considérés comme engrais*.

C'est un livre de poche très-peu volumineux, mais en revanche très-clair, très-simple et très-positif.

Au reste, quelle que soit la disposition de l'emplacement où l'on doit préparer le fumier, cette disposition sera toujours convenable, lorsqu'elle permettra :

1° De recueillir tout le purin dans un réservoir d'où il soit facile de le tirer par une pompe ou par un moyen quelconque ;

2° De mettre le fumier à l'abri d'une évaporation trop prompte et de l'invasion de toute eau étrangère, l'eau pluviale exceptée ;

3° De faire sur l'emplacement assez de divisions pour que l'ancien fumier ne se trouve pas toujours enfoui sous le nouveau.

Les conditions que je viens de signaler sont bien faciles à remplir ; mais croyez-vous qu'on s'en préoccupe beaucoup, je ne dirai pas seulement dans vos campagnes, mais dans les campagnes de toute la France ?

Si l'on excepte quelques exploitations dirigées par des hommes éclairés, vous verrez partout la même incurie et le même gaspillage. Il est étrange qu'en général les Sociétés agricoles ne proposent point de récompenses aux cultivateurs qui administreraient le mieux leurs fumiers. Cependant celui qui suivrait des procédés rationnels pour en préparer de bons, aurait bien mérité de l'agriculture autant que celui qui saurait bien diriger une charrue.

Si la terre gagne à être bien labourée, elle gagne aussi à être bien fumée. Avec de bon fumier et un faible labour, on peut obtenir de bonnes récoltes ; mais avec de mauvais engrais et un excellent labour, les récoltes seront toujours chétives.

Dans la prochaine séance, nous parlerons de la production des fumiers.

## QUINZIÈME LEÇON.

**PRODUCTION DES FUMIERS. — CHOIX DES LITIÈRES. — ORGANISATION DES ÉTABLES.**

**MESSIEURS,**

Quelle que soit la fertilité naturelle d'une terre, elle s'épuisera par suite de cultures répétées.

On ne peut lui redonner sa fertilité primitive qu'en lui donnant des engrais.

Or, de tous les engrais, celui qui provient des déjections des animaux, c'est-à-dire le fumier, est le plus convenable et le plus commode.

Il est le plus convenable, car il renferme tous les éléments que les plantes exigent pour prospérer.

Il est le plus commode, parce que, dans toute exploitation agricole, la présence des animaux étant indispensable, il en résulte que le fumier se forme pour ainsi dire tout seul, sur les lieux mêmes et sans cesse.

Dans une exploitation agricole, plus il y aura d'ani-

maux, plus il y aura de fumier ; et plus il y aura de fumier, plus il y aura de fertilité.

L'agriculteur, qui n'épargnera aucun soin pour obtenir, dans les conditions où il se trouve, le plus de fumier possible et de la meilleure qualité, fera preuve de sagesse, parce qu'il montrera qu'il est pénétré de ce grand principe que la pierre angulaire de l'agriculture est l'administration des fumiers.

Cela admis, vous concevrez, Messieurs, combien il est rationnel qu'après avoir parlé des moyens de préparer de bons fumiers, je vous parle de leur production ; elle se rattache à trois ordres de faits :

- 1° Le choix des litières,
- 2° L'organisation des étables,
- 3° L'alimentation du bétail.

Commençons par étudier les litières, et rappelons-nous, avant tout, que ce que l'on appelle fumier n'est qu'un mélange de déjections animales et de matières végétales, sous forme le plus ordinairement de paille.

Rappelons-nous encore que, dans la préparation du fumier, ces matières végétales se décomposent et que les produits de leur décomposition s'ajoutent à ceux qui proviennent de la décomposition des matières animales.

Il est évident, d'après cela, que, suivant la nature et la composition de ces matières végétales appelées communément litières, la qualité du fumier doit être plus ou moins bonne.

En effet, une litière très-azotée contribuera dans des



circonstances égales à produire un fumier plus actif qu'une litière très-peu azotée ; et pour la même raison, une litière très-alkaline ou très-phosphatée, par exemple, communiquera ces qualités au fumier, et en rendra l'emploi préférable dans quelques circonstances données.

Pour mieux vous éclairer à ce sujet, je mets sous vos yeux la teneur en azote des différentes pailles, d'après les expériences de MM. Boussingault et Payen ; et d'une autre part l'ordre de leur valeur pratique et la nature des cendres qu'elles laissent par la combustion, d'après les observations de Sprengel.

*TABLEAU des pailles disposées suivant leur richesse en azote.*

	Azote sur 100.
1 Paille de pois.....	1,79
2 Id. de lentilles.....	1,01
3 Id. de millet.....	0,78
4 Id. de froment.....	0,49
5 Id. de sarrasin.....	0,48
6 Id. d'avoine.....	0,28
7 Id. d'orge.....	0,23
8 Id. de seigle.....	0,17

TABLEAU des cendres provenant des pailles disposées suivant leur valeur pratique.

	Potasse.	Soude.	Chaux.	Magnésie.	Fer.	Acide phosph.	Acide sulfuriq.	Chlore.	Silice.
1 Paille de colza..	22,80	14,21	20,90	3,10	2,32	9,87	13,35	11,36	2,90
2 Id. de vesce....	19,75	1,26	47,68	7,90	0,78	6,82	2,97	2,04	10,80
3 Id. de sarrasin.	15,09	2,81	32,00	13,27	3,31	13,09	9,86	4,31	6,26
4 Id. de fèves....	53,07	1,60	20,00	6,69	0,70	7,24	1,00	2,56	7,14
5 Id. de lentilles..	10,76	0,84	52,30	3,05	0,85	12,30	0,89	1,25	17,76
6 Id. de millet...	12,83	1,77	12,15	7,62	1,35	0,62	15,96	2,67	45,03
7 Id. de pois....	10,22	», »	11,87	14,88	3,77	1,04	14,50	0,17	43,55
8 Id. d'orge.....	3,49	0,94	1,48	10,76	3,49	1,00	2,00	1,40	75,44
9 Id. de froment..	0,59	0,86	2,09	0,95	2,68	2,09	1,01	0,84	88,89
10 Id. de seigle...	1,23	0,42	3,00	0,44	0,90	1,80	2,69	0,65	88,87
11 Id. de maïs....	4,74	0,10	16,36	5,90	0,75	1,35	2,65	0,15	68,00
12 Id. d'avoine....	15,17	», »	2,65	0,38	0,10	0,20	1,37	0,09	80,04

Vous voyez par ces deux tableaux que toutes les pailles ne présentant pas, à beaucoup près, la même composition, elles ne doivent pas indifféremment être employées comme litières. Remarquez bien que celles qui doivent contribuer le moins à l'amélioration des fumiers sont celles des céréales. Elles sont extrêmement riches en silice, et très-pauvres en azote ; et, la paille d'avoine exceptée, les autres renferment des quantités à peine appréciables de potasse.

Les pailles de céréales n'apportent donc aux fumiers qu'un élément dont les terres sont généralement riches.

C'est le contraire pour les pailles des légumineuses. Outre qu'elles sont proportionnellement riches en azote, elles renferment des quantités considérables d'alcalis, de chaux et d'acide phosphorique : elles apportent donc aux fumiers des éléments dont les terres sont généralement pauvres.

Il est évident qu'un agriculteur qui harmoniserait le choix des litières avec la nature des cultures, suivrait une marche bien plus rationnelle que ceux qui emploient d'ordinaire comme litière les pailles des céréales.

Il est vrai que la conformation creuse et tubuleuse de ces dernières les rend précieuses, en ce qu'elles absorbent très-aisément les déjections liquides, et procurent, en outre, aux animaux un coucher doux et chaud ; mais il est vrai aussi que les pailles des céréales n'enrichissent le fumier que de silice.

Je sais qu'on pourrait dire que cette espèce de paille est toujours bonne pour un fumier destiné à la production des céréales ; et comme cette production est souvent la plus importante, il en résulte que leur usage comme litière est justifié.

Il est facile de faire ressortir le côté spécieux de l'argument, qui serait très-puissant si les céréales ne se composaient que de paille, mais elles se composent de paille et de graine, et l'on attache plus de prix à l'une qu'à l'autre. Or, la graine des céréales est très-riche en

acide phosphorique, en magnésie et en alcalis, et ce sont justement ces éléments qui manquent à la paille, et qu'on ne trouvera point en abondance dans un fumier qui aura été formé par une litière de céréales.

Indépendamment de tout ce qui a rapport aux principes minéraux des litières, un motif bien plus grave devrait faire prévaloir ou du moins ne pas faire oublier l'emploi des fanes de légumineuses. C'est que celles-ci, étant plus azotées que les pailles de céréales, doivent produire un fumier d'excellente qualité.

On pourrait répondre à cela que les fanes de légumineuses, qu'on ne convertit point en litière, sont destinées à la nourriture du bétail, et que leur richesse en azote n'est pas perdue dans l'économie générale de l'exploitation.

Une pareille manière de voir ne saurait subsister avec des connaissances plus approfondies de la physiologie. Lorsqu'un animal a atteint son maximum de développement, les aliments qu'on lui donne sont brûlés par l'acte de la respiration; et nous avons déjà dit plusieurs fois que leur carbone est converti en acide carbonique, l'hydrogène en eau, et l'azote en ammoniaque; mais nous ajouterons que l'ammoniaque expulsée dans l'urine sous forme d'urée ne représente pas, d'après les expériences de M. Boussingault, tout l'azote des aliments. Il y a une portion qui est rejetée de l'économie sous forme gazeuse.

Ainsi, en supposant que l'on fasse manger à un cheval dix kilogrammes de paille de pois, qui, considérés à l'état

sec, renferment 179 grammes d'azote, il ne faut pas s'attendre à trouver dans les urines de ce cheval les 179 grammes : une portion de cet azote, répétons-le, s'en va à l'état de gaz.

Il y a donc perte d'azote. On voit que, sous le point de vue de la production des fumiers, la méthode qui consiste à nourrir les bestiaux avec de la paille est vicieuse, car, si cette paille, au lieu d'être appliquée comme nourriture, était appliquée comme litière, tout son azote serait efficace, car il serait converti en fumier, si toutefois le fumier était préparé suivant les règles.

Si le manque de fourrages mettait l'agriculteur dans la nécessité d'avoir recours à la paille, il vaudrait encore mieux conserver pour cet usage celle des céréales que celle des légumineuses, par la raison que la paille des céréales étant très-peu azotée ne bonifie point le fumier.

Cette paille, qui serait si peu efficace comme engrais, pourrait produire plus d'effet comme nourriture, et surtout comme nourriture supplémentaire ou subsidiaire.

La paille des céréales n'apporterait pas à l'économie animale beaucoup d'azote, mais elle y apporterait beaucoup de graisse, beaucoup de matière sucrée et amylacée; en un mot, elle contribuerait à l'augmentation du poids du bétail, ou bien à la production d'une certaine quantité de forcé.

La matière grasse de la paille, en se fixant, augmente-

rait le poids de l'animal ; les matières neutres, en brûlant, par la respiration, engendreraient cette chaleur qui entretient la force.

Néanmoins, il serait à désirer que les agriculteurs donnassent plus d'extension à la culture des plantes fourragères et sarclées. De cette manière, outre qu'ils ménageraient au bétail une nourriture succulente pendant l'hiver, ils économiseraient la paille, qui peut toujours, quelle que soit sa nature, trouver dans la production des fumiers un emploi plus utile que dans la nourriture des bestiaux.

Si nous avons essayé de prouver que les pailles de légumineuses ont droit à être considérées comme meilleures litières que les pailles de céréales, nous n'avons pas prétendu que celles-ci fussent impropres à cet usage.

Il est facile de comprendre que, la nourriture des bestiaux n'étant pas toujours identique, la nature des déjections doit varier.

D'après cela, la litière ne doit pas être toujours la même d'un bout à l'autre de l'année.

Par exemple, dans la saison où la nourriture des bestiaux est aqueuse et volumineuse, une litière très-absorbante, quoique peu azotée, vaudra mieux qu'une litière peu absorbante et assez azotée.

Cet exemple suffit pour prouver que l'usage de la paille de légumineuses n'exclut pas l'usage de la paille de céréales. Toute la difficulté est de savoir raisonner cet usage et de l'adopter suivant les circonstances.

Le ménagement des pailles est à nos yeux une chose

si importante, que nous n'hésitons pas à attirer l'attention des cultivateurs sur une foule de plantes, ou de débris végétaux, qu'il est facile de se procurer avec économie, et dont l'emploi bien entendu pourrait épargner les pailles, sans réduire la production des fumiers.

Vous avez sous les yeux une liste des matières qui pourraient être mêlées aux pailles, et qui, dans quelques circonstances, pourraient même les remplacer comme litière.

*TABLEAU des plantes et des débris végétaux qui pourraient servir de litière, distribués suivant leur teneur en azote.*

	Azote sur 100.
Feuilles de bruyères sèches.....	1,74
Feuilles de poirier.....	1,36
Genêt (tiges et feuilles).....	1,22
Feuilles de hêtre.....	1,17
— de chêne.....	1,17
Buis (rameaux et feuilles).....	1,17
Balles de froment.....	0,85
Roseaux.....	0,75
Feuilles d'acacia.....	0,72
Sciure de chêne sèche.....	0,54
Feuilles de peuplier.....	0,53
Gazon de prairie.....	0,53
Sciure d'acacia sèche.....	0,29
Sciure de sapin sèche.....	0,16
Fougère.....	0,00

Quant à leur teneur en azote, vous en voyez plusieurs qui ne sont pas moins riches que les pailles de

légumineuses, et presque toutes sont plus azotées que les pailles de céréales.

Ces diverses plantes ou débris de plantes devraient être employés verts, parce que secs, ils se décomposent très-difficilement : il faudrait les laisser d'autant plus longtemps sous le pied du bétail, qu'ils sont plus durs et qu'ils résistent davantage à la pourriture.

Les plantes ou parties de plantes ligneuses présenteraient cependant d'assez graves inconvenients, car elles sont quelquefois assez dures pour gêner les animaux, et elles absorbent difficilement les urines.

Avant de les placer sous les animaux, il faudrait les broyer à la meule, les couper, ou mieux, par économie de main-d'œuvre, les faire écraser par les roues des voitures de la ferme.

En les associant à la litière ordinaire, pour une certaine quantité, on apporterait une économie notable dans l'emploi de la paille consommée aux étables, on enrichirait le fumier, et l'on obtiendrait un fort bon coucher pour les animaux.

Dans certaines localités de l'Angleterre, de l'Allemagne et de la Suisse, on emploie un bon moyen pour suppléer à l'insuffisance des litières.

Il consiste à répandre sur le sol des étables, des bergeries, des écuries, une certaine quantité de terre sèche, qu'on recouvre chaque jour par une nouvelle couche, et qu'on remplace par de nouvelle terre, lorsque la première est suffisamment imprégnée par les déjections des bestiaux.



Les animaux se reposent sur une litière de cette espèce, tout aussi bien que sur une abondante couche de paille. Ils sont même plus sainement, car les miasmes qui s'élèvent de leurs excréments sont promptement absorbés par la terre, qu'on peut répandre une ou deux fois par jour. On conçoit qu'en la choisissant suivant la nature du sol où elle devra, plus tard, servir de fumier, on pourrait obtenir ainsi un fumier et un correctif à la fois.

De cette façon, on ferait servir de litière une terre argileuse, lorsque le terrain à fumer serait sablonneux ou calcaire, et réciproquement.

Le sable devrait être employé de préférence, pour le fumier destiné à des prairies aigres ou infectées de mousse.

Les avantages de ce procédé sont incontestables. D'abord on économise la paille, qui peut alors être entièrement appliquée à la nourriture du bétail; et il en résulte nécessairement que la nourriture augmentant dans une ferme, il devient possible d'augmenter le nombre des bestiaux qui produira une plus grande quantité de fumier.

Au surplus, la terre absorbe mieux les urines et se mêle mieux aux déjections solides, et le fumier qui résulte de ce mélange plus intime, étant plus lourd et plus tenace, fermente plus également, perd moins par l'évaporation, et sa préparation devient plus facile et meilleure.

L'expérience, d'ailleurs, a démontré qu'un fumier terreux est d'un effet plus énergique et plus durable, sur

les terres moyennes, que le fumier ordinaire, qui contient beaucoup de paille.

C'est dans les étables des moutons que l'emploi de la terre, comme litière, rend de bons services, en atténuant l'odeur trop forte des urines, et en absorbant les liquides qui, de toute manière, se perdent dans le sol.

Avec le système actuel de litière et de bergeries, une grande quantité des urines rendues par les animaux est absorbée par le sol qui n'est point pavé. On pourra juger de la quantité d'engrais qui se perd dans nos étables, si l'on songe que les urines des bestiaux sont dans une proportion des quatre cinquièmes plus considérable que leurs excréments solides.

Si l'on recouvre le sol d'une couche sans cesse renouvelée de terre sèche, on ne perdra point d'urine; et les animaux se trouveront dans des conditions plus favorables à leur santé, en couchant sur une litière sèche et toujours nouvelle, que lorsqu'ils croupissent dans une fange humide et puante; comme cela se voit généralement dans nos exploitations.

En recommandant l'emploi des litières terreuses, je ne fais que signaler les résultats pratiques obtenus par les meilleurs cultivateurs anglais, hollandais et bavarois; je ne fais que m'associer aux vœux exprimés par des hommes marquant dans les sciences agricoles, tels que Pictet, Schwertz, Boeninghausen, Girardin, etc.

Une préoccupation pourrait peut-être envahir l'esprit de ceux qui ont la bonne habitude de ne point accepter *l'ipse dixit*. En effet, si l'on doit mesurer la valeur des

fumiers d'après leur contenu en azote, on a de la peine à concevoir qu'un fumier composé de matières animales et de terre vaille mieux qu'un fumier composé de matières animales et végétales.

La terre ne contient que des traces d'azote, et les matières végétales en contiennent très-sensiblement. A parité de circonstances, le fumier terreux doit être moins azoté que le fumier ordinaire; par conséquent, le premier doit être moins énergique, moins efficace que le dernier.

Cette préoccupation est facile à dissiper.

Il est vrai que les matières premières qui concourent à la formation du fumier ordinaire sont plus azotées que celles qui concourent à la formation du fumier terreux; mais on doit reconnaître aussi que, dans la préparation ordinaire du fumier normal, la perte de l'élément azoté est souvent considérable, tandis que dans la préparation du fumier terreux, elle est nulle, vu l'état poreux et le pouvoir absorbant et condensant de la terre litière. Il y a donc compensation, et même ample compensation, sans parler de l'efficacité prompte du fumier terreux, qui, dans les sols moyens, ainsi que nous l'avons dit, produit des résultats remarquables.

Résumons en peu de mots ce que nous avons dit relativement à l'influence des litières sur la production des fumiers.

L'abondance des fumiers est liée à l'abondance des litières; il vaut mieux consacrer les pailles à la formation des litières qu'à la nourriture des bestiaux, car ils

se trouveront toujours mieux d'une nourriture fourragère.

Les pailles de légumineuses, étant plus azotées et plus riches en principes minéraux que les pailles de céréales, devraient être préférées comme litières.

L'emploi de certaines plantes ou de certains débris végétaux économiserait la paille. L'emploi de la terre convenablement choisie comme litière l'économiserait encore davantage, et par là il en résulterait une augmentation de bétail et par conséquent une augmentation de fumier.

Passons à l'influence que l'organisation des étables peut exercer sur la production des fumiers.

C'est une chose à peine croyable que la différence qui résulte de la disposition des étables, pour la quantité de fumier qu'on obtient. Dans la Belgique, les cultivateurs calculent que chaque vache nourrie à l'étable en produit dans l'année, cinquante à soixante voitures, c'est-à-dire de 35 à 40 mille kilog.

Mathieu de Dombasle, frappé de cet énorme résultat, a voulu constater le fait par lui-même, et il a trouvé que la quantité du fumier qu'on obtient dans les étables disposées à la manière belge, est en effet très-considérable, lorsqu'on peut donner au bétail la litière en grande abondance.

Cette disposition consiste à pratiquer, en avant des bêtes, un trottoir planchéié ou cimenté, sur lequel on dépose le fourrage et les baquets, et derrière elles un espace large et un peu enfoncé, dans lequel se rendent

toutes les urines et où l'on jette tous les jours le fumier.

Par cette disposition rien n'est perdu de toutes les déjections évacuées à l'étable, et le fumier préparé dans ces conditions est d'excellente qualité et très-abondant.

Voici les quantités de fumier que Mathieu de Dombasle a obtenues de chaque espèce de bétail, et la quantité de nourriture administrée dans une étable belge.

*Quantité de fumier produite par le bétail dans une étable belge, et quantité de nourriture administrée.*

	Fumier produit par année en kilog.	Nourriture représentée en foin sec et administrée par an.	Quantité de fumier produite par 100 k. de foin.
	k.	k.	k.
Cheval. . . . .	16,200	7,300	221,9
Bœuf à l'engrais.	25,350	7,300	347
Bœuf de trait. . .	7,800	0,000	000
Vache laitière . .	49,500	3,650	534
Mouton adulte. .	0,600	0,365	164
Porc. . . . .	12,350	0,000	000

Dans beaucoup de contrées, en Suisse, dans le nord de la France et même en certaines parties de la Flandre, on recueille les urines à part des fumiers, et la disposition des étables est différente.

Le bétail est placé sur une plate-forme en dalles, ou en madriers, de 21 à 22 décimètres de large, ayant une légère pente de l'avant à l'arrière.

Immédiatement derrière cette plate-forme règne une rigole en bois, large de trois décimètres et profonde de deux, qui reçoit les urines et de l'eau au besoin.

Cette rigole aboutit à un réservoir en madriers, enterré dans le sol et soigneusement entouré d'argile bien battue; il a 12 à 16 décimètres d'ouverture et autant de profondeur; il est fermé par un couvercle; la rigole est close par une écluse à coulisse.

Outre ce premier réservoir, il y en a un second d'une capacité assez grande pour contenir tout le liquide produit pendant un mois ou six semaines, et il est placé de manière qu'il peut recevoir par déversement les eaux du premier.

Voici comment on organise la manipulation des fumiers :

On fait d'abord arriver de l'eau dans la rigole jusqu'à moitié de sa profondeur. L'urine des animaux y coule d'elle-même; les excréments sont enlevés le plus souvent possible, jetés dans la rigole et bien délayés dans le liquide qui s'y trouve.

Mais comme il reste une partie de ces excréments attachée à la litière, tous les trois jours, lorsqu'on l'enlève de dessus la plate-forme, on la tasse dans la rigole, où on l'imprègne complètement de liquide; puis lorsqu'elle est bien lavée, on la dépose le long du bord opposé aux bes-

tiaux, en petits tas hauts et pointus, afin qu'elle s'égoutte et que le liquide qui en découle rentre dans la rigole. On transporte ensuite la litière sur le fumier, en ayant soin de l'étendre et de la bien tasser.

Lorsque la rigole est pleine de liquide, on ouvre l'écluette pour le faire couler dans le petit réservoir.

Plusieurs fois par jour, on opère le mélange des excréments avec l'urine et l'eau qu'on a fait revenir dans la rigole, et on la vide successivement.

Aussitôt que le petit réservoir est plein, on le déverse dans le grand, où le liquide, qu'on appelle lizier, éprouve une fermentation qui dure d'un mois à six semaines, suivant la température et la saison.

Une pompe établie au milieu du grand réservoir sert à remplir de lizier les tonneaux qui doivent le transporter sur les prairies.

Lorsqu'on a enlevé les litières pour les porter dans la fosse à fumier, on a soin, avant de les renouveler, de bien laver les pavés, et de faire écouler dans la rigole les eaux de lavage ; ce qui contribue puissamment à la propreté et à la salubrité des étables.

Par la disposition que nous venons de décrire, on obtient, d'un côté, toutes les déjections liquides enrichies de la partie soluble des déjections solides, et, d'un autre côté, on obtient la litière et toutes les parties solides et insolubles des excréments animaux. Cette pratique est fort convenable là où l'on cultive de vastes prairies fumées par arrosage. Le lizier, ou la portion liquide, est un engrais extrêmement actif et énergique. Le fumier produit

concurrément avec le lizier doit être moins azoté que le fumier ordinaire ; mais la faible qualité est largement compensée par l'énergie du lizier.

Quoi qu'il en soit, la production du fumier est toujours considérable, lorsqu'on la compare à la quantité que l'on obtient dans les étables ordinaires.

Pour compléter nos notions sur l'économie des fumiers, il nous reste à parler de l'alimentation du bétail ; c'est ce que nous ferons dans la prochaine séance.

---



## SEIZIÈME LEÇON.

NUTRITION DES ANIMAUX. — ÉQUIVALENTS DES FOURRAGES.

MESSIEURS,

L'économie des fumiers se rattache à trois ordres de considérations : deux ont déjà été discutés dans la dernière séance. Aujourd'hui nous nous appliquerons à examiner le troisième, c'est-à-dire l'influence que l'alimentation des bestiaux peut exercer sur la production des fumiers.

Pour bien examiner un pareil sujet, il est indispensable de se faire préalablement une idée exacte du rapport qui existe entre la nature matérielle des végétaux et celle des animaux. On se met ainsi en garde contre certains préjugés qui admettent des forces mystérieuses, soumises à des lois étranges, rendant impossible toute prévision.

Pour celui qui ferait abstraction de la forme et des propriétés, et qui comparerait entre eux les éléments ou

les principes immédiats qui constituent une plante et un animal, la différence qu'il trouverait entre ces deux êtres se réduirait à une question de forme.

Une vache, par exemple, se compose de certains principes minéraux, plus, de carbone, d'oxygène, d'hydrogène et d'azote.

Le fourrage dont elle se nourrit a la même composition, et si on l'incinère, on aura un résidu de nature minérale, composé de carbonates et de phosphates terreux et alcalins, de silice, de chlorures et de fer oxydé.

Si l'on opère de la même manière sur un quartier de vache, on aura encore un résidu minéral composé des mêmes éléments.

Si, d'un autre côté, on fait abstraction des principes minéraux du mélange végétal qui sert de nourriture à la vache, et si l'on s'applique exclusivement à connaître la nature de ses éléments organiques, ou, en d'autres termes, si on le soumet à une analyse élémentaire, on trouvera qu'outre la partie minérale, il se compose d'oxygène, d'hydrogène, de carbone et d'azote.

Un quartier de vache, analysé de la même manière, ne donnera, abstraction faite de la portion minérale, que de l'oxygène, de l'hydrogène, du carbone et de l'azote.

Enfin, si, au lieu de soumettre le mélange végétal à une analyse élémentaire, on le soumet à une analyse immédiate, c'est-à-dire si on lui fait éprouver l'action successive de différents dissolvants, on en tirera des matières particulières, douées de caractères propres.

Par l'action de l'éther, par exemple, on obtiendra de la matière grasse ; par l'action de l'eau, on aura des matières neutres, sucrées, gommeuses, ou amylicées ; par l'action successive de l'alcool, des alcalis et des acides, on aura des matières quaternaires azotées dites protéïques.

Maintenant si, pour suivre la comparaison, l'on soumet un quartier de vache au même traitement, on en tirera des matières grasses par l'éther, et des matières protéïques par les autres agents. Ce que nous ne trouverons pas, ce sera l'amidon, le sucre, la gomme. Tout à l'heure, nous expliquerons cette différence.

Pour le moment, contentons-nous de comparer entre elles les matières grasses et les matières protéïques que nous avons tirées du mélange végétal, et de la vache à laquelle le mélange a servi de nourriture.

Quant aux matières grasses, nous ne découvrirons pas de différences essentielles ; car, quelle que soit leur source, nous les trouverons également insolubles dans l'eau, inflammables, riches en hydrogène, saponifiables, et aptes à se servir réciproquement de dissolvant. Il y aura même des cas où la comparaison se soutiendra jusque dans la composition chimique ; et quand il y aura, sous ce rapport, quelque différence, on trouvera que généralement elle se rattache à des degrés divers d'oxydation, c'est-à-dire à des proportions variables d'oxygène.

Pour plus de clarté, je vous dirai que l'on peut se figurer que la matière cirreuse des feuilles deviendra suif,

le suif deviendra beurre, le beurre et le suif deviendront graisse de carnivores seulement par des additions toujours croissantes d'oxygène. .

En effet, en supposant dans ces différentes matières grasses la proportion du carbone toujours constante, on trouvera que le suif est plus riche en oxygène que la partie cireuse des feuilles; que le beurre est plus oxygéné que le suif, et que la graisse des carnivores contient plus d'oxygène que le beurre et le suif.

Je passerai sous silence les cas d'identité que présentent les matières grasses végétales et animales : les principes immédiats de la graisse du porc sont les mêmes que ceux de l'huile d'olive, aux proportions près.

Si nous passons maintenant à la comparaison des matières protéïques qui proviennent des deux sources différentes, nous trouverons non pas seulement des analogies, mais bien des identités étonnantes.

Les matières protéïques d'une vache ou d'un animal supérieur quelconque sont l'albumine, la fibrine et, dans quelques cas, la caséine. La composition de ces trois matières est bien connue, mais les matières protéïques que l'on tire des végétaux en général, et en particulier du mélange alimentaire dont se nourrit la vache, ont non-seulement la même composition, mais les mêmes propriétés physiques que les matières protéïques animales.

De sorte que les chimistes admettent aujourd'hui une identité parfaite entre la fibrine, l'albumine, et la caséine des deux règnes.

Au surplus, vous n'avez qu'à lire ce tableau, pour vous en convaincre.

*Composition des matières protéiques animales et végétales.*

	FIBRINE		ALBUMINE		CASÉINE	
	animale.	végétale.	animale.	végétale.	animale.	végétale.
Carbone . . . .	52,8	53,2	53,5	53,7	53,5	53,5
Hydrogène . . .	7,0	7,0	7,1	7,0	7,0	7,1
Oxygène . . . .	23,7	23,4	23,6	25,5	23,7	23,4
Azote. . . . .	16,5	16,4	15,8	15,7	15,8	16,0

Il est donc prouvé que l'on trouve dans les animaux les mêmes éléments et les mêmes principes immédiats que dans les végétaux.

Expliquons maintenant pourquoi l'on trouve du sucre, de la gomme, de l'amidon, en un mot des matières ternaires neutres carbonées dans les végétaux, tandis qu'on n'en trouve point dans les animaux.

Une des conditions de la vie chez l'animal est le maintien dans l'organisme d'une température supérieure à celle du milieu dans lequel il vit. Un végétal n'a pas de température propre, excepté dans quelques phases passagères de sa vie.

Où donc l'animal trouvera-t-il ce surcroît de chaleur, si ce n'est principalement dans la combustion des ma-

tières ternaires carbonées de ses aliments? De l'acide carbonique et de l'eau sortent continuellement de l'animal dans l'acte de l'expiration; mais l'acide carbonique et l'eau sont les produits ultimes de la combustion des matières ternaires neutres des végétaux: brûlez du sucre, de l'amidon ou de la gomme, vous aurez de l'acide carbonique et de l'eau.

D'un autre côté, l'animal aspire sans cesse de l'oxygène, et introduit dans son économie des matières ternaires carbonées végétales; ces matières ternaires et cet oxygène disparaissent pour faire place à de l'acide carbonique et à de l'eau. Il doit donc s'opérer dans l'animal une combustion; mais pour que cet acte s'accomplisse, il y faut un comburant et un combustible! Où sont-ils? L'oxygène aspiré est le comburant, les principes neutres carbonés ingérés sont le combustible: comburant et combustible se combinent, il y a dégagement de chaleur, puisqu'il y en a dans toutes les combinaisons; et c'est cette chaleur qui contribue à fournir à l'animal la température nécessaire à son existence.

Ainsi l'absence de sucre, de gomme ou d'amidon dans un animal, vient de ce que ces substances se sont brûlées pour lui fournir de la chaleur.

Grâce à cet explication, nous pouvons donc saisir la liaison qui existe entre les aliments d'une vache et la vache même.

La vache ingère les aliments qui se composent de matières carbonées, grasses ou hydrogénées, protéïques et minérales; en même temps, elle respire de l'oxygène.

Les matières carbonées se convertissent à l'aide de l'oxygène aspiré en acide carbonique et en eau, et produisent la chaleur dont l'économie de l'animal profite ; les matières protéïques, grasses et minérales sont assimilées. Telle est la liaison qui unit l'animal au végétal qui lui sert de nourriture. Mais cependant nos idées sur ce sujet seraient incomplètes, si nous ne considérions que la généralité du phénomène.

En effet, ce que nous venons d'esquisser nous révèle la relation qui existe entre un animal et sa nourriture, si toutefois l'animal est herbivore ; mais il ne nous dit absolument rien du cas où l'animal est un carnivore. En outre, si des quatre principes dont se compose la matière alimentaire un seul est détruit et les trois autres assimilés, pourquoi l'animal ne croîtrait-il pas en poids et en volume pendant toute sa vie ?

Un carnivore est pourvu d'appareils digestifs beaucoup moins développés qu'un herbivore : sa nourriture doit donc être moins volumineuse, mais également efficace, car le carnivore a besoin d'une température propre plus élevée que celle du milieu où il vit, et il a besoin d'assimiler aussi bien qu'un herbivore.

Cette chaleur, il ne la trouve pas dans la combustion des matières ternaires carbonées, puisque sa nourriture n'en contient pas, mais dans la combustion des matières ternaires hydrogénées, c'est-à-dire des matières grasses.

Aussi remarque-t-on une grande différence quant à l'obésité entre les herbivores et les carnivores. En considérant ces deux races dans l'état de nature, on ne trou-

vera que par exception l'obésité dans l'une tandis que l'on trouve d'ordinaire cette qualité dans l'autre.

Donc on peut dire que la graisse des herbivores est aux carnivores, ce que les matières ternaires carbonées des végétaux sont aux herbivores. Les unes et les autres servent de combustible pour produire de la chaleur. Quant à l'assimilation, les carnivores trouvent de quoi la réaliser dans les principes protéiques et minéraux des herbivores.

Mais il ne faut pas croire cependant que l'oxygène qui prend part aux fonctions de la vie se borne, dans un cas, à brûler les matières ternaires carbonées (sucre, amidon, gomme), et, dans un autre cas, à brûler les matières ternaires hydrogénées (graisse, suif).

L'oxygène, introduit dans le torrent de la circulation par l'acte de la respiration, brûle tout ce qu'il rencontre, il brûle aussi bien les matières ternaires que les matières quaternaires. Ce qui le prouve, c'est la nature des déjections liquides de tous les animaux en général.

Ces déjections, quoiqu'elles soient des produits oxydés, sont néanmoins quaternaires et azotées.

Ainsi, tout ce qui constitue la nourriture d'un animal peut lui fournir de la chaleur, bien qu'une partie puisse servir à l'assimilation et à l'augmentation de sa masse.

Cependant, lorsque les systèmes osseux et musculaires d'un animal ont atteint un certain degré de développement, ils deviennent stationnaires : l'assimilation s'arrête donc. Si la masse de l'animal augmente, c'est plutôt en vertu d'un emmagasinement de la graisse, laquelle est



destinée à être brûlée plus tard, dans le cas où les matières carbonées feraient défaut ; mais l'assimilation de l'élément protéïque et de l'élément minéral s'arrête dès que l'individu a atteint un certain âge et un certain développement. C'est à ce moment que l'on pourrait considérer les aliments comme jouant le rôle exclusif de combustible.

On peut donc établir que la nourriture des herbivores est composée de quatre principes : le carboné, l'hydrogéné, le protéïque et le minéral. Quel que soit l'âge de l'herbivore, le principe carboné s'applique exclusivement à produire de la chaleur, et le principe hydrogéné joue un rôle de réserve, en servant d'auxiliaire au principe carboné. Le principe protéïque contribue, lui aussi, à la production de la chaleur pendant toute la vie de l'animal, mais dans le jeune âge il contribue également à l'agrandissement et à l'assimilation ; le principe minéral enfin ne prend part qu'au développement des différentes parties animales.

Les fonctions de nutrition du carnivore ne diffèrent point de celles de l'herbivore. La seule différence, c'est que les aliments du carnivore manquant du principe carboné et n'étant composés que des trois principes hydrogéné, protéïque et minéral, il trouve dans ceux-ci la chaleur et les conditions indispensables de son développement.

Il nous est maintenant facile de saisir la solidarité qui existe entre l'animal et le végétal, et comment la prospérité de l'un implique la prospérité de l'autre.

Le végétal trouve dans l'air et dans la terre les éléments qu'il organise au profit de l'animal ; mais ce dernier, à son tour, après avoir tiré de ces matières organisées la chaleur qui lui est nécessaire, les ramène à l'air et à la terre sous des formes qui rendent facile au végétal son travail d'organisation. Il ramène à l'air le carbone et l'hydrogène sous forme de gaz acide carbonique et de vapeur d'eau, par les voies de la respiration et de la transpiration ; il ramène à la terre l'azote et les éléments minéraux sous forme d'urée et de sels terreux et alcalins, par les voies de l'évacuation.

Il en résulte que, sans les végétaux, l'existence des animaux serait impossible, et sans les animaux, les végétaux perpétueraient l'espèce sans l'améliorer.

Nous voilà donc arrivés, par des considérations physiologiques, au même point où arrive le cultivateur par des considérations pratiques. Le savant et le praticien sont d'accord sur ce point, que les aliments du bétail se transforment en viande, en force et en fumier.

Nous n'avons pas à nous occuper de la viande et de la force, dont l'étude est du ressort de l'économie agricole ; mais nous devons nous occuper du fumier, pour saisir le rapport entre sa production et l'alimentation des animaux.

D'après ce que nous avons établi sur la nature des fumiers et sur leur manière d'agir, et d'après ce que nous venons de voir sur les fonctions de la nutrition, il nous est facile de comprendre que plus la nourriture du

bétail sera de bonne qualité, meilleur sera le fumier qui en dérivera.

Il ne doit donc pas être indifférent de nourrir le bétail de telle ou telle manière ; et je crois que c'est un sujet digne de toute l'attention de l'agriculteur, que la connaissance des matières alimentaires, pour pouvoir en disposer avec discernement.

Nous savons, depuis longtemps, que l'efficacité du fumier dépend de la quantité d'azote qu'il contient, et nous venons d'établir implicitement que le fumier sera d'autant plus azoté, que les aliments d'où il dérive l'auront été davantage. La quantité d'azote contenue dans les aliments est donc une notion fort intéressante pour l'agriculteur.

On sait bien en pratique qu'il n'est pas indifférent de nourrir un animal avec 10 kilog. de foin, ou de pomme de terre, ou de betterave, et qu'il est nécessaire de le rationner suivant la nature de la matière alimentaire. Mais la raison de cette nécessité mérite d'être bien sentie et comprise, pour éviter les mécomptes que prépare une pratique peu éclairée.

Souvenons-nous bien que l'azote des déjections animales représente celui des aliments ingérés, moins la portion qui s'est dégagée sous forme gazeuse, et celle qui s'est appliquée à la production ou de la viande ou du lait.

Ainsi un beuf adulte rendra, par les déjections, dans un espace de temps donné, plus d'azote qu'une vache laitière du même poids et nourrie également. Cette com-

paraison se vérifie aussi entre un jeune bœuf et un bœuf adulte,

Au surplus, on pourra saisir la même différence entre deux vaches, du même âge et du même poids, dont l'une aurait mangé 10 kilog. de foin ordinaire des prairies, et l'autre 10 kilog. de paille de froment.

Le tableau suivant explique mieux que mes paroles ces différences, et il démontre en même temps comment on peut ramener à la même unité d'efficacité toutes les substances nutritives, et trouver dans les différents poids le même équivalent invariable.

*Équivalents de la valeur nutritive des fourrages.*

	Avoine dans 100 de substance de sèche.	Avoine dans 100 de substance non desséchée.	THÉORIE.	PRAIQUE.
Foin ordinaire des prairies natu- relles. ....	1,34	1,45	100	100
Foin de luzerne.....	1,66	1,38	83	90
Trèfle rouge, 2 <sup>e</sup> année, coupé en fleur, fané.....	1,70	1,54	75	90
Trèfle coupé en fleur, vert.....	»	0,64	311	425
Paille de froment nouvelle.....	0,36	0,27	426	450
Id. ancienne.....	0,53	0,49	235	»
Id. de seigle nouvelle.....	0,30	0,24	479	500
Id. de seigle ancienne.....	0,50	0,42	250	»
Id. d'avoine.....	0,36	0,30	383	400
Id. d'orge.....	0,30	0,25	460	400
Id. de pois.....	1,95	1,79	64	90
Id. de millet.....	0,96	0,78	147	»
Id. de sarrasin.....	0,54	0,48	240	200
Id. de lentilles.....	1,18	1,01	114	130
Vesces fauchées en fleurs et fa- nées.....	1,16	1,14	101	100
Fanes de pommes de terre.....	2,30	0,55	209	300
Feuilles de betteraves.....	4,50	0,50	230	600
Id. de carottes.....	2,94	3,85	135	»
Id. et tiges de topinambour.....	2,70	0,37	311	325
Id. de tilleul.....	3,25	1,45	79	73
Id. de peuplier du Canada.....	2,29	0,86	134	67
Id. de chêne.....	2,16	0,92	125	83
Id. d'acacia.....	1,56	0,72	160	»
Choux pommés.....	3,70	0,28	411	429
Rutabaga.....	1,83	0,17	676	370
Navets.....	1,70	0,13	885	800
Betteraves champêtres.....	1,70	0,21	548	400
Betteraves blanches de Silésie.....	1,43	0,18	669	»
Carottes.....	2,40	0,30	382	380
Topinambours.....	1,60	0,33	348	280
Pommes de terre.....	1,50	0,36	319	280
Id. conservées dans les silos.....	1,18	0,30	383	400
Marc de pommes à cidre.....	0,63	0,59	195	»
Vesces en grains.....	5,13	4,37	26	30
Féveroles.....	5,50	5,11	23	30
Pois jaunes secs.....	4,20	3,84	27	30
Haricots blancs.....	4,30	4,58	25	39
Lentilles.....	4,40	4,00	29	»

	Azote dans 100 de substance sèche.	Azote dans 100 de substance non desséchée.	THÉORIE.	PRATIQUE.
Maïs nouveau.....	2,00	1,64	70	59
Sarrasin.....	2,40	2,10	55	64
Orge.....	2,02	1,76	65	61
Avoine.....	2,20	1,74	68	71
Seigle.....	1,70	1,50	77	71
Son.....	2,18	1,36	85	105
Balles de froment.....	0,94	0,85	135	160
Riz de Piémont.....	1,39	1,20	96	»
Graine de madia sativa.....	4,00	3,67	31	»
Tourteau de madia sativa.....	5,70	5,06	23	»
Id. de lin.....	6,00	5,20	22	42
Id. de colza.....	5,50	4,92	23	»
Id. de cameline.....	5,93	5,51	21	»
Id. de chenevis.....	4,78	4,21	27	»
Id. de pavot.....	5,70	5,36	21	»
Id. de noix.....	5,59	5,24	22	»
Id. de faines.....	3,53	3,31	35	»
Glands secs.....	»	0,80	143	»
Marc de raisin desséché à l'air.....	3,31	1,74	68	75

Ce tableau est théorique, car il a été rédigé d'après la détermination de l'azote contenu dans chaque substance ; mais souvent la pratique s'est trouvée d'accord avec la théorie, ainsi que vous le verrez en consultant la dernière colonne : souvent aussi il y a eu désaccord, mais je crois que dans ce cas les observations n'ont pas été faites d'une manière exacte.

Il est certain que, toutes les fois qu'on a expérimenté avec beaucoup de précaution, en tenant compte de toutes les causes d'erreur, les divergences n'ont jamais

été considérables ; ou bien, s'il y en a eu, on a pu en expliquer les causes.

Par exemple, on trouve une grande différence entre les indications de la théorie et celles de la pratique pour les feuilles de betteraves, En effet, la théorie indique que 230 kilog. de ces feuilles peuvent remplacer 100 kil. de foin des prairies naturelles ; la pratique, au contraire, indique 600 kil. ; mais si l'on pense qu'une partie de l'azote contenu dans les feuilles de la betterave y est à l'état de nitrate, on n'aura pas de peine à concevoir cette énorme différence.

Dans l'appréciation de la valeur nutritive des aliments, d'après leur contenu en azote, il ne faut pas perdre de vue l'état de l'azote lui-même.

La portion d'azote d'un aliment qui se trouve engagée dans une combinaison chimiquement définie, susceptible de prendre une forme polyédrique, et par cela même participant de la nature minérale, ne sera pas à beaucoup près aussi efficace que la portion d'azote qui fait partie d'une matière organisée, incapable de revêtir une forme géométrique, et participant de la nature vivante.

L'azote véritablement nutritif est celui des matières protéïques, de la fibrine, de l'albumine, de la caséine, de ces matières presque vivantes, qui ne cristallisent jamais.

Il faut donc distinguer, dans les fourrages, l'azote organique de l'azote minéral.

C'est à l'aide de cette distinction que l'on parvient à

se rendre compte des différences entre la théorie et la pratique, là où les observations ont été bien faites.

Il ne faut pas croire cependant que l'azote minéral des fourrages soit inerte et inutile ; mais son efficacité (ainsi que nous le montrerons plus tard) exige un concours particulier de circonstances pour se manifester, et ne peut pas s'accorder avec l'efficacité de l'azote organique.

Au surplus, la détermination de l'équivalent de chaque substance consignée dans ce tableau est rapportée à une unité constante qui est le foin. Mais le foin n'est pas toujours également composé, et sa teneur en azote peut considérablement varier suivant les localités, l'âge et les circonstances climatériques qui ont accompagné sa maturité. Le foin des prés marécageux est très-peu azoté : celui de première coupe l'est généralement plus que le regain ; un foin choisi contient plus d'azote qu'un foin ordinaire ; il en est de même d'un foin débarrassé des tiges les plus ligneuses comparativement à celui qui aurait toutes ses tiges.

Or les observateurs, tout en adoptant la même substance pour unité, ont pu arriver à des résultats numériques différents, attendu que l'azote de la substance prise pour unité a pu varier.

Dans tous les cas, l'usage de ce tableau peut rendre de grands services, particulièrement lorsque la pratique n'a pas prononcé. Je crois inutile de vous expliquer l'esprit d'après lequel ce tableau a été construit. Les chiffres consignés à la 3<sup>e</sup> colonne représentent la quantité pon-



dérable de substance qui peut remplacer 100 de foin. Ainsi, théoriquement, 64 parties de paille de pois non desséchée pourront remplacer 100 parties de foin normal.

Cependant, il ne faut pas s'imaginer que l'on puisse remplacer d'une manière absolue un aliment par un autre. On tomberait, de cette manière, dans de graves erreurs.

L'organisation des herbivores est telle qu'elle exige une nourriture volumineuse : il y a dans ceci une vue providentielle ; car, dans les conditions normales, les herbivores se nourrissent de plantes dont le volume est considérable relativement à la quantité de leurs principes alimentaires.

Nous avons dit que le foin renferme les quatre principes de la nutrition : l'azote organique, ou l'élément protéique, l'élément carboné, l'hydrogéné et le principe minéral ; mais ils sont délayés, pour ainsi dire, dans une quantité considérable de matière ligneuse, laquelle, bien que formée des mêmes éléments et à peu près dans les mêmes proportions que le sucre, l'amidon et la gomme, n'en est pas moins inerte, et complètement passive dans l'acte de la digestion, vu sa structure.

Les herbivores, étant donc obligés d'introduire dans leur estomac une grande quantité de matière inerte, doivent avoir cet organe très-développé ; dès lors l'ingestion d'une espèce de lest devient pour eux une nécessité.

On conçoit donc que l'on ne puisse pas nourrir un animal en se contentant de lui donner, sans se préoccu-

per du volume, la quantité des aliments assimilables qu'indique la théorie.

Suivant M. Boussingault, un cheval de labour de taille ordinaire exige environ 12 à 15 kilogrammes d'aliments solides et 12 à 14 kilogrammes d'eau, toutes les vingt-quatre heures.

Le volume de cette ration, réduit par la mastication à l'état de bol alimentaire, est à peu près de 27 décimètres cubes. Si au fourrage ordinaire on substitue un aliment cinq fois plus nutritif, comme le tourteau, par exemple, d'après la règle des équivalents, la ration sèche serait réduite à 3 kilogrammes, et son volume total deviendrait 16 décimètres cubes.

Dans ce cas, l'animal n'étant pas rempli doit éprouver l'impression de la faim.

Si, au contraire, on substitue un fourrage peu nourrissant, de la paille de seigle, par exemple, ayant pour équivalent 500, les 15 kil. d'aliment sec deviennent 75 kil., et la ration est alors trop volumineuse pour être consommée en un jour.

Dans la nutrition d'un animal, on doit donc prendre en sérieuse considération le volume des aliments. Il faut que l'estomac soit suffisamment lesté.

L'emploi de ce tableau est utile, surtout pour former des mélanges, et pour connaître si, en somme, on donne à l'animal la quantité nutritive dont il a besoin; mais il ne faut jamais perdre de vue le lest, la masse qui doit charger l'estomac et satisfaire à une exigence de l'organisation.

C'est peut-être à cette circonstance qu'est dû en grande partie le désaccord qu'on remarque, dans quelques cas, entre l'observation directe et la théorie.

Supposez que l'on ait nourri un herbivore, un bœuf, par exemple, avec une substance contenant beaucoup d'azote sous un petit volume : il est évident que l'on aura été obligé d'en donner une quantité considérable, attendu qu'une partie aura joué le rôle de matière alimentaire, et une autre partie le rôle de lest.

Si, dans ce cas, on a déduit l'équivalent d'après la quantité totale de matière que l'animal a mangée pour apaiser sa faim, cet équivalent sera beaucoup plus fort et plus élevé que si on l'avait déduit d'après la teneur relative de l'azote.

L'emploi rationnel de ce tableau offre donc des avantages incontestables, auxquels je dois ajouter ceux qui ont rapport à l'économie administrative. Admettons que l'hectolitre ou 75 kil. de pommes de terre coûte sur le marché 1 fr., et le foin 6 fr. les 100 kil.; admettons, avec les données théoriques, que 100 kil. de foin soient égaux à 315 kil. de tubercules : il est clair qu'il y aura intérêt à acheter les pommes de terre et à vendre le foin, puisque avec le prix de 100 kil. de foin vous achetez l'équivalent en tubercules, et il vous reste 1 fr. 81 c.

Je pourrais multiplier les exemples qui prouveraient combien il est utile à l'agriculteur de bien connaître la valeur nutritive des aliments; mais le temps me manque aujourd'hui. D'ailleurs, ce que j'ai dit est suffisant pour édifier vos esprits sur ce sujet.

## DIX-SEPTIÈME LEÇON.

QUANTITÉ ET QUALITÉ DES ALIMENTS, CONDITIONS AMÉLIORANTES DES ALIMENTS. — APPRÉCIATION DES FUMIERS.

MESSIEURS,

Dans la séance précédente, nous avons essayé de mettre en relief tous les avantages que peut procurer à l'agriculteur la connaissance de la valeur nutritive des substances qu'il destine à l'entretien du bétail.

Cette connaissance se lie étroitement à la question de la production des fumiers, car, grâce à elle, on saura nourrir bien et avec économie le bétail, et le bétail bien nourri produira de bon fumier.

Nous devons maintenant nous occuper des circonstances qui peuvent modifier, d'une manière plus ou moins favorable, les résultats de la nutrition des animaux, et par conséquent la production des fumiers.

D'abord, il faut avoir des idées bien arrêtées sur la quantité de nourriture que l'on doit fournir au bétail. Il

tombe sous le sens que des animaux en croissance doivent consommer proportionnellement beaucoup plus que des animaux adultes : un animal très-développé mangera davantage qu'un individu de la même espèce, mais de petite taille : il faut tenir compte aussi de la force qu'on lui fait dépenser et des conditions particulières où il se trouve. Un bœuf qui travaille doit manger davantage qu'un bœuf à l'étable ; une vache laitière ou portière doit manger davantage qu'une vache ordinaire.

Je craindrais de froisser votre bon sens, Messieurs, en vous donnant l'explication de ces différences.

Les recherches des agronomes n'ont pas toujours conduit à des résultats comparables, car dans la plus grande partie des cas, les méthodes expérimentales employées n'ont pas été à l'abri de toute critique.

Cependant, depuis que l'on a introduit dans les exploitations agricoles l'usage de la balance, et qu'on ne s'est pas contenté de peser la nourriture, mais qu'on a pesé l'animal même que l'on nourrissait, on est parvenu à des conséquences auxquelles on peut se fier.

D'après ce tableau,

*Quantité de la nourriture à fournir en un jour à  
100 kilogrammes de poids vivant de bétail.*

NOMS DES OBSERVATEURS.	QUALITÉ DU BÉTAIL.	POIDS DE LA RATION,
		k.
* Pasbt. ....	{ Adulte sans production de lait et de travail, .....	0,75 de foin.
	{ Bœufs d'attelage, .....	2,00 id.
Pabst et Perrault. ....	{ Vaches laitières moyennes, ...	3,00 id.
	{ Très-grandes vaches laitières..	2,73 id.
Boussingault. ....	{ Bétail en pleine croissance... ..	3,08 id.

on voit que la quantité du fourrage est proportionnée à la condition du bétail. Cependant la consommation des aliments n'est pas toujours en raison du poids de l'animal. De grandes vaches laitières consomment moins de nourriture que des vaches laitières moyennes. L'application des conséquences que vous déduirez de ce tableau doit être précédée de quelques renseignements. Il faut, par exemple, que la distribution du fourrage soit faite suivant une méthode régulière, et on évitera que le bétail mange avec trop d'avidité. Il est bon que le fourrage soit distribué en trois repas, et que chaque distribution soit fractionnée en deux ou trois temps, surtout quand la ration se compose de fourrage vert. On devrait tâcher autant que possible que la température de

l'eau de l'abreuvoir ne différât pas considérablement de celle de l'étable. On a remarqué que, dans l'hiver, les animaux boivent peu lorsque l'eau est très-froide.

Une eau trop chaude peut présenter des inconvénients, mais ils ne sont jamais aussi sensibles que ceux de l'eau froide. M. Boussingault a vu, dans les plaines de l'Amérique méridionale, le bétail se désaltérer à des rivières qui ont une température de 30 à 36 degrés centigrades.

Chez nous, la température la plus convenable est celle des puits.

Après que l'agriculteur s'est occupé de la quantité relative des aliments qu'il faut donner aux bêtes, et des précautions nécessaires pour rendre l'alimentation efficace autant que possible, il doit s'occuper de la qualité de ces aliments.

Une des conditions de bonne nutrition c'est l'addition du sel marin aux aliments. Tout le monde connaît l'avidité avec laquelle les herbivores le recherchent. M. Boussingault a constaté que des vaches laitières, nourries uniquement avec des pommes de terre, n'ont pu supporter ce régime qu'autant qu'on leur administrait une dose de sel qui s'élevait à environ 70 grammes par jour. Cette observation, que l'on pourrait faire suivre de mille autres, répond catégoriquement à ces agronomes qui soutiennent que l'utilité du sel, dans l'alimentation du bétail, n'est pas incontestable.

Je mets sous vos yeux les proportions de sel qu'un des plus habiles cultivateurs de l'Angleterre a trouvé très-

avantageux de faire entrer chaque jour dans la ration de son bétail.

*Proportions de sel marin introduites par M. Curwen dans les rations journalières du bétail.*

Aux vaches et aux génisses pleines. ....	113	gr. de sel.
Aux bœufs à l'engraissement. ....	85	id.
Aux bœufs d'attelage. ....	113	id.
Au jeune bétail. ....	56	id.
Aux veaux. . . . .	28	id.

A la ferme de Bechelbronn, rendue célèbre par les travaux de M. Boussingault, on rationne chaque tête de l'étable à raison de 52 grammes de sel marin par jour, avec un supplément de 17 grammes de sel de Glauber. Dans le Wurtemberg, on en donne généralement deux fois par semaine, dans les proportions que vous voyez inscrites au tableau suivant :

*Rations de sulfate de soude, ou sel de Glauber données au bétail deux fois par semaine dans le Wurtemberg.*

Aux chevaux, matin et soir, chaque fois. ....	47	grammes.
Aux bêtes à cornes. ....	31	id.
Aux moutons. ....	24	id.
Aux porcs. ....	16	id.

La substitution du sulfate de soude au sel marin est connue depuis longtemps dans l'Amérique méridionale : sur le plateau de *Neuwa-Grenada*, on ne donne au bétail que du sulfate de soude.

Au dire de M. Boussingault, près de la ville de Tunja se trouve l'eau minérale de Paypà ; c'est une source chaude d'une abondance extrême, qui se déverse sur le



terrain environnant. Par une évaporation spontanée, le sol se couvre d'efflorescences de sel de Glauber, que les Indiens sont constamment occupés à recueillir pour le vendre ensuite aux propriétaires de troupeaux.

Enfin, je dirai à ceux qui sont étrangers aux détails de la chimie, que le sulfate de soude est un produit secondaire de la fabrication de l'acide muriatique. Quand on veut fabriquer de cet acide, on chauffe du sel marin dans un cylindre en fonte avec de l'acide sulfurique. Le sel marin est décomposé et il se forme du sulfate de soude, qui reste dans le cylindre, et de l'acide muriatique, qui se dégage sous forme de gaz.

Le résidu de sulfate de soude est ensuite dissous, purifié, cristallisé, en un mot, transformé en ce que l'on appelle sel de Glauber, que l'on trouve dans le commerce à un prix de beaucoup inférieur à celui du sel marin. Ce même sulfate de soude, traité convenablement, peut encore être transformé en carbonate de soude, et c'est même le principal usage auquel il est destiné, vu que son emploi dans l'agriculture n'est pas encore très-répandu.

Pour revenir à la qualité des aliments, il faut songer que l'état de dessiccation de certains fourrages peut exercer de l'influence sur la nutrition.

Déjà les éleveurs soupçonnent depuis longtemps que les fourrages sont plus nourrissants, quand ils sont consommés en vert, et que, par le fanage, ils perdent de leur qualité nutritive.

Ces soupçons semblent s'être changés en certitude, par les observations de MM. Perrault de Jotems.

Ces agronomes ont constaté que, dans la nourriture des béliers, 4 kilogrammes de luzerne en vert équivalent à 1 kil. et demi du même fourragè fané.

D'un autre côté, ils ont vu que 100 kil. de luzerne ou de trèfle en vert donnent 23 kil. de foin. Or, si la luzerne et le trèfle ne perdaient que de l'eau par la dessiccation, il est évident que, pour équivaloir à 4 kil. de luzerne ou de trèfle en vert, il ne faudrait que 920 grammes de foin. Mais l'expérience à démontré, comme nous l'avons dit, que 4 kil. de luzerne en vert doivent être remplacés par 1500 grammes de fourrage fané. Ainsi il est prouvé, d'après les expériences de MM. Perrault de Jotems, que, par la dessiccation, les fourrages perdent de leur qualité nutritive. Il ne faut pas croire que cette perte soit inévitable. Je crois que, si l'on desséchait 4 kil. de foin dans un laboratoire, avec toutes les précautions familières aux chimistes, je crois, dis-je, qu'il n'y aurait d'autre différence entre le foin vert et le foin sec que de l'eau en plus ou en moins. Mais, pendant le fanage du trèfle et de la luzerne, on éprouve une perte considérable par les feuilles qui se détachent et qui n'entrent pas dans les bottes; cette perte est d'autant plus fâcheuse qu'elle porte précisément sur les parties les plus nutritives, car les fleurs et les feuilles sont incomparablement plus azotées que les tiges.

Au surplus, lorsque les fourrages sont introduits dans le fenil, ils sont bien loin d'avoir atteint le degré de dessiccation auquel ils parviendraient entre les mains d'un chimiste. Étant encore humides, ils subissent plus tard

une fermentation plus ou moins lente, mais qui a toujours pour résultat indispensable la perte d'une portion de leurs principes nutritifs.

C'est un fait bien connu que la fermentation du foin dans le fenil peut devenir très-énergique, et développer assez de chaleur pour produire l'embrassement de la masse.

Tout en admettant que les fourrages, pendant leur dessiccation, ne perdent que de l'eau, il faut avouer que, dans la pratique, ce résultat ne semble pas réalisable, et il paraît prouvé qu'il est avantageux de faire fourrager le trèfle et la luzerne en vert ; c'est ce dont la majorité des cultivateurs est parfaitement convaincue.

Néanmoins, cette question n'est pas résolue. Il y a des observateurs qui pensent que de nouvelles expériences pourraient amener à ce résultat ; que les aliments secs bien administrés, et préalablement humectés, sont plus nutritifs que s'ils étaient consommés avant le fanage.

Il est certain que les fourrages très-aqueux ont souvent une vertu purgative qui doit nuire à l'alimentation ; il est certain aussi que plusieurs maladies ne se manifestent chez le bétail que lorsqu'il est au vert. En un mot, quoiqu'on pense aujourd'hui que la nourriture fraîche est plus nutritive que la nourriture fanée, quoique les faits en général s'accordent à justifier cette opinion, il serait possible qu'un examen plus approfondi modifiât singulièrement les idées à cet égard.

Déjà quelques cultivateurs, éclairés par des observations qui leur sont propres, ont adopté l'habitude de ne donner que peu de nourriture verte aux bestiaux, et prodiguent en revanche les soins les plus grands à la dessiccation des fourrages : ils font en outre, avant de les donner au bétail, infuser leurs foins secs, comme moyen de faciliter la digestion.

Nous considérons cet usage comme rationnel, et il explique la convenance d'allier des matières très-aqueuses, comme les racines et les tubercules, aux fourrages fanés, dont la sécheresse et l'aridité se trouvent ainsi corrigées.

Je n'ai aucune observation particulière à vous faire faire relativement à l'alimentation par la betterave, les navets, les carottes et les topinambours. Ces substances sont toujours consommées crues. La pomme de terre est souvent donnée après avoir subi la cuisson. Toutefois, on a observé que les ruminants se trouvent très-bien de l'usage des pommes de terre crues : les chevaux et les porcs les préfèrent cuites.

La manière la plus convenable de préparer ces tubercules est de les cuire à la vapeur. Il n'est pas nécessaire de pousser la cuisson au point qu'elle doit atteindre, lorsqu'il s'agit de l'alimentation de l'homme.

L'introduction des tourteaux de graines oléagineuses dans la nourriture du bétail est un événement heureux pour l'agriculteur, parce qu'elle économise les fourrages ordinaires et lui permet de mieux nourrir ses bestiaux, et même d'en augmenter le nombre.

Les graines oléagineuses renferment une proportion

considérable de matière animale semblable, par sa composition et ses propriétés, au caséum du lait. Le tourteau ou marc qui sort du pressoir retient cette matière azotée ; elle lui donne une valeur nutritive telle, qu'il est possible de remplacer moyennement 100 kil. de foin par 25 kil. de tourteau. Chose remarquable ! M. Bouscaren a réussi à nourrir le bétail et les bêtes à laine presque exclusivement avec cette substance.

M. Bouscaren, qui est à la tête d'une fabrique d'huile de graines dans le département de l'Hérault, trouvait difficilement à placer ses tourteaux ; il se décida à annexer à sa fabrication d'huile une production de chair, et il entretient aujourd'hui des vaches laitières et des bœufs à l'engrais qui sont nourris avec des tourteaux de lin et des marcs de raisin.

La ration par vache se compose de 7 kil. de tourteau pris en trois repas, et immédiatement après que l'animal a bu. Dans l'intervalle, on donne à chaque vache 6 kil. de paille ou de balle.

Le tourteau brisé en morceaux est détrempe et pétri avec de l'eau, de manière à prendre la consistance de la pâte employée à faire du pain.

Les vaches refusent quelquefois cette nourriture ; alors il faut en former des boules de la grosseur du poing, et les leur enfoncer dans la bouche aussi avant que possible : cette opération renouvelée deux ou trois fois, suffit ordinairement pour les mettre en goût.

A cette occasion, je ferai observer qu'en supposant que les vaches de M. Bouscaren puissent être bien nour-

ries par 15 kil. de foin, et que la paille ou les balles qu'il leur donne représentent 1400 grammes, les 7 kil. de tourteau feraient croire à un excès de nourriture, vu qu'ils correspondent à 32 kil. et demi de foin; mais il n'en est rien, car, s'il y avait réellement excès, M. Bouscaren s'en serait aperçu.

Il faut donc convenir que ce fait confirme une remarque faite ailleurs, à savoir que, dans la pratique, le pouvoir nutritif du tourteau est bien moindre qu'il ne devrait l'être d'après sa richesse en azote.

D'après la théorie, M. Bouscaren ne devrait donner à ses vaches que 3 kil. tout au plus de tourteau, puisque l'équivalent de tourteau de graine n'est que de 22.

On voit ici toute l'influence du volume, suivant ce que je vous ai dit dans la séance précédente : l'estomac des vaches a besoin de lest, et une portion du tourteau joue ce rôle plutôt que celui d'aliment.

On peut faire une observation analogue pour des grains durs et cornés que l'on donne aux chevaux et au bétail, et qui échappent souvent à la digestion : cette circonstance contribue à leur faire accorder une valeur nutritive inférieure à celle qu'ils possèdent.

Pour obvier à cet inconvénient on égruge le grain. Cette pratique est surtout suivie pour la vesce, les pois, les féveroles. Pour les céréales, il suffit de les détremper dans l'eau chaude.

L'avoine et l'orge sont peut-être les seuls grains pour lesquels cette opération n'est pas indispensable.

Des expériences faites avec soin par ordre de la com-

mission d'hygiène vétérinaire instituée par M. le ministre de la guerre, ont prouvé que la quantité d'avoine échappée à la digestion est tout à fait négligeable.

L'introduction des tourteaux de graines dans l'alimentation des animaux a fait de l'engraissement du bétail une opération méthodique chez nos voisins d'outre-mer.

Depuis quelques années, les agriculteurs du nord de la France avaient reconnu l'influence favorable des tourteaux de graines oléagineuses pour hâter le terme de l'engraissement, de manière qu'aujourd'hui ils donnent cette substance alimentaire en proportion même de l'effet à obtenir.

Soit par suite d'un raisonnement, soit par suite des indications de la science, ces agriculteurs pensèrent que l'heureuse influence exercée par les tourteaux sur l'engraissement tenait à la présence des principes gras dans cette matière. De cette pensée au remplacement des tourteaux par les graines oléagineuses mêmes, il n'y eut qu'un pas. En effet, la graine de lin fut introduite dans la ration lorsqu'on voulut engraisser, et le succès répondit à l'attente.

Par la graine de lin, l'engraissement devint plus prompt, et cette promptitude compensa largement la différence dans le rapport de 2 à 1 entre le prix de la graine et celui du tourteau.

Des expériences semblables entreprises en Angleterre sur une grande échelle, ont enfin donné lieu, je le répète, à l'adoption d'une méthode générale d'engrais-

ment du bétail, méthode connue sous le nom de Warnes.

M. Warnes a démontré que la culture du lin peut devenir très-lucrative, lorsque, au lieu de vendre la graine aux fabricants d'huile, qui la paient très-peu, on l'applique à l'engraissement des animaux et à la production des fumiers; qu'on peut même profiter de la nature oléagineuse de ce nouvel aliment pour améliorer les fourrages de qualité inférieure.

Afin de mieux opérer le mélange et de l'hydrater au point convenable, les débris et fourrages secs, hachés d'abord, sont soumis à la coction dans l'eau, celle-ci ayant été préalablement chargée des principes de la graine de lin concassée, soluble à  $\frac{1}{100}$  : l'aliment est servi encore tiède aux animaux, qui le mangent avec avidité.

Pour achever l'engraissement des bœufs, les rations se composent par tiers environ de graines de lin et de deux autres substances alimentaires, orge, fèves ou fèves-rolles, fèves et son, son et orge : chacune de ces rations est soumise à la coction, dans quatre fois environ son poids d'eau, durant quinze à vingt minutes.

D'après M. Warnes, en variant sous ces trois formes la composition des rations d'engraissement, on entretient mieux la santé des animaux.

Pour vous rendre compte de l'influence de la graine de lin dans l'engraissement, examinez le tableau que voici :



*Tableau comparatif de la composition des graines et tourteaux de lin.*

Substances analysées après dessiccation.	Azote pour 100.	Matière grasse.	Résidu mi- néral.	REPRÉSENTANT EN			
				Sub- stance azotée.	Cellulose, matière végétale.	Sub- stance grasse.	Sels miné- raux.
Graine de lin.....	3,33	35,5	4,24	24,64	32,68	35,5	4,24
Tourteau.....	6,00	7,5	5,88	39,00	47,62	7,5	5,88

Vous remarquerez, Messieurs, que la graine de lin renferme cinq fois plus de matière grasse que le tourteau, ce qui explique pourquoi la graine de lin contribue plus à l'engraissement que le tourteau. Vous remarquerez, en outre, que celui-ci est deux fois plus azoté que la graine. Il faudra donc augmenter dans la ration le principe azoté. Cela pourrait paraître un inconvénient; mais il n'en est rien, car, outre que la rapidité de l'engraissement offre une compensation, on peut utiliser des matières végétales trop pauvres en principes adipeux et d'une qualité trop inférieure pour être appliquées seules à l'entretien des animaux.

Un grand nombre de sociétés agricoles de l'Angleterre regardent comme incontestables les avantages de cette méthode, et, pour moi, je fais des vœux afin que les sociétés d'agriculture de la France prennent cette innovation en sérieuse considération.

Maintenant que nous avons examiné les principales conditions auxquelles il faut satisfaire pour que la nourriture des bestiaux soit convenablement administrée, et que nous nous sommes procuré, pour ainsi dire, une garantie

pour la production d'un bon fumier, il faut que nous nous occupions du rapport qui existe entre la quantité des fourrages consommés et la quantité du fumier produit.

L'appréciation exacte de la quantité de fumier produite par chaque espèce de fourrage présente beaucoup de difficultés et d'incertitude.

Jusqu'ici, d'ailleurs, on a fait fort peu d'expériences directes pour éclairer cette question importante ; celles qui ont été tentées dans ce but paraissent démontrer que le fumier pèse deux fois plus que la nourriture sèche, et la litière réunies. C'est l'opinion de Thaër, opinion confirmée par les expériences de M. Boussingault.

Voici quelques-uns des résultats obtenus par Schwertz, relativement à la proportion de fumier fournie par le fourrage recueilli sur un hectare et considéré à l'état vert et à l'état sec.

*Tableau du produit d'un hectare en fourrage vert et sec et du fumier qui en provient, d'après Schwertz,*

NOMS DES SUBSTANCES.	POIDS DU FOURRAGE ET DE LA PAILLE.		PRODUIT EN FUMIER contenant 75 pour 100 d'eau.
	Verts.	Secs.	
	k.	k.	k.
Choux, raves.....	35,000	7,700	13,415
Pommes de terre.....	27,000	7,560	13,230
Luzerne.....	26,200	5,504	9,097
Navets.....	50,000	5,000	8,750
Trèfle.....	23,000	4,998	8,270
Carottes.....	35,000	4,550	7,962
Maïs.....	»	4,500	7,875
Betteraves.....	36,000	4,320	7,560
Seigle.....	»	3,500	7,000
Epeautre.....	19,000	3,990	6,982
Colza.....	»	3,000	5,250
Avoine.....	»	3,000	5,250
Herbes des prés.....	13,000	2,793	4,888
Fèves.....	»	2,500	4,625
Pois et vesces.....	»	2,500	4,625
Orge.....	»	2,200	3,850

Les chiffres indiqués, s'ils n'ont pas une valeur absolue, offrent toutefois encore assez d'intérêt, puisqu'ils mettent hors de doute l'influence que le genre de nourriture exerce sur la production du fumier.

Si l'on compare les quantités de fumier fournies respectivement par un bœuf de trait, un bœuf à l'engrais et une vache laitière au pâturage, on se fera une idée de l'avantage de la stabulation, surtout lorsque l'étable est bien disposée.

Il est bien prouvé qu'un bœuf nourri constamment dans une étable bien organisée produit annuellement 38 à 39 voitures de fumier, tandis qu'un bœuf de trait n'en fournit

que 12. On en retire par an 30 voitures d'une vache laitière qui ne sort pas, tandis qu'au pâturage elle n'en donne que 12 à 18 au plus.

Les excréments du bétail au pâturage sont perdus pour le tas de fumier, comme ceux des bêtes qui sont employées au travail.

On peut observer, dans tous les champs de blé, l'effet produit par l'urine du bœuf de labour; elle aurait suffi pour engraisser parfaitement plusieurs mètres carrés, et elle n'a fait, sur une étroite surface, que procurer aux plantes une végétation luxuriante et très-peu productive, de sorte que ce précieux engrais fait ici plus de mal que de bien.

Il y a donc avantage, sous le rapport de la production des engrais, à nourrir constamment les animaux à l'étable.

Mathieu de Dombasle, dont l'autorité sera toujours grave, ne faisait jamais parquer ses moutons; ses porcs ne sortaient jamais de leur loge, si ce n'est en été, une demi-heure chaque jour, pour se baigner. Dans ses ouvrages, il est très-explicite à ce sujet. Il dit que, dans le plus grand nombre des exploitations où les bestiaux sont nourris dehors pendant l'été, et où la paille forme une partie considérable de la nourriture d'hiver, on n'obtient pas annuellement le cinquième du fumier qu'on peut obtenir par une nourriture copieuse donnée à l'étable. Il y a dans cette augmentation, dit-il, de quoi doubler le produit de toutes les récoltes de l'exploitation, et améliorer considérablement la nature des terres. De cette amélioration

il résultera un accroissement des fourrages artificiels, ce qui permettra non-seulement de nourrir en abondance le même nombre de bestiaux, mais d'en entretenir davantage.

C'est sous ce point de vue qu'on doit considérer la nourriture à l'étable, si l'on veut apprécier toute l'importance de cette méthode pour la prospérité d'une exploitation agricole.

Tout ce que nous avons dit sur la nutrition des animaux dans son rapport avec la production des fumiers, peut se résumer en peu de mots.

Connaître la valeur nutritive des aliments dont on peut disposer.

Connaître la quantité de ces aliments qu'il est nécessaire d'administrer à une bête pour la bien nourrir, sans excès.

Connaître l'influence exercée sur la nutrition de l'animal par un aliment, en raison de ses qualités particulières et indépendamment de son contenu en azote.

Se pénétrer de l'immense avantage qu'il y a à entretenir le bétail à l'étable plutôt que dehors et au pâturage.

Pour compléter ce que je m'étais proposé de vous dire sur cette matière, je n'ai plus qu'à vous soumettre quelques observations pour rectifier vos idées sur la production des fumiers en général.

De ce qu'il y a une relation intime entre les aliments ingérés par le bétail et le fumier qu'il fournit, on serait porté à conclure qu'un cultivateur pourra déterminer d'a-

vance la quantité de fumier qu'il obtiendra, par cela seul qu'il connaît la quantité des fourrages qu'il fera consommer.

Cela est vrai peut-être, mais avec des réserves. Dire, par exemple, avec quelques praticiens, que la paille double et triple de poids quand elle a séjourné chez les animaux, c'est introduire une donnée fausse dans la discussion, car on comprend que la nature plus ou moins aqueuse de la nourriture influe de la manière la plus directe sur le poids des excréments qui imprègnent la litière.

L'évaluation du fumier produit ne peut être approximativement atteinte que par la détermination de l'azote contenu dans le fumier même.

J'ai déjà insisté sur ce point, dans d'autres occasions. La particularité sur laquelle je veux fixer votre attention, c'est qu'on ne peut conclure de l'azote contenu dans les aliments la quantité de l'azote contenu dans les fumiers. Cela s'explique par deux motifs : le premier, c'est qu'une portion de l'azote de la nourriture sort de l'économie, sous forme gazeuse ; le second, c'est qu'une autre portion peut être distraite par la production du lait, dans le cas d'une femelle laitière, ou bien encore par l'assimilation, dans le cas d'un jeune animal, ou d'une femelle pleine.

J'attache tant d'importance à ce que vous ayez des idées saines sur ce sujet, que je veux mettre sous vos yeux des chiffres à l'appui de mes arguments.

Prenons un cheval adulte et donnons-lui tous les jours

en foin, avoine, paille, paille-litière, la valeur de 230 grammes d'azote.

Cet azote correspond à 44 kil. et demi de fumier de ferme supposé sec, puisque ce fumier en contient 2 p. 100.

Si l'on comptait sur une quantité équivalente de fumier, on tomberait dans une grave erreur, car il est connu qu'en vingt-quatre heures le cheval expire en moyenne 25 grammes d'azote prélevés sur les aliments.

Mais 25 grammes d'azote correspondent à 4 kil. 250 grammes de fumier sec. Il est donc évident que 40 kil. et un quart de cette matière seront la limite extrême de ce que peut produire un cheval, quelques soins qu'on lui donne. En une année, l'azote perdu dans l'entretien d'un cheval adulte représente 455 kil. de fumier à l'état sec.

La quantité d'azote renfermée dans les aliments d'une vache, et perdue pour le fumier, est encore plus considérable, car à l'azote exhalé pendant la respiration se joint celui qui fait partie du lait.

Ainsi, des praticiens ont déjà constaté, sans se rendre bien raison de la cause, que, pour une même quantité de nourriture semblable, une vache produit réellement moins d'engrais qu'un cheval.

En effet, considérons une vache à l'époque où elle donne 10 litres de lait et mange 15 kil. de foin.

Les 15 kil. de foin, auxquels nous en ajouterons 2 de paille-litière, renferment 180 grammes d'azote; quantité qui correspond à 9 kil. de fumier sec.

Mais, dans les vingt-quatre heures, cette vache a donné 10 litres de lait qui renferment 52 grammes d'azote ; elle a en outre expiré 25 grammes de ce gaz ; ce qui fait 77. Or, cette quantité correspond à environ 4 kil. de fumier sec.

Par conséquent, dans le cas d'une vache laitière, la nourriture qui renferme l'azote de 9 kil. de fumier ne peut en produire que 5, à peu de chose près.

J'en dirai autant du fumier que doivent fournir les animaux en état de croissance. Dans ce cas, indépendamment de l'azote distrait par le fait de la respiration, il y a en outre une certaine quantité de ce principe qui reste fixé dans l'organisme.

Je ne veux pas vous fatiguer davantage avec des chiffres ; mais je vous dirai, pour résumer les résultats de plusieurs observations, que, pour 100 kil. de foin consommé, le cheval rend l'équivalent de 51 kil. de fumier normal sec ; la vache laitière en rend 32, et un veau de six mois 40.

Pour évaluer avec une certaine exactitude le fumier qui doit résulter des aliments consommés dans la ferme, il faut connaître la proportion d'azote renfermée dans un animal en vie.

On sait alors, par la connaissance de l'azote exhalé et par l'augmentation de poids des animaux, le poids du fumier qu'il faut retrancher de celui qu'auraient produit les fourrages, s'il n'y avait point eu production de chair, et si la totalité de l'azote de la nourriture eût passé aux engrais.



D'après les calculs faits par M. Boussingault, on a, pour la quantité d'azote contenue dans 100 kil. de poids en vie les coefficients que vous voyez consignés dans ce tableau :

*Quantité de l'azote contenu dans 100 kilogrammes de matière animale vivante.*

	Azote pour 100.
Gros bétail.....	3,47
Cheval.....	3,64
Porc.....	3,80
Mouton.....	3,66
MOYENNE.....	3,64

Ainsi, pour 100 kil. de poids vivant, produit dans l'étable, on peut, sans erreur grave, supposer qu'il y en a 3,6 d'azote, prélevé sur les fourrages, et qui par conséquent n'iront pas aux engrais.

En d'autres termes, 100 kil. de poids en vie privent l'établissement de 9 quintaux de fumier humide par an.

Toutes ces données, vous le sentez, contribuent à éclairer une des questions les plus graves de l'art agricole. Ce que je vous ai dit ne peut servir qu'à vous indiquer la bonne route ; mais c'est à votre jugement et à votre réflexion d'écarter les obstacles qui entraveront votre marche dans cette voie difficile.

## DIX-HUITIÈME LEÇON.

DÉJECTIONS DE PORC, DE MOUTON, D'HOMME. — ENGRAIS  
FLAMAND. — POUDRETTE.

MESSIEURS,

Tout ce que nous avons dit jusqu'à présent sur les engrais animaux s'applique en général à tous les fumiers, et en particulier à ceux qui proviennent des déjections solides et liquides des bêtes à cornes et des chevaux. Nous nous sommes arrêtés particulièrement à ces deux derniers, parce qu'ils sont les plus abondants et les plus usités ; en un mot, ceux qui constituent la base de l'agriculture. Tous les autres fumiers ainsi que les divers engrais azotés doivent être considérés comme des auxiliaires ; car leur usage ne peut être que partiel et réalisable seulement dans des circonstances données.

Ce que nous allons dire maintenant sur les engrais animaux étant dépourvu d'un caractère de généralité, doit nous donner des notions particulières sur leur nature et

leur application, et nous servir à compléter nos idées sur l'économie des engrais.

Nous avons vu que le fumier des chevaux, lorsqu'il a été bien préparé et bien soigné est meilleur que le fumier des vaches. Aujourd'hui nous verrons que le fumier de porc, contrairement à l'opinion générale, l'emporte, par sa qualité, sur celui de vache, et même sur celui de cheval.

Le porc ayant un appareil digestif peu développé, sa nourriture doit être moins volumineuse mais plus substantielle ; d'où la conséquence qu'elle doit occasionner des déjections plus azotées.

Connaissant l'appareil digestif d'un animal, on pourrait en conclure la qualité de ses déjections considérées comme engrais.

Les excréments des oiseaux sont plus azotés que ceux des mammifères.

Les excréments des carnivores sont plus azotés que ceux des herbivores.

Mais les appareils digestifs des oiseaux et des mammifères carnivores et herbivores diffèrent singulièrement entre eux sous le rapport du développement.

Si l'on peut préjuger la qualité des déjections d'un animal d'après la connaissance de son appareil digestif, on peut porter le même jugement d'après la connaissance de sa nourriture normale.

Le porc, qui est un omnivore, et qui se nourrit de fruits, de racines, de plantes succulentes, de graines farineuses et de chair, doit nécessairement produire des

excréments plus azotés que ceux du cheval et de la vache, animaux essentiellement herbivores.

Si, en mettant de côté toutes ces considérations, on s'en rapporte à l'analyse, on n'arrivera point à une conséquence différente.

En effet, à l'état sec, les excréments du porc renferment 3,37 p. 100 d'azote, tandis que ceux du cheval et de la vache n'en renferment pas 3.

Pendant on croit ordinairement que les déjections du porc occupent le quatrième rang sous le rapport de l'efficacité comme engrais. En effet, on met au premier rang la fiente de mouton, au second le crottin de cheval, au troisième la bouse de vache, au quatrième la fiente de porc. Je pense que l'espèce de discrédit dans lequel est tombé cet engrais tient à deux causes. La première, c'est que, l'animal rendant non digérées la plupart des graines qui entrent dans sa nourriture, on rapporte sur les champs, avec ses déjections, une grande quantité de semences de mauvaises herbes. La deuxième cause, c'est que le fumier du porc est fortement imprégné de purin, qui se décompose très-promptement. Le produit de sa décomposition, agissant avec une trop grande énergie sur les racines tendres, les brûle et les tue.

Mais il est facile de voir qu'on peut éviter ces deux inconvénients et tirer un grand parti de cet engrais. D'abord, quand il s'agira de fumer des terres destinées à des plantes sarclées, la présence de graines de mauvaises herbes devient indifférente; ensuite, si la fiente de porc ne peut pas être appliquée inconsidérément aux

terres arables , à cause de la grande quantité de graines et de l'âcreté des urines qu'elle contient, cela n'empêche pas qu'elle soit appliquée avec avantage aux prairies. Dans ce cas, la fluidité de l'engrais est une circonstance favorable.

Schwertz a reconnu, par expérience, que le fumier des porcs à l'engrais produit, pendant deux années, un effet plus grand, dans les mêmes terres et sur les mêmes plantes, que celui des vaches.

Bœnninghausen a constaté que le fumier de porcherie, employé en couverture, ne le cède à aucun autre pour toutes les plantes, à l'exception des plantes à cosses.

Du reste, il n'existe qu'un bien petit nombre d'exploitations où il soit fait usage de la fiente de porc sans mélange, et nous ne pouvons qu'approuver l'habitude de l'employer avec d'autres fumiers, surtout avec celui de cheval, qui est, ainsi que nous le savons, très-peu humide.

Il est d'une excellente économie d'entretenir dans les exploitations rurales un certain nombre de porcs. Outre le bon fumier qu'ils produisent, ils permettent d'utiliser une foule de résidus qui seraient perdus ou dissipés, ou bien qui iraient directement à la fosse au fumier.

Là où il y a des porcs, la laiterie avec son caillé et son petit-lait, le potager avec ses débris de légumes, la cuisine avec ses eaux grasses, apportent leur contingent de nourriture à la porcherie; et tous ces détritrus, ces produits, qui ailleurs seraient négligés ou perdus, se transforment en chair, en lard, et enfin en excellent engrais.

Si l'on ne ramène pas les fumiers au même état de dessiccation, si on les considère dans leur état normal, et qu'on demande laquelle de deux voitures égales, l'une de fumier de porc, l'autre de fumier de mouton, sera la plus efficace, l'expérience répond que c'est la dernière.

Il est vrai que 100 parties de fumier de porc renferment, à l'état sec, 3,37 p. 100 d'azote, et que 100 parties de fumier de mouton n'en renferment, dans les mêmes circonstances que 3; mais, si on les compare frais, on trouvera que celui de porc renferme juste la moitié de l'azote du fumier de mouton.

Or, les praticiens, qui ne comparent les fumiers que sous le rapport de leurs masses, n'ont pas tort de considérer celui des bêtes à laine comme le meilleur de tous.

D'ailleurs, les données scientifiques ne s'opposent pas à la conséquence déduite de la pratique.

Voyez en effet les résultats auxquels MM. Boussingault et Payen sont parvenus, lorsqu'ils ont voulu déterminer l'équivalent comme engrais des excréments des animaux les plus communs dont profite l'industrie agricole.

*Equivalents comme engrais de quelques excréments.*

	Azote p. 100 d'excréments non desséchés.	Equivalent de fumier de ferme non des- séché, pris pour unité.	Fumure d'un hectare.
Excréments de chèvre.....	2,16	48,5	5,550 k.
Id. de mouton.....	1,11	36,0	10,800
Id. mixtes de cheval.....	0,74	54,0	16,200
Id. mixtes de porc.....	0,63	63,4	19,026
Id. de vache.....	0,41	97,5	29,250

Le fumier des bêtes à laine, en raison de sa forme et de sa dureté, est presque toujours mêlé à une trop grande masse de litière. C'est pourquoi il convient, avant de l'appliquer, d'en former des tas qu'on doit fréquemment arroser, car ce n'est que dans une masse moins serrée et plus humide que la paille peut trouver les conditions nécessaires à sa décomposition.

Dans les grandes bergeries du midi de la France, dit M. de Gasparin, 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'hectolitre de 70 kil.

Cent moutons bien nourris donnent cinquante à soixante voitures de fumier dans l'année, objet qui vaut pour le laboureur autant que quatre-vingts à quatre-vingt-dix voitures de tout autre fumier. Les récoltes qu'on trouve sur les champs des cultivateurs qui ont pu se procurer cette sorte d'engrais sont toujours d'une beauté et d'une abondance remarquables, en comparaison de celles des autres.

Mais la manière la plus usitée de se servir des crottins et des urines des bœufs, c'est le parcage.

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, et à le renfermer sur une espace de terrain resserré, que l'on enclôt au moyen de claies.

Le parcage a plusieurs avantages notables. Il dispense de l'emploi de la litière, il ne laisse perdre aucune partie des déjections, et, ainsi dispersées sur le sol, la volatilisation en entraîne moins que quand elles sont excitées à la fermentation par leur entassement et par la chaleur des bergeries; enfin on économise les transports.

On calcule ordinairement les dimensions du parc à raison d'un mètre carré par mouton. Cependant, d'après les expériences de M. Boussingault, faites à Bechelbronn, il paraît que, pendant une nuit, un mouton peut fumer la surface d'un mètre et un tiers.

Schmalz assure n'avoir jamais obtenu un si grand effet du fumier recueilli pendant une nuit à la bergerie que d'une nuit de parcage. Selon lui, le blé venu sur cette fumure donne plus de paille qu'à l'engrais ordinaire, et 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 fumé par le parcage.

Le fumier des bêtes à laine est surtout propre aux terrains argileux, lourds et froids; il est préférable à tous les autres pour les plantes oléagineuses, telles que la navette et le colza. Son action sur le sol n'excède pas deux



ans, et ne se manifeste très-sensiblement que pendant la première année.

Avant de quitter ce sujet, faisons un retour à nos principes.

Le fumier des bêtes à laine l'emporte en efficacité sur tous les autres, parce qu'il est mêlé de très-peu de paille, ou bien il ne l'est pas du tout, et c'est le cas du parcage.

La paille, substance peu azotée, augmente la masse du fumier et diminue la proportion relative de l'azote. En outre, le fumier des bêtes à laine, vu sa consistance et son aridité, n'entre point en fermentation rapide, et présente par conséquent moins de chances de perte d'ammoniaque.

Enfin, lorsque le fumier des bêtes à laine est appliqué par le parcage, tout ce qu'il contient d'actif profite à la terre et rien ne se perd, parce qu'il n'y a aucune chance à courir par suite de la fermentation et de la préparation.

Nous venons de terminer l'examen des fumiers proprement dits, mélanges de déjections animales et de litière. Commençons l'étude des engrais animaux provenant des matières excrétées ou des débris ; et parlons d'abord des excréctions humaines.

Les déjections de l'homme sont considérées comme un des engrais les plus actifs dont puisse disposer le cultivateur ; le soin que l'on apporte à leur économie est la mesure la plus certaine du développement agricole d'un pays.

Voyez la Flandre, la contrée de l'Europe où l'agricul-

ture est le plus avancée ! Les matières fécales y sont l'objet d'un immense commerce ; et qui revient à dire qu'on ne néglige rien pour les économiser et les ménager. D'après M. Stanislas Julien, les Chinois, qui sont les premiers agriculteurs du monde, les recueillent avec un soin minutieux dans des vases disposés de distance en distance, le long des chemins les plus fréquentés : des vieillards, des femmes et des enfants sont occupés à les délayer et à les déposer près des plantes.

Il n'y a que peu d'années que l'on commence à se préoccuper en France de l'économie des matières fécales et de leur application à l'agriculture : auparavant on se bornait à les disperser et à éviter les inconvénients attachés à leur voisinage.

La qualité des matières fécales, comme engrais, dépend beaucoup de la nature et de l'abondance des aliments consommés par les individus qui les ont rendus.

D'Arcet rapporte à ce sujet un fait curieux. Un agriculteur avait acheté, pour les appliquer à ses cultures, les matières des latrines d'un des restaurateurs les plus en vogue du Palais-Royal. Encouragé par le succès qu'obtint l'emploi de cet engrais, et voulant en étendre l'application, il se rendit adjudicataire des vidanges de plusieurs casernes de Paris. L'engrais qui en provint produisit un effet infiniment moindre que celui qu'on en attendait. La raison de cette déception est toute simple : les repas des soldats ne sont pas aussi succulents, à beaucoup près, que les repas que l'on fait au Palais-Royal.

C'est justement à cette variété de provenance entre les différents excréments humains qu'est due l'incertitude dans laquelle nous nous trouvons, relativement à leur teneur en azote.

On sait bien ce qu'une masse excrémentielle renferme d'azote lorsqu'elle a été desséchée, et convertie en ce que l'on appelle poudrette; mais cet azote est loin de représenter celui qui est contenu dans les excréments normaux, puisque la dessiccation en a dispersé une grande partie. Cependant la quantité qui reste dans la poudrette (quantité qui s'élève à 1,5 pour 100, la matière étant humide) annonce que ces excréments sont au nombre des engrais les plus riches; et si l'on ignore combien d'azote ils contiennent, considérés en masse, il n'en est pas de même pour leur partie liquide.

Le contenu d'un urinoir public de Paris a donné à MM. Boussingault et Payen 7 pour 100 d'azote, et l'extrait sec leur en a donné 17 pour 100.

Quand on songe que, d'après les expériences de M. Lecanu, un homme émet, en moyenne, chaque jour, par les voies urinaires, 15 grammes d'azote, et que cette quantité représente un litre de froment, on est étonné du gaspillage qui se fait d'une matière si utile.

Les communes, qui ont pour mission la tutelle des intérêts publics, devraient prendre des mesures pour qu'on ne perdît pas d'immenses quantités de principes fertilisants, non-seulement au préjudice de l'agriculture, mais aussi de la propreté et de la décence. Les cultivateurs placés à la porte des villes pourraient acheter les liquides

des urinoirs publics. Ces matières leur serviraient à arroser les fumiers ou les prairies naturelles et artificielles. Ils multiplieraient ainsi leurs récoltes sans beaucoup de frais et suppléeraient à la disette des fumiers, qui se fait sentir partout.

Aux environs de Grenoble, on emploie pour la culture du chanvre les excréments humains, tels qu'ils sortent des fosses; à Lyon et dans quelques parties de la Toscane, on les délaie dans l'eau et on en arrose les champs et surtout la luzerne. Dans la Chine, on les pétrit avec de l'argile, on en forme des briques que l'on pulvérise quand elles sont sèches.

C'est surtout dans la Flandre française que les déjections humaines sont recueillies avec le plus grand soin.

Le réservoir destiné à leur conservation est un des objets essentiels de toute exploitation agricole. Chaque fermier établit dans son voisinage une cave en maçonnerie voûtée. Le sol est pavé en grès; les quatre murs et la voûte qu'ils supportent sont en briques. On ménage deux ouvertures: l'une traverse l'épaisseur de la voûte dans son milieu; elle est destinée à l'introduction des matières; l'autre, plus petite, est pratiquée dans le mur du nord et a pour objet de permettre l'accès de l'air nécessaire à la fermentation. Un semblable réservoir peut avoir une capacité de 32 mètres cubes.

C'est dans ces citernes que les agriculteurs flamands déposent les vidanges qu'ils vont chercher dans les villes, pendant la saison où les chevaux sont moins employés à la culture.

Pour être d'un bon usage ces matières doivent avoir fermenté pendant quelques mois. A cet effet, on ne vide jamais entièrement la citerne; on y ajoute de nouvelles matières à mesure qu'on en tire pour les besoins. La fermentation leur donne plutôt de la viscosité que de la liquidité.

Les déjections ainsi préparées portent les noms d'*engrais flamand*, *gadoue*, *courte-graisse*. Elles sont répandues à l'état liquide avant ou après les semailles, ou bien encore à la suite du repiquage.

Lorsque les semailles sont achevées et que le sol a reçu toutes les façons que les cultivateurs flamands prodiguent à la terre, on conduit le soir, dans des tonneaux, une charge d'engrais tirée de la fosse.

A la limite du champ se trouve une cuve de la capacité d'un quart de mètre cube; on y dépose la matière. A l'aide d'une cuillère de bois fixée au bout d'une perche de 4 mètres de longueur, un manoeuvre puise le liquide dans la cuve et le répand autour de lui.

La cuve vidée, on la transporte sur un autre point; alors l'opération recommence, et continue jusqu'à ce que la totalité de l'engrais soit placée.

M. Kuhlmann cite un exemple de l'emploi de l'engrais flamand sur une rotation pratiquée dans les environs de Lille, et qui consiste en colza, blé, avoine.

*1<sup>re</sup> année.* En octobre ou novembre, on fume avec du fumier de ferme, en l'enterrant à la charrue. On répand alors 600 hectolires d'engrais liquide par hectare, on donne un deuxième labour, et l'on sème le colza.

2<sup>e</sup> année. Le colza récolté, on laboure pour les semailles d'automne, et on répand 120 à 150 hectolitres d'engrais liquide par hectare. On sème le froment.

3<sup>e</sup> année. Labour sur éteules de blé; on introduit 120 hectolitres de l'engrais liquide, et l'on sème de l'avoine.

Quand on commence la rotation par des betteraves au lieu de colza, on porte la dose de l'engrais flamand à 1,500 hectolitres par hectare; mais, quand cette racine est destinée à la fabrication du sucre, on évite tout emploi de gadoue, l'expérience ayant démontré qu'elle exerce sur le produit la plus fâcheuse influence.

L'engrais flamand est peut-être celui qu'on se procure à meilleur marché sous le rapport du prix d'achat. En effet, un hectolitre pesant 124 kilogrammes coûte 25 centimes; et comme il renferme 22 dix-millièmes d'azote, un kilogramme de cette substance est acheté au prix d'un franc.

Vous voyez qu'acheter pour un franc l'azote nécessaire à la production de 60 kil. de blé est un excellent marché; mais les frais de transport, de répandage et d'entretien des fosses, font revenir l'azote de l'engrais flamand à 4 francs le kilogramme.

Ainsi, quoique peu coûteux sur le marché, il figure en somme parmi les engrais chers que l'on destine aux cultures industrielles.

Entre la pratique et la théorie il semble exister un désaccord.

On estime en Flandre qu'un hectolitre de gadoue correspond pour l'effet à 250 kil. de fumier de ferme; et,

d'après sa teneur en azote, un hectolitre ne doit correspondre qu'à 54 kil.

Cette contradiction et ce désaccord sont loin d'être réels, ils ne tiennent qu'à une fausse méthode d'appréciation,

Généralement, pour comparer l'efficacité de deux engrais, on compare les deux récoltes qu'ils ont produites, sans tenir aucun compte de la portion d'engrais restée dans le sol après chacune d'elles, et qui exercera son action sur les cultures à venir. Par cette méthode, on s'expose à porter des jugements faux; et c'est le cas de l'engrais flamand, qui réalise son maximum d'action dans la saison où il est donné à la terre, et n'agit plus l'année suivante.

Comparer l'engrais liquide au fumier sur une culture annuelle, c'est comparer cet engrais à la fraction inconnue du fumier de ferme, qui réagit dans la première année, sans tenir compte de l'effet total qu'il est capable de produire, et qu'il produit réellement les années suivantes.

La célérité d'action d'un engrais est une qualité précieuse dans un grand nombre de cas, et la gadoue la possède au plus haut degré. Toutefois, c'est aussi un avantage que d'avoir un engrais qui élabore, au fur et à mesure des exigences des plantes, les principes qu'elles s'assimilent, qui suspend cette élaboration pendant l'hiver, et qui reste dans la saison pluvieuse à peu près inerte et insoluble.

Ces avantages, auxquels il faut joindre celui de diviser et d'ameublir le sol, le fumier d'étable les présente :

ils sont tels què, même en Flandre, il est une nécessité dans la culture, et que les engrais annuels ne sont réellement que ses auxiliaires.

J'ai insisté sur l'engrais flamand, parce que sa matière première est très-répandue ; et comme chaque ville en est une source immense, on pourrait, dans l'intérêt de l'agriculture, en profiter d'une manière bien plus avantageuse qu'on ne le fait généralement aujourd'hui.

Voyez les vidanges de Paris, qui cubent un volume immense ! Elles sont traitées d'une manière qui semble en opposition avec les plus simples notions de la science, de l'hygiène et de l'économie ; je veux parler de la confection de la *poudrette*. On la prépare en transportant dans de vastes bassins creusés en terre les matières fécales extraites des fosses par les entrepreneurs de vidanges : les bassins, peu profonds, mais très-larges, sont disposés en étages, de manière à ce qu'ils puissent déverser leurs produits les uns dans les autres.

Les matières sont d'abord placées dans le bassin supérieur ; aussitôt que la partie solide s'est déposée, on fait couler la portion liquide dans le bassin qui est immédiatement au-dessous ; on opère de même pour le second, dont les liquides s'épanchent plus tard dans le troisième, et ainsi de suite.

Les dernières eaux vont se perdre dans des égouts, dans un cours d'eau ou dans des puits artésiens absorbants.

En opérant ainsi, il ne reste plus dans les bassins que des matières pâteuses que l'on enlève avec des dragues,



pour les placer sur un terrain battu disposé en dos d'âne.

On retourne la masse de temps à autre pour favoriser la dessiccation, que l'on continue jusqu'à ce que la matière fécale soit arrivée à l'état pulvérulent.

La poudrette est alors emmagasinée sous des hangars, ou mise en tas de forme pyramidale, et dont les côtés sont fortement battus, pour prévenir l'accès des eaux pluviales.

La fabrication de la poudrette entraîne de grands inconvénients. Pendant la longue durée du dessèchement, toute la masse est en proie à une fermentation qui répand des émanations infectes jusqu'à plus d'une lieue de distance, et qui détruit, en pure perte pour l'agriculture, la majeure partie des substances organiques.

La transformation de la gadoue en poudrette ne peut être justifiée que par l'impossibilité d'emmagasiner des masses trop considérables de matières fécales ; mais partout ailleurs un pareil procédé doit être, ainsi que l'observe M. Girardin, considéré comme le *nec plus ultra* du gaspillage. Il suffit de remarquer que les eaux perdues dans cette préparation renferment une quantité d'azote telle qu'elles représentent pour l'agriculture une valeur au moins trois fois plus grande que celle de toutes les matières fécales réduites en poudrette.

Cet engrais, tel qu'on le fabrique à Paris, contient à l'état normal 4, 6 pour 100 d'azote ; il pèse 70 kil. l'hectolitre, et coûte 7 fr. 50 c. les 100 kil. L'azote revient donc à 4 fr. 50 c. le kil. Il donne une grande activité à la végétation ; mais ses effets s'épuisent promptement.

On s'est aperçu quelquefois qu'ils ne se prolongeaient même pas jusqu'à l'époque de la fructification des céréales. On en emploie 20 à 30 hectolitres par hectare. Sur les prairies, il produit de bons effets à la dose de 21 hectolitres pour la même surface.

L'odeur infecte qui émane des matières fécales est jusqu'à un certain point un obstacle à l'extension de leur usage. Toutefois, cet obstacle ne se présente que dans les localités les moins avancées dans l'industrie agricole ; et, chose assez remarquable, le dégoût qui naît du manie-ment de ces matières a surtout été surmonté dans les pa ys renommés pour l'excessive propreté et l'aisance de leurs habitants. Je cite la Flandre et l'Alsace.

On dit que certains produits venus dans une terre fumée avec les déjections humaines contractent une odeur et une saveur qui décèlent parfois la nature de l'engrais qui a favorisé leur culture. J'ai lieu de croire qu'il y a dans ceci du préjugé et de la prévention. Quoi qu'il en soit, c'est afin de rendre plus commode l'emploi des matières fécales, et de faire taire les préjugés et les pré-ventions, que l'on a songé à désinfecter les déjections humaines, et à faire ce que l'on appelle le *noir ani-malisé*.

C'est par l'examen de cette matière que nous commen-çons la séance prochaine.

## DIX-NEUVIÈME LEÇON.

NOIR ANIMALISÉ. — VIDANGES INODORES. — GUANO. — CO-  
LOMBINE. — POULAITTE.

MESSIEURS,

Ce fut en 1833 que M. Salmon eut le premier l'idée de désinfecter les matières fécales au moyen d'une substance absorbante et charbonneuse. Ainsi désinfectées, elles prirent le nom de *noir animalisé*.

Cette idée n'a pas le mérite de l'originalité, car on connaissait depuis longtemps les propriétés absorbantes et désinfectantes du charbon. Mais il y eut nouveauté dans le choix de la matière charbonneuse. Ce fut le terreau que M. Salmon choisit. Vous savez que le terreau est un mélange de terre proprement dite et de matière végétale : si on le calcine en vase clos, la matière végétale, en se décomposant, laisse beaucoup de charbon très-divisé. Si l'on ajoute que la terre, ayant subi par la calcination une espèce de demi-cuisson, est devenue très-

absorbante, on comprend que le choix de M. Salmon a été très-heureux et a atteint le but proposé.

En mêlant donc à cette terre absorbante et charbonneuse des matières fécales, on les désinfecte, et par cela même les gaz ammoniacaux sont absorbés et condensés ; circonstance qui explique l'efficacité de cet engrais.

En effet, une fois ces gaz condensés dans les pores du véhicule terreux, ils ne s'en dégageront que lentement et attirés, pour ainsi dire, par les radicules des plantes : d'où il résultera que ces organes trouveront de la nourriture suivant leurs besoins, et n'auront point à redouter l'excès.

Aussi le noir animalisé, outre qu'il rend l'emploi des matières fécales plus commode, offre-t-il un engrais dont l'effet est durable, et qui ne le cède pas, sous le rapport de l'azote, aux fumiers les mieux conditionnés.

D'après les analyses de MM. Boussingault et Payen, le noir animalisé renferme, à son état normal d'humidité, 1,24 pour 100 d'azote, tandis que le fumier de ferme également humide n'en renferme pas même un demi pour 100. Cependant il faut se hâter d'établir que la richesse en azote du noir animalisé est loin d'être constante, et doit varier suivant les procédés des fabricants ; car, si l'on introduit plus de terre dans la préparation, on aura un produit moins azoté.

On doit ajouter aussi que le noir animalisé n'est peut-être pas un engrais aussi complet que la poudrette.

D'après la méthode de préparation de la poudrette, on voit qu'elle doit contenir, concentrés sous un assez petit

volume, les sels et les phosphates d'une grande quantité de matières fécales, et ces phosphates lui donnent peut-être, à richesse égale en azote, une valeur plus grande que celle du noir animalisé, qui contient des phosphates, mais en quantité beaucoup moindre.

Dans la discussion de la valeur des engrais, il ne faut pas considérer exclusivement l'élément azoté, il faut aussi ne pas perdre de vue l'élément phosphoré. L'azote étant le principe le plus important des engrais doit, par cela même qu'il est le plus rare, être la mesure de leur valeur; mais le phosphore est un principe aussi indispensable que l'azote, et, quoiqu'il ne soit pas aussi rare, il est bien loin de s'offrir en assez grande abondance pour dispenser l'agriculteur de toute préoccupation à son égard.

Si le noir animalisé est plus riche en azote que le fumier, et presque aussi riche que la poudrette, il ne l'est pas également en phosphore, et dès lors il réclame un engrais complémentaire.

C'est faute d'avoir envisagé la question des engrais sous ce point de vue qu'on n'a pu expliquer pourquoi le noir animalisé n'a pas produit d'aussi bons effets que le noir pur résidu des raffineries.

Mais nous reviendrons sur ce sujet, dans une prochaine occasion.

Nous dirons, pour le moment, que si le noir animalisé n'est pas encore un engrais aussi parfait qu'on peut le désirer, ce n'en est pas moins une des meilleures manières d'utiliser les produits des vidanges, et il offre de grands

avantages sous le rapport de la salubrité et de l'agriculture. C'est à ce double titre que nous attachons beaucoup d'importance à sa fabrication, dont nous jugeons utile de vous entretenir quelques instants et avec quelques détails.

Aujourd'hui, MM. Baronet et C<sup>ie</sup> fabriquent le noir animalisé par des procédés qui se divisent en deux parties principales : l'extraction des matières fécales et leur transformation en engrais.

D'abord on commence par désinfecter les vidanges sur place. MM. Baronet et C<sup>ie</sup> y parviennent en introduisant dans les fosses une certaine quantité de couperose, ou vitriol vert, détritns de la fabrication du sulfate de fer, et que l'on peut en général se procurer à peu de frais.

On conçoit que l'introduction d'une certaine quantité de cette substance peut faire disparaître la mauvaise odeur, quand on se rappelle que la cause de l'infection des fosses d'aisance tient surtout au dégagement de l'hydrosulfate d'ammoniaque, produit gazeux très-fétide et asphyxiant. Or, ce composé mis en contact avec une dissolution de sulfate de fer passe à l'état d'hydrosulfate de fer, qui est insoluble, et de sulfate d'ammoniaque, qui est inodore et fixe.

Une expérience très-simple vous expliquera la facile désinfection des fosses d'aisance par le sulfate de fer.

Voici un flacon qui renferme une dissolution d'hydrosulfate d'ammoniaque. Il me suffira de l'ouvrir pour que les personnes voisines soient incommodées de l'odeur qu'il répand. Mais si j'y verse une dissolution de sulfate

de fer, la mauvaise odeur s'anéantit comme par enchantement, et l'on voit se produire une matière noire, qui est l'hydrosulfate de fer.

En mêlant ces deux liquides, j'ai décomposé celui qui est fétide et malfaisant; et, dès que je l'ai décomposé, j'ai détruit ses mauvaises qualités.

Une autre substance, que la Compagnie emploie souvent pour atteindre le même but, c'est une dissolution de savon ordinaire, à laquelle on ajoute une dissolution d'une quantité égale de couperose.

Cette addition est utile pour recouvrir la surface du liquide des fosses d'aisance d'une couche pléagineuse, qui s'oppose à la diffusion de l'odeur.

Les matières, ainsi désinfectées, sont extraites au moyen d'une chaîne à godets, mue par une manivelle. Cet appareil, que l'on nomme la *machine Frédéric*, est recouvert d'une enveloppe en ferblanc, et les gaz qui se dégagent sont forcés, pour se répandre dans l'air, de traverser du chlorure de chaux. Cette substance, comme on sait, a la propriété de détruire les mauvaises odeurs.

Les déjections ainsi transportées à l'usine doivent y être converties en engrais, et mêlées à de la terre carbonisée, car la désinfection produite par le sulfate de fer ne serait pas permanente. A cet effet on les verse dans des bassins, et l'on y ajoute, à la pelle, à peu près leur volume de terre carbonisée; et comme le milieu des bassins est élevé dans le sens de l'axe, il arrive que le liquide s'écoule suivant les deux pentes, et sort par des vannes.

Le mélange est desséché sous des hangars, et l'on y ajoute successivement de nouvelles matières fécales, jusqu'à ce que la terre ne forme plus que le quart à peu près du volume obtenu.

Cette opération, qui, grâce à la terre carbonisée, ne répand qu'une odeur très-peu intense, dure environ un mois en été et deux mois en hiver; ce qui est bien différent du temps que dure la préparation de la poudrette.

Quant à la terre carbonisée, on la préparait anciennement dans des pots ou marmites; mais la compagnie Baronet a substitué à ce procédé un four coulant beaucoup plus économique, et qui, ayant 6 mètres de haut, peut carboniser en vingt-quatre heures 5 ou 6 mètres cubes de terre.

A ces conditions, l'hectolitre de noir animalisé coûte en général 5 fr.; or, la pratique fixe à 20 ou 25 hectolitres par hectare la quantité de noir à employer, ce qui fait une dépense de 100 à 125 fr., tandis qu'une quantité équivalente de fumier coûte 180 fr., et présente plus de difficultés de transport.

Le noir animalisé est un des engrais supplémentaires les plus importants, grâce à la quantité dont peut disposer l'agriculture. Il serait à désirer que toutes les municipalités prissent des mesures décisives pour forcer les propriétaires à construire des fosses parfaitement cimentées, à l'abri des eaux pluviales, et dont le fond fût construit en forme de cul-de-lampe, c'est-à-dire de manière à ce qu'on pût les vider avec la machine Frédéric.



On préviendrait ainsi la mort fréquente des ouvriers employés aux vidanges.

Le jour où cette mesure sera généralement adoptée, la richesse végétale du sol sera incontestablement accrue, chaque ville deviendra un grand centre de production d'engrais, et cette production, loin de s'épuiser ou de s'amoinrir, ne fera qu'aller en augmentant avec l'accroissement des populations.

L'agriculture et l'hygiène sont donc également intéressées au succès de cette nouvelle fabrication.

Passons à l'examen des engrais qui proviennent des excréments des oiseaux.

Ces déjections ont, comme engrais, une action supérieure à celle des herbivores. La différence tient peut-être à ce que les oiseaux se nourrissent principalement de graines et d'insectes, ou bien encore à ce que, en vertu de leur organisation, les matières fécales solides sont mêlées avec les urines, ou enfin à ce que leurs excréments s'accumulent petit à petit, généralement dans des lieux à l'abri du soleil, de l'air et de la pluie, c'est-à-dire à l'abri de ces causes qui tendent à détériorer les engrais excrémentiels, en leur enlevant une partie de leur principe actif, l'azote.

Au premier rang de ces produits, nous devons mettre le guano, à cause de son importance agricole.

Cette matière se trouve dans un grand nombre de petits flots de la mer du Sud, sur les côtes du Pérou et du Chili. Elle y est déposée par couches formant des dépôts qui ont jusqu'à 20 mètres d'épaisseur, et d'où on l'extrait

commé on ferait du minerai de fer. Ces îles sont habitées par une multitude d'oiseaux, surtout des Ardées et des Phénicoptères, qui s'y réunissent la nuit, et dont les excréments sont entièrement identiques avec la matière des plus anciennes couches de ces dépôts.

En supposant la surface de ces îles entièrement couverte d'oiseaux, il faudrait trois siècles pour obtenir l'épaisseur d'un centimètre, et avec cette lente progression la pensée recule devant l'âge probable des dépôts actuels : il faudrait admettre que ces îlots sont habités par des oiseaux depuis six cent mille ans. D'autres causes ont évidemment concouru à la formation de ces amas de matières azotées ; ce que prouve la présence de nombreux cadavres des mêmes oiseaux et d'amphibies, qui vont ordinairement à terre pour y mourir. Peut-être la masse principale du guano est-elle un produit anté-diluvien.

Quoi qu'il en soit de la nature des causes qui, dans certaines localités, ont formé des dépôts aussi précieux, toujours est-il que, de temps immémorial et bien avant la découverte de l'Amérique, les côtes naturellement stériles du Pérou n'ont dû leurs récoltes qu'à l'emploi du guano, que les habitants appliquent à petite dose, surtout à la culture du maïs.

Jusque dans ces dernières années, on n'avait point songé à utiliser le guano en Europe. Des navires anglais en ayant apporté de grandes quantités comme lest, on a pu faire beaucoup d'expériences, et les résultats obtenus ont dépassé les espérances des cultivateurs, qui tous à l'envi rendent témoignage à la supériorité de cet engrais.

Aussi a-t-on considéré comme une véritable fortune pour l'agriculture la récente découverte d'immenses dépôts de guano sur la côté sud d'Afrique. L'analyse aussi bien que les résultats pratiques s'accordent à mettre cette substance à la tête des engrais les plus puissants. En effet, elle ne contient pas seulement de l'azote en abondance, mais de l'acide phosphorique, des principes terreux et des alcalis; en un mot, elle contient ce que les plantes exigent le plus pour prospérer.

Voici l'analyse immédiate de deux échantillons de guano faite par Fownes :

## N. 1

Oxalate d'ammoniaque.....	}	66,2
Acide urique.....		
Matières organiques.....		
Traces de carbonate d'ammoniaque.....		
Phosphates de chaux et magnésie.....		29,2
Phosphates et chlorures alcalins.....		4,6
		100,0

## N. 2

Oxalate d'ammoniaque.....	44,6
Phosphates terreux.....	41,2
Phosphates, sulfates et chlorures alcalins.....	14,2
	100,0

L'échantillon n° 1 renferme les deux tiers de son poids de matières azotées, comme l'oxalate d'ammoniaque et l'acide urique; l'autre tiers se compose de phosphates terreux et alcalins. L'échantillon n° 2 ne renferme même pas la moitié de son poids de matière azotée. Ce qui prouve

que le guano est un engrais variable sous le rapport de la composition, et que, faute d'en connaître la richesse en azote, son emploi pourrait souvent amener des déceptions.

En effet, MM. Boussingault et Payen ont trouvé dans un échantillon 14 p. 100 d'azote, et dans un autre 5 p. 100.

Cette différence s'explique sans avoir recours à l'idée de fraude. Vous voyez figurer dans l'échantillon n° 1 l'acide urique qui n'existe point dans l'échantillon n° 2. Or, l'acide urique, sous l'influence de l'air, des matières organiques, de l'humidité et d'une certaine température, peut se transformer en oxalate d'ammoniaque, par suite d'une espèce de fermentation.

Mais l'acide urique renferme 33 pour 100 d'azote, tandis que l'oxalate d'ammoniaque en renferme 20 pour 100. Ajoutons que l'acide urique est presque insoluble et que l'oxalate d'ammoniaque est soluble. Ainsi il peut se faire que des influences climatériques appauvrissent d'oxalate d'ammoniaque, et par conséquent d'azote, une quantité donnée de guano.

Au surplus, la fraude peut s'en mêler, et c'est ce qui est déjà arrivé. Dans tous les cas, la connaissance préalable du contenu en azote est une condition indispensable pour un bon emploi de cet engrais. On a dit que celui qui est de bonne qualité, et non sophistiqué, doit abandonner à l'eau au moins 40 pour 100 de matières solubles; mais si l'on s'arrêtait à cette indication, on pourrait facilement se tromper, car les fraudeurs n'auraient pas beau-

coup de peine à le mêler avec quelque substance capable de se dissoudre dans l'eau. Il est vrai que la partie dissoute doit se composer de sels ammoniacaux et de matière animale ; mais la détermination de ces principes exige plus de temps et de manipulations que la détermination pure et simple de l'azote.

C'est faute de ces notions préliminaires que les essais n'ont pas quelquefois répondu à l'attente : tantôt l'engrais avait trop d'énergie, tantôt il en avait trop peu.

En effet, pourrait-il en être autrement si, sur les indications d'expériences faites avec un guano à 8 pour 100 d'azote, on en répétait avec du guano à 5 ou à 14 ? Il est évident que, dans un cas, la quantité de l'engrais employé aurait été trop petite, et, dans l'autre cas, trop considérable.

Des expériences comparatives faites en France ont montré que la valeur du guano comme engrais, est à la valeur du noir animal des raffineries, comme 20 est à 13 ; et si l'on songe que les mêmes expériences faites en Angleterre ont établi ce rapport comme 20 à 37, on ne pourra se refuser d'admettre la nécessité de constater le titre des engrais avant de les employer.

En supposant que l'importation du guano devint assez considérable pour placer cette substance au rang des engrais supplémentaires usuels, il faudrait que chaque débitant pût garantir à l'acheteur la richesse en azote de la marchandise qu'il livrerait. On sait, par exemple, que le noir des raffineries, qui doit être considéré comme le type

des engrais supplémentaires, renferme 2 p. 100 d'azote : que l'on suppose que le guano en vente en renferme 6 p. 100 ; dans ce cas, l'acheteur sait que 100 kil. de ce guano lui serviront comme 300 kil. de noir des raffineries. Avec cette donnée, il ne s'exposerait pas à compromettre ses plantes par l'excès ou le défaut de nourriture.

Pendant j'ai hâte de dire que, lorsqu'il s'agit de remplacer un engrais connu par un engrais peu connu, il ne faut jamais oublier de tenir compte de leur mode d'action particulier.

Le noir animal est d'une efficacité plus lente que celle du guano (et nous en dirons le motif tout à l'heure) : si cette circonstance était oubliée, il pourrait devenir inutile de connaître d'avance la richesse en azote du nouvel engrais.

Un agriculteur prudent ne devra jamais appliquer un engrais inconnu sans s'être éclairé sur son titre, sur la nature des principes azotés qu'il renferme, sans savoir d'avance si ces principes sont solubles ou insolubles, facilement ou difficilement décomposables ; en un mot, sans avoir recueilli tous les renseignements pratiques nécessaires.

On conçoit en effet, que l'oxalate d'ammoniaque, l'albumine et la corne, quoique azotés tous les trois, doivent se décomposer et se prêter aux exigences de la végétation, chacun d'une manière particulière, grâce à la structure et à la constitution qui leur est propre. Bref, je dirai qu'il ne suffit pas de connaître la teneur d'un engrais en azote, mais bien la forme sous laquelle il s'y trouve, pour pouvoir préjuger de son mode d'action.

Ce que je viens de dire explique pourquoi les effets re-

marquables du guano, principalement sur les prairies, sont de peu de durée, et pourquoi il en faut renouveler l'emploi à chaque récolte:

Après le guano, les excréments des oiseaux qui ont le plus d'importance pour l'agriculture sont d'abord ceux de pigeon, connus sous le nom de *colombine*; puis ceux de poule, nommés *poulaitte*; enfin, les déjections d'oie et de canard.

La fiente de pigeon renferme, à l'état normal, 8,30 pour 100 d'azote. La poulaitte et les autres déjections sont moins riches; mais elles le sont toujours plus que les déjections des autres animaux.

Du reste, l'action de ces excréments, au degré près, est la même que celle du guano, car leur composition immédiate est semblable. En effet, nous avons vu que le guano se compose de sels ammoniacaux, d'acide urique et de phosphates terreux alcalins: or, la colombine, la poulaitte, et en général toutes les déjections des oiseaux, se composent de sels ammoniacaux, d'acide urique et de phosphates.

La colombine, 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 fiente de six à sept cents pigeons, laquelle donne une forte voiture d'engrais du poids de 1,200 kil., ce qui porte le prix de l'azote à 1 fr. le kilogramme; et comme deux voitures suffisent ample-

ment pour 1 hectare, il s'ensuit que la fumure de 1 hectare coûte 200 fr.

Je partage avec M. Girardin l'opinion que les pigeonniers et les poulaillers ne sont pas soignés suffisamment. On ne devrait jamais négliger de répandre, sous forme de litière, des débris de teillage de chanvre et de lin, ou de la mauvaise balle d'avoine, des sciures de bois, de la terre ou même du sable, pour augmenter, autant que possible, la masse de l'engrais.

C'est une pratique vicieuse que de laisser la fiente des pigeons et des volailles s'amonceler, d'un bout à l'autre de l'année, dans les pigeonniers et les poulaillers; car la malpropreté fait naître une vermine qui tourmente les animaux, et, de plus, il se produit dans le tas d'excréments une grande quantité de vers qui en détruisent la majeure partie.

Il faut que les pigeonniers et les poulaillers soient fréquemment nettoyés à fond, et le fumier qu'on en tire doit être amoncelé et conservé dans un lieu sec. Il vaudrait encore mieux, si cela était possible, l'employer avant sa fermentation. C'est l'opinion de Davy; et cet illustre chimiste s'appuie sur ce que 100 parties de colombine renferment, avant la fermentation, 25 pour 100 de matières solubles, et après, elles n'en renferment que 8.

La fiente des oiseaux est rarement mélangée aux autres fumiers. Répandue avec la semence des céréales, elle produit sur les terrains humides, froids et tenaces, les plus grands effets qu'il soit possible d'atteindre. Pour le trèfle, elle surpasse le plâtre et la cendre. Dans les



fermes de l'institut de Hohenhein, Schwertz l'applique, depuis longues années, avec le plus grand succès, au trèfle, en la mêlant avec de la cendre de charbon de terre. En Flandre, on s'en sert à la dose de 2,000 kil. par hectare, pour produire les plus belles récoltes de lin.

On croit que la fiente des oiseaux n'agit d'une manière utile que lorsqu'il vient à pleuvoir peu de temps après qu'on l'a semée; on prétend que, par un temps de sécheresse continue, elle reste inerte, et même qu'elle brûle les récoltes. Je crois ces opinions fondées; et elles prouvent que, pour juger d'un engrais, il faut tenir compte d'une foule de circonstances qu'on néglige d'ordinaire, et ne pas s'arrêter exclusivement à la récolte. Le meilleur engrais, et j'entends parler des engrais supplémentaires, peut perdre, par des influences climatériques, ses bonnes qualités et ne pas produire d'effet.

Nous terminerons notre examen des déjections animales par quelques mots sur les excréments des poissons et des insectes.

La fertilité que manifestent, lorsqu'on les met à sec, les étangs poissonneux, quoiqu'ils soient en général établis sur un sol argileux et stérile, met hors de doute la valeur des excréments des poissons.

M. de Gasparin a eu l'occasion d'en faire l'expérience directe, et à plusieurs reprises, en transportant sur ses champs le dépôt qui se trouvait au fond de bassins poissonneux. Les luzernes qui recevaient cette fumure devenaient remarquablement belles.

En général, la première couche qui constitue le lit des

rivières, surtout les portions qui traversent les grandes villes, sont toujours de bons engrais, qui deviennent encore meilleurs lorsqu'on a laissé, par le curage, mourir sur place des quantités immenses de poissons. Dans ce cas, la fertilité de la couche, sans parler des matières continuellement déposées par les égouts, tient non pas seulement aux excréments des poissons, mais encore à leur chair, qui renferme 12 pour 100 d'azote.

Dans le Midi, chacun connaît et apprécie les bons effets des débris des magnaneries employés comme litières.

Lorsque ces établissements sont bien tenus, on applique à l'engraissement des moutons les litières dont je parle ; mais lorsqu'on a négligé leur dessiccation et qu'elles ont commencé à fermenter, on les fait servir comme engrais. Elles sont éminemment propres à cette destination, parce qu'elles contiennent 3,30 pour 100 d'azote, c'est-à-dire huit fois plus que le fumier de ferme.

Nous continuerons, dans la prochaine séance, l'étude des engrais, et nous examinerons les débris animaux consacrés à cet usage.

## VINGTIÈME LEÇON.

SANG. — NOIR ANIMAL. — CHAIR. — CHIFFONS.

MESSIEURS,

Lorsqu'on eut reconnu l'importance qu'avaient les engrais azotés dans l'alimentation des végétaux, on ne tarda pas à essayer de tirer parti de toutes les substances qui renferment de l'azote, et de véritables fabriques d'engrais s'établirent dans quelques-unes des villes les plus considérables de la France. Les animaux morts devinrent, comme on peut se le figurer, l'objet d'une attention spéciale de la part des fabricants, et on s'évertua à leur donner une forme et des qualités qui pussent convenir aux transactions commerciales.

Tous les efforts furent donc tournés vers ce double but : diminution du volume et conservation.

Aussi réduit-on aujourd'hui à un petit volume, et de façon à pouvoir être conservées indéfiniment, des masses considérables de sang, qui jadis réunissaient, aux em-

barras du transport, le grave inconvénient d'une facile corruption.

La chair musculaire, rendue à son tour incorruptible, et réduite à un petit volume, peut maintenant être exportée à d'énormes distances, pour donner la richesse aux contrées les plus dépourvues de ces ressources, qui garantissent la prospérité de l'agriculture.

Nous voulons, dans cette séance, vous faire connaître ces produits industriels, qui ont tant contribué et contribueront sans doute encore au développement de l'agriculture.

C'est surtout dans les abattoirs de chevaux que l'on peut préparer les engrais animaux, et tirer parti de quelques débris autrefois perdus.

Pour conserver indéfiniment le sang et le réduire à un petit volume, on le fait coaguler à la température de l'eau bouillante, en le chauffant soit à feu nu, soit au moyen de la vapeur.

La partie coagulée est enlevée à l'aide d'une large écumoire; ensuite elle est soumise à une pression assez énergique pour en extraire presque entièrement la partie liquide; enfin elle est desséchée à l'air libre ou dans un séchoir à courant d'air chaud.

Réduit à cet état, le sang est pulvérisé, mis en tonneaux et expédié. Grâce à cette préparation, il présente sous un petit volume un engrais très-riche, puisqu'il renferme 14 à 15 pour 100 d'azote.

Deux mots vous expliqueront pourquoi le sang se coagule sous l'influence de la chaleur, et pourquoi son

azote se trouve presque entièrement dans la portion coagulée.

Cent kilogrammes de sang peuvent être considérés comme 78 kil. d'eau tenant en dissolution ou en suspension 22 kil. de fibrine, albumine, globules, sels minéraux et graisse. L'albumine, on le sait, se durcit par la chaleur; en durcissant, elle constitue, pour ainsi dire, un réseau qui enveloppe et réunit les globules et la fibrine. Les sels minéraux et la graisse restent dans l'eau. Or, le poids total de l'albumine, de la fibrine et des globules ne s'élevant qu'à 21 kil. pour 100, et ces trois substances étant les seules azotées, on conçoit comment, par la chaleur, on peut réduire à un petit volume la partie active du sang. Ce qui reste liquide est une dissolution saline, tenant en suspension de la graisse.

Ainsi préparé, cet engrais coûte 20 fr. les 100 kil.; ce qui met le prix de l'azote à 1 fr. 3/4 cent. Son action est lente, surtout quand on la compare à celle du sang liquide, qui, pour être appliqué immédiatement sur la terre, doit être préalablement étendu d'eau.

Mais le sang présente l'inconvénient de ne pas pouvoir être conservé, à moins qu'on n'y mêle une lessive alcaline, ou, ce qui vaudrait encore mieux, qu'on ne le gâche avec de la terre desséchée, à la façon d'un mortier.

M. Hayvard, auteur de la *Science de l'horticulture*, conseille de n'employer que le sérum, c'est-à-dire la partie liquide qui se sépare spontanément dans le sang abandonné à lui-même, après son émission. Il prétend que

3,000 kil. de sérum délayés dans cinq à six fois leur poids d'eau peuvent produire des effets décisifs sur un hectare ; mais il est évident que, par ce système, on n'applique comme engrais que le tiers environ de la partie active, puisque le sérum ne contient que l'albumine, dont la proportion dans le sang ne dépasse pas 7 pour 100.

La liaison des idées me conduit à vous entretenir du noir animal des raffineries, qui, depuis vingt ans environ, a acquis une si grande importance dans l'agriculture.

Les raffineurs de sucre ont l'habitude d'épurer et de décolorer leurs sirops au moyen de sang et de charbon animal, c'est-à-dire d'os calcinés en vase clos.

Le sang, par son albumine, clarifie les sirops ; le charbon les décolore.

Le mélange de sang coagulé et de charbon animal constitue ce que l'on appelle aujourd'hui le *noir résidu des raffineries*.

Pendant longtemps ce résidu fut jeté aux décharges publiques, comme un détritius inutile ; mais, en 1834, M. Payen eut l'idée de l'essayer comme engrais, et vous savez tous quel a été le résultat,

Tous les ans 10 millions de kil. de noir des raffineries sont consacrés à l'agriculture, et plus de la moitié est employée par les départements de l'Ouest.

Cette matière renferme à l'état sec 2 pour 100 d'azote, et à l'état normal d'humidité 1 pour 100. L'azote est dû à la présence du sang coagulé, car le noir animal par lui-même n'en contient que des traces, et n'est composé

presque entièrement que de phosphate, de carbonate de chaux et d'un peu de carbonate de magnésie.

Mais 2 pour 100 d'azote supposent 11,7 pour 100 de sang coagulé sec. Or, cette quantité appliquée au sol comme engrais, est loin de produire les mêmes effets que 100 kil. de noir pur résidu des raffineries.

Cette différence serait-elle due à la partie minérale de cet engrais, à la forte proportion des phosphates ?

Sans refuser aux phosphates une part d'action, il est certain qu'on ne peut pas mettre sur le compte des os calcinés cette grande différence dans les résultats. D'abord les os calcinés ou le noir animal employés seuls pourront bien, dans quelques cas, produire un effet comme amendement, mais en général cet effet n'est point considérable.

Nous partageons l'opinion de plusieurs chimistes et agriculteurs sur l'efficacité du noir des raffineries. Nous admettons que si 100 kil. de cette substance produisent plus d'effet qu'une quantité de sang qui contiendrait la même proportion d'azote, c'est que, dans les cas du noir des raffineries, tout l'azote est efficace, et opportunément efficace, tandis que, dans le cas du sang, l'azote n'agit qu'avec lenteur, ou bien il agit intempestivement.

Pendant la marche progressive de la végétation, la plante a besoin que sa nourriture soit graduée : qu'elle trouve sans cesse cette nourriture dans des proportions convenables, son développement s'effectuera de la manière la plus heureuse ; et de là une bonne récolte. Si, au contraire, la plante trouve une nourriture trop faible, ou

bien si elle en trouve une excessive dans un certain moment pour en rester dépourvue plus tard, son développement se fera dans des conditions défavorables : il y aura souffrance, faiblesse dans les organes, l'individu sera chétif; en un mot, la récolte sera mauvaise.

Quand le noir des raffineries sort des ateliers, il renferme une certaine portion de sucre, qu'il faut détruire par la fermentation; sans cela le noir ne produirait pas d'effet. Cette fermentation, provoquée tout simplement par l'influence du temps, de l'humidité de l'air et d'une certaine température, a pour résultat de transformer le sucre en acides acétique et lactique. Mais en même temps que le sucre fermente, la matière animale fermente aussi, et produit du carbonate d'ammoniaque, lequel est converti en partie en acétate et en lactate. Ainsi, après la fermentation du noir des raffineries, on peut être sûr que la plus grande partie de son azote a été transformée en acétate, lactate et carbonate d'ammoniaque.

Faites bien attention à cette propriété remarquable du noir animal. Non-seulement il est susceptible d'absorber les matières colorantes et de retenir les gaz, mais il peut aussi absorber et condenser dans ses pores une certaine quantité de matières salines. Il est donc très-probable que ces petites quantités de sels ammoniacaux formés pendant la fermentation ont été absorbées et condensées dans les pores du charbon.

Lorsqu'employé comme engrais, le résidu des raffineries se trouvera en présence des spongioles des racines, il



fournira aux plantes les sels ammoniacaux au fur et à mesure qu'elles les demanderont. Il y aura donc un accord et une harmonie entre les exigences des plantes et la nourriture qu'il pourra leur donner. C'est cet accord qui ne peut exister là où la décomposition d'une matière azotée ne se rattache pas aux besoins de la végétation.

Cette théorie explique pourquoi il arrive souvent qu'une matière très-azotée tue la récolte, ou la contraire. C'est que cette matière se décompose trop brusquement, et donnant tout à coup à la plante un excès de nourriture, en compromet ainsi la santé; ou bien encore elle se décompose trop tard, l'azote ne devient assimilable que trop lentement, et alors la plante, réduite à une maigre nourriture, souffre et s'affaiblit.

Dans le noir résidu des raffineries, ces inconvénients ne se présentent pas, car, lorsqu'on le met en terre, l'azote qu'il contient est déjà assimilable, et il s'y trouve convenablement retenu dans les pores du charbon pour s'offrir aux racines sans excès et avec opportunité.

Un engrais si précieux et si inespéré devait nécessairement rester au-dessous des demandes de l'agriculture. Tout ce que l'industrie française en produisait étant insuffisant, un commerce d'importation s'organisa de suite, et le prix de la marchandise alla en augmentant de jour en jour, de façon que le noir animal qui avait servi au raffinage du sucre était devenu plus cher que le noir animal vierge.

Dans ces circonstances, les fraudeurs eurent beau

jeu; non-seulement ils ajoutèrent au résidu des raffineries du noir animal simple, mais de la terre carbonisée, de la houille, de la tourbe, du poussier de charbon, de la sciure de bois. Les effets de la fraude ne tardèrent pas à se faire sentir. Les agriculteurs jetèrent un cri d'alarme; la défiance et la défaveur surgirent à la fois, et on arriva au point de considérer, dans quelques localités, comme une véritable duperie, l'emploi de cet engrais.

Quelques départements de l'Ouest, où le commerce du noir avait pris une extension considérable, ne pouvant pas se résoudre à abandonner un usage qui leur avait donné d'abord de si bons résultats, réclamèrent des mesures de police et de surveillance pour découvrir la fraude et mettre à l'abri de ses atteintes les intérêts du commerce et de l'agriculture.

L'administration ne resta pas longtemps indifférente à ces réclamations légitimes. Des commissions furent, en effet, nommées, et l'on vit bientôt paraître des instructions qui devaient mettre les agriculteurs en mesure de vérifier facilement si le noir que le commerce leur offrait était pur ou fraudé.

Malheureusement, ces instructions n'atteignirent pas complètement, il faut le dire, le but qu'on s'était proposé. Des noirs essayés d'après elles et trouvés purs donnaient souvent de mauvais résultats; d'autres, dans lesquels on avait cru reconnaître de la fraude, et dont pourtant on avait établi le degré relatif d'efficacité, ne répondaient pas, dans la pratique, aux prédictions de la

science; en un mot, si, à la suite de ces instructions, la défaveur n'augmenta pas, elle ne diminua pas non plus assez pour tranquilliser les cultivateurs.

Et cependant dans les commissions se trouvaient des hommes d'un mérite incontestable. Pourquoi donc avaient-elles produit de si minces résultats ?

C'est que les commissions s'étaient préoccupées, avant tout, de la rapidité de l'essai, et elles avaient trouvé qu'on pouvait, en quelques heures, et par des opérations très-simples, déterminer la quantité de matière organique contenue dans un noir résidu. Or, d'après leur manière de voir, il était aisé de distinguer la partie végétale de la partie animale; et, comme le principe organique devait être la mesure de l'efficacité du noir essayé, il en résultait que cette mesure était bientôt et promptement déterminée.

Sans discuter en détail la valeur des moyens proposés pour cette détermination, nous dirons seulement que les procédés impliquaient des causes nombreuses d'erreur, et qu'ils étaient insuffisants pour conduire à la connaissance du principe éminemment actif des engrais, et dont la proportion, quoi qu'on en dise, constitue la véritable et seule mesure de leur efficacité : je veux parler de l'azote.

Et, pour ne pas être accusé de partialité, je vous répéterai textuellement ce que M. Boussingault, juge bien compétent en pareille matière, a imprimé dans son ouvrage d'économie rurale : « Il est bon d'observer (il » parle du noir animal résidu des raffineries) qu'une vé-  
» rification qui reposerait sur l'évaluation des matières

» organiques ne saurait suffire, puisqu'elle exposerait à  
» confondre avec le véritable principe utile, le sang, les  
» matières végétales que la fraude pourrait introduire.  
» Le seul moyen d'essai convenable, celui qui offre toutes  
» les garanties désirables, est le dosage de l'azote. »

Je ne doute donc pas que, si les commissions avaient eu en vue le dosage direct de l'azote, pour déterminer la valeur relative des noirs animaux en usage dans le commerce, elles n'eussent atteint leur but.

Mais, dira-t-on, le dosage de l'azote est long et difficile ! Difficile, je l'admets, mais la difficulté est toujours surmontée par l'habileté ; long, je le nie, car en quatre heures on peut faire deux à trois dosages d'azote, tandis qu'on ne fait qu'une seule analyse, d'après les procédés des commissions.

Cependant la fraude, se voyant traquée et poursuivie sans relâche, quoique non atteinte, jeta le masque et mit au grand jour ses moyens. On vit alors, surtout dans les grandes villes de l'Ouest, des fabriques de noir animal pour engrais.

Le plus souvent les produits de ces fabriques étaient des mélanges en différentes proportions de noir pur résidu et de tourbe carbonisée, et, pour rendre à l'engrais la force que l'addition de la tourbe lui avait enlevée, on animalisait, disait-on, celle-ci avec des matières fécales, quelquefois avec du sang.

Les fabricants prétendaient par leur industrie favoriser l'agriculture, car, disaient-ils, si nos engrais ne renferment que la moitié, les deux tiers ou les trois quarts

de noir pur résidu des raffineries, en revanche, ils renferment des matières animales dans des proportions au moins égales, sinon plus fortes que celles du noir pur. En attendant, le prix est modique et facilement abordable.

En effet, si l'on analyse ces noirs étendus de tourbe animalisée, on les trouve généralement plus riches en azote que le noir des raffineries. Mais conclure de là que, vu leur richesse en azote, ils sont plus actifs que les noirs purs, c'est s'exposer à de nombreux démentis que l'expérience ne manquera pas de donner.

Je vous ai déjà dit plusieurs fois, Messieurs, que l'appréciation de la valeur relative des engrais est fondée sur la détermination de l'azote, car cet élément est le plus rare de tous ceux qui concourent au développement de la végétation, et qu'il est impossible de le remplacer lorsqu'il manque.

Mais je vous ai dit aussi que pour que l'azote d'un engrais fût efficace, il fallait qu'il fût assimilable; or, si les modifications qu'il éprouve pour le devenir et si l'acte de son assimilation s'effectuent dans des circonstances favorables, son efficacité se manifestera de la manière la plus évidente.

Appliquons ces principes à la question des noirs mélangés.

Supposons que nous ayons un produit renfermant deux tiers de noir animal résidu des raffineries et un tiers de tourbe animalisée; supposons qu'à l'état sec sa teneur en azote soit de 3 pour 100.

Nous savons que le noir des raffineries, lorsqu'il est sec, renferme 2 pour 100 d'azote ; par conséquent, le mélange en renfermera 1,32 provenant des deux tiers de noir, et 1,68 provenant des matières fécales introduites dans la tourbe.

Or, nous connaissons dans quel état se trouve l'azote provenant du noir résidu. Nous avons dit qu'il y est, du moins en grande partie, à l'état de sel ammoniacal, et retenu par une espèce d'affinité qui ne le cède à la végétation qu'à mesure que celle-ci l'exige.

Mais qu'est-ce que nous savons sur la nature et l'action du reste de l'azote provenant des matières fécales ? Cet azote est-il à l'état ammoniacal ? se trouve-t-il retenu par la même affinité ? est-il assimilable autant que l'autre azote ? Nous n'en savons rien.

Il est bien connu qu'un hectolitre d'un noir composé renfermant 3 pour 100 d'azote n'agit pas, à beaucoup près, comme un hectolitre et demi de noir résidu des raffineries, qui contient aussi 3 pour 100 d'azote. Ensuite les matières fécales ajoutées à la tourbe, lorsqu'elles se décomposeront, donneront-elles de l'acétate et du lactate d'ammoniaque comme en a donné le sang lorsqu'il s'est décomposé sous l'influence de la fermentation du sucre ? Elles donneront du carbonate d'ammoniaque, qui, à cause de sa volatilité, se dispersera en partie dans l'air. Mais resterait à savoir dans quel moment et de quelle manière aura lieu cette transformation.

C'est donc une erreur de prendre pour point de comparaison de l'efficacité des noirs animaux mélangés l'azote qu'ils contiennent. Aussi, toutes les fois que j'ai été chargé

d'analyser ces mélanges, je me suis attaché à faire une distinction entre l'azote du noir résidu des raffineries et l'azote des matières animales ajoutées. Je ne prétends pas conclure que l'azote de ces matières soit inutile ou nuisible ; mais je veux seulement établir que sa manière d'agir peut ne pas s'accorder avec celle de l'azote du noir pur résidu, et qu'on ne doit pas confondre l'action connue de celui-ci avec l'action encore mal définie des matières fécales qu'on y ajoute.

J'ai la conviction que, dans l'intérêt de l'agriculture, au lieu de se servir de mélanges de noir pur résidu avec d'autres matières animalisées, il vaudrait mieux se servir de composts azotés ou d'engrais factices, dont l'action et l'emploi n'auraient aucun rapport avec l'action et l'emploi du résidu des raffineries. Cet engrais agit bien, parce qu'il agit d'une manière qui lui est propre. Le mêler à des matières qui agissent différemment, c'est entraver son action ou la compliquer ; et, loin d'obtenir des résultats heureux et certains, on n'en obtient que de contradictoires ou de douteux.

Maintenant que nous avons vu les avantages que l'agriculture peut attendre du sang des animaux, voyons quel parti elle peut tirer de la chair.

Dans les abattoirs, après avoir fait bouillir les cadavres des chevaux dans de grandes cuves en bois chauffées à la vapeur, on détache la chair des os, puis on la fait dessécher au soleil, et on termine cette dessiccation dans une étuve à courant d'air sec. La matière est devenue friable, et on peut la pulvériser à l'aide de pilons ou de

meules verticales. Réduite en poudre grossière, elle forme un excellent engrais, qui se décompose avec lenteur et maintient la fertilité pendant longtemps.

L'efficacité de la chair sèche s'accorde avec sa richesse en azote. Elle en contient plus de 14 pour 100. Réduite en poudre dans les fabriques, elle en contient 13 pour 100 ; et comme elle coûte 20 fr. les 100 kil., il en résulte qu'un kilogramme d'azote sous forme de chair, coûte 1 fr. 54 c., c'est-à-dire le prix le plus modéré de tous les engrais. L'habitude qu'on prend maintenant d'en nourrir les porcs, l'exportation considérable qu'on en fait aux colonies pour la culture des cannes à sucre, ont rendu ce produit tellement rare sur les marchés, qu'il est presque impossible d'en trouver.

La chair fraîche est rarement en assez grande quantité à la disposition des cultivateurs, pour pouvoir être mise au nombre de leurs ressources en engrais ; et, quand cela serait, elle devrait être employée immédiatement : car elle se putréfie rapidement en développant une odeur infecte.

J'ai vu dans quelques fermes un usage qui serait excellent, s'il était un peu mieux raisonné : voici en quoi il consiste :

On fait construire une fosse avec des dalles bien cimentées. Sa longueur est de trois mètres, sa largeur d'un mètre et demi, sa profondeur d'un mètre. Un cheval, une vache ou un bœuf viennent-ils à mourir ? Après en avoir enlevé tout ce qui peut être utile, on les dépose dans cette fosse, on les recouvre de chaux vive, d'une couche d'herbe ou de feuilles, et puis la fosse est remplie



de terre. Après un certain temps qui doit varier suivant la saison, on enlève les premières couches de terre, que l'on met à part, et tout ce qui reste dans la fosse est ajouté au fumier, ou bien transporté aux champs comme engrais.

L'idée principale est excellente, il s'agit de profiter immédiatement de l'azote du cadavre au bénéfice des cultures; mais le procédé me paraît défectueux dans son exécution.

Il est évident que la partie azotée du cadavre engendre, par suite de la fermentation, beaucoup de carbonate d'ammoniaque, dont une grande partie doit se perdre par évaporation.

On éviterait cette perte, si, après avoir entouré le cadavre de chaux vive, on le recouvrait d'une légère couche de terre, et puis d'une couche de plâtre, ensuite d'une couche de terre mêlée avec quelques kilogrammes de détritus de la fabrication du sulfate de fer; enfin la fosse serait comblée avec de la terre. De cette manière, tout le carbonate d'ammoniaque qui s'évaporerait serait arrêté au passage par le plâtre et le sulfate de fer, et se transformerait en sulfate d'ammoniaque, qui n'est pas volatil.

Avec ces précautions, la plus grande partie de l'azote du cadavre resterait dans la fosse, et contribuerait à convertir le contenu en un excellent engrais.

La chair des poissons peut être aussi employée comme engrais dans les pays de pêche. Elle peut l'être directement sans aucune préparation préalable; il suffit de la découper en petits morceaux, et de la répandre

en prenant le soin de l'enterrer ensuite à la charrue. La chair des poissons peut aussi être desséchée et pulvérisée. La morue sèche contient presque 11 pour 100 d'azote, le hareng sec en contient 10 1/2. Vous voyez donc, Messieurs, que, dans les pays de pêche, les débris valent la peine qu'on se préoccupe de leur conservation pour en faire profiter l'agriculture.

Je terminerai en vous entretenant un instant de l'importance qu'il faut attacher aux chiffons de laine, considérés comme engrais.

On compte en moyenne, par année, en France, sur une consommation de drap qui s'élève à un poids de 43 millions de kilogrammes; or, comme les chiffons qui en proviennent renferment à leur état normal 18 pour 100 d'azote, il en résulterait 7,740,000 kilogr. d'azote, représentant à peu près 1,940,000,000 (un milliard neuf cent quarante millions) de fumier de ferme, pouvant produire 242,000 hectolitres de blé.

Mais il s'en faut beaucoup que cette richesse soit toute utilisée : la plus grande partie est gaspillée dans les campagnes, et ce n'est que dans les grandes villes qu'on peut en réunir une quantité un peu considérable.

MM. Boussingault et Payen citent l'économie qu'auprès de Paris M. Delongchamp réalise par l'emploi des chiffons, sur une terre de 183 hectares.

Il achète cet engrais à raison de 180 francs les 3,000 kilog. qui suffisent pour fumer un hectare. L'effet se prolonge au-delà de la troisième année. Il remplace ainsi 45,000 kilogrammes de fumier, qui lui auraient coûté

315 francs ; il alterne tous les trois ans l'emploi des chiffons et celui du fumier, et diminue notablement les frais de transport par cette méthode judicieuse.

De toutes les matières azotées capables de servir d'engrais, le chiffon de laine est celle qui offre l'azote à meilleur marché. Nous venons de voir qu'à Paris on obtient le chiffon à 6 francs les 100 kilos, ce qui met l'azote à 33 centimes le kilogramme. Quand on pense qu'il ne contient pas d'eau ou de substance inutile, et que son transport est facile ; quand on considère que son action se fait sentir plusieurs années, à cause de sa lente décomposition, on est étonné de voir qu'il ne soit pas tiré un meilleur parti de ces précieux débris.

Dans la prochaine séance nous parlerons des engrais végétaux et des composts.

---

## VINGT-UNIÈME LEÇON.

ENGRAIS VÉGÉTAUX. — ENGRAIS JAUFFRET. — COMPOSTS.

MESSIEURS,

Nous avons vu, dans les séances précédentes, tout le parti qu'au point de vue de l'agriculture, on peut tirer des déjections des animaux et des animaux mêmes, lorsqu'ils ne peuvent plus nous servir comme force ou comme nourriture.

L'énergie des déjections et des débris animaux considérés comme engrais dépend de leur richesse en azote. Ainsi, les déjections d'un herbivore sont moins actives que celles d'un carnivore, celles d'un mammifère moins que celles d'un oiseau; et enfin la chair vaut encore mieux que toute espèce de déjections.

Si toutes ces matières servent d'engrais, à cause de leur azote, le simple bon sens indique que les plantes riches de ce principe peuvent jouer le même rôle. Et en effet, de temps immémorial, les cultivateurs savent

qu'une récolte enfouie en prépare une autre, tandis qu'une récolte enlevée compromet la suivante, lorsqu'on ne fume pas la terre.

Si vous vous souvenez de ce que nous avons dit sur les assolements et la préparation des fumiers, vous trouverez tout simple que l'emploi des végétaux comme engrais soit soumis à certaines règles pour pouvoir être considéré comme vraiment utile à l'économie agricole.

Comparez, par exemple, une graminée à une légumineuse. La première n'emprunte pas d'azote à l'air ; la seconde en emprunte une dose assez forte. En enfouissant la première, vous introduisez sans doute dans la terre des principes de fertilité ; mais, parmi ces principes, vous ne devez pas compter l'azote, parce que la graminée a trouvé le sien dans la terre même où vous allez l'enfouir. Mais il n'en est pas ainsi de la légumineuse. Cette plante, par l'ampleur de ses organes aériens, a emprunté de l'azote à l'air, et, en l'enfouissant, vous introduisez dans la terre de l'azote qui n'y existait pas auparavant.

Je vous donnerai un autre exemple : il existe des différences notables entre la structure des divers végétaux ; dans les uns elle est lâche ; dans d'autres elle est coriace ; il y en a qui subissent une facile et prompte décomposition ; d'autres, au contraire, où elle est lente et difficile. On sait qu'une plante grasse se décompose plus facilement qu'une plante résineuse.

Par conséquent, lorsqu'il s'agit de faire servir comme engrais les végétaux ou leurs débris, il ne faut pas oublier

que quelques-uns pourront être enterrés purement et simplement, et que d'autres exigeront une fermentation préalable.

Ce que je viens de dire doit vous faciliter l'intelligence de ce tableau :

*Tableau des végétaux qui servent souvent comme engrais.*

VÉGÉTAUX QU'ON FAIT D'ORDINAIRE FERMENTER,		Azote sur 100 parties à l'état normal.
Feuilles d'arbres	de poirier.....	1,36
	de peuplier.....	0,58
	de hêtre.....	1,17
	de chêne.....	1,17
	d'acacia.....	0,72
Écorces épuisées des tanneries.....		»
Fougères.....		»
Bruyères.....		1,74
Buis.....		1,17
Roseaux.....		0,75
Sarments.....		»
Goémon brûlé.....		0,40
VÉGÉTAUX QU'ON ENFOUIT ÉTANT VERTS.		
Gazon.....		0,53
Lupin.....		»
Fèves.....		»
Vesces.....		»
Spergule.....		
Sarrasin.....		0,48
Madia sativa, . . . . .		0,53
Navette. . . . .		»
Feuilles	de betterave.....	0,50
	de carotte.....	0,85
	de pomme de terre.....	0,55

desséchés  
à l'air.

**DÉBRIS VÉGÉTAUX****RÉSIDUS D'INDUSTRIE.**

Marc d'olives. . . . .	0,76
de raisin. . . . .	1,83
de pomme de terre. . . . .	0,52
de pomme à cidre. . . . .	0,59
de houblon. . . . .	0,60
Tourteaux d'arachis. . . . .	8,33
de cameline. . . . .	5,51
de madia. . . . .	5,06
de pavot. . . . .	5,36
de noix. . . . .	5,24
de colza . . . . .	4,92
de chenevis. . . . .	4,21
de coton. . . . .	4,02
de faine. . . . .	3,31
Pulpe de betterave. . . . .	4,14

Vous voyez trois divisions : la première renferme les plantes dont les feuilles ont une texture très-ferme, et dans lesquelles il faut provoquer un commencement de fermentation pour rendre leur action fertilisante plus prompte. Ce qui n'empêche pas que dans certaines localités, quelques-unes de ces plantes, telles que les fougères et les bruyères, ne soient enterrées toutes vertes, à cause de leur grande abondance.

Pour les feuilles d'arbres et pour les écorces épuisées des tanneries, un commencement de fermentation est très-utile, ne fût-ce que pour détruire le tannin qu'elles ferment.

Le buis n'est pas d'ordinaire soumis à la fermentation ; mais on l'y dispose en l'écrasant.

Dans les localités où le buis est le principal engrais, et où tout le monde peut en prendre à volonté, on le place, pendant quelque temps, dans les voies publiques, où il est foulé et écrasé par les pieds des chevaux et par les voitures. Les rameaux feuillés à l'état vert renferment 1,17 pour 100 d'azote, et sont par conséquent deux fois plus riches que le fumier de ferme : on conçoit de quelle ressource doit être le buis pour les contrées escarpées, où les transports des fumiers et des engrais sont difficiles, et où les montagnes sont couvertes de cette plante utile.

Les agriculteurs bretons utilisent, depuis les temps les plus reculés, diverses plantes de la famille des algues, connues sous le nom de goémon. On en fait un usage semblable en Écosse et en Irlande pour l'engrais des terres.

Ces plantes entraînent avec elles un grand nombre de coquillages et de corallines ; elles sont d'ailleurs riches en sels de soude et de potasse, qui ajoutent à leurs vertus fécondantes.

Dans les campagnes très-rapprochées du lieu de la récolte, on enfouit le goémon à sa sortie de la mer, et le plus souvent on lui fait subir un commencement de putréfaction. Dans cet état, le goémon ne peut manquer d'être un fort bon engrais ; car, outre son azote, dont la proportion est de beaucoup supérieure à celle du fumier, il introduit dans la terre une certaine quantité de sel marin, qui, dans quelques cas, peut exercer une heureuse influence sur la végétation.



Mais lorsque le goémon doit être transporté dans l'intérieur des terres, et à des distances assez grandes, on le soumet à une combustion imparfaite ; et si par ce procédé il perd de l'azote, en revanche son volume se réduit considérablement, et son transport devient moins coûteux. Enfin le goémon, quelle que soit la forme sous laquelle on l'emploie, offre le grand avantage de ne pas introduire dans la terre des semences nuisibles.

La seconde division renferme des plantes à texture lâche, qui, même enterrées, se décomposent facilement, et manifestent assez tôt leur efficacité.

Bien que le procédé d'enfouissage des plantes, pour les faire servir comme engrais, paraisse d'une extrême simplicité, il est des cas où il ne peut être exécuté ; d'abord à cause de la saison, ensuite parce qu'il est souvent impossible de transporter les herbes à distance, pour les appliquer à certains terrains particuliers. Alors, ce qu'il y a de mieux à faire, c'est de les transformer rapidement en engrais dans le voisinage des champs qui les ont produites. Pour cela on a proposé la chaux.

On établit d'abord un lit épais d'environ 35 centimètres des herbes qu'il s'agit de décomposer, on les recouvre d'une mince couche de chaux vive en poudre grossière ; on alterne ainsi plusieurs couches d'herbes et de chaux. Après quelques heures de contact, l'action commence, et elle peut avoir assez d'intensité pour causer l'embrassement. Pour le prévenir il faut avoir soin de couvrir les tas avec de la terre ou du gazon, que l'on

comprime de manière à mettre un obstacle à l'entrée de l'air.

Au bout de vingt-quatre heures, toute la masse peut être utilisée comme engrais.

Nous verrons plus tard que l'emploi de la chaux est la base de tous les procédés secrets qui ont été annoncés pour fabriquer des engrais avec les végétaux sans le concours de matières animales. Du reste, son usage pour détruire la partie ligneuse des plantes et les transformer en engrais est connu depuis longtemps, et il en est question dans les plus anciens livres d'agriculture.

La troisième division du tableau renferme les débris et les restes de végétaux ou de quelques-unes de leurs parties, qui ont déjà servi à des opérations industrielles. Ce qui frappe avant tout, c'est la grande différence de richesse en azote, entre les marcs et les tourteaux. Tandis que la proportion de l'azote dans les marcs n'oscille qu'entre un demi pour cent et un trois quarts, elle varie dans les tourteaux entre trois un tiers et huit un tiers. C'est que les tourteaux ne sont que des marcs de graines appauvries d'huile par la pression. Or, c'est dans la graine que se réunit, à l'époque de la maturité, la plus grande partie des principes azotés de la plante; et comme l'huile, de son côté, ne renferme pas sensiblement d'azote, il en résulte que ce principe réside en entier dans le tourteau, qui, par cela même, est un excellent engrais.

Des matières aussi azotées ne doivent pas être employées exclusivement comme engrais, mais encore

comme nourriture. Dans les localités où les tourteaux ne sont pas très-chers et où le prix de l'azote qu'ils contiennent n'est pas supérieur au prix de l'azote du fumier de ferme, on les emploiera à la fois comme engrais et comme nourriture ; dans les pays, au contraire, où l'azote des tourteaux revient à moins cher que celui des fumiers, on préférera exclusivement l'emploi des tourteaux comme nourriture.

C'est surtout pour les terrains légers et sablonneux qu'on en recommande l'usage comme engrais.

Schwartz conseille d'ajouter une partie de poudre de chaux à 6 parties de poudre de tourteaux, lorsqu'il s'agit de fumer un sol argileux et froid.

D'après M. Boussingault, il conviendrait de putréfier et de délayer le tourteau pour l'appliquer aux terrains argileux. Il arrive que cet engrais, quoique fortement azoté, ne répond pas immédiatement aux espérances de l'agriculteur, lorsque son application n'a pas été accompagnée de circonstances favorables à son action immédiate. Si, par exemple, il vient à pleuvoir dans les deux ou trois semaines qui suivent son introduction dans le sol, l'effet en est certain et immédiat : la sécheresse, au contraire, le suspend, sans l'empêcher toutefois de se faire sentir sur les récoltes suivantes.

Ainsi le succès de la fumure par les tourteaux dépend de l'humidité ou de la sécheresse de la saison ; mais l'azote, que cette fumure introduit dans le sol, produira toujours son effet : ce sera seulement une question de temps.

Dans le Midi, pays sec, l'insuccès de la fumure au tourteau a fait adopter la pratique d'humecter l'engrais avant de le répandre sur le terrain ou avant de l'enterrer. Dans le Nord, pays humide, on se borne à le répandre sur la terre, dix à douze jours avant de semer la graine, ce qui revient évidemment au même.

A l'occasion de la non réussite de cet engrais, employé sec au moment des semailles, M. de Gasparin s'est demandé si le blé, en contact avec de la poudre sèche de tourteau, n'en absorberait pas la portion huileuse, et ne deviendrait pas ainsi imperméable à l'eau et à l'air, deux principes si essentiels à la germination. S'il en est ainsi, l'humectation aurait pour résultat d'amoinrir l'influence pernicieuse de l'huile.

Le savant agronome que nous venons de citer rapporte, à l'appui de son opinion, 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 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.

Quelques auteurs, et entre autres Sinclair, prétendent que pour convertir en bon engrais le marc des pommes à cidre, il faut le mêler avec de la chaux vive et le retourner plusieurs fois: de cette manière, on obtient une masse sèche, d'apparence tourbeuse, facile à manier et très-efficace. Mais M. Boussingault fait remarquer que l'usage de la chaux est au moins inutile, car la décomposition

du marc des pommes se fait assez rapidement dans la terre sans qu'il soit nécessaire de chercher à l'accélérer ainsi; et la chaux, en désorganisant les parties ligneuses, peut aussi atteindre les produits ammoniacaux de la substance qui se décompose et occasionner une perte d'azote.

A propos de l'application de matières végétales comme engrais, je crois devoir vous entretenir quelque peu de ce fameux engrais Jauffret, qui a été considéré par plusieurs agronomes comme une découverte appelée à changer la face de l'économie rurale.

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 du sol et du climat; mais, auprès de ces terres épuisées, existaient de vastes espaces couverts de végétaux sauvages, d'arbustes, de roseaux: les habitants entassaient ces plantes et provoquaient leur fermentation en les humectant, puis ils les employaient comme engrais.

Jauffret perfectionna cette méthode en substituant à l'eau une lessive composée avec des fumiers animaux et différentes substances salines. Ne pouvant entrer dans les détails de la fabrication de l'engrais Jauffret, je me bornerai à vous en donner une idée succincte.

On ramasse de l'herbe, de la paille, des genêts, des bruyères, des ajoncs, des roseaux, des fougères, de menues branches d'arbres. On écrase et l'on coupe toutes ces matières, on les entasse sur un plan battu et légère-

ment incliné, pour en former une meule aussi forte que possible.

Il faut que l'emplacement soit à proximité d'un réservoir d'eau ou d'une mare dans laquelle on jette du crotin, des déjections humaines ou autres matières également putréfiables. Il en résulte un excellent levain, auquel on ajoute des proportions suffisantes d'alcalis, de suie, de sel, de plâtre, de salpêtre.

On arrose abondamment la meule avec cette lessive, et on renouvelle l'opération plusieurs fois à quelques jours de distance.

La masse s'échauffe très-rapidement, fume, répand, dès le cinquième jour, une bonne odeur de litière, et sa fermentation est si active, surtout après le troisième arrosage, que la température, dans le centre, s'élève jusqu'à 75 degrés. Vers le douzième ou quinzième jour, les matières végétales sont assez décomposées pour qu'on puisse les employer comme fumier.

Le but principal du cultivateur provençal, qui a donné son nom à la nouvelle méthode, a été de convertir en fumier une foule de mauvaises plantes, plus ou moins ligneuses, qu'on néglige habituellement, et d'utiliser toutes les matières organiques qui restent sans emploi dans les fermes. Il a voulu créer, sans le secours des bestiaux, un engrais qui pût suppléer au manque des fumiers ordinaires, et il a ainsi rendu à l'agriculture un service incontestable, qui aurait dû être récompensé autrement que par la misère ; car, bien que le plus souvent l'engrais Jauffret coûte plus cher que le fumier ordinaire

et soit un peu moins actif, il n'en est pas moins vrai que, dans quelques circonstances, il peut être une grande ressource.

Dans la plupart des exploitations, on n'a jamais assez de fumier de litière; et, comme presque toujours il est facile de se procurer une foule de mauvaises plantes et de détritrus de peu de valeur, il convient de faire usage de la méthode Jauffret. C'est, lorsque les plantes que l'on aura à sa disposition seront ligneuses, qu'elle sera utile pour convertir très-rapidement ces matières en engrais; autrement, leur emploi à l'état naturel serait fort incommode, et leur décomposition dans le sol très-lente.

L'idée de Jauffret n'est pas, sans doute, une invention nouvelle, puisque dans beaucoup d'ouvrages d'agriculture on trouve l'exposition des principes qui l'ont guidé. Mais cette idée a le mérite d'avoir fixé l'attention des praticiens sur les moyens les plus faciles et les plus prompts de tirer parti de matières souvent perdues; elle a le mérite d'avoir montré aux cultivateurs l'utilité d'introduire dans leurs habitudes des soins, de l'ordre et une économie qui, malheureusement, n'existent nulle part, en France, dans le traitement des fumiers.

L'engrais Jauffret me conduit à vous parler de ces mélanges que l'on a imaginés dans ces derniers temps; ils portent le nom de composts, et ils sont formés de matières minérales, végétales et animales.

La multitude des recettes pour faire des composts prouve qu'il n'est pas difficile d'en inventer. En effet,

il ne s'agit que de délayer des matières inertes ou peu actives pour en faire des espèces d'engrais.

On pourrait croire que, si ces composts étaient bannis de l'agriculture, il n'y aurait pas grand dommage; cependant ils ont un côté avantageux, en ce sens qu'ils permettent une répartition plus égale de la fumure et introduisent, sans qu'on s'en doute, des habitudes de propreté dans les exploitations. On les prépare en établissant, l'une sur l'autre, des couches d'engrais de diverse nature, et en observant de corriger les vices de l'un par les qualités de l'autre, de manière à donner au mélange les propriétés convenables au terrain qui doit le recevoir.

S'agit-il d'un terrain argileux? La matière minérale qui entrera dans le compost sera du gravois, du mortier de démolition, de la marne maigre, sèche et calcaire; la matière animale sera du fumier de mouton et de cheval.

S'agit-il d'un terrain léger, poreux ou calcaire? La matière minérale sera de l'argile, de la terre glaise demi-cuite et broyée, des marnes grasses et argileuses, et la matière animale sera du fumier de bêtes à cornes.

Dans tous les cas, peu importe la nature du terrain. Les débris de foin ou de paille, les balayures de cour, de chemin et de grange, les mauvaises herbes provenant des sarclages, constitueront l'élément végétal des composts, auxquels on ajoutera les matières fécales produites dans la ferme et le limon vaseux des rivières, des fossés et des mares.

Ces différentes espèces de matières, alternativement



stratifiées, forment un tas qui sera soigné comme un tas de fumier ordinaire. On le gardera autant que possible à l'abri du soleil, pour ne pas le dessécher; on l'arrosera souvent avec le purin qui en dégoutte, et, à défaut de celui-ci, avec de l'eau, et cela pour entretenir dans l'intérieur de la masse l'humidité et la température nécessaires pour que la fermentation ne marche pas trop vite et sans régularité.

Un excellent compost est celui qu'on prépare avec les matières fécales, les gazons, de la bonne terre, de la marne, et mieux encore du plâtre.

Pour cela on a, dans les exploitations un peu considérables, des fosses particulières dans lesquelles on dépose successivement les différentes matières pour les retourner et les entasser, lorsque leur mélange doit être bientôt appliqué.

Dans les petites exploitations, où la production des engrais est nécessairement assez bornée, on a soin de jeter, toutes les semaines, dans la fosse d'aisance, des balayures, des débris de grange, des sciures de bois, des débris de tourbe, en proportion de la masse des excréments. Lors de la vidange, on mêle bien toutes ces matières, on les dispose en tas ou on les couvre avec de la terre.

D'après John Sinclair, les composts sont très-convenables pour les prairies, car non-seulement ils leur donnent l'engrais dont elles ont besoin, mais ils leur apportent un véritable amendement, qui modifie et améliore peu à peu le sol naturel.

Il y a une vingtaine d'années, l'engouement pour les composts était devenu tel qu'on avait fini par les considérer comme la meilleure forme sous laquelle on pût administrer les engrais. Mais le temps a fait justice de pareilles exagérations, et l'on ne se sert plus aujourd'hui des composts que pour utiliser une foule de matières qui seraient sans cela perdues ou resteraient sans valeur.

D'ailleurs, sous le rapport de l'économie, la fabrication des composts est dispendieuse, en raison des travaux manuels et des charriages qu'ils exigent; et, sous le rapport de l'application, il y a toujours de l'incertitude sur leur valeur réelle, c'est-à-dire sur leur richesse en azote, car leur composition doit nécessairement et sans cesse varier.

Je terminerai en vous parlant du *fumier de ville*.

On distingue sous ce nom les boues et les détritns de toutes sortes recueillis dans les villes, et que le cultivateur emploie sans les soumettre à aucune préparation particulière. En général, on se borne à attendre que les boues aient subi une certaine fermentation, et que l'hydrogène sulfuré qu'elles renferment soit entièrement dégagé.

Le fumier de ville constitue un engrais chaud qui fermente avec une énergie si vive, qu'il fait quelquefois périr la récolte des céréales au moment où le grain commence à lever.

Ce n'est qu'aux environs des grandes villes qu'il peut

Y avoir avantage pour le cultivateur à faire usage de cet engrais. Quelque peine qu'il en coûte pour le réunir, de quelques frais que son transport soit accompagné, il revient encore à bon marché. Cela est facile à concevoir, car son effet dure pendant trois à quatre ans, et l'on estime qu'une voiture peut équivaloir à quatre de fumier de bêtes à cornes. On augmente encore son efficacité en le stratifiant avec le fumier des bêtes à l'engrais et du sable de mer ou de route, de manière à ce que ce dernier entre pour un tiers dans la masse de chaque tas.

Le fumier ainsi disposé est arrosé tous les jours avec des urines chargées de matières fécales. Au moyen de ce stimulant énergique, la masse fume vers le huitième jour, et peut être employée sans inconvénient dès cette époque : il est entièrement fait au bout d'un mois ; au bout d'un an, il a perdu la moitié de sa valeur.

Arthur Young raconte qu'un cultivateur, n'ayant pas assez de fumier pour toute sa jachère, n'en sema pas moins de froment la partie non fumée. Au printemps, cette partie était fort maigre et chétive, et ne donnait que peu d'espérance ; il la fuma en couverture avec des boues achetées à la ville voisine. L'effet fut extraordinaire, et le froment surpassa de beaucoup celui qui avait reçu du fumier d'étable avant les semailles.

Vous voyez, Messieurs, quelles richesses nous foulons aux pieds dans nos villes, sans nous en douter !

Je n'ai plus rien à vous dire d'important sur les en-

grais de nature organique. Nous passerons aux engrais de nature minérale, c'est-à-dire aux amendements, et nous commencerons par ceux qui apportent de l'azote à la terre.

---

## VINGT-DEUXIÈME LEÇON.

ENGRAIS MINÉRAUX AZOTÉS. — TANGUE. — MERL. — NITRATES.

MESSIEURS,

Dans quelques localités, la nature offre à l'agriculteur des matières d'apparence minérale qui renferment pourtant de l'azote en quantité assez forte pour pouvoir servir d'engrais.

On trouve un exemple de ce fait dans l'arrondissement de Morlaix. Le sol des plages baignées par l'Océan renferme des débris animaux, dont la putréfaction est retardée par la présence du sel marin. Enlève-t-on, par des lavages convenables, une grande partie du sel que renferme cette terre animalisée, elle devient très-efficace, et, sous le nom de tangue ou trez, elle fournit à une partie de l'agriculture bretonne une ressource importante.

Le merl est aussi une matière minérale animalisée,

une véritable vase marine mêlée de coquillages et de débris de coraux.

C'est à Morlaix, dans la rade de Brest, dans la rivière de Quimper, que l'on exploite les bancs de merl, du 15 mai au 15 octobre.

Le merl aussi bien que la tanguie sont des engrais dont la décomposition est prompte et facile, et leur action, pour être bien appréciée, ne doit pas être comparée sans réserve à celle du fumier de ferme. Ces deux matières renferment considérablement de carbonate de chaux : leur azote est représenté par des matières animales à texture lâche, prêtes à se putréfier. Leur action doit donc être plus prompte que celle du fumier dont l'azote est en grande partie représenté par des détritiques organiques à forte texture, et qui exigent beaucoup de temps et le concours de plusieurs circonstances pour se décomposer et produire des matières ammoniacales.

D'après ce que nous venons de dire, on conçoit les effets satisfaisants de la tanguie et du merl appliqués à l'agriculture comme engrais. Leur faculté nutritive, quoique moindre que celle du fumier, n'en produit pas moins de bons résultats, vu la promptitude de son action ; et l'on comprendra combien les populations agricoles qui ne peuvent disposer de fumier ordinaire, se trouvent heureuses d'avoir ces sortes de matières, qui, sans valoir le fumier, n'en contribuent pas moins à la fertilisation immédiate de la terre. Il suffit, du reste, de songer aux proportions de l'azote qu'elles contiennent pour reconnaître de suite leur infériorité, lorsqu'on les compare au fumier.

En effet, toutes choses égales d'ailleurs, 100 parties de tangué correspondent à 32 parties de fumier, et 100 parties de merl à 47.

Mais laissons là ces substances, qui ne peuvent être que le privilège de certaines localités, et occupons-nous d'autres matières minérales azotées, dont l'application peut avoir un caractère de généralité qu'on chercherait inutilement dans la tangué et dans le merl.

L'agriculteur, depuis qu'il s'est rapproché de la chimie pour lui demander des conseils, s'est livré à des essais dont les résultats lui ont fait concevoir des espérances légitimes ; et si aujourd'hui des circonstances particulières s'opposent à l'adoption de ces faits pratiques, toujours réalisables, il n'en est pas moins vrai que le premier pas est fait dans la voie de l'expérience, et que ces tentatives ne manqueront pas de porter leurs fruits.

Aussi l'agriculteur éclairé voit-il des auxiliaires du fumier dans les nitrates ; et quand il songe que le plus souvent ils s'offrent à lui d'eux-mêmes, qu'au pis-allé il est en son pouvoir d'en provoquer la formation, ne doit-il pas se réjouir à la vue d'une source d'azote si abondante ? ne doit-il pas admirer ces dispositions de la nature qui conspirent toutes au bien-être de l'homme ? En effet, y a-t-il rien de plus digne d'attention pour l'agriculteur que la possibilité de concentrer et solidifier de fortes proportions d'azote, dans de la terre calcaire convenablement disposée, et de pouvoir enfouir ainsi dans le sol cet élément indispensable d'une bonne récolte ?

Mais venons-en aux faits, et tâchons de prouver

qu'il n'y a rien d'exagéré dans ce que nous venons de dire.

Rappelons d'abord ce que c'est que les nitrates. Ainsi que leur nom l'indique, ce sont des sels composés d'acide nitrique et d'une base. Cet acide renferme dans sa composition beaucoup d'azote : voilà pourquoi les nitrates sont considérés comme des sels azotés.

Les nitrates naturels, que l'on peut trouver en abondance, sont ceux de potasse et de soude. Le premier contient 13,78, le second 16,42 pour 100 d'azote. Ce sont donc des matières fortement azotées. Mais leur efficacité sur la végétation est-elle en rapport avec leur teneur en azote? Ce principe dont elles sont si riches agit-il aussi énergiquement que l'azote des fumiers? Pour résoudre ces questions qui doivent nous préoccuper avant tout, nous allons prendre connaissance des essais que l'on a faits avec ces matières; et, pour compléter nos connaissances sur ce sujet, nous dirons quelle est la source naturelle des nitrates; nous dirons les artifices à l'aide desquels on peut s'en procurer, lorsque la nature se refuse à en fournir spontanément; nous dirons quelques mots sur leur formation; enfin nous tâcherons de nous expliquer leur manière d'agir.

Il en est de l'emploi des nitrates comme de l'emploi de tous les engrais dont l'efficacité n'a pas encore été sanctionnée par le temps. A chaque pas, on trouve des contradictions. Tel agriculteur vous dira des choses merveilleuses sur l'action du nouvel engrais, tel autre le déclarera impuissant et peut-être même pernicieux. Aussi



il n'est pas rare de voir bien des années s'écouler avant que l'opinion sur la manière d'agir d'un engrais soit bien formée.

Et cependant on dirait que rien n'est plus facile que de décider si un engrais est efficace ou non, puisqu'il semble que, pour juger de son activité, on n'ait qu'à comparer les récoltes.

Mais quand on pense qu'il y a peu d'expériences dont les éléments soient plus complexes que ceux des expériences agricoles, on conçoit l'incertitude qui plane sur des questions en apparence très-simples.

De plus, l'art d'observer en général, et en particulier l'art d'observer en agriculture, est assez difficile, car les différents expérimentateurs ne peuvent pas toujours se placer dans des conditions comparables.

En effet, quelle importance pourriez-vous attacher à de bons résultats obtenus par l'emploi du salpêtre mêlé à de la suie? Quelle serait la part d'action qu'il faudrait attribuer à chacune de ces deux substances?

De même, pourriez-vous tirer des conclusions sérieuses d'un excellent résultat, si vous ignoriez la nature de la terre sur laquelle vous auriez opéré; si vous n'aviez pas tenu compte des influences climatériques qui auraient agi pendant l'expérience, et de ce que vous auriez obtenu sans l'emploi des nitrates, toutes choses égales d'ailleurs?

Heureusement, qu'à force d'erreurs, on finit par arriver à la vérité, et qu'aujourd'hui on commence à introduire dans les expériences agricoles, faites sur une grande

échelle, la même méthode que l'on a introduite depuis longtemps dans les sciences exactes.

Voyez, en effet, les expériences de sir David Barclay, et de M. Fréd. Kuhlmann. Ici on sait quelle part il faut faire à l'engrais.

*Expérience de sir David Barclay sur l'action du nitrate de soude comme engrais.*

MATIÈRE EMPLOYÉE.	Quantité par hectare.	RÉCOLTE.		RÉCOLTE sans engrais.		DIFFÉRENCE en faveur de l'engrais.	
		Froment.	Paille.	Froment.	Paille.	Froment.	Paille.
		hecto.	kil.	hecto.	kil.	hecto.	kil.
Nitrate de soude du Pérou.	125	34,25	2900	27,50	2465	4,65	435

*Expérience de M. Fréd. Kulmann sur l'action du nitrate de soude comme engrais.*

MATIÈRE EMPLOYÉE.	QUANTITÉ par hectare.	RÉCOLTE en foin.	RÉCOLTE EN FOIN sans engrais.	DIFFÉRENCE en faveur de l'engrais.
	kil.	kil.	kil.	kil.
Nitrate de soude du Pérou . . . . .	133	4800	4000	800
Idem. . . . .	266	5723	4000	1723

Il est évident que le nitrate de soude agit favorablement sur la végétation; et, si l'on s'en rapporte aux résultats obtenus en Angleterre, on ne peut douter qu'il ne soit un auxiliaire puissant des fumiers ordinaires, en ce

qui concerne la fourniture de l'azote et de l'alcali dans la culture des céréales et des prairies.

Il reste la question d'économie ; mais elle n'entre pas dans le plan de mon enseignement, et je ne l'aborde pas. Je dirai seulement que, sans douter de l'efficacité des nitrates, je n'hésite pas à établir que l'agriculture française est encore loin de pouvoir en profiter. D'abord le prix du salpêtre est trop élevé en France pour qu'on songe à l'employer comme engrais. Quant au nitrate de soude, qui peut remplacer parfaitement le salpêtre, et qui nous arrive du Pérou, il revient encore cher malgré son prix peu élevé, et cela à cause des droits de douane, qui montent à 16 fr. 50 c. pour 100 kil.

Je vous ai dit tout à l'heure qu'il y a au Pérou des quantités considérables de nitrate de soude. Voilà donc une source naturelle de cette matière précieuse. Mais quelle que soit la richesse de cette source, elle doit être limitée, et par cela même épuisable.

Or, si nous sommes convaincus que les nitrates sont un moyen d'économiser les fumiers ordinaires, il est tout simple que nous nous préoccupions de leur formation et que nous sachions à quoi nous en tenir sur les éventualités d'une guerre qui nous fermerait le Pérou, ou sur le tarissement possible de cette grande source à laquelle le monde entier puise.

Je vous dirai tout d'abord qu'il n'en sera pas des nitrates comme du guano : une fois que les dépôts en seront épuisés, le guano ne sera plus qu'un souvenir ; tous nos efforts ne pourront pas en refaire. Mais pour les ni-

trates, on n'a pas à craindre leur disparition de la terre, parce que la nature en fait sans cesse; et si, dans quelques localités, elle devenait paresseuse, l'art pourrait y suppléer et assurer ainsi leur production.

La nature en fait sans cesse, disons-nous. On sait, en effet, qu'il sort annuellement de l'Inde et de la Chine des quantités énormes de nitrate de potasse obtenu sans aucune préparation. Dans la partie méridionale de l'Espagne, il suffit de labourer deux ou trois fois un champ en hiver ou au printemps pour que la couche superficielle ramassée en été donne à la lessive une grande quantité de salpêtre. L'année suivante, les mêmes terres, exposées dans l'intervalle à l'air atmosphérique, en donneront une quantité égale.

Dans certaines localités de l'Afrique, de l'Italie et de la France, les mêmes phénomènes se présentent.

On dirait que partout où existent certaines bases, certaines conditions de température, d'humidité et de porosité, il y a tous les éléments de la nitrification.

Effectivement, que pourrait faire un agriculteur pour se procurer des nitrates là où la nature n'en forme pas? Il lui suffirait de construire de petits murs peu épais avec de la terre calcaire poreuse, et contenant peu d'argile mêlée et gâchée avec des cendres et de la paille, de les couvrir d'un toit et de les arroser de temps en temps. Ces terres se chargeraient de salpêtre au bout de l'année, et si l'on n'avait pas employé des cendres, on n'aurait que du nitrate de chaux, engrais aussi excellent que les nitrates de potasse et de soude.

Mais que voyons-nous dans cette opération ? La porosité, premièrement ; secondement, une base, telle que la chaux ou la potasse (si au calcaire on ajoute de la cendre) ; enfin de l'humidité et de l'air.

Tâchons de nous expliquer comment on peut, dans ces circonstances, obtenir des nitrates, c'est-à-dire des matières aussi azotées que la fibre musculaire, le blanc d'œuf et le fromage, à leur plus grand état de pureté. Nous ne chercherons pas à établir si, dans leur production, c'est l'azote ou bien l'ammoniaque de l'air qui, sous la triple influence de l'humidité, de la porosité et des bases, se transforme en acide nitrique. Nous devons nous épargner cette recherche, avec d'autant plus de raison que tous les deux prennent très-probablement part au phénomène de la nitrification artificielle. Dans cette hypothèse, il nous importe de savoir par quelle suite de réactions ces deux principes peuvent, chacun de leur côté, devenir acide nitrique.

Lorsqu'on fait passer, ainsi que M. Kuhlmann l'a fait dans le temps, un mélange de gaz ammoniac et d'oxygène, ou, pour plus de simplicité, un mélange de gaz ammoniac et d'air, sur de l'éponge de platine suffisamment chaude, ou bien sur de la craie à 100 degrés, comme l'a fait M. Dumas, il se forme immédiatement de l'acide nitrique en grande quantité. Il est donc prouvé que l'ammoniaque et l'oxygène, sous l'influence de la porosité (car l'éponge de platine est un corps très-poreux), peuvent engendrer de l'acide nitrique. Si, dans l'expérience dont nous parlons, on fait intervenir la chaleur,

c'est pour hâter le résultat. Sans chaleur, l'acide nitrique ne se manifeste pas sur-le-champ; mais il ne s'en formerait pas moins, et ce ne serait peut-être qu'au bout d'un temps assez considérable qu'il deviendrait sensible.

Dans le procédé de la nitrification artificielle, on rencontre pour première condition la porosité, et si l'on ne trouve pas de température élevée, en revanche on découvre des influences dont l'action peut équivaloir, dans le fait, à celle de la chaleur.

Outre la porosité, on trouve la présence des bases. Or, c'est un principe en chimie que : *les bases engendrent les acides, les acides engendrent les bases*. L'expérience a démontré que, lorsqu'un élément apte à devenir un acide se trouve sous l'influence d'une base, son aptitude à s'acidifier se prononce et augmente : il en est de même d'un élément apte à devenir une base, lorsqu'il est sous l'influence d'un acide. C'est de ce fait bien constaté, et qui se répète à chaque instant, qu'est sorti le principe énoncé tout à l'heure.

Dans le cas spécial qui nous occupe, nous pouvons donc, pour expliquer la nitrification de l'ammoniaque, non-seulement invoquer la porosité, mais aussi la présence des bases. Enfin, l'humidité est encore une influence qui doit jouer un rôle important; car, à la température ordinaire, elle peut être considérée comme le véhicule et l'intermédiaire de toutes les actions et réactions chimiques.

Ainsi, quand on compare la formation de l'acide ni-

trique par l'action de l'éponge chaude de platine sur un mélange d'ammoniaque et d'air, à la formation de cet acide par l'action des tas calcaires poreux et humides sur l'air seul, on trouve des influences identiques et des influences équivalentes.

Il y a porosité dans les deux cas ; voilà pour l'identité, Dans un cas il y a chaleur, et dans l'autre cas présence de bases et humidité ; voilà pour l'équivalence.

Disons maintenant en peu de mots comment l'azote de l'atmosphère peut devenir acide nitrique. Les chimistes savent que l'azote, en présence d'oxygène et d'hydrogène à l'état naissant, peut se transformer en cet acide et en ammoniaque. En effet, lorsque l'électricité décompose l'eau dans ses éléments en présence de l'air, il se forme de l'acide nitrique et de l'ammoniaque. Quand les métaux se rouillent par l'oxygène de l'eau, il se forme toujours de l'ammoniaque aux dépens de l'hydrogène de l'eau décomposée. Quand la foudre sillonne l'espace, il se forme de l'acide nitrique et probablement de l'ammoniaque, provenant l'un et l'autre sans doute des éléments de l'eau atmosphérique décomposée par l'électricité.

Or, la matière est sans cesse affectée par des actions chimiques, et la terre peut être comparée à un immense laboratoire où se réalise à chaque instant une multitude innombrable de compositions et de décompositions.

Que de faits, dans la nature organisée et dans la nature brute, resteraient inexpliqués, si l'on n'admettait pas la décomposition de l'eau ! L'état naissant de l'oxygène et

de l'hydrogène est pour ainsi dire un fait normal, incessant, qui s'accorde avec l'harmonie générale du monde matériel.

Mais nous avons vu que l'azote, en présence de l'oxygène et de l'hydrogène naissants, peut se transformer tantôt en acide nitrique, tantôt en ammoniaque. C'est ainsi que l'azote de l'air peut intervenir dans la nitrification artificielle; directement à l'état d'acide nitrique; indirectement à l'état d'ammoniaque.

Si par la pensée nous nous transportons dans les pays où la nitrification se produit spontanément, nous n'aurons pas besoin d'une aussi longue discussion pour en établir les causes.

Arrêtons-nous aux contrées tropicales, où la nitrification naturelle est si manifeste. Ce qui nous donnera, dans ces contrées, l'explication du phénomène pourra s'appliquer dans un moindre degré à tous les pays chauds.

M. Boussingault rapporte que, dans la zone équinoxiale, pendant l'année entière, tous les jours, et peut-être à tous les instants, il se fait dans l'atmosphère des décharges électriques. Un observateur placé sous l'équateur, s'il était doué d'organes assez sensibles, y entendrait continuellement le bruit du tonnerre.

C'est à la continuité de ces décharges électriques, au milieu d'un air chargé d'humidité, que M. Boussingault 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 terre.



Nous croyons cette manière de voir très-rationnelle ; et nous admettons la fréquence des orages, le nombre et la violence des détonnations électriques comme causes productrices de l'acide nitrique dans les pays chauds, où la nitrification est un fait aussi spontané qu'ordinaire.

Il reste à nous rendre compte de la manière d'agir des nitrates sur la végétation.

Habitué à considérer (dans les phénomènes de nutrition végétale) l'azote à l'état de carbonate d'ammoniaque, et provenant de la décomposition des matières qui jadis furent douées de vie, nous devons éprouver une certaine difficulté à concevoir comment et sous quelle forme l'azote d'une matière minérale peut prendre part à la nutrition des plantes.

Cependant il suffit de connaître certaines expériences pour dissiper toute incertitude.

Lorsque l'acide nitrique attaque les métaux, il se forme de l'ammoniaque.

Lorsqu'on jette un fragment de salpêtre dans un mélange de zinc et d'acide muriatique, tout l'acide nitrique du salpêtre se transforme en ammoniaque. Je pourrais vous citer bien des faits analogues, qui s'expliquent tous par l'action que l'hydrogène naissant exerce sur l'acide nitrique ; car, dans l'expérience des métaux attaqués par cet acide, il y a de l'eau qui se décompose ; son oxygène se fixe sur le métal, et son hydrogène rencontre, au moment où il devient libre, de l'acide nitrique, le réduit et le change en ammoniaque. Il en arrive autant dans l'expé-

rience du salpêtre jeté dans un mélange d'acide muriatique et de fer.

Il est donc un fait bien constaté : c'est que l'acide nitrique et les nitrates, sous l'influence de l'hydrogène naissant, ou, en d'autres termes, sous l'influence d'actions réductrices, peuvent être désoxygénés et transformés en ammoniaque.

Mais un nitrate quelconque que l'on répand sur la terre pour y servir d'engrais va se trouver naturellement en présence de matières organiques qui se décomposent et se putréfient; car la terre arable, vous le savez, renferme toujours des quantités plus ou moins grandes de matières végétales et animales. Or, la putréfaction est un phénomène de réduction; non-seulement les substances qui se putréfient empruntent de l'oxygène à la matière qui les entoure, mais, parmi les produits de la putréfaction se trouvent des principes hydrogénés, qui, réducteurs de leur nature, ont la faculté de désoxygéner l'azote des nitrates, et, en l'hydrogénant, de le transformer en ammoniaque. Il ne faut pas oublier que ce corps n'est qu'un composé d'azote et d'hydrogène.

Pouvons-nous maintenant ne pas être frappés de l'ensemble de ces phénomènes, qui paraissent avoir été ordonnés par une prévoyance sublime, non-seulement afin de prédisposer l'azote à devenir un élément d'existence pour les êtres vivants, mais pour le ménager ensuite?

Nous voyons l'azote devenir ammoniaque; nous le

voyons donc se prédisposer à produire un des éléments de la vie des plantes. Mais cette ammoniacque peut être facilement dispersée, car elle est volatile et soluble. Eh bien ! elle va se transformer en acide nitrique, se minéraliser pour ainsi dire, se fixer et se soustraire à toutes les éventualités de dispersion ; plus tard nous verrons l'acide nitrique redevenir ammoniacque, et cela juste au moment où cette substance sera utile au développement de la végétation.

D'un autre côté, si les nitrates ne peuvent se réduire en ammoniacque que sous des influences désoxydantes ; si, dans le cas où ils jouent le rôle de fumier, ces influences ne peuvent être que l'effet de la putréfaction des matières organiques enfouies dans la terre, il est évident que les nitrates ne seront efficaces que là où ils rencontreront des matières putrescibles. C'est, en effet, ce qui résulte des observations faites en Angleterre. Plusieurs agronomes de ce pays ont vu que l'efficacité des nitrates devenait très-manifeste, lorsqu'ils étaient employés simultanément avec une certaine quantité de fumier.

La pratique établit donc que les nitrates ont besoin, pour agir, d'une espèce de ferment.

La théorie corrige le langage de la pratique, et dit que les nitrates ont besoin, pour agir, d'être réduits et transformés en ammoniacque.

Résumons-nous. Les nitrates sont des matières aussi azotées que les matières animales les plus pures. L'expérience a démontré que leur emploi est utile à la végétation. Dans les pays chauds, la nitrification semble pro-

voquée par l'électricité atmosphérique, et dans les pays tempérés, au contraire, elle semble déterminée par la double action de l'air et de l'eau, et par celle de la porosité sur certaines bases. Enfin les nitrates agissent comme ammoniacque, par suite d'un phénomène de réduction.

La connaissance raisonnée de tous ces faits nous permet de répondre aux questions que nous nous sommes posées au commencement de cette séance.

Nous nous sommes demandé si l'action des nitrates sur la végétation est en rapport avec leur teneur en azote, et si ce principe agit aussi efficacement que celui des fumiers.

D'après ce que nous venons de voir, nous pouvons établir, sans crainte de nous tromper, que les nitrates agissent sur la végétation suivant leur teneur en azote, si toutefois ils se trouvent dans des conditions favorables de réduction. En effet, pourquoi en serait-il autrement ? Si l'on admet que leur azote agit comme ammoniacque, tout se réduira à réaliser les conditions qui doivent amener sa métamorphose. L'action sera donc proportionnelle à l'azote transformé, et, dans quelques cas particuliers, elle devra s'accroître, à cause de la présence de la base.

Il est évident que l'agriculteur qui fournirait des nitrates à un sol très-peu alcalifère, obtiendrait, toutes choses égales d'ailleurs, des résultats plus grands que dans un sol déjà riche en alcalis.

Dans le premier cas, le sol aurait éprouvé la double influence de l'azote des nitrates et de leur base alcaline ;

dans le second cas, il n'aurait éprouvé que l'influence de l'azote.

Quant à la partie de la question qui a trait à l'efficacité comparée de l'azote des nitrates et des fumiers, deux mots suffiront pour y répondre.

L'azote des fumiers agit comme ammoniacque ; celui des nitrates agit de la même manière : sous ce rapport il y a donc identité. Toute la question se réduit à savoir si c'est le fumier ou le nitrate qui se décompose le premier.

L'expérience a démontré que leur influence ne s'épuise jamais dans la première année : il est donc probable que la marche de la décomposition de ces deux matières est à peu près la même, et la probabilité devient d'autant plus grande quand on songe que les nitrates, pour être utiles à la végétation, demandent à être accompagnés de fumier (1).

Dans tous les cas, en raisonnant d'après les analogies, les nitrates ne peuvent appartenir à cette classe d'engrais qui agissent brusquement et avec promptitude. Sans même attendre les données de l'expérience, on peut dire que les nitrates n'agiront jamais comme le sang liquide, la chair, les matières fécales ; mais n'oublions pas que les fumiers ordinaires, surtout ceux de ferme, n'agissent pas non plus comme les matières susceptibles d'une facile et prompte décomposition.

L'application des nitrates à l'agriculture mérite toute

---

(1) Des expériences récentes semblent démontrer que pour être favorables à la végétation les nitrates n'ont pas besoin d'une décomposition préalable. Il suffit qu'ils soient absorbés par les racines.

l'attention, quoique pour le moment elle ne soit encore que peu praticable. Le cultivateur ne doit pas rester indifférent à cette pensée, qu'il pourra lui-même, et à peu de frais, fixer l'azote de l'atmosphère, et le transformer en un engrais des plus énergiques,

---

## VINGT-TROISIÈME LEÇON.

SELS AMMONIACAUX. — COMMENCEMENT DE L'ÉTUDE DES  
AMENDEMENTS. — SEL MARIN.

MESSIEURS,

L'attention des agriculteurs ayant été appelée, dans ces derniers temps, sur l'emploi des sels ammoniacaux, il est utile que l'agriculteur sache, d'une manière positive, à quoi s'en tenir sur ces engrais supplémentaires relativement à leur action et aux conditions qui peuvent la favoriser ou la suspendre.

Il faut d'abord constater l'efficacité des sels ammoniacaux sur la végétation. Pour cela, on n'a qu'à connaître les résultats obtenus par M. Kuhlmann.

Bien des essais encore ont été tentés dans le même sens par d'autres expérimentateurs. M. Schattenmann, par exemple, a fait des expériences très-heureuses sur le froment et le foin ; mais, comme elles s'accordent dans leurs résultats avec celles de M. Kuhlmann, on peut ne pas en parler d'une manière spéciale.

M. Kuhlmann a opéré, ainsi que vous le voyez par le

tableau ci-dessous, sur des surfaces égales du même sol, avec des quantités connues de sels ammoniacaux et sans sels ammoniacaux, et il a comparé les récoltes.

*Expériences faites par M. Kuhlmann sur l'efficacité des sels ammoniacaux comme engrais.*

NATURE du SEL EMPLOYÉ.	Quantité par hectare.	Foin récolté sans addition d'engrais par hectare.	Foin récolté avec addition de sel ammoniacal par hectare.	Différence en faveur du sel ammoniacal.
Chlorhydrate d'ammoniac ou sel ammoniac. . . . .	kil. 266	kil. 4000	kil. 5716	kil. 1716
Sulfate d'ammoniaque.	256	4000	5233	1233
Eau ammoniacale des usines à gaz. . . . .	5400	4000	6300	2300

Il a aussi expérimenté avec de l'eau ammoniacale provenant des usines à gaz.

Cette eau marquait quatre degrés à l'aréomètre, et, avant d'être répandue sur la terre, elle avait été mêlée à de l'acide chlorhydrique, afin de convertir l'ammoniaque en hydrochlorate.

On voit clairement par ce tableau que les sels ammoniacaux donnent une récolte plus abondante.

Demandons-nous maintenant comment il faut concevoir leur action. Le sulfate et le muriate d'ammoniaque sont-ils absorbés purement et simplement comme le serait le carbonate?

On connaît déjà les expériences de M. Bouchardat, lesquelles font croire que les sels ammoniacaux à acides puissants ne peuvent entrer dans l'économie des plantes



sans en compromettre l'existence. Cet observateur a reconnu que la *mentha aquatica* et *sylvestris*, la *mimosa pudica*, meurent très-promptement quand elles végètent toutes jeunes, les racines plongées dans de très-faibles solutions de muriate, de sulfate et de nitrate d'ammoniaque.

Ce fait prouve qu'il ne faut pas admettre que les sels ammoniacaux à acides puissants agissent sur la végétation par leur présence dans les plantes.

Mais, indépendamment des expériences de M. Bouchardat, il suffira d'une courte discussion, dont nous empruntons les éléments à M. Boussingault, pour nous convaincre que les sels ammoniacaux à acide minéral n'agissent pas par leur présence.

M. Kuhlmann, en employant le muriate d'ammoniaque, a récolté 5,716 kil. de foin. Sans ce sel, il n'en a récolté que 4,000, c'est-à-dire un tiers de moins à peu près. Il est donc évident qu'environ le tiers de l'azote renfermé dans la plus forte récolte doit provenir du sel ammoniac. Or, si cette portion d'azote en dérive réellement, il faut que, dans les cendres laissées par les 5,716 kil. de foin, on trouve 105 kil. de chlore correspondant à l'azote de ce sel; mais on n'en trouve que 9 kil. 260 grammes. En effet, 100 kil. de foin laissent 6 kil. et demi de cendres seulement, et ces cendres ne contiennent que 162 grammes de chlore.

Raisonnons de la même manière pour l'expérience où l'on a employé le sulfate d'ammoniaque. Dans ce cas, la récolte a été de 5,233 kil., c'est-à-dire d'un quart à peu

près plus forte qu'elle n'aurait été sans le concours du sel.

Si le quart de l'azote de cette récolte est dû à l'introduction du sel ammoniacal, on doit trouver dans les cendres 111 kil. d'acide sulfurique; mais on n'en trouve en réalité que 8 kil. 843 gr., puisque 100 kil. de foin ne laissent que 6 kil. 5 gr. de cendres dans lesquelles se trouvent 169 gr. d'acide sulfurique.

Il faut donc renoncer à l'idée que les sels ammoniacaux minéraux soient absorbés par les racines et agissent sur la végétation par leur présence dans l'intérieur de la plante. Mais comment pourrions-nous nous rendre compte de leur véritable manière d'agir?

S'il était question de nitrate d'ammoniaque, nous n'aurions qu'à rappeler ce que nous avons dit, dans la séance précédente, sur les nitrates terreux ou alcalins employés comme engrais, pour expliquer comment ce sel agit sur la végétation; son acide nitrique serait ramené lui-même à l'état d'ammoniaque, et dès lors ce serait en définitive du carbonate d'ammoniaque, et non du nitrate qui exercerait son influence sur la récolte.

S'il était question seulement de sulfate d'ammoniaque, on pourrait invoquer le fait bien connu de la conversion des sulfates en sulfures par l'action réductrice des matières organiques. On pourrait dire: de même que le plâtre ou le sulfate de chaux est réduit, sous l'influence de la fermentation des matières organiques, à l'état de sulfure de calcium; de même, le sulfate d'ammoniaque, sous la même influence, pourrait se convertir en sulfure d'am-

monium, pour être plus tard partiellement décomposé par l'acide carbonique, dont la terre végétale est toujours imprégnée.

Mais, dans le cas du muriate d'ammoniaque, on ne peut invoquer aucun phénomène de réduction, et il faut ici trouver une autre explication, quitte à la généraliser si on le juge convenable.

Avant tout, examinons ce qui, dans le sol, peut décomposer les sels ammoniacaux en général et le muriate d'ammoniaque en particulier.

Les matières organiques, avons-nous dit, ne peuvent pas réduire tous les sels ammoniacaux. Parmi les matières minérales, nous ne voyons, d'accord avec M. Bousingault, que le calcaire qui soit capable d'agir sur eux.

Si l'on mêle de la craie ou du calcaire en poudre avec un sel ammoniacal quelconque, par exemple du muriate d'ammoniaque, rien n'indiquera que ces deux matières agissent l'une sur l'autre. Si l'on approche du mélange une baguette en verre trempée préalablement d'acide muriatique étendu, on n'apercevra pas de fumée, ce qui prouve bien que le mélange ne dégage pas d'ammoniaque. Mais si l'on y ajoute une quantité de sable mouillé suffisante pour communiquer à la masse le degré normal d'humidité des terres arables, et qu'ensuite on approche de nouveau la baguette de verre mouillée avec de l'acide muriatique étendu, on apercevra des fumées blanches; ce qui indiquera que, dans ces circonstances, il y a un dégagement d'ammoniaque, et, vu la

nature des corps réagissants, cette ammoniacque ne peut être qu'à l'état de carbonate.

Maintenant, si à ce mélange humide on ajoute beaucoup d'eau, le dégagement ammoniacal cessera, et l'on en sera au même point qu'au commencement de l'expérience.

Ces faits permettent de se faire une idée exacte de la manière d'agir des sels ammoniacaux sur la végétation. Ils trouvent ordinairement dans la terre du calcaire et toujours de l'humidité, c'est-à-dire les éléments nécessaires pour se transformer en carbonate d'ammoniacque : c'est donc cette substance, en définitive, qui agit sur les plantes, et non pas le sel ammoniacal tel qu'on le répand sur la terre. Cette transformation est d'accord avec les lois connues de la chimie, et n'a rien d'anormal.

Supposez maintenant que la terre soit trop humide, supposez, en d'autres termes, que la saison soit très-pluvieuse, la transformation devient impossible, et cela encore en vertu d'une loi fort bien connue des chimistes. Enfin, si la terre arable sur laquelle on répand le sel ammoniacal ne renferme point de calcaire, la transformation du sel en carbonate d'ammoniacque ne pourra pas s'effectuer non plus.

Vous voyez donc, Messieurs, que nous sommes parvenus à expliquer dans quels cas les sels ammoniacaux peuvent agir, et dans quelles circonstances ils n'ont pas d'efficacité. Cette dernière notion devient importante, lorsque l'on pense que, bien avant les expériences de M. Kuhlmann et de M. Schattenmann, d'autres observa-

teurs avaient fait des essais sur le même sujet, et étaient parvenus à des résultats souvent contradictoires. M. Schattenmann lui-même, tandis qu'il annonce les bons effets obtenus sur les prairies naturelles et sur le froment, déclare qu'il a toujours échoué pour le trèfle et la luzerne. Mais cet échec ne résulterait-il pas de l'absence des conditions indispensables à leur efficacité?

Jusqu'à preuve du contraire, je suis porté à admettre, comme établi d'une manière générale, que les sels ammoniacaux exercent une heureuse influence toutes les fois qu'ils rencontrent dans le sol assez d'humidité et de calcaire pour produire du carbonate d'ammoniaque. Si le calcaire manque, ou si l'humidité est excessive, la formation du carbonate deviendra impossible, et dès lors l'action des sels ammoniacaux sur la végétation sera paralysée (1).

Ceux qui ne sont pas familiarisés avec la chimie pourraient croire qu'à parité de circonstances, tous les sels ammoniacaux n'ont pas la même énergie d'action. En effet, on voit, par les essais de M. Kuhlmann, que les mêmes quantités de muriate et de sulfate d'ammoniaque n'ont pas produit les mêmes récoltes. Si le premier a produit plus que le second, cette différence prouve qu'ils agissent seulement en raison de leur azote.

266 kil. de muriate d'ammoniaque renferment 70 kil. d'azote; 266 kil. de sulfate d'ammoniaque n'en renferment que 46,50. Mais, quand on pense que le sulfate

---

(1) Depuis les tentatives de M. Schattenmann, d'autres expérimentateurs ont essayé avec succès l'action des sels ammoniacaux sur le trèfle.

d'ammoniaque est un sel efflorescent, et qu'une fois qu'il est effleuri, sa teneur en azote monte à près de 50, on trouve aisément qu'entre 50 et 70 il y a à peu près le même rapport qu'entre 1233 et 1716. D'où il faut conclure, pour la pratique, que ces deux sels doivent être employés en proportions différentes, si l'on veut rendre comparables leurs effets.

Pour compléter ce que j'ai à dire sur l'emploi des sels ammoniacaux, je vous parlerai de la manière dont on doit considérer cette espèce d'engrais.

En admettant que le prix de ces matières devienne accessible, pourra-t-on les employer à la place du fumier, quitte à amender la terre de temps en temps? Pourra-t-on, moyennant leur emploi, ne plus se préoccuper de la production des fumiers proprement dits, réduire, par conséquent, le bétail, et consacrer la plus grande partie du domaine à la culture des céréales?

Assurément non, Messieurs. Qu'on se souvienne que les plantes de culture ne demandent pas seulement au sol cet excès de principes organiques qu'elles ne peuvent pas trouver dans l'air, mais aussi des principes fixes minéraux très-variés; et que lorsqu'un sol ne contiendra pas ces deux sortes de principes, il n'offrira jamais aux plantes des conditions de prospérité.

Or, les sels ammoniacaux et en général tous les engrais supplémentaires n'introduisant dans la terre que des éléments très-peu variés, ils ne satisfont pas aux conditions d'une fertilité durable.

Le muriate et le sulfate d'ammoniaque apportent au

sol de l'acide sulfurique, de l'acide hydrochlorique et de l'ammoniaque, mais point de potasse, de chaux, de magnésie, de silice, de carbone, de phosphore. Il est donc évident qu'au bout d'un certain temps, l'absence de ces principes minéraux doit se faire sentir sur les récoltes.

Ce que je viens de vous dire trouve une confirmation dans l'emploi du noir pur des raffineries et du guano. Ces deux matières sont d'une nature plus complexe que les sels ammoniacaux. Le noir animal, outre l'ammoniaque, renferme du phosphate et du carbonate de chaux, des matières salines solubles, et des matières organiques. Le guano renferme des sels à base d'ammoniaque, des matières organiques, des phosphates, sulfates, chlorures alcalins et terreux.

Mais les sels ammoniacaux ne renferment que de l'ammoniaque et un acide. On conçoit donc qu'à parité de circonstances, ils doivent être employés sans interruption beaucoup moins longtemps que le noir animal et le guano. En effet, il y a des cultivateurs qui, depuis nombre d'années, n'emploient que du noir animal pour fertiliser leurs terres; j'hésite à croire qu'on puisse en faire autant avec des sels ammoniacaux.

Nul doute que ce que je viens de dire doive être pris dans un sens général. Que l'on suppose, par exemple, un terrain très-riche en principes minéraux assimilables et un terrain qui en soit dépourvu, il est certain que l'emploi d'un sel ammoniacal pourra être plus prolongé dans le premier cas que dans le second. Mais toute substance fertilisante, dont la composition ne sera ni assez com-

plexe ni assez variée pour dédommager le sol des soustractions opérées par les récoltes, ne pourra faire sentir son action que pendant un temps plus ou moins limité.

Ainsi, les cultivateurs ne doivent pas oublier le sens de cette qualification d'engrais supplémentaire. Peu importe qu'il s'agisse de guano, de noir animal, de sels ammoniacaux, ou de toute autre matière analogue. Le but principal de l'application de ces engrais doit être d'économiser et de restreindre l'emploi des fumiers ou d'en augmenter l'efficacité ; mais on ne doit jamais prétendre de remplacer ceux-ci autrement que d'une manière transitoire.

Lorsque nous avons commencé l'étude des engrais, nous sommes convenus de les considérer comme des substances réparatrices dont l'application à l'agriculture a pour effet de rendre à la terre ce que les récoltes lui ont enlevé. En nous mettant à ce point de vue, nous avons été portés, pour plus de commodité, à diviser ces matières en engrais d'origine organique et en engrais d'origine minérale.

Avec l'étude de la tangué et du merl, nous avons terminé l'examen des engrais d'origine organique : les nitrates et les sels ammoniacaux n'ont été pour nous qu'une transition à l'étude des engrais d'origine minérale. Nous commençons donc dès ce moment à nous occuper de cette dernière catégorie, généralement connue sous le nom d'amendements.

La pratique a devancé la science dans l'application des engrais minéraux. C'est déjà un fait reconnu que leur



utilité pour raviver la fertilité des terres ; aussi la science n'a rien à dire à la pratique sur l'avantage des amendements, mais elle a beaucoup à lui dire sur la manière dont ils agissent. Comme c'est s'exposer à mal employer une substance que d'ignorer son mode d'action, on conçoit que l'agriculteur n'ait qu'à gagner en s'éclairant sur des phénomènes qui jusqu'ici avaient été pour lui obscurs et mal compris.

Dans nos études sur les assolements, nous avons eu l'occasion de remarquer qu'un terrain entretenu par des fumiers reçoit, au bout d'une rotation, beaucoup plus de matières minérales que les récoltes ne lui en ont enlevé. Cependant, même dans les exploitations où l'on fait un usage abondant et exclusif du fumier, on a besoin de temps en temps d'amender la terre, c'est-à-dire d'y introduire des engrais minéraux.

La remarque faite à propos des assolements, et la nécessité d'amender dont on vient de parler, semblent constituer une contradiction que l'on tâchera de faire disparaître, en étudiant la manière d'agir des amendements.

Je vous donnerai, pour le moment, un exemple qui suffira pour vous prouver la nécessité d'introduire dans la terre des engrais minéraux, bien qu'elle ne manque pas de fumier.

Supposez qu'une série de phénomènes aboutissant à la formation d'ammoniaque se rattache à la présence du carbonate de chaux dans un sol : il est évident que là où il n'y en aura pas, la formation de l'ammoniaque et par suite l'alimentation des plantes, seront entravées.

Les fumiers renferment de la chaux, qui n'est pas à l'état de carbonate, et, si elle le devient, ce n'est qu'en petite quantité.

Or, dans le calcaire à l'aide duquel vous amendez la terre, vous ne devez pas seulement voir un aliment, mais encore une condition indispensable pour réaliser des phénomènes chimiques qui auront pour dernier résultat d'exciter la végétation.

La chaux renfermée dans les fumiers joue avant tout le rôle d'aliment direct, tandis que la chaux des amendements joue un rôle différent, mais non moins nécessaire.

Ce que je viens de dire suffit pour le moment et doit faire comprendre pourquoi, malgré la richesse des fumiers en matières minérales, il est néanmoins utile et même quelquefois indispensable d'en fournir au sol de nouvelles.

Commençons l'étude des amendements par le *sel marin*.

Il y a peu de substances dont l'utilité en agriculture ait été aussi controversée que celle du sel marin. (*Chlorure de sodium, hydrochlorate de soude.*) Aujourd'hui cependant on est bien d'accord sur les avantages incontestables que l'on peut en tirer par un emploi modéré.

Les agriculteurs conviennent tous qu'au-delà de certaines limites, le sel est nuisible à la végétation, et que, même en s'y renfermant, il peut, sans être nuisible, n'être pas toujours actif. Je crois que si nous parvenons à nous

bien pénétrer de sa manière d'agir, il nous sera facile de prévoir dans quelles circonstances son action peut être nulle ou même dangereuse.

Sans contester d'une manière absolue que le sel puisse être absorbé par les végétaux, nous n'admettons pas qu'il puisse agir comme aliment direct. En effet, si l'on analyse les plantes propres aux terrains salés et aux bords de la mer, on trouve que la plus grande partie de leur soude, loin d'être combinée à l'acide hydrochlorique, l'est, au contraire, à des acides de nature végétale, et que leurs cendres contiennent beaucoup de carbonate de soude et très-peu de sel marin. Si ce dernier n'agit pas comme aliment direct, il est tout simple de supposer qu'il n'agit qu'après avoir subi quelque modification. Cherchons maintenant quelque fait pour asseoir cette hypothèse.

Depuis longtemps les chimistes savent que, si l'on mêle de la craie à du sable humecté avec une dissolution de sel commun, et qu'on abandonne le mélange au contact de l'air, on voit apparaître une efflorescence de carbonate de soude.

La formation de cette substance ne peut être que le résultat des influences combinées de l'humidité, de l'air, de la présence du carbonate de chaux, et de la capillarité. Mais ne trouvons-nous pas souvent tout cela réuni dans la terre arable? Si les choses se passent ainsi, voyons comment on peut parvenir à se rendre compte de l'efficacité, de l'inefficacité et de la mauvaise influence de cet amendement.

On ne peut pas mettre en doute les heureux effets exer-

cés sur la végétation par les cendres ou par leurs lessives; or, les lessives des cendres ne sont que des dissolutions de carbonate de potasse et de soude. Donc, si le sel marin peut se transformer en carbonate de soude; si, d'un autre côté, dans les cendres des plantes qui se sont le mieux trouvées de l'emploi du sel, on trouve à peine de cette substance, il est très-probable qu'elle agit comme carbonate de soude : dès lors son efficacité sur la végétation n'a rien qui doive nous étonner.

Introduire du sel marin dans un sol qui réunit certaines conditions, c'est, pour ainsi dire, y introduire du carbonate de soude.

Voyons dans quel cas l'emploi du sel peut être inutile. Nous avons dit que, pour qu'il se transformât en carbonate de soude, il fallait certaines conditions d'humidité, de capillarité, d'aérage, ainsi que la présence du carbonate de chaux. Que l'on suppose une ou plusieurs de ces conditions absentes ou exagérées, il est évident que la transformation ne pourra pas avoir lieu. Si une terre est trop compacte et peu perméable à l'humidité et à l'air, ou bien si elle est trop humide et dépourvue de calcaire, le sel sera sans action, parce qu'il ne pourra pas se décomposer. D'un autre côté, supposez que votre terre en contienne déjà, et que les conditions manquent pour qu'il se transforme; il est clair qu'en introduisant dans cette terre la même quantité de sel qui aurait bien réussi ailleurs, on risquera fort de porter atteinte à la végétation. C'est précisément comme si on l'appliquait en excès.

Je ne m'arrêterai pas beaucoup sur le cas général où le sel peut devenir nuisible par un emploi exagéré.

Il ne peut pas vous rester de doute à l'endroit du bon effet des sels ammoniacaux minéraux sur le développement de la végétation ; mais si vous plongez une plante dans une dissolution très-étendue d'un de ces sels, elle tombera malade, et peut-être elle périra : cela prouve bien qu'une substance peut agir favorablement sur la végétation d'une manière indirecte, et très-défavorablement d'une manière directe.

Ainsi, ce qui se passe pour les sels ammoniacaux minéraux peut avoir lieu pour le sel marin, lorsqu'en exagérant la dose, on le force à agir directement sur la plante ; il contrarie son développement, au lieu de le favoriser.

L'abus du sel pourrait encore mieux être comparé à celui qu'on fait de certains engrais animaux. Que de récoltes ont été perdues parce qu'on avait donné à la terre des engrais trop forts ! Et que de récoltes pourrait-on perdre en donnant à la terre une dose excessive de sel !

En envisageant donc le sel comme un de ces amendements qui agissent par voie indirecte, nous sommes parvenus à nous rendre compte de son action, de son inaction et de sa mauvaise influence, et à comprendre implicitement que son emploi doit être raisonné et se rattacher nécessairement à des notions qui ne relèvent pas toujours de la pratique.

Enfin, nous devons être convaincus que, si une diminution de prix rendait jamais l'emploi du sel marin pra-

licable en agriculture, on devrait s'attendre, d'un côté, à d'excellents résultats, mais, d'un autre côté, à des déboires et à des déceptions, et cela toutes les fois qu'on négligerait les enseignements d'une bonne théorie.

---

## VINGT-QUATRIÈME LEÇON.

PLATRAGE. — CHAULAGE.

MESSIEURS,

C'est un fait connu que le plâtre (*sulfate de chaux*) est fort utile à la culture des légumineuses et peu ou point à la culture des céréales. Il est également connu qu'autant le plâtre est favorable aux prairies artificielles, autant il est sans action appréciable sur les prairies naturelles.

Il s'agit de nous rendre compte, s'il est possible, de ces différences et de formuler ainsi la théorie du plâtrage.

Commençons par passer en revue les systèmes qui ont le plus de vogue.

Davy a fait croire pendant longtemps que les plantes au développement desquelles le plâtre contribuait d'une manière marquée, renfermaient parmi leurs principes fixes du sulfate de chaux.

En considérant les principes fixes des végétaux comme des éléments indispensables de leur existence, on conçoit qu'une plante, qui, pour vivre, doit contenir une certaine quantité d'un principe donné, se trouvera bien là où elle en rencontrera en abondance, tandis qu'il doit être indifférent à une autre plante, qui n'aurait pas la même exigence, d'en rencontrer ou de ne pas en rencontrer.

D'après cette théorie, les légumineuses devraient contenir du plâtre, et il n'en serait pas de même pour les céréales et l'herbe des prairies naturelles.

Effectivement, Davy déclare que les cendres du sainfoin et du trèfle lui ont fourni beaucoup de sulfate de chaux, et je ne sache pas qu'on en ait remarqué dans les cendres des céréales.

Pour infirmer la théorie de Davy, je pourrais invoquer les expériences de M. Boussingault, mais je me bornerai à une observation de M. de Gasparin.

Ce savant agronome a analysé des cendres de luzerne cultivée sur un terrain plâtré, et il n'y a point trouvé de plâtre.

Si cette matière était nécessaire à l'existence des plantes, sur la culture desquelles elle exerce une influence si marquée, pourquoi la luzerne n'en contiendrait-elle pas?

La théorie de Davy est donc insuffisante.

M. Liebig a pensé que le rôle du plâtre, dans la culture de certaines plantes, consiste à fixer le carbonate d'ammoniaque introduit dans le sol par les eaux pluviales. Si le carbonate d'ammoniaque, dit M. Liebig, d'accord



avec M. de Saussure, ne rencontrait pas de sulfate de chaux dans le sol, il s'évaporerait et passerait dans l'air ; mais, grâce au sulfate de chaux, le carbonate d'ammoniaque qui est volatil se transforme en sulfate d'ammoniaque qui est fixe. De cette manière, l'ammoniaque reste dans la terre et la fertilise.

Une expérience très-simple va donner un fort appui à cette théorie.

Voici une dissolution très-étendue de carbonate d'ammoniaque ; elle a une réaction alcaline, ainsi que l'indique le papier rouge de tournesol ; mais si l'on verse cette eau ammoniacale sur un filtre qui contienne du plâtre, on trouvera que l'eau filtrée aura perdu son alcalinité.

Cette expérience paraît donc prouver la justesse de la théorie de M. Liebig, puisqu'elle démontre que le carbonate d'ammoniaque, dissous dans l'eau pluviale, doit nécessairement se fixer en rencontrant du sulfate de chaux.

Mais, outre qu'il est douteux que les phénomènes se passent dans les champs comme dans les laboratoires, je demanderai seulement pourquoi cette fixation d'ammoniaque ne serait profitable qu'aux légumineuses, et point aux graminées.

Est-ce que l'ammoniaque n'est pas un élément de succès pour toutes les cultures sans distinction ?

La théorie de M. Liebig est donc insuffisante.

On en a proposé beaucoup d'autres ; mais je crois inutile de vous en parler, parce qu'il est facile d'abord de

les combattre, et ensuite parce qu'elles n'ont pas joui d'une popularité aussi grande que les théories que je viens de critiquer.

Examinons les idées de M. Boussingault sur ce sujet.

Le plâtre est très-utile au développement des légumineuses, du chou, du colza, de la navette, du chanvre, du lin, du sarrasin. Il n'en est pas ainsi pour la plus grande partie des graminées.

L'action de cet amendement se manifeste encore mieux lorsqu'elle est associée à celle du fumier. Les plantes qui en sont le plus favorisées donnent des cendres très-terreuses, et il y a une phase de leur vie où l'accroissement s'opère avec une grande célérité.

Il est sans action dans les sols extrêmement humides.

Enfin Schwertz, dans son travail sur la culture des plantes fourragères, rapporte qu'en Flandre on remplace le plâtre par la chaux éteinte et par les cendres lessivées de bois et de tourbe.

En présence de ces faits, M. Boussingault a admis que le plâtre agissait purement et simplement comme de la chaux.

Discutons un à un les faits que nous venons de rappeler, pour voir si l'hypothèse de M. Boussingault sort victorieuse de la discussion.

Avant tout, comment le plâtre, qui est du sulfate de chaux, peut-il agir comme de la chaux? Cette première difficulté va être bientôt écartée par cette considération que le sulfate de chaux est toujours réduit là où il y a des

matières organiques. C'est un fait bien connu que les eaux séléniteuses, renfermant des matières végétales, finissent le plus souvent, lorsqu'elles sont abandonnées à elles-mêmes, par sentir les œufs pourris; ce qui indique une série de phénomènes de réduction dont un des résultats ultimes est la formation de carbonate de chaux.

Pour les chimistes, ce n'est donc pas une difficulté de concevoir comment le plâtre peut devenir de la chaux lorsqu'il est introduit dans un sol arable.

Mais s'il exerce son action sous forme de chaux, pourquoi les graminées y sont-elles insensibles?

Cette objection paraît grave, et au fond elle n'est que spécieuse.

Il faut s'en souvenir : quel qu'en soit le motif, c'est avec profusion que l'on donne de la chaux aux graminées. Cet usage est consacré par la pratique, et le chaulage ne se fait qu'à de longs intervalles : ce fait seul indique que l'action de la chaux ne s'exerce pas d'une manière directe ni exclusive sur les plantes, mais qu'elle dépend de conditions particulières dont l'influence se fera sentir plus tard sur la végétation.

Or, M. Boussingault, en rapprochant l'action du plâtre de celle de la chaux, n'a en vue que l'action directe de ces deux amendements sur les plantes, et je crois que l'on aura de la peine à lui contester que la chaux trouvée dans les graminées des terrains chaulés dérive du chaulage, ainsi que la chaux trouvée dans les légumineuses des terrains plâtrés dérive du plâtrage.

On a donné à un hectare de terre, consacré aux céréales, quelques hectolitres de plâtre, et l'on n'a pas trouvé que la récolte fût meilleure que celle de l'hectare voisin, qui n'en avait pas reçu. On a soutenu alors que le plâtre n'agissait pas sur les céréales. Mais si, au lieu de quatre ou six hectolitres, on avait donné un hectolitre et un tiers ou deux hectolitres de chaux (quantité contenue dans quatre à six hectolitres de plâtre naturel), aurait-on obtenu un meilleur résultat? Nul doute que, dans ce dernier cas, il y aurait eu une amélioration dans la récolte, si la terre avait été naturellement dépourvue de principe calcaire, mais je ne doute pas non plus qu'en pareille circonstance, le plâtre n'eût également favorisé et amélioré la récolte.

Quand on chaulé une terre arable, on ne se propose pas seulement de fournir aux plantes qui doivent y végéter un élément de leur nourriture, mais d'y introduire une cause d'actions secondaires, complexes, de nature mécanique et chimique, et sans influence directe sur la végétation.

Il est donc évident que, si le plâtre ne favorise pas les graminées, on ne peut pas en conclure que son action sur les légumineuses ne soit pas comparable à celle de la chaux.

La théorie de M. Boussingault s'accorde-t-elle avec ce fait bien constaté que l'action du plâtre se manifeste encore mieux, lorsqu'elle est associée à celle du fumier?

Si l'on eût observé le contraire, la théorie que nous

discutons aurait été renversée. On prétend que le plâtre agit comme de la chaux, parce qu'il se transforme en chaux ; mais cette transformation ne peut s'opérer que par l'action des matières organiques sur le sulfate de chaux. Or, les fumiers sont formés de matières organiques en état de décomposition avancée, et par cela même plus aptes que jamais à déterminer et à favoriser la transformation du plâtre, ainsi que d'une foule d'autres matières.

Il y a donc coïncidence entre les indications de la pratique et celles de la théorie.

Imaginons maintenant du plâtre répandu sur une prairie artificielle, lorsque les plantes ont déjà un certain développement, c'est-à-dire au printemps, ainsi qu'on le fait d'habitude. Trois mois après on fauche. Si l'on compare la quantité des principes terreux contenus dans les plantes au moment du plâtrage avec ceux qui y sont contenus au moment de la récolte, on trouve que, dans l'espace de trois mois à peu près, le trèfle, la luzerne, le sainfoin, ont emprunté au sol une quantité extraordinaire de principes minéraux, parmi lesquels la chaux figure en première ligne.

On voit donc à la fois un accroissement rapide de la plante et une assimilation très-forte de principes terreux, et surtout de principes calcaires.

Il nous reste à chercher si le plâtre, agissant comme chaux, concourt à cet accroissement rapide et à cette forte assimilation.

Le plâtre, arrêté à la surface des feuilles, tombe sur

le sol peu à peu, et de manière à y arriver très-divisé et à présenter une grande surface : là il trouve air, humidité et matières organiques ; en un mot, toutes les conditions pour se réduire en carbonate de chaux. Mais cette substance provenant d'une réduction, se trouve dans un état tel de division qu'aucun moyen mécanique ne pourra jamais y atteindre ; le voilà donc dans une condition favorable pour être dissous avec promptitude par l'acide carbonique, et présenté aux spongioles.

Ainsi la métamorphose du plâtre, dans les circonstances qui en rendent l'absorption prompte, coïncide avec le grand développement de la jeune plante et le moment de sa plus grande force absorbante.

Si l'on suppose que l'une de ces circonstances soit exagérée ou éliminée, la transformation du plâtre n'aura pas lieu ou bien elle se fera trop vite ou trop lentement ; en un mot, il y aura trouble dans la marche normale des phénomènes, et par conséquent il n'y aura point de réussite.

Cela nous explique pourquoi, au dire de tous les praticiens, les effets du plâtrage sont très-faibles et même nuls dans les terres, ou trop humides, ou très-pauvres en matières végétales.

C'est que dans un cas il y a exagération, et dans l'autre cas il y a défaut des conditions nécessaires pour que le plâtre se change en carbonate de chaux.

Transportons-nous dans une pièce de froment qui, au printemps, aurait été saupoudré avec du plâtre. Rien ne nous empêchera de retrouver ici la même transformation

dont nous parlions tout à l'heure, mais nous ne verrons pas cet accroissement rapide et ce même excès dans le pouvoir d'assimilation. Et en examinant les principes minéraux assimilés par la céréale, nous ne trouverons pas que la chaux y domine ; car l'acide phosphorique abondera dans les graines, et l'acide silicique dans la paille.

Nous ferons les mêmes remarques si, au lieu de nous transporter dans une pièce de froment, nous nous transportons dans une prairie naturelle. Nous trouverons ici en grande partie des graminées qui, vu la différence de leur nature, ne végéteront pas d'accord et ne pourront pas ressentir également les effets du plâtre, même en admettant qu'il pût agir sur elles comme il agit sur les légumineuses.

D'ailleurs, les considérations précédentes sur le froment sont applicables en général aux plantes des prairies naturelles, ainsi que les considérations sur les plantes des prairies artificielles sont applicables au chou, au colza, au sarrasin.

Tout ce que nous venons de dire semble prouver que dès que le plâtre agit comme chaux sur la végétation, il doit être favorable aux légumineuses et non point aux graminées.

Enfin, l'usage signalé par Schwertz, et suivi en Flandre, de remplacer le plâtre par de la chaux, ou par des cendres lessivées de bois ou de tourbe, vient donner un fort appui à l'opinion de M. Boussingault ; car, en définitive, les cendres lessivées renferment quelquefois jusqu'à 80 p. 100 de carbonate de chaux, et les cendres de

tourbe renferment souvent du sulfate de chaux et des principes calcaires.

Il ressort de cette discussion que la théorie du plâtrage proposée par M. Boussingault paraît expliquer les principaux faits qui se rattachent à cette pratique.

Devra-t-on pour cela adopter cette théorie d'une manière exclusive et regarder comme erronées les opinions de Davy et de Liebig ? Non certainement.

De ce qu'il convient de considérer la principale action du plâtre comme semblable à celle de la chaux, il n'en résulte pas qu'il ne puisse pas être absorbé en nature par les plantes, ou bien encore contribuer à fixer l'ammoniaque et à en empêcher ou en diminuer la dispersion.

Je me souviens d'avoir examiné, il y a bientôt quinze ans, différentes sèves des environs de Paris, et d'avoir trouvé qu'elles contenaient presque toutes du sulfate de chaux. Si les racines des arbres peuvent absorber du plâtre, pourquoi les racines des légumineuses ne pourraient-elles pas en faire autant ?

D'ailleurs, je pense que les phénomènes analogues à ceux que nous venons d'examiner sont toujours très-complexes, et qu'une théorie exclusive ne pourra jamais être adoptée par les esprits sérieux.

Ainsi, dans l'état actuel des choses, on peut admettre que l'action principale du plâtre est analogue à celle de la chaux, sans exclure pourtant le rôle qui lui a été attribué par Davy et Liebig.

Passons à l'étude de la chaux considérée comme engrais minéral.



Rappelons-nous, avant tout, certaines propriétés de la chaux.

La pierre calcaire ordinaire est insoluble dans l'eau ; elle n'a aucun goût ; elle fait effervescence avec les acides. Abstraction faite des impuretés, elle est composée de 44 d'acide carbonique et de 56 de chaux.

Si l'on expose de la pierre calcaire à une température élevée, elle perd la propriété de faire effervescence avec les acides, et en même temps elle diminue de poids ; ce qui prouve qu'elle se décompose, et abandonne son acide carbonique.

A cet état, elle est un peu soluble et communique à la dissolution une forte alcalinité ; en outre, elle est devenue très-avide d'eau ; elle en absorbe une quantité notable par la simple exposition à l'air : il en résulte qu'elle augmente de volume, perd sa consistance pierreuse, et devient tellement pulvérulente qu'aucun moyen mécanique ne pourrait lui faire atteindre un pareil degré de division. Ce qui prouve la grande avidité qu'a pour l'eau la chaux calcinée, c'est qu'il suffit d'en arroser légèrement un morceau pour s'assurer que l'eau disparaît immédiatement, et, si l'on continue à arroser, bientôt la température de la chaux s'élève d'une manière considérable.

Enfin la chaux vive ou éteinte est également caustique, détruit facilement les matières organiques, et, par la simple exposition à l'air, réabsorbe l'acide carbonique, perd sa solubilité, sa causticité, et redevient effervescente.

La seule connaissance de ces propriétés nous fait entrevoir que la chaux doit exercer une double action, parce qu'au moment où on l'applique, elle est décarbonatée, et par conséquent caustique, et qu'elle se carbonate quelque temps après, en perdant sa causticité.

Fixons maintenant notre attention sur les données de l'expérience.

Il est connu que le chaulage produit des effets remarquables dans les terres nouvellement défrichées, où se trouve une grande quantité de matières organiques à décomposer.

Il est également connu que les résultats sont mauvais, lorsque la chaux a été mal distribuée et d'une manière irrégulière, ou lorsqu'elle a été répandue en trop grande quantité.

Ces données indiquent que par le chaulage on introduit dans la terre un agent caustique, qui doit contribuer à détruire la texture des matières organiques, dont la décomposition ne pourrait être que très-lente d'ailleurs. A cette action, signalée par la pratique, on doit en ajouter une autre, signalée par la science.

Depuis longtemps, M. Fuchs a fait voir que, lorsque la chaux caustique reste sous l'influence de l'humidité, en contact avec de l'argile, elle s'y combine, et qu'un des effets principaux de cette combinaison est la mise en liberté des alcalis, qui accompagnent toujours les matières argileuses.

On peut donc admettre que le chaulage exerce sur les matières organiques une action désorganisatrice, et sur

l'argile, qui fait toujours partie de la terre arable, il produit une modification dont le résultat est d'offrir aux plantes une certaine quantité de principes alcalins.

Mais lorsque la pratique nous apprend que les effets du chaulage se font sentir pendant une longue suite d'années, nous sommes obligés de conclure que l'action de la chaux ne peut pas être indéfiniment celle d'un agent caustique ; car nous savons que la chaux vive se transforme assez promptement en carbonate, et perd par conséquent ses propriétés désorganisatrices.

D'ailleurs, il est facile de vérifier que la chaux, considérée comme agent caustique, ne peut être efficace que pendant un laps de temps très-court.

En effet, si on lessive de la terre arable chaulée depuis quelques jours, on ne trouvera pas dans l'eau la présence de la chaux libre : ce qui prouve que, par son séjour dans la terre, elle devient insoluble et perd par conséquent sa causticité.

Il en résulte donc que les effets prolongés du chaulage sur la végétation ne peuvent se rattacher qu'à l'influence de la chaux carbonatée.

Ainsi, tout en admettant une action immédiate et propre à la chaux caustique, nous sommes obligés d'en reconnaître une autre plus durable, dépendante du carbonate. Mais comment cette substance peut-elle exercer une influence heureuse sur la végétation pendant nombre d'années ?

Repoussons d'abord l'opinion de Davy, qui voit surtout dans le carbonate de chaux un agent mécanique

augmentant les qualités hygroscopiques, et modifiant la texture du sol.

Quelle que soit la prodigalité avec laquelle on chaulc les terres, on n'atteint jamais les proportions qui pourraient faire admettre une influence mécanique de la part de la chaux.

Comment pourrait-on concevoir qu'en introduisant tous les trois ans dans la terre 8 à 10 hectolitres de chaux par hectare, ainsi qu'au dire de M. Puvis, on le fait dans la Sarthe, comment, dis-je, pourrait-on concevoir que cette faible proportion de chaux pût jouer le rôle d'agent mécanique? Quand même on introduirait tout d'un coup dans la terre la chaux qui pourrait y être répartie en dix ans, je crois qu'on n'atteindrait pas les proportions nécessaires pour modifier sensiblement les propriétés physiques du sol.

Il est possible cependant que, dans certains cas particuliers, la chaux exerce réellement quelque influence mécanique : par exemple, d'après les observations de M. Puvis, le calcaire donne plus de consistance aux terres siliceuses, et aux terres argileuses plus de fraîcheur et de mobilité. Mais ce que je veux établir dans ce moment, c'est qu'il est impossible que le rôle du carbonate de chaux, dans l'agriculture, soit exclusivement mécanique.

Nous savons depuis longtemps que, dans la terre arable, il se forme sans cesse de l'acide carbonique ; nous savons aussi que les eaux pluviales contiennent également de ce gaz, et que le carbonate de chaux a la pro-

priété de se dissoudre dans de l'eau qui en est chargée.

Si nous rapprochons de ces indications générales les résultats des expériences de M. de Gasparin, qui ont prouvé que les terres arables calcaires abandonnent aux lavages une partie de leur carbonate de chaux, rendu soluble par l'acide carbonique; si, d'un autre côté, nous nous rappelons que toutes les plantes qui se trouvent bien du chaulage renferment de la chaux, et peuvent l'absorber à l'état de dissolution, nous pourrions facilement considérer comme étant démontré que le carbonate de chaux joue vis-à-vis des plantes le rôle d'un aliment.

L'état de division extrême où se trouve le carbonate de chaux, qui dérive de la chaux caustique, le rend singulièrement apte à devenir soluble dans de l'eau chargée d'acide carbonique, et par conséquent assimilable.

Cela explique peut-être pourquoi le chaulage produit quelquefois plus d'effet encore que le marnage, quoique, dans les deux cas, l'action ne puisse se rapporter qu'au carbonate de chaux. Cette différence tiendrait à l'état de division.

Voyons si le carbonate de chaux peut jouer un rôle comme agent chimique.

En parlant des nitrates et des sels ammoniacaux, nous avons cité des faits, qui appuient cette supposition. En effet, nous avons admis que la formation spontanée des nitrates peut être le résultat de l'action réunie de la porosité, des bases, de l'aérage et de l'humidité sur l'ammoniaque de l'air : nous avons aussi établi qu'on trouve ces deux premières conditions dans le calcaire.

Effectivement, dans les nitrères artificielles, cette substance ne peut jouer d'autre rôle que celui d'un corps basique et poreux.

Cette première indication nous autorise déjà à penser que le carbonate de chaux dans le sol contribue souvent à fixer l'ammoniaque, en la nitrifiant. On doit se souvenir que si, par le lessivage, on recueille le salpêtre naturel contenu dans une terre, exposée de nouveau à l'air pendant plusieurs mois, elle s'en enrichira encore, pourvu qu'on ait le soin de l'humecter de temps en temps.

Et remarquez bien que cette production spontanée de salpêtre n'aurait pas lieu, si l'on commençait l'expérience non par un lessivage pur et simple, mais par une soustraction du principe calcaire à l'aide d'un acide.

Ce fait bien connu nous porte à admettre que lorsque le carbonate de chaux rencontre dans le sol certaines conditions, il nitrifie l'ammoniaque et la solidifie, pour ainsi dire, en la transformant. Quant au nitrate de chaux, qui sera le résultat de cette transformation, nous savons déjà comment, sous l'influence des fumiers, il se changera plus tard à son tour en carbonate de chaux et en ammoniaque.

Ce n'est pas tout. En parlant des sels ammoniacaux autres que le carbonate, nous avons vu comment ils devenaient très-utiles aux plantes, par leur passage à l'état de carbonate ammoniacal, sous l'influence du carbonate de chaux humide.

Or, dans les terres arables, il y a des sels ammo-

niacaux minéraux, apportés soit par les fumiers, soit par les engrais artificiels, soit par un conflit d'actions chimiques opéré naturellement dans le sein même de la terre arable sous l'influence des matières azotées et salines.

Dans ce cas, on voit quel sera le rôle du carbonate de chaux. Il contribuera à la décomposition des sels ammoniacaux minéraux et à leur transformation en carbonate d'ammoniaque.

Enfin, suivant M. Liebig, le carbonate de chaux rendu soluble par l'acide carbonique agirait sur l'argile du sol comme la chaux caustique, et nous avons établi tout à l'heure qu'en agissant sur l'argile, elle rend libres les alcalis que celle-ci renferme. Or, on sait depuis longtemps que le principe alcalin est très-favorable à la végétation.

Pour résumer les différentes phases de l'influence du chaulage, suivons-les pas à pas.

On introduit dans le sol une certaine quantité de chaux éteinte, et par cela même à un état extrême de division. Sa première action se porte sur l'argile, pour lui enlever les alcalis et les rendre libres; elle se porte en même temps sur les matières organiques à texture forte et compacte; elle les attaque et les prépare ainsi à une facile décomposition: rencontre-t-elle des acides, comme il pourrait arriver dans la terre des bruyères, elle les neutralise; rencontre-t-elle des principes tanniques si défavorables à la végétation, elle les décompose; en un mot, elle purifie la terre.

Mais cette action épuratrice cesse bientôt, car la chaux a trouvé de l'acide carbonique, s'est combinée avec lui et s'est transformée en carbonate; désormais c'est donc ce dernier qui agira lentement, mais sans cesse.

Le carbonate de chaux va demeurer en présence de l'acide carbonique; vu que dans une terre cultivée, il s'en forme continuellement. Le carbonate de chaux devient donc bi-carbonate, et par conséquent soluble. Dans cet état, il continue à agir sur l'argile du sol, comme s'il était encore à l'état de chaux caustique; en outre, il est absorbé directement par les racines des plantes, et va contribuer à la nutrition végétale. Mais la formation de ce bi-carbonate ou de cet aliment est bien peu de chose en comparaison de la masse que l'on a introduite dans la terre.

Que fait-il donc? D'abord il peut, dans quelques cas exceptionnels, améliorer les qualités physiques du sol, en le rendant plus perméable aux actions extérieures; en outre, il fixera, en la nitrifiant, une partie de l'ammoniaque provenant des fumiers ou des eaux pluviales, ou bien encore il contribuera à décomposer les sels ammoniacaux minéraux, à les transformer en carbonate d'ammoniaque, et à les préparer ainsi à être absorbés par les spongioles des racines.

Enfin l'épuisement succède à l'action, et, après quelques années, il faudra recommencer le chaulage.

Concluons que le rôle de la chaux, dans la culture des terres, est très-complexe. Il alcalise le sol et l'é-



pure, il nourrit les plantes et influe sur l'économie de l'ammoniaque. Lorsque la chaux pourra agir sans obstacles, ses effets éclateront pleinement; mais si, par hypothèse, son action est entravée, il n'y a pas de doute que l'efficacité sera notablement réduite.

Dans une terre forte non calcaire, peu ou point fumée, le chaulage ne pourra faire sentir que son influence nutritive. Dans ce cas, les effets n'en seront pas remarquables. Ils seront nuls dans une terre peu ou point fumée, mais calcaire; car, ici, aucune des influences du chaulage ne pourrait se manifester.

Ce que nous venons de dire nous facilite singulièrement l'explication du marnage; néanmoins dans cette dernière pratique, on rencontre des anomalies que nous tâcherons de faire disparaître dans la prochaine séance.

---

## VINGT-CINQUIÈME LEÇON.

MARNAGE. — ÉCOBUAGE.

MESSIEURS,

Rappelons la nature et les propriétés de la marne avant d'examiner sa manière d'agir sur la végétation.

La marne est un calcaire mêlé en différentes proportions à de l'argile ou bien à du sable, ou à de l'argile et à du sable tout à la fois.

La proportion du calcaire y varie de 10 à 90 p. 100.

Souvent on trouve des marnes qui renferment de l'azote ; ce qui ne doit pas surprendre, car les calcaires argileux, répondant par leur âge aux formations les plus récentes, sont mêlés à des débris organiques, et il y en a qui sont presque formés en totalité de détritits de coquilles.

Le caractère distinctif des marnes, quelle que soit leur composition immédiate, est de se déliter et de se réduire en poudre par les influences atmosphériques.

Cet exposé nous permet de concevoir ce qu'il y a de commun entre le chaulage et le marnage, puisque nous remarquons, dans les deux cas, la présence et par conséquent l'action du carbonate de chaux très-divisé.

Ce que nous avons dit, relativement à la phase du chaulage dans laquelle la chaux est passée à l'état de carbonate, s'applique au marnage. Cette opération a donc pour but d'offrir à la végétation l'aliment calcaire; et d'introduire dans le sol une substance capable de provoquer la formation de l'ammoniaque.

De plus, par cela seul que la marne peut être riche tantôt en argile, tantôt en sable, son action générale doit varier suivant la nature du sol. Dans une terre calcaire, elle sera presque nulle. Une terre aride et sèche demandera une marne argileuse; une terre forte et compacte, une marne sablonneuse.

Toutes ces remarques sont, pour ainsi dire, autant de corollaires déduits de la composition et des propriétés des marnes. Je n'y insiste donc pas davantage, et je vous demanderai seulement d'arrêter votre attention sur une anomalie qui peut devenir la cause de graves mécomptes.

Si l'on consulte les travaux les plus consciencieux sur la marne (parmi lesquels je citerai ceux de M. Puvis et de M. de Gasparin), on reste convaincu que les bons effets de son emploi se lient étroitement avec sa richesse en principe calcaire, et à la quantité plus ou moins grande de ce même principe dans le sol.

Cela est si vrai que M. Puvis a dressé un tableau que

je mets sous vos yeux, et où l'on trouve le nombre de mètres cubes de marne nécessaires à un hectare de terrain privé de chaux, en supposant connues l'épaisseur de la couche labourée et la richesse en élément calcaire de la marne même.

Nombre de mètres cubes de marne nécessaires Lorsque 100  
à une couche de terre labourée d'une épais- parties de  
seur de marne con-  
tiennent en  
carbonate  
de chaux

8 centi- mètres.	11 centi- mètres.	14 centi- mètres.	16 centi- mètres.	19 centi- mètres.	22 centi- mètres.	
244	$324\frac{3}{4}$	405	487	568	650	40
122	$162\frac{1}{2}$	$202\frac{1}{2}$	$243\frac{1}{2}$	284	325	20
$81\frac{1}{2}$	$108\frac{1}{4}$	135	129	$189\frac{1}{2}$	217	30
64	$81\frac{1}{4}$	104	122	142	162	40
49	65	81	$97\frac{1}{2}$	$113\frac{6}{10}$	130	50
$40\frac{7}{10}$	54	$67\frac{1}{2}$	81	$94\frac{6}{10}$	108	60
35	46	58	$69\frac{1}{2}$	81	93	70
$30\frac{1}{2}$	$40\frac{1}{2}$	51	61	71	81	80
27	36	45	54	63	72	90
$24\frac{4}{10}$	$32\frac{1}{2}$	$40\frac{1}{2}$	49	57	63	100

On a observé cependant que deux lots de même ter-

rain qui auraient reçu deux marnes de provenance différente, mais de composition à peu près identique, ne deviennent pas, à beaucoup près, également fertiles. En effet, M. Lartet a constaté qu'avec deux marnes d'égale composition, vingt-cinq voitures de l'une ont donné les mêmes effets que deux cents voitures de l'autre.

Voilà, Messieurs, l'anomalie que je signale à votre attention, et que je tâcherai d'expliquer à l'aide des observations de M. de Gasparin.

C'est un fait déjà établi que l'état de division du carbonate calcaire joue un rôle très-important dans le marnage et dans le chaulage.

Or, c'est aussi un fait bien connu que toutes les marnes, ayant approximativement la même composition, ne se délitent pas de la même manière. Il en est qui se délitent entièrement et d'une manière uniforme ; d'autres seulement en partie : ces dernières laissent quelquefois des quantités considérables de résidu.

Si l'on songe que ce résidu, non délitable, est calcaire, et a généralement la même composition que la portion délitée, il est facile de comprendre que plus il y en aura dans une marne, moins il y aura de parties efficaces, puisque l'efficacité dépend de l'état de division. On comprendra aussi, sans peine, que dans les marnes il y a un principe calcaire actif et un principe calcaire inerte.

Le principe calcaire actif est celui qui peut se déliter, et le principe calcaire inerte est celui qui ne le peut pas.

Pour que le tableau dressé par M. Puvis pût être vrai-

ment utile, il faudrait savoir si le carbonate calcaire renfermé dans les marnes est entièrement actif ou en partie inerte.

Ce que je viens de dire explique suffisamment l'anomalie qui se présente dans le marnage, et qui consiste dans la différence d'action des diverses marnes, toutes choses égales d'ailleurs.

Occupons-nous des moyens de prévenir les déceptions qu'entraîne l'anomalie dont nous parlons.

Il est évident que la connaissance préalable de la composition d'une marne, et de la quantité de matières non délitables qu'elle renferme, est nécessaire à la mesure de son action, sauf les changements que la nature du sol pourrait apporter.

Voyons comment on peut acquérir cette double donnée.

Que l'on prenne une certaine quantité (10 grammes, par exemple) de la marne dont on voudra connaître approximativement la composition. Elle doit être pulvérisée et desséchée à la température de l'eau bouillante. On l'introduit dans un matras, et on la mêle avec de l'acide muriatique étendu de six fois son volume d'eau.

Il y aura une effervescence due au dégagement de l'acide carbonique. Dès qu'elle aura cessé, on versera le tout sur un double filtre, qu'on lavera avec de l'eau de pluie, jusqu'à ce que le liquide filtré ne soit plus acide. Ce moment arrivé, on tirera le filtre de l'entonnoir, on le déposera sur du papier buvard pour qu'il lui abandonne une grande partie de son humidité, et puis on en achè-

vera la dessiccation à la température de l'eau bouillante; Il ne restera plus qu'à dédoubler le filtre, à en charger les plateaux de la balance, et à en chercher l'équilibre avec des poids;

Ces poids représenteront le carbonate de chaux de la marne.

Supposons que la quantité trouvée par ce procédé soit 55 p. 100.

Il s'agit maintenant de savoir combien il y en a d'inertes sur ces 55 parties.

Le procédé pour y parvenir est encore plus facile que le précédent.

On introduit 1 kil. de marne dans un bocal en verre ou dans une terrine; on y verse de l'eau, et l'on attend que la matière solide se soit délitée pour commencer une opération semblable à celle que nous avons faite dans la quatrième leçon, lorsque nous nous sommes occupés de l'analyse mécanique des sols.

Cette opération, vous le savez, consiste à imprimer un mouvement circulaire au liquide, et à le décanter avant que le mouvement ait cessé. De cette manière, les parties légères sont séparées, par décantation; des parties lourdes qui se précipitent.

Dans le cas actuel, l'exécution est encore plus facile, puisqu'il ne s'agit pas de séparer des particules également divisées et inégalement denses, mais bien des parties qui ne diffèrent entre elles que par leur volume. En répétant la décantation autant de fois qu'il sera nécessaire pour que l'eau ajoutée en dernier lieu reste limpide,

on aura un résidu de parties grossières plus ou moins volumineuses, non délitables. Il ne restera plus qu'à dessécher et à peser.

J'admets que nous ayons ici 150 grammes de ce résidu, qui a la composition de la marne sans en avoir les caractères.

Cette quantité correspondra à 15 p. 100 ; ce qui donne pour la portion délitable 85 p. 100.

Notre marne renfermera donc 85 p. 100 de parties délitables et efficaces, dont la richesse en carbonate calcaire sera en raison de 55 p. 100, et par une simple proportion, on saura combien elle contient de carbonate calcaire actif.

Pour le cas que nous considérons, la marne en contiendrait 46,75 p. 100. En effet,  $100:55::85:46,75$ . Pour plus de simplicité, supposons qu'elle en contienne 47, et raisonnons sur cette hypothèse.

Il faut maintenant que nous sachions quelle sera la quantité nécessaire au marnage, car cette quantité devra varier, ainsi que nous venons de le voir. Pour cela, il est indispensable d'adopter une unité, et nous nous arrêtons, ainsi que l'a fait M. de Gasparin, à une unité fournie par l'observation.

On a constaté qu'une marne contenant 67,5 p. 100 de carbonate calcaire, et qui se délitait entièrement, produisait, à la dose de 20 mètres cubes par hectare, des résultats admirables.

En prenant pour unité les données de cette observation, on trouve que la quantité nécessaire pour marnier



un hectare d'un terrain convenablement disposé s'élève à 29 mètres cubes environ, puisque  $47 : 20 :: 67,5 : 28,72$ .

Vous voyez donc, Messieurs, que l'application du marnage exige encore plus de discernement que celle des autres amendements.

Il ne s'agit pas seulement de bien choisir le terrain, mais de connaître d'avance le degré d'efficacité de la marne à employer, pour ne pas en mettre trop ou trop peu, et pour ne pas s'exposer, dans tous les cas, à des pertes.

Maintenant faudra-t-il admettre que, moyennant toutes ces précautions, il soit possible de calculer rigoureusement d'avance les effets de la marne? Non sans doute.

Avec ces précautions, et en tenant compte de la nature du sol, il est permis de croire qu'on n'aura point, à parité de circonstances, d'un côté des effets remarquables et d'un autre côté des effets complètement négatifs; mais cependant on peut rencontrer des différences dont il n'est pas toujours facile de se rendre compte.

Les résultats en agriculture se rattachent à des causes très-complexes, dont la raison peut passer en partie inaperçue.

Un exemple rendra mieux ma pensée.

Nous avons dit, au commencement de cette séance, que les marnes renferment assez souvent de l'azote. Nous ajouterons qu'elles peuvent en contenir jusqu'à un mil-

liéme et demi ; mais il en est dans lesquelles on n'en trouve que très-peu.

Or, n'est-il pas évident que toutes choses égales d'ailleurs, une marne très-azotée doit produire plus d'effet qu'une autre marne qui ne le serait que peu ou point ? Voilà donc une cause de différence dans les résultats, et il faut convenir qu'à propos du marnage on ne se préoccupe guère de l'azote, qui pourtant peut exercer une influence très-sensible, particulièrement sur les premières récoltes.

Disons donc qu'il serait aussi injuste d'exiger un accord rigoureux entre les indications de la science et les résultats pratiques, que de prendre texte de ces discordances inévitables pour déconsidérer la science et douter des services qu'elle peut rendre.

En un mot, l'agriculteur qui, avant de marnier un sol, se préoccupera non-seulement de sa nature, mais aussi de la nature de la marne, s'exposera à beaucoup moins de déceptions que celui qui agira par routine, et sans soumettre ses opérations à aucun raisonnement.

Nous terminerons ce que nous avons à dire sur les engrais minéraux ou les amendements, par l'examen de l'opération connue sous le nom d'*écobuage*.

Pour bien comprendre les effets de l'écobuage sur la végétation, il faut poser préalablement certains faits qui relèvent de la pratique aussi bien que de la théorie.

Il ne suffit pas, pour être fertile, qu'un sol renferme des alcalis, de la chaux, des phosphates et des silicates ; il

fait que ces différents principes se trouvent dans des conditions favorables; pour que les plantes puissent se les assimiler.

Si nous cherchons ce que c'est que la cendre, nous verrons que c'est un mélange d'alcalis, de chaux, de phosphates et de silicates, mais chacun de ces principes s'y trouve pour ainsi dire prêt à être assimilé par les plantes.

En effet, à l'aide d'un simple lessivage, vous enlevez à la cendre les alcalis : donc ces principes s'y trouvent à l'état soluble.

Le plus léger acide déterminera une effervescence, enlèvera de la chaux et de plus des phosphates et des silicates : donc la chaux y est à l'état de carbonate, et les deux autres corps s'y trouvent dans des conditions telles qu'ils n'ont pas besoin d'agents très-énergiques pour être décomposés; et d'après ce que nous savons, nous pouvons admettre que tous les principes constituants de la cendre sont attaqués par l'eau saturée d'acide carbonique.

S'il est prouvé que les principes immédiats de la cendre peuvent être assimilables par cela seul qu'ils peuvent devenir solubles, on s'explique donc les heureux effets de son application à l'agriculture.

Nous savons que les plantes exigent dans le sol certaines conditions physiques pour y prospérer : une terre trop aride ou trop humide, trop meuble ou trop compacte, peut être également défavorable à la végétation.

Nous ne rappellerons pas ici les moyens indiqués par

la pratique pour améliorer les terres de cette espèce ; mais il faut que nous connaissions un fait qui, tout en se rattachant à l'amélioration des terres, nous servira à expliquer l'influence de l'écobuage.

Depuis nombre d'années, M. Vicat a observé que, lorsqu'on chauffe une argile au rouge sombre, elle perd une partie de ses propriétés physiques primitives, et développe des qualités chimiques qu'elle n'avait pas.

Par exemple ; une argile qui adhère avec force à la langue, qui ne se laisse attaquer qu'avec peine par les acides puissants, qui forme avec l'eau une pâte très-liante, capable de durcir considérablement par la dessiccation, deviendra, après avoir été calcinée, moins avide d'eau ; elle adhèrera moins à la langue ; la pâte qu'elle formera sera beaucoup moins liante, et, quoique desséchée, sera poreuse, et par conséquent peu compacte.

Au surplus, si l'on traite par des acides d'une force moyenne cette argile calcinée, elle se laissera attaquer avec une facilité remarquable.

Ce fait nous laisse apercevoir la possibilité d'améliorer, par la seule action d'une chaleur élevée, une terre trop forte ou trop argileuse.

Nous pouvons, maintenant, nous rendre compte de l'influence principale de l'écobuage, et nous expliquer aussi pourquoi il peut arriver que cette opération ne produise pas de bons effets.

En quoi consiste l'écobuage ? On enlève des tranches

de terre jusqu'à une certaine profondeur ; on les dispose en monceaux à peu près semblables aux fourneaux des charbonniers ; les herbes adhérentes aux tranches enlevées occupent la partie intérieure ; on y met le feu : le résidu de cette combustion, cette espèce de cendre terreuse, est répandue plus tard sur la terre destinée à être ensemencée.

Supposons que cette opération ait été faite sur une terre forte, argileuse, bien gazonnée, et riche en landes, bruyères, ajoncs et autres productions sauvages : l'on aura obtenu, dans le résidu de la combustion, un mélange de cendres de végétaux et d'argile calcinée.

Comme nous savons quelle est l'action de la cendre sur les plantes, et quelle modification éprouve l'argile, par suite d'une chaleur élevée, nous devons comprendre pourquoi l'écobuage produira dans ce cas, d'excellents résultats.

Cette terre, qui naguère était imperméable aux agents atmosphériques, qui ne pouvait nourrir que péniblement et à la longue des plantes sauvages, va être recouverte d'une couche perméable à l'air et à l'humidité, et devenir riche de principes minéraux et assimilables : elle pourra par conséquent alimenter les céréales et autres plantes de culture sans l'intervention des fumiers.

Je m'aperçois, Messieurs, que cette phrase, *sans l'intervention des fumiers*, vous préoccupe. Vous vous demandez probablement où les céréales trouveront l'azote dans une terre écobuée, si l'on ne fait pas intervenir les fumiers ?

Prenez deux portions égales de terre destinée à être écobuée. Chauffez l'une d'elles, en la remuant souvent pour faciliter l'accès de l'air sur tous ses points. Introduisez l'autre portion dans une cornue, et chauffez graduellement, jusqu'à ce qu'il ne sorte plus de fumée. Ces deux opérations terminées, cherchez dans chacun des résidus la quantité d'azote qu'il renferme. Vous trouverez que, dans le résidu obtenu par la calcination de la terre à l'air libre, c'est à peine s'il y a des traces d'azote, tandis que le résidu laissé par la terre calcinée dans la cornue en contient des quantités sensibles.

Or, que faites-vous dans l'écobuage? Vous chauffez de la terre en vase clos, car celle qui constitue l'épaisseur du monceau (la portion superficielle exceptée), se trouvant à l'abri de l'accès libre de l'air, s'échauffe précisément comme si elle était renfermée dans une cornue.

Mais lorsque des matières végétales sont chauffées graduellement et de manière que leur combustion ne soit pas complète, à cause de l'absence de l'air, elles donnent incontestablement des produits pyrogénés azotés, qui, dans le cas actuel, sont arrêtés, pour ainsi dire, par la terre, devenue poreuse et absorbante.

Que, dans la combustion des matières végétales, il se forme des produits azotés, on ne saurait le mettre en doute, lorsqu'on analyse la suie. Cette substance se compose de produits pyrogénés qui ont échappé à une complète combustion, par défaut d'air ou de chaleur. Mais la suie renferme  $1 \frac{1}{2}$  d'azote, lorsqu'elle provient du

lois ; 1 <sup>2</sup>/<sub>3</sub>, lorsqu'elle provient de la houille, et un demi seulement, si elle dérive de la tourbe.

Dans le cas de l'écobuage, il n'en peut y avoir combustion, ou, si vous voulez, calcination parfaite, puisque l'air ne peut envahir toute la masse de la terre. Il doit donc se former des produits analogues à la suie, c'est-à-dire des produits azotés.

La pratique, sans probablement se rendre compte de la cause, a bien vu qu'il faut que la combustion ne soit pas complète pour que l'écobuage réussisse. Lisez le *Traité de l'Agriculture pratique et raisonnée* de Sinclair, et vous y trouverez que, lorsque l'incinération est complète dans l'écobuage, et que le résidu est rougeâtre au lieu d'être noirâtre, le sol peut être frappé de stérilité. Cela signifie que, lorsque l'air et la chaleur ont pu agir simultanément et sans mesure sur la terre végétale, tout ce qu'elle contenait d'organique a été détruit, et que le résidu n'est plus azoté, mais exclusivement composé de principes minéraux.

Désormais nous pouvons nous expliquer pourquoi une terre écobuée devient fertile: C'est qu'elle s'est modifiée dans sa texture: de compacte, elle est devenue poreuse et perméable aux agents extérieurs; elle s'est en outre enrichie d'azote assimilable et de principes minéraux prêts à être absorbés par les racines des plantes. Enfin, par le fait de l'écobuage, la terre s'est débarrassée non-seulement des mauvaises herbes qui la fatiguaient et l'épuisaient sans profit, mais en même temps,

des insectes qui auraient compromis le succès de toute culture.

Nous pouvons également nous expliquer pourquoi malgré l'écobuage une terre demeure stérile. Qu'on la suppose très-sablonneuse et très-légère, peu gazonnée par conséquent, et peu riche en plantes; dans ce cas, l'écobuage ne modifiera point sa texture: elle était légère et aride, elle restera aride et légère. Elle renfermera des principes minéraux provenant des plantes qui la couvraient; mais ils ne seront pas abondants, puisque les plantes elles-mêmes ne l'étaient pas. Au surplus, l'aridité et la facile divisibilité d'une pareille terre auront donné à l'air un libre accès pendant l'incinération, et dès lors il y aura eu perte de principes azotés.

Ce que nous venons de dire trouve une ample confirmation dans la pratique. Les agriculteurs savent qu'il ne faut écobuer que les terrains forts, riches en plantes, en racines, en tiges et en terreau.

Il y aurait encore beaucoup à dire sur la pratique de l'écobuage; mais ce serait plutôt du ressort de l'économie agricole que de la chimie. Aussi ne ferai-je plus qu'une dernière observation sur ce sujet.

Quelle que soit l'intelligence que l'on déploie dans cette pratique, ses résultats ne seront jamais tout ce qu'ils pourraient être, si l'on n'y associe point un bon système d'assolement.

Vous entendrez souvent des agriculteurs vous dire qu'ils ont fait jusqu'à huit ou neuf récoltes successives



de céréales sur une terre écobuée; mais cela ne peut se réaliser que par exception et sur des terres favorisées, qu'il est rare de rencontrer dans les défrichements. Dans tous les cas, loin de contester des effets si remarquables, je dirai qu'ils l'eussent été encore davantage si, au lieu de cultiver huit ou neuf ans de suite des plantes de la même famille, on eût intercalé et varié les cultures, en associant ainsi les ressources propres de la terre à celles qu'on peut puiser dans l'air.

Messieurs, je viens d'achever la tâche que je m'étais imposée. De ce qu'elle a dépassé mes forces, dois-je conclure qu'elle a été infructueuse? L'attention soutenue avec laquelle vous m'avez encouragé pendant ce cours, me fait croire que vous avez entendu avec intérêt expliquer par la science la plupart de vos procédés agricoles. Mes efforts n'auraient donc pas été inutiles, si je vous avais inspiré la conviction que la pratique ne peut que s'améliorer en s'associant à la théorie.

FIN.



## TABLE DES MATIÈRES.

---

	Pages,
AVANT-PROPOS. . . . .	V
I <sup>re</sup> LEÇON. — Plan du Cours. — Commencement de l'étude de l'air atmosphérique. . . . .	5
II <sup>e</sup> LEÇON. — Impuretés de l'air atmosphérique. — Miasmes. . . . .	22
III <sup>e</sup> LEÇON. — Formation de la terre arable, — Propriétés physiques du sol. . . . .	40
IV <sup>e</sup> LEÇON. — Composition de la terre arable. — Son analyse mécanique. — Propriétés des principes immédiats de la terre arable, — Silice, — Argile, — Alumine. . . . .	60
V <sup>e</sup> LEÇON. — Carbonate de chaux. — Carbonate de magnésie. Sulfate de chaux. — Phosphates. — Oxydes de fer. . . . .	81
VI <sup>e</sup> LEÇON. — Sulfate de fer. — Sulfate de magnésie. — Nitrate de potasse. — Sel marin. — Terreau. . . . .	100
VII <sup>e</sup> LEÇON. — Analyse chimique de la terre arable. — Détermination de l'azote. . . . .	124
VIII <sup>e</sup> LEÇON. — Détermination du calcaire, du plâtre et du sel marin. . . . .	138
IX <sup>e</sup> LEÇON. — Détermination du nitre, des sulfates et des phosphates. — Classification des cendres alcalines et terreuses. — Moyen de reconnaître les cendres. . . . .	154
X <sup>e</sup> LEÇON. — Cendres phosphatées et siliceuses. — Assolements. . . . .	170
XI <sup>e</sup> LEÇON. — Suite de l'étude des assolements. . . . .	188
XII <sup>e</sup> LEÇON. — Suite de l'étude des assolements. . . . .	205
XIII <sup>e</sup> LEÇON. — Étude des engrais. — Fumier. . . . .	223
XIV <sup>e</sup> LEÇON. — Préparation des fumiers. . . . .	238

	Pages.
XV <sup>e</sup> LEÇON. — Production des fumiers. — Choix des litières. — Organisation des étables.....	254
XVI <sup>e</sup> LEÇON. — Nutrition des animaux. — Equivalents des four- rages.....	273
XVII <sup>e</sup> LEÇON. — Quantité et qualité des aliments. — Conditions améliorantes des aliments. — Appréciation des fumiers.....	293
XVIII <sup>e</sup> LEÇON. — Déjections de porc — de mouton — d'homme. — Engrais flamand. — Poudrette.....	314
XIX <sup>e</sup> LEÇON. — Noir animalisé. — Vidanges inodores. — Guano. — Colombine. — Poulaitte.....	331
XX <sup>e</sup> LEÇON. — Sang. — Noir animal. — Chair. — Chiffons.. . .	347
XXI <sup>e</sup> LEÇON. — Engrais végétaux. — Engrais Jauffret. — Com- posts.....	364
XXII <sup>e</sup> LEÇON. — Engrais minéraux azotés. — Tangué. — Merl. Nitrates. . . . .	381
XXIII <sup>e</sup> LEÇON. — Sels ammoniacaux. — Commencement de l'étude des amendements. — Sel marin.....	399
XXIV <sup>e</sup> LEÇON. — Plâtrage. — Chaulage. . . . .	415
XXV <sup>e</sup> LEÇON. — Marnage. — Écobuage.....	434
Recueil d'analyses de cendres.	

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

RÉCUEIL D'ANALYSES DE CENDRES VÉGÉTALES.

PLANTES OU PARTIES DES PLANTES QUI ONT DONNÉ LES CENDRES.	POTASSE ET SOUDE.	CHAUX.	MAGNÉSIE.	OXYDES DE FER et de MANGANÈSE.	ACIDE PHOSPHO- RIQUE.	ACIDE SULFURIQUE.	ACIDE SILICIQUE.	ACIDE CARBONIQUE.	ACIDE CHLORHY- DRIQUE.	CHLORURES ALCALINS.	SILICATES ALCALINS.	PHOS- PHATES TERRREUX.	CAR- BONATES TERRREUX.	SELS SOLUBLES(1).	POIDS DE LA CENDRE p. 1,0000 DE VÉGÉTAL.	NOMS DES AUTEURS.	OBSERVATIONS.
<b>ARBRES.</b>																	
Arbre de Judée. Cercis siliquastrum.....	13,39	37,26	5,83	4,62	6,07	0,05	2,13	32,27	0,01	—	—	—	—	—	0,0170	Berthier.	Environs de Nemours.
Aulne. Alnus glutinosa.....	11,65	41,25	—	5,59	8,93	3,94	0,82	25,58	1,69	—	—	—	—	—	0,0040	Id.	Sol sablonneux de Pontgibaut.
Bois de Sainte-Lucie. Prunus mahaleb.....	10,08	40,99	5,88	1,09	5,29	0,96	1,67	31,76	1,60	—	—	—	—	—	0,0160	Id.	Environs de Nemours.
Bois noir. Mimosa Lebbek.....	—	38,67	3,14	4,32	1,53	—	6,12	29,15	—	—	—	—	—	15,00	0,0149	Id.	Terrain argileux. Châtillon.
Bouleau. Betula alba.....	12,72	43,84	2,52	3,36	3,61	0,36	4,78	28,72	0,03	—	—	—	—	—	0,0100	Id.	Terrain argileux, sablonneux. Forêt d'Orléans.
Cerisier. Cerasus avium.....	29,50	29,75	9,24	0,08	7,80	3,32	2,08	13,90	—	—	—	—	—	—	—	Engelmann.	Environs de Giessen.
Id. Ecorce.....	22,00	41,96	5,10	0,20	3,26	0,80	19,28	4,90	0,64	—	—	—	—	—	—	Id.	Id.
Châtaignier. Fagus castanea.....	10,41	43,63	3,24	3,22	1,62	1,27	7,64	28,78	0,07	—	—	—	—	—	—	Berthier.	Terrain de grauwaacke et de calcaire de transition. Env. d'Allevard.
Charme. Carpinus betulus.....	11,30	35,01	5,74	5,74	7,21	1,31	3,37	28,34	0,84	—	—	—	—	—	—	Id.	Département de la Somme.
Id. Bois séparé de l'aubier.....	—	—	—	2,25	—	—	0,12	—	—	—	—	23,00	26,00	48,63	—	De Saussure.	Id.
Id. Aubier du bois précédent.....	—	—	—	1,00	—	—	1,00	—	—	—	—	36,00	15,00	47,00	—	Id.	Id.
Id. Ecorce du bois précédent.....	—	—	—	0,42	—	—	1,50	—	—	—	—	4,50	59,00	34,50	—	Id.	Id.
Chêne. Quercus robur.....	12,16	48,22	0,58	—	0,77	1,45	3,70	39,16	0,18	—	—	—	—	—	—	Berthier.	Département du Lot.
Id. Ecorce.....	17,32	37,55	0,60	5,55	—	1,50	0,84	33,92	0,17	—	—	—	—	—	0,0600	Id.	Id. de l'Allier.
Id. Branches écorcées.....	—	—	—	1,00	—	—	0,12	—	—	—	—	28,50	12,25	58,58	0,0040	De Saussure.	Coupées en mai. Jeune plante.
Id. Ecorce des branches précédentes.....	—	—	—	1,75	—	—	0,25	—	—	—	—	4,50	63,25	29,75	0,0600	Id.	Id.
Id. Bois séparé de l'aubier.....	—	—	—	2,25	—	—	2,00	—	—	—	—	4,50	32,00	58,65	0,0020	Id.	Id.
Id. Aubier du bois précédent.....	—	—	—	2,00	—	—	7,50	—	—	—	—	24,00	11,00	55,50	0,0040	Id.	Id.
Id. Ecorce du tronc précédent.....	—	—	—	2,00	—	—	1,50	—	—	—	—	3,00	66,00	28,50	0,0600	Id.	Id.
Id. Liber de l'écorce précédente.....	—	—	—	1,00	—	—	0,50	—	—	—	—	3,75	65,00	29,75	0,0730	Id.	Id.
Id. Feuilles.....	—	—	—	0,64	—	—	3,00	—	—	—	—	24,00	0,12	72,24	0,0530	Id.	Id.
Id. Feuilles.....	—	—	—	1,75	—	—	14,50	—	—	—	—	18,25	23,00	42,50	0,0550	Id.	Récoltées en mai.
Id. Bois.....	9,44	50,58	3,01	0,38	2,32	0,78	0,52	33,47	0,01	—	—	—	—	—	—	Id.	Id. en septembre.
Id. Glands.....	56,20	5,95	4,34	1,31	14,53	3,28	0,84	13,13	—	0,85	—	—	—	—	—	Deninger.	Environs de Neufchâtel.
Chêne blanc. Quercus alba.....	—	46,77	0,93	0,93	2,79	—	3,06	38,50	—	—	—	—	—	—	—	Klinschmidt.	Id.
Id. vert. Quercus ilex.....	—	48,40	2,40	4,80	2,80	—	5,10	35,90	—	—	—	—	—	7,05	—	Berthier.	Bouches-du-Rhône.
Citronnier. Citrus medica. Semences.....	37,45	12,87	8,68	0,24	34,81	3,30	0,35	—	—	2,31	—	—	—	—	—	Id.	Id.
Ebénier (faux). Cytisus laburnum. Branchages... Hêtre. Fagus silvatica.....	— —	31,23 32,95	6,16 2,05	— 3,04	12,60 4,10	— —	5,48 7,00	13,01 26,71	— —	— —	— —	— —	— —	31,50	0,0125	Berthier.	Jardin du Luxembourg.
Id.....	20,05	24,79	12,10	0,86	3,29	1,45	1,56	35,72	0,14	—	—	—	—	23,90	—	Id.	Environs de Pontgibaut.
Id.....	17,11	27,91	3,73	1,12	1,20	1,60	2,46	—	—	traces	—	—	—	—	—	Boettiger. Heilbronn.	Id.
Id. Ecorce.....	—	—	—	0,44	0,40	—	9,84	—	—	—	—	7,75	—	—	—	Hertwig.	Id.
Id. Graines.....	32,32	24,50	11,64	2,67	20,81	2,20	1,88	34,51	—	0,87	—	—	81,66	3,02	—	Id.	Id.
Marronnier. Aesculus hippocastanum. Fruits.....	50,66	—	—	0,30	12,50	—	0,50	16,32	—	3,00	—	—	—	—	—	De Saussure.	Id.
Mélèze. Pinus Larix.....	17,52	20,29	18,36	13,04	1,97	1,30	2,74	23,66	0,44	—	—	—	—	—	—	Boettiger. Heilbronn.	Les oxydes métalliques se composent en partie de manganèse.
Mûrier de Chine. Morus nigra.....	12,85	45,09	5,83	—	4,37	1,58	10,80	19,43	0,75	—	—	—	—	—	—	Berthier.	Grève calcaire de Nemours. Branches.
Id. blanc. Morus alba.....	—	39,69	4,42	0,68	9,86	—	0,65	23,03	—	—	—	—	—	—	—	Id.	Nemours. Branches moyennes.

PLANTES OU PARTIES DES PLANTES QUI ONT DONNÉ LES CENDRES.	POTASSE ET SOUDE.	CHAUX.	MAGNÉSIE.	OXYDES DE FER et de MANGANÈSE.	ACIDE PHOSPHO- RIQUE.	ACIDE SULFURIQUE.	ACIDE SILICIQUE.	ACIDE CARBONIQUE.	ACIDE CHLORHY- DRIQUE.	CHLORURES ALCALINS.	SILICATES ALCALINS.	PHOS- PHATES TERRUX.	CAR- BONATES TERRUX.	SELS SOLUBLES (1).	POIDS DE LA CENDRE p. 1,0000 DE VÉGÉTAL	NOMS DES AUTEURS.	OBSERVATIONS.
<b>ARBRES.</b>																	
Mûrier blanc. <i>Morus alba</i> . . . . .	15,87	34,57	3,45	1,35	1,35	2,07	2,17	37,25	1,00	—	—	—	—	—	—	Berthier.	Aix. Sol calcaire argileux. Branches moyennes.
Id. Bois séparé de l'aubier. . . . .	—	—	—	0,25	—	—	0,12	—	—	—	—	2,25	56,00	41,38	—	De Saussure.	
Id. Aubier du bois précédent . . . . .	—	—	—	0,25	—	—	1,00	—	—	—	—	27,25	24,00	47,50	—	Id.	
Id. Ecorce du bois précédent. . . . .	—	—	—	1,12	—	—	15,25	—	—	—	—	8,50	45,00	30,13	—	Id.	
Id. Liber de l'écorce précédente. . . . .	—	—	—	1,00	—	—	0,12	—	—	—	—	16,50	48,00	34,38	—	Id.	
Noyer. Fruits. . . . .	27,12	20,89	7,72	0,73	35,61	2,27	1,23	2,93	—	0,80	—	—	—	—	—	—	Plaine terre. Bouches-du-Rhône.
Oranger. <i>Citrus orantium</i> . Bois . . . . .	6,06	42,68	6,82	0,90	1,81	—	5,32	35,83	0,38	—	—	—	—	—	0,0066	Glasson.	
Id. Racine. . . . .	19,95	49,89	6,91	1,02	13,47	5,78	1,75	—	—	1,18	—	—	—	—	—	Berthier.	
Id. Tige . . . . .	14,76	55,13	6,34	0,57	17,09	4,64	1,22	—	—	0,25	—	—	—	—	—	Rowney et How.	
Id. Feuilles. . . . .	18,19	56,38	5,72	0,52	3,27	4,43	4,83	—	—	6,66	—	—	—	—	—	Id.	
Id. Fruits. . . . .	47,84	24,52	8,06	0,46	11,07	3,74	0,44	—	—	3,87	—	—	—	—	—	Id.	
Id. Semences . . . . .	41,20	13,97	8,74	0,80	23,24	5,10	1,13	—	—	0,82	—	—	—	—	—	Id.	
Orme. <i>Ulmus. Ulmus campestris</i> . Bois . . . . .	24,68	33,58	5,30	0,70	2,06	0,97	2,18	30,59	—	—	—	—	—	—	—	—	Près de Giessen.
Id. Ecorce . . . . .	8,58	50,64	2,22	0,38	1,30	0,43	6,11	30,45	—	—	—	—	—	—	—	Wrightston.	
Peuplier. <i>Populus fastigiata</i> . Tronc écorcé. . . . .	—	—	—	1,50	—	—	3,30	—	—	—	—	—	—	—	—	Id.	
Id. Ecorce du précédent. . . . .	—	—	—	1,50	—	—	4,00	—	—	—	—	16,75	27,00	50,50	0,0080	De Saussure.	
Id. Feuilles . . . . .	—	—	—	1,25	—	—	5,00	—	—	—	—	5,30	60,00	29,20	0,0720	Id.	
Id. Feuilles . . . . .	—	—	—	1,50	—	—	11,50	—	—	—	—	13,00	29,00	51,75	0,0660	Id.	
Pin. <i>Pinus silvestris</i> . Bois . . . . .	—	—	—	0,60	0,44	—	15,62	—	—	—	—	7,00	36,00	44,00	0,0930	Id.	
Pin. <i>Pinus silvestris</i> . Ecorce. . . . .	—	—	—	0,60	0,44	—	17,28	—	—	—	—	8,03	56,54	18,72	—	Hertwig	
Id. Feuilles. . . . .	—	—	—	0,48	0,40	—	—	—	—	—	—	11,63	65,91	2,95	—	Id.	
Id. Bois. . . . .	16,82	27,46	17,09	18,30	1,90	1,68	2,63	13,17	—	—	—	7,06	65,78	16,57	—	Id.	
Id. Bois. . . . .	14,14	30,29	16,79	13,98	0,80	2,36	5,10	15,65	1,28	—	—	—	—	—	—	Boettiger. Heilbronn.	
Id. Semences . . . . .	23,63	1,86	15,00	3,01	45,95	—	10,44	—	—	—	—	—	—	—	—	Id.	
Pommier. <i>Malus communis</i> . Bois . . . . .	13,99	45,19	5,30	1,40	3,97	0,76	0,93	21,18	—	0,32	—	—	—	—	—	Poleck.	
Id. Lichen croissant sur le bois précédent. . . . .	22,41	22,99	12,04	10,87	21,54	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Will et Fresenius.	
Sapan. <i>Coesalpinia sapan</i> . Bois . . . . .	5,32	49,47	1,90	0,87	2,23	2,01	0,59	36,55	1,60	—	—	—	—	—	—	Id.	
Sapin. <i>Pinus picea</i> . Tronc . . . . .	16,80	29,57	3,26	14,86	3,12	0,79	6,19	24,87	0,07	—	—	—	—	—	—	Kœchlin.	
Id. Branches. . . . .	11,64	22,65	7,24	23,15	1,40	1,15	11,15	20,15	—	—	—	—	—	—	—	Berthier.	
Id. Planches. . . . .	32,05	24,75	—	3,50	2,20	5,00	1,90	29,30	0,80	—	—	—	—	—	—	Id.	
Id. Feuilles. . . . .	—	—	—	1,60	—	—	2,50	—	—	—	—	—	—	—	—	Id.	
Id. Feuilles. . . . .	—	—	—	5,60	—	—	19,00	—	—	—	—	12,27	43,30	40,13	—	De Saussure.	
Id. Bois. . . . .	13,98	31,50	9,19	2,23	3,07	2,07	5,72	31,00	0,51	—	—	12,00	29,00	34,50	—	Id.	
Id. Feuilles. . . . .	—	—	—	—	—	—	12,36	—	—	—	—	—	—	—	—	Levy.	
Id. Semences . . . . .	28,52	1,42	16,79	1,31	39,65	—	11,71	—	—	—	—	38,36	19,30	29,19	—	Hertwig.	
Sureau à grappes. <i>Sambucus racemosa</i> . . . . .	23,45	31,98	1,62	1,88	5,39	2,24	2,15	28,81	0,14	0,50	—	—	—	—	—	Poleck.	
Tilleul. <i>Tilia europæa</i> . Branches. . . . .	6,55	45,20	1,96	0,62	2,49	0,82	1,96	38,54	0,19	—	—	—	—	—	—	Berthier.	
Id. Bois. . . . .	41,03	29,93	4,14	7,97	4,84	5,30	5,26	—	—	—	—	—	—	—	—	Id.	
Id. Ecorce . . . . .	20,66	60,81	8,03	1,23	4,01	0,74	2,27	—	—	1,49	—	—	—	—	—	Hoffmann.	
Id. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,20	—	—	—	—	—	Id.	

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1  
 (1) Les sels solubles sont, pour la plus grande partie, composés de carbonates de potasse, et de soude.

PLANTES OU PARTIES DES PLANTES QUI ONT DONNÉ LES CENDRES.	POTASSE ET SOUDE.	CHAUX.	MAGNÉSIE.	OXYDES DE FER et de MANGANÈSE.	ACIDE PHOSPHO- RIQUE.	ACIDE SULFURIQUE.	ACIDE SILICIQUE.	ACIDE CARBONIQUE.	ACIDE CHLORHY- DRIQUE.	CHLORURES ALCALINS.	SILICATES ALCALINS.	PHOS- PHATES TERREUX.	CAR- BONATES TERREUX.	SELS SOLUBLES (1).	POIDS DE LA CENDRE p. 1,0000 DE VÉGÉTAL.	NOMS DES AUTEURS.	OBSERVATIONS.
<b>ARBRES.</b>																	
Vigne. <i>Vitis vinifera</i> . Bois. . . . .	36,30	23,71	7,17	3,30	4,15	1,57	1,25	21,06	1,57	—	—	—	—	—	—	Levy.	Près de Worms.
Id. . . . .	30,32	23,13	3,35	10,30	11,76	1,92	1,04	17,78	0,39	—	—	—	—	—	—	Strushauer.	Gratz. Sol quartzeux, formation tertiaire moyenne.
Id. . . . .	25,03	29,19	5,53	0,18	15,18	1,83	0,48	22,26	0,29	—	—	—	—	—	—	Id.	Gratz. Sol calcaire, formation ancienne.
Id. . . . .	28,34	26,05	7,37	0,16	13,58	1,95	1,99	19,44	0,20	—	—	—	—	—	—	Id.	Gratz. Micaschiste.
Vigne. <i>Vitis vinifera</i> . Sarments. . . . .	47,61	36,04	4,76	0,64	7,05	1,82	1,21	—	0,89	—	—	—	—	0,0389	—	Crasso.	Terrain marneux.
Id. . . . .	39,74	43,67	1,05	0,65	9,58	3,59	0,72	—	1,00	—	—	—	—	0,0269	—	Id.	Terrain porphirique.
Vigne. <i>Vitis vinifera</i> . Pépins bleus. . . . .	27,87	32,18	8,52	0,80	27,00	2,40	1,95	—	0,29	—	—	—	—	—	—	Id.	Id.
Id. Pépins blancs. . . . .	29,45	35,56	8,59	1,09	21,05	2,60	0,27	—	0,38	—	—	—	—	0,0283	—	Id.	Id.
<b>ARBRISSEAUX.</b>																	
Airelle. <i>Vaccinium myrtillus</i> . . . . .	—	—	—	9,50	—	—	5,00	—	—	—	—	22,00	22,00	42,50	—	De Saussure.	Àoût. Terrain siliceux.
Id. . . . .	—	—	—	3,12	—	—	0,50	—	—	—	—	18,00	42,00	36,38	—	Id.	Id. Terrain calcaire.
Bruyère. <i>Calluna erica</i> . . . . .	—	—	1,00	7,05	—	—	37,50	—	—	—	—	13,00	28,00	13,00	—	Berthier.	Environs de Nemours.
Café. <i>Cofea arabica</i> . Semences. . . . .	35,00	3,64	9,05	0,60	11,50	—	3,00	15,35	1,04	—	—	—	—	—	—	Levy.	—
Coing. <i>Cydonia vulgaris</i> . Semences . . . . .	30,10	7,69	13,01	1,19	42,02	2,67	0,75	—	—	2,57	—	—	—	—	—	Berthier.	Nemours.
Noisetier. <i>Corylus avellana</i> . Branches. . . . .	41,34	35,95	3,72	3,38	4,06	0,78	3,62	34,38	0,07	—	—	—	—	—	—	Id.	Pontgibaut.
Id. Bois. . . . .	—	43,73	—	5,94	4,73	—	4,56	32,37	—	—	—	—	—	—	—	De Saussure.	—
Id. Branches écorcées. . . . .	—	—	—	0,12	—	—	0,25	—	—	—	—	35,00	8,00	56,70	—	Id.	—
Id. Ecorce des branches précédentes. . . . .	—	—	—	1,75	—	—	0,25	—	—	—	—	5,50	54,00	38,50	—	Id.	—
Id. Feuilles non lavées. . . . .	—	—	—	1,50	—	—	2,05	—	—	—	—	23,30	22,00	50,70	—	Id.	Mois de mai.
Id. Feuilles lavées. . . . .	—	—	—	2,00	—	—	4,00	—	—	—	—	19,50	44,00	30,40	—	Id.	Id.
Id. Feuilles. . . . .	—	—	—	2,00	—	—	11,30	—	—	—	—	14,00	29,00	44,20	—	Id.	Mois de juin.
Id. Feuilles. . . . .	—	—	—	0,05	—	—	22,00	—	—	—	—	12,00	36,00	28,00	—	Id.	Mois de septembre.
Id. Feuilles. . . . .	—	—	—	2,00	—	—	—	—	—	—	—	10,00	39,00	44,98	—	Id.	Sol calcaire. Juin.
Rosage. <i>Rhododendrum ferrugineum</i> . Tiges. . . . .	—	—	—	5,40	—	—	0,50	—	—	—	—	14,00	43,25	38,63	—	Id.	Id.
Id. Feuilles des tiges précédentes. . . . .	—	—	—	3,25	—	—	0,75	—	—	—	—	11,50	29,00	48,50	—	Id.	Sol siliceux. Juin.
Id. Tiges. . . . .	—	—	—	11,00	—	—	1,00	—	—	—	—	16,75	16,75	52,63	—	Id.	Id.
Id. Feuilles des tiges précédentes. . . . .	—	—	—	5,75	—	—	2,60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<b>HERBES.</b>																	
Acore odorant. <i>Acorus calamus</i> . . . . .	32,92	11,48	7,70	2,97	14,54	5,05	2,39	5,40	—	17,48	—	—	—	—	0,0690	Rüling.	—
Asperges. <i>Asparagus officinalis</i> . . . . .	23,37	13,16	3,24	4,22	10,03	5,72	9,99	25,71	3,41	—	—	—	—	—	—	Levy.	—
Avoine. <i>Avena sativa</i> . Paille. . . . .	26,87	7,29	4,58	1,41	1,94	2,15	54,25	—	1,60	—	—	—	—	—	—	Id.	Hesse Electorale.
Id. . . . .	29,90	8,30	2,80	2,10	3,00	4,10	40,00	3,20	4,90	—	—	—	—	—	—	Bousingault.	Bechelbronn.
Avoine. <i>Avena sativa</i> . Grains. . . . .	12,90	3,70	7,70	1,30	14,90	1,00	53,30	—	0,55	—	—	—	—	—	—	Id.	Id.
Id. . . . .	—	—	—	0,25	—	—	60,01	—	—	—	—	24,00	—	15,75	—	De Saussure.	—
Betterave. <i>Beta vulgaris</i> . . . . .	45,00	7,00	4,40	0,50	6,00	1,60	8,00	16,10	5,05	—	—	—	—	—	—	Boussingault.	Id.
Centaurée bleue. <i>Centaurea cyanus</i> . . . . .	36,53	15,48	4,56	1,36	7,57	2,69	3,29	15,00	—	11,88	—	—	—	—	0,0732	Rüling.	—
Chanvre. <i>Cannabis sativa</i> . . . . .	8,20	42,05	4,88	—	3,22	1,10	6,75	31,90	1,60	—	—	—	—	—	—	—	—
Id. . . . .	22,33	26,71	1,00	0,77	34,96	traces	14,04	—	—	0,09	—	—	—	—	—	Leuchtweis.	—

(1) Les sels solubles sont, pour la plus grande partie, composés de carbonates de potasse, et de soude.

PLANTES OU PARTIES DES PLANTES QUI ONT DONNÉ LES CENDRES.	POTASSE ET SOUDE.	CHAUX.	MAGNÉSIE.	OXYDES DE FER et de MANGANÈSE.	ACIDE PHOSPHO- RIQUE.	ACIDE SULFURIQUE.	ACIDE SILICIQUE.	ACIDE CARBONIQUE.	ACIDE CHLORHY- DRIQUE.	CHLORURES ALCALINS.	SILICATES ALCALINS.	PHOS- PHATES TERREUX.	CAR- BONATES TERREUX.	SELS SOLUBLES (1).	POIDS DE LA CENDRE P. 1,0000 DE VÉGÉTAL.	NOMS DES AUTEURS.	OBSERVATIONS.
<b>HERBES.</b>																	
Ciguë: Conium maculatum . . . . .	32,47	20,02	6,78	1,25	9,11	2,78	2,41	—	8,42	—	—	—	—	—	0,1280	Wrightston.	Cette plante est très-azotée ; à l'état sec, elle contient 6,86 p. 100 d'azote.
Digitale pourprée. Digitalis purpurea . . . . .	39,03	11,82	4,90	1,46	2,39	2,84	9,58	—	4,20	—	—	—	—	—	0,1189	—	
Eclaire. Chelidonium majus . . . . .	33,11	23,37	5,06	1,04	15,86	2,24	1,41	14,20	—	3,39	—	—	—	—	0,0685	Rüling.	
Epinards. Spinacia oleracea . . . . .	44,07	9,76	6,85	1,93	7,85	4,05	5,40	8,23	—	11,74	—	—	—	—	0,1976	Saalmüller.	
Fève. Faba vulgaris. Plante . . . . .	—	—	—	0,50	—	—	1,50	—	—	—	—	14,50	3,05	80,00	—	De Saussure.	Avant la floraison. Portant graines.
Id. . . . .	—	—	—	0,50	—	—	1,75	—	—	—	—	17,75	4,00	76,00	—	Id.	
Fève. Faba vulgaris. Tiges . . . . .	—	—	—	2,02	1,47	—	7,97	—	—	0,28	—	13,09	41,42	32,62	—	Hertwig.	
Fève des marais. Faba major . . . . .	—	—	—	0,50	—	—	2,00	—	—	12,00	—	15,00	5,00	57,20	—	De Saussure.	Plante en fleurs. Id. séparée des graines.
Id. . . . .	—	—	—	0,70	—	—	2,80	—	—	14,00	—	6,00	37,50	33,00	—	Id.	
Fève des marais. Faba major. Graines . . . . .	25,00	—	—	0,50	18,90	—	—	—	—	0,90	—	25,90	—	24,50	—	Id.	
Id. . . . .	39,88	7,26	8,87	1,03	37,94	1,34	2,46	—	1,51	—	—	—	—	—	—	Bichon.	Hollande. Bechelbronn.
Id. . . . .	47,14	5,33	8,98	—	35,67	1,66	0,51	—	0,75	—	—	—	—	—	—	Boussingault.	
Id. . . . .	45,46	4,72	6,13	0,66	39,11	—	0,47	—	—	—	—	—	—	—	—	Buchner.	Giessen. Solm. Hesse Electorale.
Id. . . . .	42,78	5,38	7,35	0,20	35,47	2,28	1,48	—	—	3,32	—	—	—	—	—	Thon.	
Foin . . . . .	17,30	20,40	6,00	1,50	5,30	2,40	33,70	9,00	2,05	—	—	—	—	—	0,0600	Boussingault.	Prairies de Durrenbach irriguées par la Sauer, années 1841-1842.
Id. . . . .	29,60	15,40	8,30	0,06	5,30	2,90	29,20	5,50	2,92	—	—	—	—	—	0,0620	Id.	
Fougère. Pteris aquilina . . . . .	—	—	0,50	—	—	—	73,00	—	—	—	—	1,00	24,80	0,70	—	Berthier.	Nemours. Sable quarzeux.
Froment. Triticum sativum. Paille . . . . .	—	—	—	1,00	—	—	61,50	—	—	3,00	—	6,20	1,00	19,50	0,0430	De Saussure.	
Id. . . . .	12,90	3,70	7,70	1,30	14,00	1,00	53,30	—	0,55	—	—	—	—	—	—	Boussingault.	Bechelbronn. Terre forte et calcaire. Puisélet.
Id. . . . .	—	—	0,50	—	—	—	71,50	—	—	3,20	13,00	2,30	9,60	0,40	0,4400	Berthier.	
Froment. Triticum sativum. Plante fraîche . . . . .	—	—	—	0,25	—	—	12,50	—	—	—	—	11,50	0,25	75,50	—	De Saussure.	Récoltée un mois avant la floraison. Plante en fleurs.
Id. . . . .	—	—	—	0,50	—	—	32,00	—	—	—	—	12,75	0,25	56,00	—	Id.	
Id. . . . .	—	—	—	1,00	—	—	54,00	—	—	—	—	15,00	0,25	29,75	—	Id.	Id. avec graines mûres. Cultivées dans le même terrain et la même année.
Froment. Triticum sativum. Paille . . . . .	18,61	4,50	traces	0,33	4,03	—	72,43	—	0,03	—	—	—	—	—	0,0527	Petzholdt.	
Id. Paille niellée . . . . .	20,54	2,32	traces	0,31	10,38	0,50	65,99	—	traces	—	—	—	—	—	0,0322	Id.	
Froment. Triticum sativum. Graines . . . . .	28,49	1,49	12,17	0,15	57,31	0,03	0,33	—	traces	—	—	—	—	—	—	Id.	Id. Bechelbronn.
Id. Graines niellées . . . . .	33,87	3,83	11,64	0,05	50,00	0,31	0,25	—	traces	—	—	—	—	—	—	Id.	
Froment. Triticum sativum. Graines . . . . .	29,50	2,90	15,90	—	47,90	1,00	1,30	—	traces	—	—	—	—	—	—	Boussingault.	
Id. . . . .	18,24	—	—	0,20	13,76	—	0,50	—	—	0,20	—	44,50	—	15,00	—	De Saussure.	
Froment. Triticum sativum. Son des graines précéd. . . . .	17,10	—	—	0,20	12,90	—	0,50	—	—	0,20	—	46,50	—	14,00	—	Id.	
Froment. Triticum sativum. Graines . . . . .	36,43	3,17	14,32	0,32	48,26	—	2,02	—	—	—	—	—	—	—	—	Thon.	Solm. Hesse Electorale, 1842. Environs de Giessen.
Id. Graines rouges . . . . .	37,62	1,93	9,60	1,36	49,32	0,17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Will et Fresenius.	
Id. Graines blanches . . . . .	33,84	3,06	13,54	0,31	49,21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Id.	
Id. . . . .	34,22	3,91	12,98	0,50	46,14	0,27	0,42	—	—	—	—	—	—	—	—	Bichon.	Hollande. Alsace. Terrain très-calcaire.
Garance. Rubia tinctorum. Racines . . . . .	32,94	25,15	2,72	0,85	3,82	2,68	1,19	27,07	3,52	—	—	—	—	—	—	Kœchlin.	
Id. . . . .	29,05	22,19	2,79	2,55	3,50	1,62	4,08	23,88	10,32	—	—	—	—	—	—	Id.	Alsace. Terrain moins calcaire.
Id. . . . .	25,76	14,38	2,70	2,35	14,85	2,52	15,19	12,87	—	—	—	—	—	—	—	Way.	
Gui. Viscum album. Feuilles et branches . . . . .	35,32	19,40	9,59	1,06	17,33	1,41	1,62	13,09	—	1,02	—	—	—	—	—	Will et Fresenius.	
Haricot. Phaseolus vulgaris. Graines . . . . .	50,67	5,90	9,03	0,11	31,34	2,47	0,44	—	0,35	—	—	—	—	—	—	Levy.	Près de Worms.

(1) Les sels solubles sont, pour la plus grande partie, composés de carbonates de potasse, et de soude.



PLANTES OU PARTIES DES PLANTES QUI ONT DONNÉ LES CENDRES.	POTASSE ET SOUDE.	CHAUX.	MAGNÉSIE.	OXYGES DE FER et de MANGANESE.	ACIDE PHOSPHO- RIQUE.	ACIDE SULFURIQUE.	ACIDE SILICIQUE.	ACIDE CARBONIQUE.	ACIDE CHLORHY- DRIQUE.	CHLORURES ALCALINS.	SILICATES ALCALINS.	PHOS- PHATES TERREUX.	CAR- BONATES TERREUX.	SELS SOLUBLES (1).	POIDS DE LA CENDRE p. 1,000 DE VÉGÉTAL.	NOMS DES AUTEURS.	OBSERVATIONS.
<b>HERBES.</b>																	
Haricot. Phaseolus vulgaris. Graines . . . . .	41,78	5,38	7,35	0,34	35,33	2,28	4,48	—	3,45	—	—	—	—	—	—	Thon.	Hesse Electorale.
Id. . . . .	51,36	6,07	12,03	—	28,53	1,36	1,05	—	0,11	—	—	—	—	—	—	Boussingault.	Alsace.
Irraie. Lolium perenne. Plante . . . . .	29,58	8,96	4,01	1,52	11,82	3,72	23,76	1,72	—	44,86	—	—	—	—	0,0813	Fleitman.	
Id. . . . .	25,27	7,26	—	2,22	15,76	3,01	25,95	—	—	20,41	—	—	—	—	8,0968	Id.	Localité différente de la précédente.
Lentilles. Ervum Lens. Graines . . . . .	40,20	5,27	2,06	1,67	30,24	—	1,11	16,40	4,02	—	—	—	—	—	—	Levy.	
Lin. Linum usitatissimum. Plante . . . . .	19,50	12,33	7,79	6,08	10,84	2,65	21,35	16,95	2,50	—	—	—	—	—	—	—	Le chiffre des oxydes métalliques représente de l'alumine.
Id. Graines . . . . .	26,56	25,97	0,22	3,67	40,11	1,00	0,92	—	—	1,55	—	—	—	—	—	Leuchtweis.	
Luzerne. Medicago sativa. . . . .	23,43	26,97	7,45	1,67	23,00	1,45	0,95	15,68	—	1,90	—	—	—	—	—	Buch.	
Madia cultivée. Madia sativa. Graines . . . . .	20,77	7,74	15,42	4,19	54,99	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Maïs. Zea maïs. Plante . . . . .	—	—	—	0,25	—	—	7,50	—	—	—	—	5,75	0,25	86,25	—	De Saussure.	Avant la floraison.
Id. . . . .	—	—	—	0,25	—	—	7,50	—	—	—	—	6,00	0,25	86,00	—	Id.	Pendant la floraison.
Maïs. Zea maïs. Feuilles . . . . .	51,79	4,79	1,65	0,80	10,54	0,53	16,95	9,51	3,50	—	—	—	—	—	—	Strushauer.	Terrain quartzeux, de formation tertiaire moyenne.
Id. . . . .	16,06	10,96	10,92	0,69	21,40	0,77	33,49	4,36	0,33	—	—	—	—	—	—	Id.	Terrain calcaire.
Maïs. Zea maïs. Paille . . . . .	5,53	—	—	0,50	4,17	—	18,00	—	—	2,50	—	5,00	1,00	60,30	—	De Saussure.	
Maïs. Zea maïs. Graines . . . . .	27,05	—	—	0,10	20,45	—	4,00	—	—	0,30	—	3,60	—	14,20	—	Id.	
Id. . . . .	30,80	1,30	17,10	—	50,10	—	0,80	—	—	—	—	—	—	—	—	Latellier.	
Maroute. Artemis arvensis. . . . .	30,57	16,00	3,66	2,76	11,95	4,60	6,80	14,30	—	7,15	—	—	—	—	0,0966	Rüling.	
Matricaire. Matricaria camomilla. . . . .	25,49	19,10	4,94	1,39	6,11	4,98	1,65	17,00	—	18,49	—	—	—	—	0,0851	Id.	
Id. . . . .	32,38	16,42	4,78	1,39	8,80	4,34	1,52	13,20	—	14,25	—	—	—	—	0,0969	Id.	
Millet. Milium sativum. Graines . . . . .	10,92	0,83	7,70	0,63	18,24	0,29	59,82	—	—	1,43	—	—	—	—	—	Poleck.	La lessive de cette cendre n'est pas alcaline.
Moutarde blanche. Sinapis alba. . . . .	19,63	21,28	11,25	1,46	34,41	5,41	3,36	—	0,20	—	—	—	—	—	—	—	
Moutarde noire. . . . .	24,55	17,34	14,38	1,12	37,39	7,17	2,78	—	—	2,27	—	—	—	—	—	—	
Navet. Brassica napus. Feuilles . . . . .	31,62	25,51	7,44	0,77	1,73	4,00	6,14	19,50	—	3,25	—	—	—	—	—	Namur.	
Id. Graines . . . . .	26,60	14,63	11,96	2,84	41,68	0,77	1,32	—	—	—	—	—	—	—	—	Muller.	
Nielle. Agrostema githago . . . . .	22,85	29,26	6,14	1,04	7,40	2,38	18,60	—	7,55	—	—	—	—	—	0,1320	Rüling.	
Orge. Hordeum vulgare. Paille . . . . .	—	—	—	0,50	—	—	57,00	—	—	0,50	—	7,80	12,50	19,50	0,0420	De Saussure.	
Orge. Hordeum vulgare. Graine et balle . . . . .	5,24	—	—	—	3,96	—	35,50	—	—	0,30	—	32,50	—	19,50	0,0180	Id.	
Orge. Hordeum vulgare. Graines . . . . .	20,50	2,21	8,60	1,07	39,80	0,17	27,65	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Id. . . . .	20,70	3,36	10,04	1,93	40,63	0,26	21,99	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Id. . . . .	24,86	3,23	4,30	0,83	36,80	0,16	29,67	—	0,17	—	—	—	—	—	—	Bichon.	
Pois. Pisum sativum. Plante . . . . .	—	—	—	1,00	—	—	2,30	—	—	—	—	17,25	6,00	52,00	—	De Saussure.	Plante en fleurs.
Id. . . . .	—	—	—	2,05	—	—	11,00	—	—	—	—	22,00	14,00	52,00	—	Id.	Id. en graine et à maturité.
Pois. Pisum sativum. Tiges . . . . .	13,49	—	—	0,50	0,40	4,94	7,81	4,75	—	4,63	—	10,72	51,86	—	—	Hertwig.	Duderstadt.
Pois. Pisum sativum. Graines . . . . .	37,80	10,10	11,90	traces	30,10	4,70	1,50	0,50	1,30	—	—	—	—	—	—	Boussingault.	Bechelbronn.
Id. . . . .	63,41	5,91	6,43	1,05	34,50	4,91	—	—	—	3,71	—	—	—	—	—	Will. Fresenius.	
Id. . . . .	47,05	2,46	8,60	0,96	34,57	3,56	0,25	—	0,35	—	—	—	—	—	—	Bichon.	
Id. . . . .	45,55	2,70	6,91	1,04	34,91	4,28	0,29	—	—	2,56	—	—	—	—	—	Thon.	Espèce jaune des environs de Solm.
Id. . . . .	44,55	2,96	7,75	0,40	38,62	2,63	0,56	—	—	1,88	—	—	—	—	—	Id.	Pois sauvages. Solm.
Pomme de terre. Solanum tuberosum. Tiges . . . . .	—	—	—	0,80	0,50	—	29,81	—	—	2,28	—	8,48	52,44	4,69	—	Hertwig.	

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1  
(1) Les sels solubles sont, pour la plus grande partie, composés de carbonates de potasse, et de soude.

PLANTES OU PARTIES DES PLANTES QUI ONT DONNÉ LES CENDRES.	POTASSE ET SOUDE.	CHAUX.	MAGNÉSIE.	OXYDES DE FER et de MANGANÈSE.	ACIDE PHOSPHO- RIQUE.	ACIDE SULFURIQUE.	ACIDE SILICIQUE.	ACIDE CARBONIQUE.	ACIDE CHLORHY- DRIQUE.	CHLORURES ALCALINS.	SILICATES ALCALINS.	PHOS- PHATES TERREUX.	CAR- BONATES TERREUX.	SELS SOLUBLES (1).	POIDS DE LA CENDRE p. 1,0000 DE VÉGÉTAL.	NOMS DES AUTEURS.	OBSERVATIONS.
<b>HERBES.</b>																	
Pomme de terre. <i>Solanum tuberosum</i> . Tubercules.	51,50	1,80	5,40	0,50	11,30	7,10	5,60	13,40	2,90	—	—	—	—	—	—	Boussingault.	Bechelbronn.
Pomme épineuse. <i>Datura stramonium</i> . Graines.	34,46	4,11	17,56	3,94	34,72	—	5,21	—	—	—	—	2,20	6,20	12,01	—	Berthier.	
Prêle. <i>Equisetum palustre</i> .	—	5,90	3,00	—	—	8,51	50,05	—	—	11,40	—	2,14	—	1,97	—	Scharling.	
Riz. <i>Oryza sativa</i> . Balles.	—	—	—	1,70	—	—	93,46	—	—	—	1,22	—	—	—	0,0414	Malaguti.	Terrain schisteux. Rennes.
Sarrazin. <i>Polygonum fagopyrum</i> . Paille.	8,65	33,08	9,46	1,60	0,40	0,18	3,57	40,35	0,96	—	—	—	—	—	—	Bichon.	Clèves.
Id. Graines.	28,84	6,66	10,38	1,05	50,07	2,16	0,69	—	—	—	—	—	—	—	—	Flitman.	
Scirpe des étangs. <i>Scirpus lacustris</i> .	15,28	7,31	2,57	1,16	9,46	4,80	28,09	—	—	31,29	—	—	—	—	—	Will. Fresenius.	
Seigle. <i>Secale cereale</i> . Paille.	17,03	8,98	2,39	4,35	3,80	0,81	63,89	—	—	0,81	—	—	—	—	—	Bichon.	Clèves.
Id. Graines.	37,21	2,92	10,13	0,82	47,29	1,46	0,01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Seigle ergoté. <i>Secale cornutum</i> .	62,17	1,68	5,34	2,34	15,44	0,02	10,63	—	2,46	—	—	—	—	—	—	Hertwig.	Havane. La moitié des sels solubles est du sulfate de soude.
Tabac. <i>Nicotiana Tabacum</i> . Feuilles.	—	—	—	—	—	—	8,26	—	—	8,64	—	9,04	58,47	15,51	—	Id.	Hanovre. Les sels solubles se composent presque entièrement de sulfate de potasse.
Id.	—	—	—	—	—	—	15,29	—	—	9,24	—	17,95	44,27	13,81	—	—	
Id.	31,34	30,33	7,22	5,08	3,70	3,77	17,65	—	—	0,91	—	—	—	—	—	Will. Fresenius.	
Id.	18,20	32,05	15,73	5,14	2,86	5,92	5,97	—	—	15,33	—	—	—	—	—	Id.	{ Debreczin. } Feuilles entières saines plus ou moins développées.
Id.	8,20	51,07	13,93	3,51	2,56	4,66	9,32	—	—	11,85	—	—	—	—	—	Id.	{ Banat. . . } District de Tunfkircher. Feuilles en poudre.
Id.	11,21	49,15	12,77	3,65	2,65	2,99	12,03	—	—	5,55	—	—	—	—	—	Id.	Id.
Id. Tiges.	10,37	43,72	15,04	4,37	3,19	5,23	8,34	—	—	9,38	—	—	—	—	—	Id.	Id.
Tanaisie. <i>Tanacetum vulgare</i> .	—	—	0,20	0,90	—	—	16,50	—	—	9,00	—	10,10	43,40	20,00	—	Berthier.	Sol sablonneux d'un jardin de Nemours.
Topinambour. <i>Helianthus tuberosus</i> .	44,50	2,30	1,80	5,20	10,80	2,20	13,00	11,00	4,80	—	—	6,70	11,56	79,77	—	Boussingault.	Bechelbronn.
Id.	—	—	—	0,12	—	—	1,50	—	—	—	—	6,00	12,50	79,78	—	De Saussure.	Un mois avant la floraison.
Id.	—	—	—	0,12	—	—	1,50	—	—	—	—	22,50	4,00	69,25	—	Id.	Commençant à fleurir.
Id.	—	—	—	0,50	—	—	3,75	—	—	—	—	—	—	—	—	Id.	Portant leurs graines à maturité.
Trèfle. <i>Trifolium pratense</i> .	27,10	24,60	6,30	0,30	6,30	2,50	5,30	25,00	2,90	—	—	—	—	—	0,1110	Boussingault.	Bechelbronn.
Id.	32,92	26,56	6,26	—	2,96	0,80	1,97	22,93	—	3,57	—	—	—	—	0,2040	Horsford.	
Ulve digitée. <i>Fucus digitatus</i> .	28,31	10,94	6,86	0,57	2,36	12,23	1,44	8,18	—	20,52	—	—	—	—	—	Gædechens.	Embouchure du Clyde. Avec les chlorures, il y a des iodures en petite quantité.
Varec vésiculeux. <i>Fucus vesiculosus</i> .	21,64	9,13	6,67	0,31	1,26	26,29	1,25	1,22	—	23,79	—	—	—	—	0,1499	Id.	Id.
Id.	14,99	16,51	15,89	4,42	—	30,62	7,60	0,25	—	9,78	—	—	—	—	0,1233	Id.	Id.
Id. à nœuds. <i>Fucus nodosus</i> .	24,87	12,30	10,50	0,29	1,50	25,63	1,15	3,96	—	19,75	—	—	—	—	0,1526	Id.	Id.
Id. dentelé. <i>Fucus serratus</i> .	13,78	14,97	10,69	0,32	4,04	19,32	0,40	8,28	—	18,43	—	—	—	—	0,1503	Id.	Id.
Verge d'or. <i>Solidago virga aurea</i> .	—	—	—	0,75	—	—	1,05	—	—	—	—	10,75	1,25	85,75	—	De Saussure.	Mois de mai.
Id.	—	—	—	0,75	—	—	1,05	—	—	—	—	8,05	9,25	80,00	—	Id.	Id. de juillet.
Id.	—	—	—	0,75	—	—	3,05	—	—	—	—	11,00	17,25	66,75	—	Id.	Id. de juillet. Portaat graines à maturité.
Vescès. <i>Vicia sativa</i> . Graines.	41,38	4,79	8,49	0,75	38,05	4,10	2,01	—	1,40	—	—	—	—	—	—	Levy.	

(1) Les sels solubles sont, pour la plus grande partie, composés de carbonates de potasse, et de soude.