

EX-LIBRIS



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PREFEITURA DO CAMPUS
"LUIZ DE QUEIROZ"

Nº 574

I

630

L716L

V. 2

65
200

LES LOIS NATURELLES

de

L'AGRICULTURE

TOME SECOND

LES LOIS NATURELLES

DE

L'AGRICULTURE

PAR

LE BARON DE LIEBIG

Président de l'Académie royale des sciences de Munich, membre correspondant
de l'Académie des sciences de Paris, etc., etc.

TRADUIT

D'APRÈS LA DERNIÈRE ÉDITION ALLEMANDE

PAR

AD. SCHELER

Professeur à l'Institut agricole de l'Etat, à Gembloux (Belgique)

ÉDITION AUTORISÉE ET REVUE PAR L'AUTEUR

N.º 574

USP - Campus de Piracicaba
DIVISÃO DE BIBLIOTECA
E DOCUMENTAÇÃO

TOME SECOND

PARIS

LIBRAIRIE AGRICOLE DE LA MAISON RUSTIQUE

26, rue Jacob, 26

TOUS DROITS RÉSERVÉS

LES

LOIS NATURELLES

DE

L'AGRICULTURE

I

La Plante.

Pour se faire une idée claire des procédés de culture, il est indispensable de se rappeler les principales conditions chimiques de la vie de la plante.

Les végétaux renferment des éléments combustibles et des éléments incombustibles. Ces derniers constituent les cendres que laissent toutes les parties végétales après leur incinération. Les plus importants pour nos plantes cultivées sont : *l'acide phosphorique, l'acide sulfurique, l'acide silicique, la potasse, la soude, la chaux, la magnésie, le fer et le sel de cuisine.*

Les éléments combustibles ont pour origine l'acide carbonique, l'ammoniaque, l'acide sulfurique et l'eau.

C'est aux dépens de ces diverses matières que, sous l'influence des phénomènes vitaux, la plante se développe et, pour cette raison, on les nomme aliments. Ceux-ci appar-

tiennent tous au règne minéral. Les aliments gazeux sont absorbés par les feuilles, et les aliments fixes par les racines. Les premiers entrent souvent dans la constitution du sol, et ils se comportent alors vis-à-vis des racines comme à l'égard des feuilles c'est-à-dire qu'ils peuvent également pénétrer dans la plante par cette voie.

Les aliments gazeux entrent dans la composition de l'atmosphère, où, d'après leur nature, ils sont incessamment en mouvement. Les éléments fixes dans les plantes terrestres sont des parties constituantes du sol, et ne peuvent pas se déplacer spontanément.

La *chaleur* et la *lumière solaire* sont les agents physiques indispensables à la vie de la plante.

C'est par le concours simultanément des agents physiques et chimiques que le germe ou la semence donne naissance à une plante parfaite. La semence contient dans sa propre masse les éléments nécessaires à la formation des organes préposés à l'absorption de la nourriture dans l'atmosphère et dans le sol. Ces éléments comprennent des substances azotées, analogues dans leur constitution au caséum du lait ou à l'albumine du sang, et aussi de l'amidon, de la graisse, de la gomme ou du sucre, et une certaine quantité de phosphates terreux et des sels alcalins.

La masse farineuse de la semence de blé, ainsi que les éléments des cotylédons des légumineuses, se transforment, dans la plante naissante, en racines et en feuilles. Si l'on fait germer un grain de blé sur une tablette de verre posée sur l'eau et percée de petits trous pour que les racines puissent atteindre le liquide, il continue à se développer pendant plusieurs semaines sans recevoir aucun aliment incombustible, ni aucun élément du sol; et, après trois ou quatre semaines, on observe que le sommet de la

première feuille commence à jaunir. Si l'on examine alors le grain, on constate que l'enveloppe est entièrement vide; l'amidon a disparu avec la cellulose (Mitscherlich). Néanmoins, la plante ne périt pas encore; elle produit même de nouvelles feuilles, et souvent une faible tige, car les éléments des premières feuilles qui sont en train de se flétrir, sont employés à la formation de nouvelles pousses.

Dans des circonstances très-favorables, en se servant de semences à cotylédons charnus et riches en substances alimentaires, comme des fèves, par exemple, on réussit quelquefois, par le simple séjour dans l'eau, à amener la plante jusqu'à la fleuraison, voire même jusqu'à la production de petites semences. Mais ce développement s'effectue sans augmentation sensible de la masse; il a lieu par une simple migration des éléments de la semence.

La nutrition est le travail physiologique qui préside à l'assimilation de la nourriture. Une plante croît, quand elle augmente de masse, et celle-ci s'accroît en absorbant au dehors des matières que leur composition rend propres à devenir des éléments constituants du végétal, et à entretenir les fonctions indispensables à cette transformation.

Le germe que l'on aperçoit sur la pomme de terre se comporte, vis-à-vis des éléments du tubercule, comme le germe de la semence de blé à l'égard du corps farineux. Quand il se développe pour donner naissance à la jeune plante, l'amidon, les éléments azotés et minéraux contenus dans le tubercule, servent à la formation des tiges et des feuilles naissantes.

Dans mon laboratoire de Giessen, une pomme de terre enveloppée d'un papier très-fort et placée dans une boîte, fut déposée dans un endroit sec, parfaitement obscur et où l'air ne pouvait se renouveler que très-difficilement. Néan-

moins, de chaque œil sortit une tige simple blanche, longue de plusieurs pieds et dépourvue de toute trace de feuille, mais garnie de centaines de petits tubercules d'une structure intérieure entièrement identique à celle des pommes de terre des champs. Les cellules composées de cellulose étaient remplies de grains de fécule. Il est certain que l'amidon de la pomme de terre mère n'a pu se mouvoir sans devenir soluble, mais il est également évident qu'une cause indépendante de toutes celles qui déterminent la croissance, et qui avait son siège dans les pousses développées, a dû intervenir pour transformer de nouveau en cellulose et en grains de fécule, les éléments du tubercule mère qu'elles avaient reçus à l'état de dissolution.

Les conditions indispensables au développement du germe de la semence sont : l'humidité, un certain degré de chaleur et l'accès de l'air. Si l'une de ces conditions vient à manquer, la semence ne peut germer. Sous l'influence de l'humidité que la semence absorbe et qui la fait gonfler, un travail chimique s'accomplit. L'un des éléments azotés de la graine réagit sur les autres et sur l'amidon, et les rend solubles par suite d'une dissociation de leurs particules élémentaires; le gluten se transforme en albumine végétale, et l'amidon et l'huile donnent naissance à du sucre. Mais si l'oxygène de l'air n'intervient pas, ces transformations ne sauraient avoir lieu ou bien elles s'accomplissent d'une tout autre manière. Plongé dans l'eau ou dans un sol recouvert d'eau stagnante qui empêche le libre accès de l'air, le cotylédon des plantes terrestres ne se développe pas. C'est pour cette raison que certaines semences enfouies profondément dans le sol ou dans la vase des marais, peuvent y rester nombre d'années sans germer, bien que l'humidité et la chaleur ne manquent pas. Souvent, lorsque

cette terre marécageuse est ramenée à la surface du sol et exposée au contact de l'air, on la voit se recouvrir d'une riche végétation provenant de semences qui ne pouvaient se développer faute d'air. Quand la température est basse, la part que l'air prend à la germination est nulle ou ralentie ; quand elle s'élève, au contraire, et qu'en même temps l'eau est fournie en quantité suffisante, les réactions chimiques qui ont leur siège dans la semence, sont accélérées. Aucune semence ne germe à une température inférieure à 0° cent. Chaque graine réclame une certaine somme de température, et, par conséquent, veut être semée dans une saison déterminée. Les semences du *vicia faba*, du *phaseolus vulgaris* et du pavot séchées à 35°. perdent leur faculté germinative, tandis que l'orge, le maïs, la lentille, le chanvre et la laitue la conservent, et que le froment, le seigle, la vesce et les choux la maintiennent encore à 70°.

Pendant la germination, l'oxygène de l'air ambiant est absorbé et il se produit une quantité équivalente d'acide carbonique.

Lorsqu'on fait germer des semences dans un vase en verre dont l'intérieur est recouvert de papier de tournesol, celui-ci rougit quelquefois en très-peu de temps sous l'influence d'un dégagement d'acide acétique. Le développement de l'acide libre est surtout abondant et rapide dans la germination des semences de crucifères, de choux, de navets, etc. (Becquerel, Edwards). Il est certain que le suc cellulaire liquide des racines, de même que celui de la plupart des plantes, possède une réaction acide due à un acide non volatil. Au printemps, le suc des jeunes pousses de vigne évaporé, donne des cristaux de bitartrate de potasse en abondance.

Les expériences de de Candolle et Macaire, qui n'ont pas

encore été réfutées, démontrent que de fortes plantes de *chondrilla muralis* ainsi que de *phaseolus vulgaris*, arrachées avec leurs racines et placées dans l'eau pour y continuer leur végétation, communiquent au liquide au bout de huit jours, une couleur jaunâtre, une odeur opiacée et une saveur acerbe, tandis que la tige et les racines simplement coupées et mises dans l'eau, ne lui abandonneraient pas les substances livrées par la plante entière.

Si l'on place dans de la teinture de tournesol de la laitue et d'autres plantes dont on a soigneusement lavé les racines après l'arrachage, elles continuent à se développer, probablement aux dépens des feuilles inférieures qui se flétrissent. Au bout de trois ou quatre jours la teinture rougit, mais la coloration disparaît par l'ébullition, ce qui fait supposer que les racines ont dégagé de l'acide carbonique. Quand les plantes restent plus longtemps dans la teinture de tournesol, celle-ci devient neutre et incolore, et la matière colorante, après s'être séparée en flocons, se dépose sur le chevelu des racines.

C'est du premier enracinement d'une plante que dépend son développement; aussi le choix des semences est-il d'une extrême importance pour l'avenir de la végétation. Parmi les grains d'une même espèce de froment, récoltés la même année et sur le même terrain, on en distingue de gros et de petits, et chez les uns la cassure est farineuse, tandis que chez d'autres elle est cornée. Les premiers ont acquis un développement plus complet que les autres. Cette différence est due à ce que toutes les plantes d'un même champ n'épient et ne fleurissent pas simultanément, et que chez les unes les semences se forment plus tôt que chez les autres. Or les graines qui apparaissent les premières, même par un temps défavorable, se développent plus complète-

ment. Un mélange de semences inégales dans leur développement ou renfermant des quantités inégales d'amidon, de gluten et de substances inorganiques, donne une végétation tout aussi dépourvue d'uniformité que celle dont les graines sont issues.

La force et le nombre des feuilles et des racines qui se forment pendant la germination dépendent, si l'on n'envisage que les éléments non azotés, de la quantité de fécule contenue dans la semence. Une graine pauvre en fécule germe comme celle qui en est amplement pourvue, mais, avant que la première ait absorbé au dehors les aliments nécessaires pour se pourvoir de racines aussi fortes et aussi nombreuses que l'autre, celle-ci aura pris l'avance, car, pourvue dès le principe d'une surface absorbante plus ample, sa croissance aura été relativement plus rapide.

Des semences rabougries ou arrêtées dans leur développement donnent des plantes imparfaites, et fournissent des graines qui, le plus souvent, sont entachées des mêmes imperfections.

Le jardinier et le fleuriste connaissent parfaitement cette relation naturelle entre la qualité de la semence et la valeur des plantes qui, tantôt, développent la plénitude des caractères de leur espèce, et tantôt ne les montrent que partiellement. Il en est de même de l'éleveur de bétail, qui n'emploie à la propagation et à la multiplication que les animaux les plus sains et pourvus au plus haut degré des aptitudes qu'il recherche. Le jardinier sait que la semence plate et luisante de la giroflée donne des plantes élancées à fleurs simples, tandis que celles qui sont ridées et offrent un aspect rabougri, fournissent des plantes naines et des fleurs doubles.

Sous l'influence du sol et du climat naissent les différentes

variétés qui, semblables aux races animales, présentent certaines particularités transmissibles par les semences, aussi longtemps, du moins, que les circonstances restent les mêmes ; mais dans un autre terrain ou dans d'autres conditions climatériques, ces variétés peuvent perdre quelques-uns de leurs caractères distinctifs.

Le plus fréquemment, c'est sur des semences ingérées par les animaux et qui ont traversé le tube intestinal sans avoir été digérées, que se montre l'influence de la nature du sol sur la production des variétés.

Recevant une fumure différente selon l'espèce animale dont elles accompagnent les excréments dans le sol, elles varient dans leur mode de développement, ainsi que la *byrsonima verbascifolia* en offre un exemple (v. MARTIUS).

Dans le choix des semences, il est très-important de tenir compte du sol et du climat dont elles proviennent. En Angleterre, on considère le froment provenant des sols pauvres comme particulièrement apte à servir à l'ensemencement des terres riches, et la graine des plantes-racines des régions ou des situations froides donne des récoltes certaines dans des emplacements plus chauds. La graine de trèfle et l'avoine des pays montagneux, sont préférées à celles des plaines. Le froment d'Odessa et du banat de Hongrie est estimé même dans des contrées plus froides. Dans le Haut-Rhin, les cultivateurs font venir leur semence de chanvre de Bologne et de Ferrare.

De même, beaucoup de cultivateurs allemands, dans le but d'obtenir du lin élancé et d'une hauteur uniforme, accordent beaucoup de prix à la graine de la Courlande et de la Livonie. C'est qu'en effet, les conditions telluriques et climatériques de ces contrées, et, notamment, un été court et chaud hâtent la fleuraison et la fructification, et les fleurs,

fécondées simultanément et uniformément, produisent des semences mûres et parfaites sous tous les rapports.

L'influence du temps, à l'époque de la floraison, sur la formation de la semence, est généralement connue. Lorsque après le commencement de la floraison, il survient un temps froid et pluvieux qui en prolonge la durée, les fleurs fécondées tardivement ne fructifient pas, parce que la nourriture dont elles auraient besoin, a été employée au développement des fleurs fécondées plus tôt. Aussi, certaines espèces ne paient-elles généralement pas les frais de culture, quand la floraison, contrariée par les circonstances climatériques, n'est que partielle, et que la plante ne peut pas acquérir son complet développement.

Souvent, par un temps humide et chaud, il se développe à l'aisselle des feuilles de l'avoine, des tiges latérales quand la tige principale montre déjà ses épis. En pareil cas, au moment où la végétation arrive à son terme, la plante porte des graines mûres et d'autres qui ne le sont qu'imparfaitement.

Indépendamment de la qualité de la semence, la légèreté et la ténacité du sol influent également sur le développement des racines. Les fibrilles déliées des racines revêtues souvent d'une substance analogue à du liège, se prolongent en formant à leur extrémité de nouvelles cellules, et elles doivent, par conséquent, exercer une certaine pression pour se frayer un chemin à travers les particules de terre. Dans tous les cas, les radicelles se prolongent dans la direction où elles rencontrent la plus faible résistance, et leur élongation permet de supposer que la pression par laquelle les cellules naissantes écartent les particules de terre, est un peu plus grande que la cohésion de celles-ci. La force avec laquelle les radicelles pénètrent dans le sol, n'est pas également

grande dans toutes les plantes. Les végétaux dont les racines se composent de filaments très-déliés ne se développent qu'imparfaitement dans une terre forte et tenace, tandis que d'autres plantes pourvues de radicelles volumineuses et consistantes, y croissent vigoureusement. Aussi bien, la résistance que le sol oppose à l'extension des fibrilles radiculaires est la cause première de leur force.

Le froment est, de toutes les céréales, celle qui développe les racines les plus fortes dans la couche arable ; elles sont proportionnellement peu ramifiées, mais elles pénètrent quelquefois jusque dans le sous-sol à plusieurs pieds de profondeur. Une certaine consistance de la couche superficielle du sol favorise leur développement. C'est ainsi que dans les champs de froment, on a observé que les parties qui, pendant l'hiver, avaient été foulées par les pieds des chevaux (ce qui n'est pas rare dans les parties de l'Angleterre où l'on chasse à courre) au point que toute trace de plante avait disparu, étaient celles qui, l'année suivante, donnaient les produits les plus abondants.

Evidemment, de pareilles injures ne peuvent être supportées que par une plante dont les racines principales pénètrent profondément dans le sol. L'avoine est également pourvue d'une racine qui prend un grand développement et qui se fraie un passage dans les couches profondes du sol, et, sous ce rapport, cette céréale se place immédiatement après le froment. Elle prospère dans les sols d'une certaine consistance; mais comme ses racines émettent aussi de fines ramifications latérales dans les couches superficielles, il est avantageux que celles-ci soient meubles. Un sol argileux, ouvert et meuble, fut-il même médiocrement profond, convient tout particulièrement à l'orge, dont la racine se compose d'un faisceau de fibres fines et relativement courtes.

Les pois exigent une terre meuble, peu cohérente, qui permette à leurs racines molles de s'étendre jusque dans les couches les plus profondes, tandis que les racines fortes et ligneuses des féveroles, se ramifient dans toutes les directions, même dans un sol ferme et tenace. Le trèfle, et, généralement, les plantes dont la semence, fort petite, ne possède qu'une faible masse, ne poussent dans le principe que des racines faibles et peu étendues, et elles ne pourraient prospérer qu'à la condition de trouver une terre soigneusement préparée. Il suffit de la pression d'une couche de terre épaisse de $1/2$ à 1 pouce, pour empêcher le développement de la graine de trèfle, et l'on ne doit lui donner d'autre couverture que celle qui est tout à fait indispensable pour maintenir autour d'elle l'humidité nécessaire à la germination. C'est pourquoi on se trouve bien de semer le trèfle simultanément avec une céréale qui, en se développant plus rapidement, fournit au jeune trèfle un abri contre les rayons solaires, et laisse à ses racines plus de temps pour s'étendre et se développer. La forme de l'appareil racinaire (*) des plantes-racines et des tubercules indique déjà l'endroit du sol où elles puisent la plus grande partie de leur nourriture.

Les pommes de terre se forment dans les couches superficielles du sol; les racines des betteraves et des turneps se ramifient profondément dans le sous-sol, et c'est dans un sol meuble et profond qu'elles prospèrent le mieux. Néanmoins, un sol naturellement ferme et consistant leur convient aussi lorsqu'il a été convenablement préparé. Parmi les turneps, la variété suédoise se distingue de toutes les autres en ce que sa racine principale émet un plus grand nombre de filaments, et la racine de betterave

(*) Par racines ou appareil racinaire, nous entendons ici et plus loin les organes souterrains des plantes.

avec ses fibres roides et ligneuses, convient encore mieux que le turneps de Suède pour un sol argileux compacte.

Relativement à la longueur des racines, on ne possède encore qu'un petit nombre d'observations. Dans certains cas, on a vu des plantes de luzerne pourvues d'une racine longue de 30 pieds. Dans le colza elle atteint quelquefois une longueur de plus de 5 pieds. On a observé des racines de trèfle qui avaient au delà de 6 pieds, et le lupin en montre parfois qui ont plus de 7 pieds de long.

La connaissance de l'enracinement des plantes est la base de l'agriculture. Tous les travaux dont le sol est l'objet doivent être exactement appropriés à la nature et aux propriétés des racines des plantes que l'on se propose de cultiver. On a d'autant plus de raison pour accorder des soins à l'appareil souterrain, que l'on ne peut exercer la moindre influence sur les produits de son développement. Le cultivateur n'est par conséquent assuré du résultat de ses efforts que quand il a donné au sol toutes les façons qui sont de nature à assurer le libre développement et l'activité des racines. La racine n'est pas seulement l'organe par lequel la plante en voie de développement absorbe les éléments incombustibles nécessaires à son accroissement, elle possède encore une autre fonction non moins importante : semblable au volant d'une machine, c'est elle qui donne au travail nutritif sa régularité et son uniformité. C'est en elle que s'accumulent les matériaux destinés à fournir à la plante tout ce dont elle a besoin selon les exigences des conditions extérieures, de la chaleur et de la lumière, depuis la naissance jusqu'au moment où le dernier acte vital est accompli.

Toutes les plantes qui donnent aux paysages leur caractère particulier, et qui ornent les plaines et les collines

d'une verdure perpétuelle, possèdent, selon la nature géologique ou physique du sol, un développement radicaire admirablement approprié à leur durée et à leur propagation.

Tandis que les plantes annuelles ne se propagent et ne se multiplient que par semences, et possèdent toujours une véritable racine, que l'on reconnaît à sa simplicité, à l'absence de bourgeons et à des ramifications fibreuses relativement peu étendues, celles qui entrent dans la constitution du gazon et des prairies, se renouvellent au contraire, et se propagent par des pousses de racines d'une nature particulière; pour un grand nombre d'entre elles, la multiplication est indépendante de la formation des semences.

De même que le fraisier, qui recouvre très-vite une grande étendue de terrain, développe, au-dessus du collet de sa racine et à côté de sa tige principale, des tiges latérales qui rampent sur la terre, en poussant de distance en distance, des bourgeons et des racines qui se transforment en individus indépendants; de même les mauvaises herbes vivaces, parmi lesquelles je range ici les plantes de gazon et des prairies, s'étendent par des organes souterrains analogues. Les rhizômes du chiendent (*Triticum repens*), de l'elyme des sables (*Elymus arenarius*) du trèfle des prés (*Trifolium pratense*), multiplient la plante, dans toutes les directions, par des pousses de racines. Le paturin des prés (*Poa pratensis*) se propage par un rhizôme composé de véritables racines, de bourgeons, de tiges et de racines rampantes. Le raygrass (*Lolium*) dans un sol compacte talle par les racines et dans un sol léger par les tiges.

Les fléoles (*Phleum*) sont tantôt pourvues de racines tuberculeuses, tantôt de rhizômes ou de racines traçantes. — Le thymothy (*Phleum pratense*) talle dès la première année,

et, dans le courant de la seconde, il forme des rhizômes tuberculeux ou noueux qui, envoient des pousses rampantes dans toutes les directions, et le paturin se propage tantôt par des pousses rampantes munies de bourgeons, tantôt par des rejetons ramifiés.

Lorsque l'on compare les phénomènes vitaux dans les plantes annuelles, bisannuelles et vivaces, on reconnaît que, chez ces dernières, le travail organique se concentre principalement sur le développement de la racine.

La semence d'asperge, mise en terre en automne, développe, dans un sol fertile, depuis le printemps jusqu'à la fin de juillet de l'année suivante, une plante d'environ un pied de hauteur; mais, à partir de ce moment, on n'observe plus aucune croissance ni de la tige, ni des branches, ni des feuilles. Dans le même temps, la plante de tabac, qui est annuelle, aurait développé une tige de plusieurs pieds de hauteur, garnie de feuilles nombreuses et larges, et la betterave aurait formé une large couronne de feuilles.

L'arrêt de croissance survenu dans la plante d'asperge n'est qu'apparent; en effet, dès que les organes nutritifs extérieurs sont développés, la racine prend plus de volume et de masse, proportionnellement à ses organes aériens, que la plante de tabac. La nourriture absorbée par les feuilles dans l'air, et par les racines dans le sol, après s'être transformée en matériaux de construction se porte vers les racines et s'y accumule, insensiblement, en quantité telle, que l'année suivante elle fournit, sans le secours d'aucune nourriture puisée dans l'atmosphère, les matériaux d'une nouvelle plante parfaite, d'une hauteur double, garnie de nombreuses ramifications et de feuilles abondantes. Le travail organique dont ces organes sont le siège durant la seconde année, consiste, de nouveau, dans l'élaboration de

produits qui se déposent dans la racine, et qui, par suite du développement plus ample des organes aériens, s'y accumulent en plus grande abondance que l'année précédente.

Les mêmes phénomènes se renouvellent durant la troisième et la quatrième année et, à la cinquième ou sixième, la provision déposée dans les racines est assez copieuse pour donner naissance, au printemps, et par une température chaude, à trois ou quatre tiges, ou même à un plus grand nombre encore, ayant le volume du doigt, et dont chacune se couvre de nombreuses branches et de feuilles.

L'examen comparatif de la plante d'asperge verte et de la tige au moment où elle dépérit en automne, semble indiquer qu'au moment où la végétation s'arrête, le reste des matières solubles ou susceptibles de dissolution qui se trouvent dans les organes extérieurs et qui peuvent encore servir, descend dans la racine. Les parties vertes de la plante sont relativement riches en azote, en alcalis et en phosphates, tandis que dans les tiges flétries, on ne trouve plus ces substances qu'en petite quantité. Les semences, seules, retiennent des proportions relativement fortes de phosphates terreux et d'alcalis, et c'est là, évidemment, un excédant dont les racines n'ont plus besoin l'année suivante.

Les organes souterrains des plantes vivaces sont les collecteurs soigneux de tous les éléments vitaux nécessaires à certaines fonctions. Lorsque le sol le permet, ils absorbent toujours plus qu'ils ne dépensent, et jamais ils ne dépensent tout ce qu'ils ont reçu. La fleuraison et la fructification ne s'effectuent que lorsqu'il s'est accumulé dans la racine un excédant de phosphates qu'elle peut abandonner sans compromettre son existence. En fournissant, par l'application des engrais, une nourriture plus copieuse aux racines, on modifie la végétation. C'est ainsi que l'application des

ces cendres provoque l'apparition du trèfle blanc, et que par l'emploi du phosphate de chaux, le raygrass français (*Avena elatior*) développe un gazon touffu.

Chez toutes les plantes vivaces, les organes souterrains sont beaucoup plus volumineux et plus abondants que dans les plantes annuelles. Celles-ci perdent chaque année leurs racines, tandis que les végétaux vivaces les conservent, prêtes à prendre et à accumuler leur nourriture à chaque occasion favorable.

Le cercle où la plante vivace puise sa nourriture, s'élargit d'année en année. Si, sur certains points, les divisions des racines ne trouvent qu'une nourriture rare, d'autres se dirigent vers les endroits plus riches où elles vont s'approvisionner.

En examinant un morceau de gazon dans une prairie très-fournie, on verra que la plus petite partie des plantes ont poussé des tiges; la plupart ne poussent que des touffes de feuilles; et il y a des plantes qui se bornent, pendant des années, à des pousses souterraines.

Le développement des rejetons souterrains est de la plus haute importance pour les plantes vivaces des gazons et des prairies, car ils pourvoient à leur alimentation à une époque où la vie des espèces annuelles serait compromise faute de nourriture.

Un sol approprié et les autres conditions favorables à la vie végétale exercent une influence tout aussi heureuse sur les plantes vivaces que sur celles qui ne sont qu'annuelles, mais leur développement ne dépend pas au même degré des variations atmosphériques. Si les circonstances sont défavorables, leur croissance est temporairement arrêtée, mais elles sont en mesure d'attendre des conditions plus propices et, tandis qu'elles ne subissent qu'un simple

arrêt de développement, les plantes annuelles voient approcher le terme de leur vie et périssent.

La durée et la certitude des produits de nos prairies, malgré les différences de sol et les variations atmosphériques, dépendent de la présence d'un grand nombre de plantes capables de se maintenir à un faible degré de développement. Tandis qu'une espèce se développe au dehors, fleurit et porte semence, une seconde accumule en dessous les conditions d'un même avenir. Une espèce semble disparaître et faire place à d'autres, jusqu'au moment où elle trouve des circonstances propices à sa réapparition.

Les plantes ligneuses croissent et se développent d'une manière tout à fait semblable à la plante d'asperge, avec la seule différence qu'au moment où la végétation s'arrête, elles ne perdent pas leur tronc. C'est ainsi qu'un petit chêne de 1 1/2 pied de hauteur a pu montrer une racine de plus de 3 pieds de longueur. Le tronc, concurremment avec la racine, sert de magasin aux éléments nécessaires pour reproduire, l'année suivante, les organes extérieurs de nutrition. Des troncs sciés de tilleuls, d'ormes ou de saules, placés en lieux humides et ombragés, poussent, quelquefois après plusieurs années, des branches longues de plusieurs pieds et couvertes de feuilles.

Dans les années de répit où les arbres des forêts ne portent pas de fruits, ils se comportent comme la plupart des plantes vivaces, qui, croissant sur un sol pauvre, ne peuvent accumuler les éléments nécessaires à la fructification qu'au bout de plusieurs années (Sendtner, Ratzeburg).

La perte en principes nutritifs inorganiques que les arbres subissent par la chute des feuilles, est insignifiante. Quand celles-ci ont atteint leur complet développement, les cel-

lules de l'écorce se remplissent d'une quantité abondante d'amidon, et celui-ci disparaît complètement dans le bourrelet du pétiole (H. Mohr). Longtemps avant leur chute, les feuilles perdent considérablement de leur suc, tandis qu'à cette époque, l'écorce des branches en est souvent remarquablement gorgée (H. Mohr). L'analyse de la cendre des feuilles vient confirmer ce fait en démontrant que la proportion d'alcalis et d'acide phosphorique diminue immédiatement avant qu'elles se détachent de l'arbre. Les feuilles tombées en contiennent une si faible quantité par rapport à leur masse, qu'on s'explique difficilement le préjudice que peut causer le glanage des feuilles dans les bois. (V. Appendice A.)

Une semblable rétrocession des produits de l'assimilation paraît avoir lieu dans les graminées. Quand par les chaleurs croissantes de l'été les feuilles se flétrissent, l'analyse chimique y découvre à peine des traces d'azote, de phosphates et d'alcalis. Les animaux eux-mêmes, par instinct, refusent de se nourrir de feuilles tombées, quelle que soit leur espèce.

Chez les plantes annuelles et bisannuelles, le travail organique se résout dans la formation du fruit et de la semence; à ce moment, la racine est arrivée au terme de son activité.

Chez les plantes vivaces, au contraire, la fructification paraît plutôt n'être qu'une condition accessoire de leur existence.

La plante bisannuelle dispose d'un temps plus long que la plante annuelle pour l'accumulation des matériaux nécessaires à la formation des fruits et des semences, qui marque chez elle le terme de la vie; mais l'époque où cette accumulation a lieu dépend de conditions atmosphériques éventuelles ou de la nature du sol.

La plante annuelle se développe d'une manière uniforme dans toutes ses parties. La nourriture absorbée chaque jour sert à l'accroissement des organes souterrains aussi bien que des organes aériens, et ils consomment d'autant plus que leur surface absorbante devient plus ample. Au fur et à mesure de leur croissance, les organes d'absorption et d'élaboration augmentent et agissent d'autant plus efficacement que les conditions externes sont plus favorables.

On peut distinguer trois phases dans le développement de la plante-racine bisannuelle : dans la première, ce sont les feuilles et dans la seconde les racines qui se forment. Ces dernières amassent les matières nécessaires au développement de la fleur et du fruit qui se produit durant la troisième phase.

Les recherches d'Anderson sur la racine du turneps aux différentes phases de son développement, donnent une idée claire des différentes directions que peut prendre l'activité vitale d'une plante bisannuelle. (Journal of agri. C. and trans. actions of the highland soc. n. 68 et 69 new series p. 5).

Ces expériences avaient pour but de déterminer la quantité de substance végétale contenue dans les plantes de turneps croissant sur un acre de terre.

Les turneps furent récoltés à quatre époques ou phases différentes de leur croissance. Ils furent arrachés successivement le 7 juillet, le 11 août, le 1^{er} septembre et le 5 octobre. Le tableau suivant indique le poids des feuilles et des racines en livres, par acre, aux différentes époques d'arrachage.

POIDS DE LA RÉCOLTE.

			Feuille.	Racines.
I	Arrachage après	32 jours	219	7,2 livres.
II	»	67 »	42293	2762,0
III	»	87 »	19290	14400,0 »
IV	»	122 »	11298	36792,0 »

Ces rapports entre le poids des feuilles et des racines, montrent que, dans la première moitié de la période de végétation (67 jours), le travail organique s'est principalement concentré sur le développement des organes extérieurs.

Du 7 juillet au 11 août, c'est-à-dire en 35 jours, le poids des feuilles a augmenté de 12574 livres et celui des racines de 2755 livres, ce qui fait une augmentation journalière de :

Feuilles.	Racines.
359 livres.	78 livres.

A cette époque, la formation des feuilles prédominait dans la proportion suivante : sur 11 parties en poids de nourriture absorbée, 9 parties avaient été transformées en feuilles, et 2 en racines.

Mais durant la troisième période, le rapport change, car le poids des feuilles s'est accru, dans l'espace de 20 jours, de 6507 livres, et celui des racines de 11638 livres, ce qui correspond à une augmentation journalière

Feuilles.	racines.
325 livres.	582 livres.

Durant cette période, les plantes absorbent, chaque jour, un peu plus du double de la nourriture assimilée dans la période précédente. Cette augmentation doit correspondre au développement quotidien de la surface des feuilles et des racines. Mais la nourriture absorbée a été répartie dans la plante d'une tout autre manière. Sur 25 parties de nourriture absorbée et utilisée, il n'en est resté que 9 dans les feuilles, tandis que 16 parties ont servi à l'accroissement de la substance des racines.

Au fur et à mesure que les feuilles approchèrent du terme de leur développement, elles perdirent la faculté d'employer la nourriture à leur construction ultérieure, mais elles la

transformèrent alors en matériaux plastiques qui se déposèrent dans les racines. Les mêmes éléments que s'attribuaient les feuilles, lors de leur accroissement, devinrent des éléments constitutifs des racines.

Cette migration des parties intégrantes des feuilles et leur transformation en parties constituantes des racines, paraissent se manifester distinctement surtout pendant la quatrième période. Le poids total des feuilles, qui était encore au 1^{er} septembre de 19200 livres, diminue de 7992 livres en 35 jours, soit 228 livres par jour; ce qui revient à dire que sur 34 feuilles il en périt 10, tandis que les racines augmentèrent, pendant le même espace de temps, de 22392 livres ou de 640 livres par jour, quantité supérieure à l'accroissement journalier de la période précédente.

Comme l'automne avançait, la température et la lumière solaire de cette saison devaient évidemment diminuer l'activité fonctionnelle des feuilles, et un peu plus du tiers des matériaux plastiques qui s'y étaient accumulés, se transportèrent dans la racine et furent mis en réserve pour un nouvel emploi.

Si l'on compare ce que, dans les expériences de M. Anderson, les turneps croissant sur un acre, ont absorbé d'azote, d'acide phosphorique, de potasse, de sel de cuisine et d'acide sulfurique pendant les derniers 90 jours, on constate l'absorption journalière suivante :

Pour la plante entière en un jour.

	II ^e PÉRIODE	III ^e PÉRIODE.	IV ^e PÉRIODE.
Substance végétale	437,00	907,00	412,00 livres.
Azote	1,15	0,695	1,21 »
Acide phosphorique	0,924	1,10	1,25 »
Potasse	1,41	4,04	3,07 »
Acide sulfurique	1,12	1,57	1,52 »
Sel de cuisine	0,84	1,98	1,11 »

Accroissement journalier des racines pendant la IV^e période de croissance :

	Ac. phosphor.	Potasse.	Ac. sulfur.	Sel de cuisine.
Livré par le sol	1,25	3,07	1,52	1,10 liv.
Livré par les feuilles	0,41	1,56	0,51	0,53 »
	<u>1,66</u>	<u>4,63</u>	<u>2,03</u>	<u>1,63</u>

Ces chiffres démontrent que la quantité d'acide phosphorique absorbée journallement par les plantes de turneps croissant sur un acre de terre, a augmenté, depuis le commencement de la seconde période jusqu'à la fin de la quatrième, ou en 90 jours, de 0,924 à 1,25 livres par jour, ce qui fait, d'un jour à l'autre, une différence minime de 0,0037 livres.

M. Anderson suppose que sa détermination d'azote pendant la troisième période, doit être défectueuse et n'est pas assez forte. Si l'on additionne les quantités d'azote des deux dernières périodes (55 jours), on trouve une absorption journalière de 1,02 livres, quantité à peu près égale à celle de la période précédente.

Du 11 août au 1^{er} septembre, la quantité de potasse a augmenté dans une proportion plus forte que la substance végétale, et, du 1^{er} septembre au 5 octobre, l'accroissement des racines comparé à celui de la période précédente, a été presque double, mais il y a eu migration des combinaisons potassiques des feuilles vers les racines. On voit distinctement qu'il existe un certain rapport entre l'accroissement de la potasse et la formation du sucre et des autres principes non azotés des racines, mais on ne peut en déterminer la proportion exacte. L'absorption de l'acide sulfurique a augmenté d'une manière uniforme dans les

trois dernières périodes, et celle du sel de cuisine a été proportionnellement plus forte durant la troisième période que pendant la seconde et la quatrième.

Sans vouloir entrer ici dans des développements concernant le rôle que les diverses matières minérales, telles que la potasse, la magnésie et le fer, jouent dans la vie végétale, je ferai cependant observer que, à l'exception de la potasse, l'absorption régulière de ces substances est évidente, et s'est accrue chaque jour d'une petite quantité correspondant à l'augmentation, constante jusqu'à la quatrième période, de la surface d'absorption. C'est l'acide phosphorique et l'azote qui ont le moins augmenté; ils étaient tous deux également nécessaires aux phénomènes de développement de la plante et ont servi évidemment d'intermédiaires à un travail plus considérable, dont l'effet se manifeste dans la production et l'accroissement des substances non azotées.

Si l'on considère la quantité de substances minérales absorbées comme une mesure de leur importance pour le travail organique qui s'opère dans la plante, on doit attribuer la même valeur à l'acide sulfurique et au sel de cuisine qu'aux autres éléments minéraux.

En examinant les quantités d'éléments minéraux absorbés par les diverses parties de la plante à différentes époques, on trouve des rapports fort irréguliers. Pendant la seconde période, en 35 jours, 49,29 livres de potasse ont été absorbées, dont 8,02, soit un sixième, par les racines, et 41,27 par les feuilles. Le poids des feuilles développées était à peu près dans le même rapport avec celui des racines, c'est-à-dire que le poids de ces dernières était environ cinq fois moindre que celui des feuilles.

Dans la troisième période, la masse des racines l'emporte.

sur celle des feuilles, et, sur les 80 livres de potasse absorbées, 34 livres ou les $\frac{7}{16}$ sont restées dans les racines; la même proportion se maintient pour l'acide phosphorique, le sel de cuisine et les autres éléments minéraux, qui se partagent entre les organes aériens et souterrains, suivant que la prédominance de matière végétale penche d'un côté ou de l'autre, prédominance qui varie également aux différentes périodes.

Si l'on cesse d'envisager les quantités de matières minérales absorbées par la plante entière, pour ne considérer que leur distribution entre les feuilles et les racines, celle-ci paraît irrégulière et fort inégale. La plante reçoit chaque jour à peu près la même quantité d'acide phosphorique, d'azote, de sel de cuisine et d'acide sulfurique, qui se répartissent entre les différents organes où ils sont nécessaires, soit dans les feuilles, soit dans les racines. La seule différence marquée réside dans l'absorption de la potasse dont la quantité a augmenté, pendant la troisième période, hors de toute proportion avec les autres éléments minéraux.

Avec la matière première, l'acide carbonique, l'eau, l'ammoniaque, l'acide phosphorique, l'acide sulfurique et avec le concours des alcalis et des terres, etc., le travail chimique ne produit probablement qu'une seule substance contenant de l'azote et du soufre, et appartenant au groupe des albuminoïdes, et une seule substance non azotée appartenant au groupe des hydrates de carbone. La première conserve son caractère pendant toute la durée de la végétation, tandis que la matière non azotée se transforme en un corps insipide de nature gommeuse, ou bien en cellulose ou en sucre, qui, selon la prédominance du travail organique dans les organes aériens ou souterrains,

deviennent partie constitutive des feuilles ou des racines.

Si l'acide phosphorique est en rapport avec la production des principes azotés, le sol doit contenir des proportions déterminées de ces deux substances, et, pour le turneps, les couches supérieures doivent être notablement plus riches en phosphates que les couches inférieures, car, dans la première moitié de la période de végétation, l'appareil radiculaire est beaucoup plus faible qu'il ne le sera plus tard, et ne peut se trouver en contact qu'avec un faible volume de terre. Et pour être à même d'y puiser une nourriture aussi abondante que celle qu'il trouverait dans un cube de terre plus considérable, il faut nécessairement que le sol soit d'autant plus riche que la racine est moins volumineuse.

La cendre de toutes les plantes qui produisent de grandes quantités d'amidon, de gomme ou de sucre, se distingue de toutes les autres cendres végétales par sa richesse en potasse; et si la présence de cette substance est nécessaire dans le jus du turneps pour aider à la formation du sucre et des autres principes non azotés, on s'explique son absorption plus grande pendant la troisième et quatrième période de croissance, alors que la formation des éléments non azotés de la racine s'effectue dans des proportions beaucoup plus fortes que dans les périodes antérieures.

Il serait superflu, aujourd'hui, de s'arrêter à prouver qu'il existe une relation certaine entre la transformation de l'acide carbonique et de l'ammoniaque en substances non azotées et azotées, ou, en un mot, entre la production des substances combustibles, et les matières incombustibles que nous trouvons dans les cendres; cette dépendance est mu-

tuelle. Lorsqu'on dit qu'il s'est formé plus de produits azotés ou non azotés *parce que* la plante a absorbé plus d'acide phosphorique ou plus de potasse, cela est tout aussi juste que si l'on prétendait que la plante absorbe plus d'acide phosphorique et de potasse, parce qu'elle réunit dans son organisme les autres conditions nécessaires à la production des substances azotées ou non azotées.

Pour que la plante puisse prendre son maximum de développement, il faut que le sol lui offre, en tout temps, et sous forme assimilable, la totalité des éléments qu'il a pour mission de fournir, et que, d'autre part, les agents physiques, la chaleur, l'humidité et la lumière solaire prêtent leur concours, nécessaire pour la transformation des matières absorbées en tissus végétaux. Lorsque les matières fournies par le sol à la plante ne trouvent pas d'emploi, elles ne sont plus absorbées. Lorsque le temps est défavorable, la plante ne croît pas plus que dans le cas où, les conditions physiques étant propices, le sol manque des éléments dont elles déterminent l'efficacité.

Pendant la seconde moitié de son développement, alors que le turneps a traversé les couches superficielles et pénétré dans le sous-sol, les racines absorbent plus de potasse que précédemment; et s'il arrive que les extrémités radiculaires atteignent alors une terre moins riche en potasse que celle qu'elles viennent de traverser, ou n'en renfermant pas assez pour satisfaire complètement aux exigences de la plante, on ne doit pas être surpris si, après avoir poussé vigoureusement dans le commencement, cette plante se ralentit dans son développement. Toutefois, on ne peut guère compter sur une bonne récolte, quand les matières premières diminuent au lieu de s'accroître avec les organes qui doivent les mettre en œuvre.

Dans les plantes-racines, l'appareil souterrain recueille, durant le dernier mois de la végétation, près de la moitié des éléments en circulation dans les feuilles, et, à la fin de la première année, cet appareil constitue un vrai magasin où sont accumulés des matériaux de construction destinés à être utilisés ultérieurement.

Au printemps de l'année suivante, la racine bourgeonne et pousse une faible couronne de feuilles et une tige florifère de plusieurs pieds de hauteur, et elle périt aussitôt après le développement de la semence. La masse principale de la nourriture emmagasinée dans la racine reçoit ainsi, à la seconde année ou durant la dernière période de végétation, une nouvelle destination, sans que le sol paraisse participer beaucoup à ce nouvel acte vital, si ce n'est par l'eau qu'il fournit.

Dans toutes les plantes monocarpes, c'est-à-dire dans celles qui ne fleurissent et ne fructifient qu'une fois, on peut, comme chez les plantes-racines, distinguer des phases différentes dans la nature du travail organique. Dans la première, la plante produit les matériaux de construction pour la suivante; dans celle-ci, ceux nécessaires au dernier acte vital. Mais ces matériaux ne s'accumulent pas toujours dans les racines comme chez le turneps, la betterave etc. Dans le palmier sagou, c'est le stipe; dans l'aloès (agave), ce sont les feuilles épaisses et charnues qui les emmagasinent.

Chez un grand nombre de ces plantes, la production de la semence dépend beaucoup moins du temps que de la provision des matériaux nutritifs accumulés antérieurement. Quand des conditions atmosphériques et climatiques sont favorables, elles avancent la fructification; dans le cas contraire, elles la retardent.

Les plantes dites d'été sont des végétaux monocarpes, capables d'amasser en peu de mois les éléments nécessaires à la production de la semence. L'avoine se développe et mûrit ses semences en quatre-vingt-dix jours; le turneps n'en donne que la seconde année; le palmier sagou, au bout de seize ou dix-huit ans, et l'aloès, après trente ou quarante; quelquefois même, il ne fournit des graines qu'au bout de cent ans. (V. Append. B.)

Chez beaucoup de végétaux vivaces, la partie aérienne de la plante périt chaque année, tandis que la racine se conserve; mais, chez les plantes monocarpes, la racine meurt après la production de la semence. Du reste, chez ces dernières, la formation de la graine est une condition nécessaire de leur existence, tandis que chez les autres elle n'est qu'accessoire.

Les plantes sont régies dans leur économie par des lois qui se traduisent dans la faculté inhérente à certains organes d'accumuler des principes nutritifs, en vue d'un emploi ultérieur; de manière que toutes les causes extérieures qui paraissent être un obstacle à leur développement, finissent par assurer leur existence, c'est-à-dire leur propagation.

Le contenu des racines dans les plantes vivaces et dans l'asperge, remplit, aux différentes périodes de leur existence, le même rôle que le corps farineux dans la semence de blé, avec cette différence que l'enveloppe ne se vide jamais entièrement, se remplit au contraire de temps en temps et augmente de volume. La plante vivace reçoit, en somme, plus qu'elle ne dépense, tandis que la plante monocarpie dépense pour la fructification sa provision tout entière.

D'après la manière dont les plantes-racines se comportent

en automne, moment où le tubercule grossit aux dépens des éléments des feuilles, on s'explique aisément l'effet que produit l'enlèvement de ces organes. La suppression de quelques feuilles au mois d'août, n'exercera qu'une minime influence sur le rendement des racines, tandis qu'à la fin de septembre elle compromet gravement la récolte. Dans des expériences très-exactes faites à ce sujet, M. Metzler a trouvé que la suppression des feuilles, exécutée de bonne heure, diminuait la récolte de sept pour cent, tandis qu'effectuée plus tard, ou bien une seconde fois, elle occasionnait une perte de 36 pour cent.

Si, à la fin de la première année, au lieu d'enlever les betteraves du champ comme on le fait ordinairement, on se contentait de couper la touffe de feuilles, et si on laissait les racines en terre pour les enfouir par le labour, le champ aurait, à la vérité, perdu de ses éléments nutritifs, mais la plus grande partie y serait conservée par les racines. Le résultat serait tout différent si, à la fin de la seconde année de végétation, on enlevait également la tête, ainsi que la tige avec la semence. Tandis qu'à la fin de la première année, la racine contenait encore la plus grande partie des éléments azotés et minéraux qui restent dans le sol, durant la seconde année, ces matières ont émigré dans la partie aérienne de la plante, et ont été employées à la production de la tige et de la semence ; de sorte qu'en enlevant celles-ci, quand bien même on laisserait les racines dans le sol, on l'appauvrit.

Avant le développement de la tige et de la fleur, la racine était encore riche en éléments minéraux ; mais, après la production de la semence, elle en est totalement épuisée. Si la racine est enfouie avant la fleuraison, le sol conserve la grande majorité des principes nutritifs qu'il avait livrés à la

plante. Après la fleuraison et la fructification, il n'en reste dans la racine qu'une minime partie, et le sol est appauvri.

Ce qui se passe dans les plantes-racines, se reproduit dans les céréales. Si on les coupe avant la fleuraison, la racine conserve une grande partie des matériaux qui s'y sont accumulés, matériaux que le sol perd nécessairement, si la partie aérienne de la plante est récoltée après la maturité des grains.

Les observations que nous possédons sur la culture du tabac, nous renseignent sur la marche du développement dans une plante annuelle destinée à produire des feuilles.

La plante de tabac se développe très-uniformément, tant dans sa partie aérienne que dans sa partie souterraine. La racine gagne en étendue en même temps que la tige s'allonge et que les feuilles croissent en nombre et en dimensions. On n'observe pas de variation brusque dans la direction du travail organique; il n'y a pas de pousse subite, mais une évolution lente et régulière de tous les phénomènes vitaux. Tandis qu'au sommet de la plante on observe des semences mûres, et que déjà les feuilles inférieures sont mortes, les branches latérales développent encore des boutons à fleurs dont la semence ne mûrira que plus tard.

La plante de tabac se distingue par la propriété remarquable de produire dans son organisme deux combinaisons azotées dont l'une, la nicotine, ne contient ni soufre, ni oxygène, tandis que l'autre, l'albumine, est identique aux principes pourvus de soufre et d'oxygène des plantes alimentaires.

La valeur commerciale des feuilles est en raison inverse de la proportion d'albumine qu'elles contiennent. Le tabac le plus estimé des fumeurs est celui qui contient le moins d'albumine, car celle-ci, dans les feuilles sèches, se carbo-

nise et répand une odeur fort désagréable de corne brûlée. Les feuilles riches en albumine renferment généralement plus de nicotine que celles où cette substance est rare ; elles fournissent des tabacs très-forts, que souvent il est impossible de fumer sans mélange.

Les feuilles de tabac cultivées en France et en Allemagne servent à la préparation de tabacs à fumer ou à priser. Pour la fabrication de ces derniers, on préfère les tabacs les plus riches en albumine (et en nicotine). On les soumet à cette fin, soit sous forme de feuilles, soit à l'état pulvérisé, à une espèce de fermentation qui se fait rapidement et avec dégagement de chaleur, si l'on a soin de les arroser d'eau pour maintenir l'humidité.

La putréfaction de l'albumine donne naissance à une quantité considérable d'ammoniaque qui constitue un élément essentiel du tabac à priser d'Allemagne. Les fabricants allemands, pour répondre au goût des consommateurs, en augmentent encore la quantité en l'humectant avec du carbonate d'ammoniaque ou de l'ammoniaque caustique.

Les tabacs à fumer gagnent également en qualité lorsqu'on les soumet à une légère fermentation pour diminuer la quantité d'albumine.

Ces observations préliminaires permettront de comprendre les différentes méthodes suivies dans la culture du tabac.

La longueur et la largeur des feuilles, leur couleur plus ou moins claire ou obscure, la hauteur de la tige, la richesse du rendement et la proportion d'albumine et de nicotine, dépendent essentiellement de la fumure.

En Europe, la plante prospère surtout dans les terrains argileux ou marneux, doux, sablonneux et humeux. Cultivée sur un terrain défriché, sur une argile compacte et fumée

avec de la poudre d'os, des déchets de corne, du sang, des soies de porc, des excréments humains, de la farine de tourteaux et du purin, elle fournit les tabacs les plus forts (c'est-à-dire les plus riches en albumine et en nicotine).

A la Havane, on cultive le tabac sur des défrichements, notamment sur des bois défrichés, après y avoir mis le feu, comme en Virginie. C'est la troisième année de culture qui produit les meilleures qualités (les plus pauvres en albumine).

Il semble résulter de là que l'engrais animal ou fortement azoté (ammoniacal) favorise la production des principes azotés, et que le sol qui est pauvre en ammoniacque et qui contient sans doute l'azote sous forme d'acide azotique, fournit des feuilles renfermant peu d'albumine et de nicotine. Le fumier de vache, riche en potasse, donne un tabac doux ; le fumier de cheval, un tabac fort.

L'effet du repiquage des jeunes plants élevés sur couches est très-apparent. Pour s'enraciner dans son nouvel emplacement, la plante procède de la même manière que la semence pendant la germination. Le premier travail consiste dans le développement de la racine. Les feuilles déjà formées dépérissent et leurs éléments mobiles, concurremment avec la provision de matériaux nutritifs qui se trouve dans la racine, sont employés à la production de nombreuses fibres latérales. Un second repiquage agirait encore plus favorablement sur le développement des organes d'absorption souterrains.

Comme tout le travail organique des plantes annuelles se dirige vers la fructification, et que celle-ci consomme toutes les matières qui rendent les racines et les feuilles capables de fonctionner, le planteur de tabac enlève, aussitôt que la plante a poussé 6 à 10 feuilles, le cœur de la tige centrale qui doit donner naissance aux fleurs et aux

Après la suppression du bourgeon terminal, le suc se concentre sur les bourgeons qui se trouvent dans l'aisselle des feuilles, et qui forment des bourgeons axillaires, dites gourmandes. On procède à l'égard de ces gourmandes comme avec la tige principale ; on les supprime, tout bonnement en leur faisant faire quelques courbes. Tous les matériaux nutritifs qui sont ainsi retenus dans les feuilles, qui grandissent et grossissent et perdent leur aqueosité. Vers le milieu de septembre, les feuilles perdent leur couleur verte ; elles se recouvrent de taches jaunes qui leur donnent un aspect marbré, et deviennent semblables à du parchemin. Elles sont sèches au toucher, se flétrissent, et les pointes se courbent vers le sol. Lorsqu'elles sont complètement sèches, elles sont gluantes et résistantes, et se détachent facilement de la tige.

Le traitement que l'on fait subir à la plante diffère, selon les variétés de tabac, et selon les pays. Ainsi, les variétés nommées tabac anglais commun, tabac de Brésil, tabac de caporal, toutes très-riches en nicotine, sont traitées différemment. Souvent les planteurs les laissent aller à semence, ce qui donne lieu à un partage des principes azotés, et l'albumine abandonnée aux feuilles pour se fixer dans la graine.

C'est dans les jeunes pousses, dans les bourgeons, et, en général, dans tous les organes de la plante où la formation du tissu cellulaire est la plus active, que s'accumulent surtout les éléments azotés sulfurés (l'albumine). Aussi les jeunes feuilles en contiennent-elles toujours plus que les feuilles âgées, et c'est pour ce motif que les feuilles les plus anciennes et les plus rapprochées du sol donnent un tabac plus doux que les feuilles supérieures.

Dans les variétés qui ne sont pas très-riches en nicotine

et en albumine, les feuilles inférieures ont un coup moindre que les supérieures. Sous le doux, on comprend toujours un tabac pauvre en principes narcotiques.

Le procédé du planteur européen, qui fume ment ses champs avec de l'engrais animal, en opposition avec celui du planteur américain son tabac sur un champ qui n'a jamais cherche à atténuer et à diminuer les éléments narcotiques et albuminoïdes des feuilles, l'autre les concentre. C'est pourquoi le planteur américain casse les feuilles inférieures lorsqu'elles sont en pleine activité, du moment que la plante a atteint la moitié de sa croissance, tandis que le cultivateur européen ajoute la plus grande valeur aux feuilles supérieures, pleines et parfaitement développées.

Le tabac, comme toutes les plantes annuelles, n'abandonne sa provision de principes nutritifs qu'à la maturité des graines; aussi la tige ne meurt-elle pas après l'enlèvement de ses feuilles. Les matériaux qu'elle a conservés, conjointement avec ceux que recèlent encore les racines, permettent la sortie de nouvelles pousses, et souvent même de très-petites feuilles. Dans l'Inde occidentale, dans le Maryland, dans la Virginie, on plie la tige avant de casser la feuille, immédiatement au-dessus du sol, de sorte qu'elle se trouve couchée sans être séparée de la racine. Si la température est chaude, l'eau des feuilles s'évapore et la sève continue à se porter des racines et de la tige vers les feuilles, et s'y concentre quand elles se flétrissent. Dans le Palatinat rhénan, les planteurs de tabac ont remarqué que l'on obtient un tabac plus fin (c'est-à-dire plus pauvre en nicotine et en albumine) si, au lieu de briser les feuilles sur les champs, on coupe toute la tige avec ses feuilles immédiatement au-dessus

du sol pour la suspendre et la faire sécher, la pointe dirigée vers la terre. La tige continue à végéter pendant un certain temps; il se développe de petites pousses qui se dirigent insensiblement vers le haut et donnent des bourgeons à fleurs où vont s'accumuler les éléments albuminoïdes des feuilles, qui, par cette perte, acquièrent une qualité supérieure.

Parmi les plantes que l'on cultive pour leurs semences, le froment occupe le premier rang.

Le froment d'hiver ressemble beaucoup aux plantes bisannuelles, en ce qui concerne son développement. Dans la betterave bisannuelle, on remarque qu'avec les premières feuilles, il se développe un nombre correspondant de fibres radicales, et qu'après le développement de la couronne, il s'établit dans la substance de la racine un accroissement puissant, qui est suivi de la pousse d'une tige à fleur et à fruit.

Après l'ensemencement du froment d'hiver, la jeune plante développe bientôt ses premières feuilles, qui augmentent pendant l'hiver et les premiers mois du printemps, et finissent par constituer une touffe plus ou moins forte. On dirait que la végétation va s'arrêter; mais aussitôt que la chaleur du printemps se fait sentir, la plante pousse une tige molle de plusieurs pieds de hauteur, garnie de feuilles et pourvue à son sommet d'un épi garni de fleurs auxquelles succéderont des semences. Au fur et à mesure que la graine se développe, les feuilles jaunissent en procédant du bas de la plante vers le haut, et périssent avec la tige vers l'époque de la maturité des semences.

Assurément, pendant le moment d'arrêt apparent qui précède la pousse de la tige, les organes aériens et souterrains se trouvent en activité perpétuelle; l'absorption de la nourriture n'est pas interrompue, mais elle n'est utilisée qu'en partie pour les feuilles et nullement pour la formation de la

tige. Aussi avons-nous toute raison de croire que la plus grande partie des matériaux qui, à cette époque, se sont formés dans les feuilles, ont passé dans la racine, et que cette provision a été utilisée plus tard pour la formation de la tige. A l'arrivée des chaleurs, toutes les fonctions vitales des plantes céréales se raniment, et la quantité de nourriture absorbée et élaborée s'accroît en raison directe de l'accroissement des appareils d'absorption et d'élaboration. Au printemps, les feuilles les plus anciennes, ainsi que des fibres de la racine, périssent dans le sol qu'elles ont épuisé; il se forme au collet de la racine de nouveaux bourgeons, et avec chaque bourgeon de nouvelles racicules, jusqu'à ce que les mérithalles aient atteint une certaine longueur. A partir de là, jusqu'au terme de la végétation, la nourriture absorbée, ainsi que la partie mobile des matériaux formés dans les feuilles, les tiges et les racines, est employée à la fleuraison et à la fructification.

Les observations de Schubart démontrent que, pendant la première période de leur développement, les racines des céréales gagnent beaucoup plus que les feuilles. En examinant des plantes de seigle qui, six semaines après la semaille, avaient poussé des feuilles de 5 pouces de longueur, il les trouva munies de racines de 2 pieds.

La faculté de taller et la formation des tiges correspondent au développement de la racine. Schubart constata la présence de onze jets latéraux sur des plantes de blé dont les racines avaient de 3 à 4 pieds de longueur; il n'en trouva que 1 ou 2 sur d'autres dont les racines n'avaient que $1 \frac{3}{4}$ à $2 \frac{1}{4}$ pieds de long, et il n'en vit aucun sur des plantes dont la longueur des racines ne dépassait pas 1 pied $\frac{1}{2}$.

Pour que les céréales d'hiver prospèrent, il est essentiel que, sous l'influence de la température des mois frais et froids de

l'année, l'activité des organes aériens se maintienne dans certaines limites, sans toutefois être supprimée. Un air froid, et même sensiblement plus froid que le sol, exerce une influence des plus favorables sur le développement futur de la plante dont le développement aérien doit s'arrêter pendant quelques mois.

Aussi un automne et un hiver très-doux sont-ils généralement peu avantageux aux céréales. Sous l'influence d'une température élevée, la tige s'allonge et reste grêle; elle consomme la nourriture qui devait servir, soit à l'évolution des bourgeons et des nouvelles racines, soit à accroître la provision de la racine-mère. Développée faiblement, la racine ne peut fournir qu'une nourriture moins copieuse; en effet, sa surface d'absorption étant moins ample, elle recueille moins de matériaux. Recevant peu, elle doit nécessairement être plus avare de ses dons, et elle restera chétive pendant toute la durée de la végétation. Le cultivateur cherche à remédier à cet inconvénient en faisant pâturer ou couper la récolte. Ces opérations ont pour conséquence l'émission de nouveaux bourgeons et de nouvelles racines, et si les circonstances sont favorables et que la plante ait le temps d'approvisionner la racine, il arrive souvent que la récolte se rétablit et procure au cultivateur les produits qu'il en espérait.

On observe dans les céréales de printemps les mêmes périodes de développement que dans le blé d'hiver, seulement elles sont de plus courte durée.

L'examen que M. Arendt a fait de la plante d'avoine dans les diverses phases de son existence, offre un très-grand intérêt. M. Arendt a déterminé l'augmentation des éléments combustibles et incombustibles aux époques suivantes : depuis la germination jusqu'à l'épiage (fin de cette

période au 18 juin), un peu avant la fin de l'épiage (II^e période au 30 juin), immédiatement après la fleur (III^e période au 10 juillet), à la maturité naissante (IV^e période au 21 juillet) et, finalement, à maturité complète (V^e période au 31 juillet). Au 18 juin, les plantes avaient une hauteur moyenne de 31 centimètres; les trois feuilles inférieures étaient en grande partie dépliées, et les supérieures étaient encore fermées. Les trois mérithalles inférieurs de la tige avaient seuls une longueur appréciable (1, 2 et 3 centimètres); les trois supérieurs n'existaient encore qu'à l'état rudimentaire. Au 30 juin, 12 jours après, la plante avait acquis une hauteur double (63 centimètres); au 10 juillet (après 10 jours de fleuraison), elle offrait une taille de 84 centimètres.

**1000 Plantes absorbent ou plutôt produisent
en grammes.**

DATE DE L'EXAMEN					
ÉLÉMENTS.	18 juin. 1 ^{re} période. En 49 jours, avant l'épiage.	30 juin. 2 ^e période. En 12 jours, fin de l'épiage.	10 juillet. 3 ^e période. En 10 jours, fleuraison.	21 juillet. 4 ^e période. En 11 jours, production de la semence.	31 juillet. 5 ^e période. En 10 jours époque de maturité.
Combustibles .	419	873	475	435	128 gram.
Incombustibles .	36,6	33,48	30,33	20,34	7,18 "
En un jour.					
Combustibles .	8,551	72,75	47,50	39,45	12,8 gr.
Rapport.	1	8,5	5,5	4,6	1,5
Incombustibles .	0,747	2,79	3,03	1,849	0,718 "
Rapport.	1 :	3,73	4,06	2,47	0,96 "

Dans l'examen de ces chiffres, il faut remarquer que M. Arendt ne pouvait déterminer que ce que la partie aérienne de la plante recevait de la racine et non pas, comme Anderson l'a fait pour le turneps, ce que toute la plante recevait du sol. La grande inégalité dans l'accroissement des matières combustibles et incombustibles dépend évidemment plutôt d'une répartition inégale des matières absorbées, que d'une absorption inégale des éléments du sol. Le temps complet de développement a duré 92 jours, et nous voyons que dans la première moitié (49 jours), la plante reste à un degré bien bas de développement, la touffe de feuilles seule est formée, et encore ne l'est-elle qu'incomplètement. A partir du 30 juin, la plante, en 12 jours, double sa hauteur et le poids de ses éléments combustibles, et, dans ce court espace de temps, les parties aériennes acquièrent à peu près autant d'éléments incombustibles qu'elles en avaient absorbés dans la période précédente; de sorte qu'elles avaient gagné journellement $8 \frac{1}{2}$ fois autant d'éléments combustibles, et $3 \frac{3}{4}$ fois autant d'éléments incombustibles que dans un des 49 jours de la première phase.

Il n'est pas possible d'admettre que les conditions extérieures de nutrition, l'apport de nourriture par l'air ou par le sol, ou bien la puissance d'absorption de la plante puissent se modifier et changer pour ainsi dire par bonds, d'un jour à l'autre. Il est bien plus rationnel d'admettre que la plante d'avoine est soumise, dans son développement, à la même loi que le turneps, et qu'en conséquence, dans la seconde moitié de la première période de croissance, le travail organique des feuilles s'est particulièrement dirigé vers la production de matériaux qui se sont accumulés dans la racine et ont servi, au moment de l'épiage, aux organes aériens. A mesure que, sous l'influence

de la température plus élevée et de l'insolation plus vive de l'été, la faculté d'assimilation ou d'élaboration est devenue plus puissante, la quantité de nourriture offerte s'est accrue en conséquence, mais la proportion relative des éléments du sol est restée tout aussi uniforme que dans le turneps.

En comparant entre elles les quantités de potasse, d'acide phosphorique et d'azote que les parties aériennes ont reçues des racines et du sol, durant la I^{re} et la II^e période, c'est-à-dire jusqu'au commencement de la fleuraison, puis à partir de là jusqu'à la maturité naissante, et enfin pendant la maturation, on trouve pour mille plantes :

	Dans la première et deuxième période, 61 jours.	Dans la troisième et quatrième période, 21 jours.	Dans la cinquième période, 10 jours.
Potasse .	34,11 gr.	13,2 gr.	0,0 gr.
Azote	25,00	24,9	5,4
Acide phosphorique.	5,99	6,94	1,33

Ces chiffres montrent que les parties aériennes de l'avoine ont reçu, dans chacun des 21 jours de la III^e et de la IV^e période, à peu près la même quantité de potasse que celle qui leur avait été fournie, en moyenne, pendant chacun des 61 jours des deux périodes précédentes; mais pour l'acide phosphorique et l'azote, ce rapport est tout différent. En effet, la quantité de ces deux corps entrée dans la tige, l'épi et les

feuilles en 21 jours, est aussi forte que celle qui a été absorbée durant les 61 jours de la I^{re} et de la II^e période, c'est-à-dire qu'à partir de la fleuraison jusqu'au début de la maturation les quantités de ces matières reçues, chaque jour, par les parties aériennes ont été triplées.

Quant à la betterave, nous savons avec assez de certitude que les éléments de la tige, au moment où elle fait son apparition, de même que ceux de la fleur et des semences, sont déjà, pour la plus grande part, accumulés dans la racine qui est chargée de les livrer. Il est extrêmement probable qu'il en est de même dans les céréales et qu'à dater de la fleuraison jusqu'au terme de leur vie, elles sont nourries, peut-être pas exclusivement, par la racine qui, à partir de ce moment, dépense ce qu'elle avait accumulé antérieurement.

Knop a observé que des plantes de maïs que l'on avait déterrées au moment où elles étaient en fleur et que l'on avait simplement placées dans l'eau, portèrent des cariopses avec des semences mûres, ce qui prouve que les matériaux nécessaires à la fructification se trouvent déjà dans la plante à l'époque de la fleuraison.

Il est certain que si l'on coupe une plante céréale avant la fleur, on la réduit à l'état inférieur d'une plante vivace, chez laquelle la racine reçoit plus de matériaux nutritifs qu'elle n'en dépense (*).

Les quantités de matières minérales et d'azote qu'exigent l'avoine et le turneps présentent des différences considérables, non-seulement dans la totalité, mais encore aux diver-

(*) Buckmann (Journ. of the royal Agr. Soc.) ayant semé, dans l'automne de 1849, du froment qui fut constamment fauché en 1850, et conséquemment ne put fleurir, et l'ayant ensuite conservé pendant l'hiver de 1850-1851, il en obtint une assez bonne récolte en 1851.

ses périodes de leur croissance. Les faits constatés par Anderson sur le turneps et par Arendt sur l'avoine ne sont, à la vérité, pas assez nombreux pour en déduire avec certitude une loi de croissance qui leur soit applicable. Ils peuvent servir néanmoins de base à quelques conclusions. Les quantités d'acide phosphorique et d'azote contenues dans le turneps, à la fin de la première année de végétation, sont à peu près exactement dans le rapport de 1 : 1; dans l'avoine, au contraire, dans le rapport 1 : 4. Pour une même quantité d'acide phosphorique, il faut donc à la plante d'avoine quatre fois autant d'azote qu'au turneps; et pour une partie d'azote, il faut à ce dernier quatre fois autant d'acide phosphorique qu'à la céréale.

Si le développement de la plante d'avoine suit le même cours que celui de la plante de turneps, il faut qu'elle possède avant l'épiage, dans ses organes souterrains, la même provision de matériaux nutritifs que la plante de turneps a accumulés à la fin de sa première année de végétation. La masse de substance organique recueillie avant la formation de la tige florale est évidemment plus grande dans le turneps que dans l'avoine. Le premier reçoit considérablement plus d'éléments nutritifs du sol; mais pour les lui soutirer, il dispose, avant la naissance de la tige, de 122 jours, tandis que l'avoine en a seulement 50; et si les turneps et l'avoine croissant sur un hectare de terre disposaient, journellement, d'une égale quantité de principes alimentaires, les doses absorbées, dans des circonstances égales d'ailleurs, seraient proportionnelles à la durée de l'absorption. Mais l'étendue de la surface absorbante des racines établit, à cet égard, une très-grande différence. En effet, une surface de racine plus ample est en rapport avec les particules du sol par un plus grand nombre de points,

et, conséquemment, elle s'empare de plus de matières alimentaires que celle qui ne possède qu'un moindre développement. Quant à la quantité de matière végétale élaborée, et, notamment, des substances azotées et non azotées, elle dépend de la nature des plantes. Si la surface absorbante de la racine d'avoine était 2,45 fois aussi ample que celle du turneps, elle absorberait, dans les mêmes circonstances, 2,45 fois autant de nourriture, ou en 50 jours autant que la plante de turneps en 122 jours; c'est-à-dire que dans le même temps, la faculté d'absorption des deux plantes est en raison directe de la surface de leur racine.

La végétation de la plante de turneps dure, pendant la première année, 120 à 122 jours, et s'achève au mois de juillet de l'année suivante. En admettant qu'elle dure 244 jours, et en supposant que, au lieu de 93 ou 95 jours, la végétation de l'avoine se prolonge également pendant 244 jours, celle-ci pourrait, dans ce laps de temps, donner 2 1/2 récoltes.

On démontrerait peut-être, si l'on instituait des recherches à cet égard, que, sur une égale surface de terre, l'avoine ne produit pas moins de substances albuminoïdes que le turneps.

Dans les graines des céréales, la proportion entre les principes albuminoïdes et les principes non azotés, ou bien entre les principes plastiques et l'amidon, est comme 1 : 4 ou 5. Dans les racines de betteraves ou dans les tubercules de pommes de terre, ce rapport est comme 1 : 8 ou 10, et conséquemment la quantité de principes non azotés y est beaucoup plus considérable que dans les céréales.

Lorsque, sous l'influence de la chaleur, le travail organique commence dans le grain de froment, l'embryon envoie d'abord quelques radicules vers le bas et développe

simultanément une petite tige pourvue de deux ou trois feuilles complètes. En même temps que ces changements s'opèrent, les éléments du corps farineux se liquéfient; l'amidon se transforme en une substance analogue à de la gomme, puis en sucre, et le gluten en albumine. Ces deux substances constituent le protoplasma (les principes nutritifs organiques de Nægeli) ou la nourriture des cellules. Les changements qu'elles éprouvent leur permettent de se transporter aux endroits où les cellules sont en voie de formation. L'amidon fournit les éléments des parois des cellules, et leur contenu provient principalement de la matière azotée. Après l'apparition des feuilles et des racines, on voit se former sur la tige de petits bourgeons foliacés, et naître de la base de la radicule les rudiments de nouvelles racines.

Le protoplasma du froment contient cinq fois autant de substances amylicées que de substance azotée.

La germination s'effectue sans le secours d'aucune matière étrangère, sauf l'eau et l'oxygène, et le carbone que perd la semence à l'état d'acide carbonique pendant l'accomplissement de ce phénomène, est récupéré presque complètement, plus tard, par la jeune plante.

Dans l'eau pure, une plante aurait beau végéter pendant des semaines, sa masse ne gagnerait guère. Les organes sortis de la semence de froment ne pèsent pas plus à l'état sec que la graine elle-même(*), et la proportion entre les principes azotés et non azotés est restée à peu près ce qu'elle était dans le corps farineux, dont les éléments, en définitive, n'ont fait que changer de forme. Dans leur ensemble, les feuilles, les racines, la tige, les

(*) Un grain d'orge végétant dans l'eau pure, poussa trois racicules et trois feuilles; la radicule du milieu mesurait 30 centim. et la première feuille 25 centim. de longueur; toute la plante, après avoir été desséchée, avait à peu près le poids d'un grain d'orge de grandeur moyenne.

bourgeons foliacés et les rudiments de racines représentent les éléments de la semence transformés en instruments ou appareils jouissant désormais de la faculté d'exécuter certaines fonctions. Or celles-ci consistent dans l'entretien d'un travail chimique qui, au moyen de matières inorganiques puisées au dehors, et avec l'aide du soleil, détermine l'élaboration de produits semblables, par tous leurs caractères, à ceux dont les instruments eux-mêmes ont été faits.

Le travail organique de la formation des cellules présuppose l'existence du protoplasma et il est tout à fait indépendant des phénomènes chimiques auxquels celui-ci doit son origine; sans action chimique, le développement cellulaire ne saurait continuer.

Quand les éléments externes nécessaires à l'entretien des phénomènes chimiques manquent, comme lorsque la jeune plante se développe dans l'eau pure, le travail chimique cesse. Les feuilles et les racines ne fonctionnent pas alors comme instruments de travail : privées de nourriture, elles ne peuvent élaborer des produits capables de pourvoir à leur subsistance. Dès qu'elles ont acquis un certain développement, la formation cellulaire s'y arrête; mais ce travail se continue dans les nouveaux bourgeons foliacés et dans les racines, qui se comportent vis-à-vis des éléments mobiles des anciennes feuilles et des anciennes racines, comme l'embryon du grain de blé vis-à-vis de l'épisperme.

Les éléments azotés et non azotés, qui représentent le capital actif des feuilles et des racines déjà formées, se transforment par la mort de celles-ci en nouveaux instruments; il se produit ainsi de nouvelles feuilles aux dépens des principes constituants des anciennes. Mais ces phénomènes n'ont pas une longue durée, et, au bout de quelques jours, la jeune plante périt. La brièveté de son existence

est due, d'une part, au manque de nourriture extérieure, et, de l'autre, à la transformation de la substance non azotée en cellulose, état où elle perd sa fluidité. Cette matière étant une condition indispensable de la formation cellulaire doit, en s'épuisant, l'arrêter totalement. Par l'incinération, les feuilles mortes fournissent une certaine quantité de cendres; elles retiennent quelques éléments minéraux, et elles conservent également une petite quantité de matière azotée.

Dans ce développement, la matière azotée de la semence joue, assurément, le rôle le plus remarquable. Après avoir contribué au développement des racines, de la tige et des premières feuilles et y avoir déterminé la formation des cellules, elle concourt, après le dépérissement des premières feuilles, à l'organisation de celles qui poussent ultérieurement, et elle conserve ce rôle jusqu'à ce que tous les matériaux qui entrent dans la construction des parois cellulaires soient épuisés. En réalité, elle n'est pas consommée dans la plante, car jamais elle ne fait partie du véritable tissu de la cellule.

Les belles expériences de Boussingault sur la croissance des plantes privées de nourriture azotée (Ann. de chimie et de phys. Sér. III, XLIII, p. 149), bien que faites à un autre point de vue, sont de nature à écarter tous les doutes sur la faculté extrêmement importante que possède la matière azotée d'entretenir les phénomènes vitaux dans la plante, sans augmenter elle-même de poids.

Dans ces expériences, on sema des lupins, des fèves, du cresson dans de la pierre ponce, parfaitement lavée et calcinée, à laquelle on avait ajouté une certaine quantité de cendres de fumier d'étable et des graines des espèces qui servaient aux recherches. Une partie des plantes croissaient sous des cloches de verre, où l'air chargé d'acide car-

bonique était constamment renouvelé. L'air ainsi que l'eau d'arrosage étaient soigneusement privés d'ammoniaque.

Les résultats de ces expériences furent les suivants : De 4,780 grammes de graines semées (lupin, fèves, cresson) contenant 0,227 grammes d'azote, on obtint, dans un espace fermé, 16,6 grammes de plantes sèches dont on retira, en y ajoutant l'azote du sol, 0,224 grammes d'azote. Dans une autre expérience, où les plantes croissaient en plein air, et étaient simplement garanties contre la pluie et la rosée, on obtint de 4,995 grammes de semences (lupin, fèves, avoine, froment et cresson) 18,73 grammes de plantes sèches. Les graines contenaient 0,2307 grammes d'azote, les plantes avec la terre en fournirent 0,2499 grammes. Dans la première série d'expériences, on avait donné aux plantes tous les éléments nutritifs, à l'exception de l'azote. Toutes les conditions requises pour la formation des principes non azotés étaient réunies, mais on avait exclu celles qui sont exigées pour le développement des principes azotés.

Quand une plante de froment croît dans l'eau pure et à l'air libre, son poids n'augmente pas. La graine normale renferme une certaine quantité de potasse, de magnésie et de chaux, nécessaires au travail organique interne; mais l'excédant capable de développer l'action chimique indispensable à la formation du protoplasma, y manque. Les matières minérales étant insuffisantes, les organes prennent de l'eau, mais n'absorbent ni acide carbonique, ni ammoniaque. Au reste, quand ceux-ci s'introduiraient même dans la plante avec l'eau, ils n'exerceraient aucune influence sur les phénomènes internes, attendu qu'ils n'éprouveraient pas de décomposition et que, dès lors, leurs éléments ne sauraient être utilisés pour l'élaboration de la substance végétale.

Dans les expériences de Boussingault, l'effet des sub-

stances minérales fournies par les cendres est incontestable.

La quantité de matière azotée n'a pas varié, mais le poids de la substance végétale a été $3 \frac{1}{2}$ fois aussi fort que celui que contenait la semence, de sorte que les plantes renfermaient $2 \frac{1}{2}$ fois plus de substance non azotée que les graines. Le calcul montre que, dans ces circonstances, l'azote de la semence a déterminé la production de 56 fois son poids de substance non azotée, ou ce qui revient au même (en n'attribuant à celle-ci que 44 pour cent de carbone), qu'il a provoqué la décomposition de 90 fois son poids d'acide carbonique.

La marche de la végétation nous donne la clef des phénomènes dont l'organisme des plantes soumises aux expériences a été le siège. Leur développement, vigoureux dans les premiers jours, ne tarda pas à se ralentir. Les feuilles formées en premier lieu se flétrirent au bout de quelque temps et tombèrent en partie. D'autres apparurent, sans doute, mais elles subirent le même sort, et la végétation semble finalement arriver à un point où tout ce qui se développe vit aux dépens de ce qui se meurt. Un haricot nain, pesant 0,755 grammes, avait développé, depuis le 10 mai, jour où il fut semé, jusqu'au 30 juillet, 17 feuilles parfaites, dont les 11 premières étaient mortes au 30 juillet. La plante arriva à fleur et, le 22 août, alors que presque toutes les feuilles étaient tombées, elle fournit une seule petite graine, qui pesait 0,04 gram. ($\frac{1}{19}$ du poids de la semence). La récolte entière pesait 2,24 grammes, près de trois fois autant que la semence. Sur une plante de seigle on constata distinctement que le développement de chaque nouvelle feuille coïncidait avec la mort d'une ancienne.

La différence entre le développement de la plante dans

l'eau pure et celui des plantes dans les conditions où Bous-singault a opéré, c'est-à-dire dans un sol capable de fournir tous les éléments incombustibles, ne permet aucune équivoque. Dans les deux cas, les organes formés les premiers ont emprunté les matériaux de leur développement à la graine ; une partie des matières minérales et de la substance non azotée a été employée à la formation de la cellulose dans les feuilles, les tiges et les racines, et le rapport entre les matières azotées et non azotées s'est modifié. Seulement, tandis que celles-ci ont diminué constamment dans la plante qui vivait dans l'eau, elles ont, au contraire, augmenté dans les autres. Evidemment, dans les expériences de Boussingault, l'absorption des substances minérales a communiqué aux feuilles la faculté de s'emparer de l'acide carbonique et de le décomposer, faculté dont était dépourvue la plante qui vivait dans l'eau pure.

Il en est résulté que les plantes douées de ce pouvoir ont été à même de reproduire une quantité de substance non azotée soluble, au moins égale à celle qui s'était transformée en cellulose dans l'organisation des feuilles et des racines.

Dans les éléments mobiles de la plante, la proportion entre les principes non azotés et azotés s'est maintenue à peu près comme dans la semence. Ils se sont transportés à travers la tige vers chaque nouveau bourgeon, et ont pris part au développement de nouvelles feuilles dont, jusqu'à un certain degré, le travail a pu réparer la perte en substance non azotée, et ce même phénomène a pu se poursuivre pendant des mois. Dans chacune des feuilles ou des fibres radicales qui périssaient, il restait une certaine quantité de substance azotée, et, dans la dernière période, le

restant de l'élément mobile s'est accumulé dans la gousse et dans la semence.

L'apport de matières minérales a permis au travail chimique de continuer et de produire des substances non azotées. Par leur présence et le concours de la matière azotée, l'acide carbonique a pu fournir la substance aux nouvelles parois cellulaires, et la vie s'est prolongée jusqu'au terme normal. Ce qui surprend tout particulièrement ici, c'est que la quantité relativement si minime de matière azotée fournie par la semence ait pu, pendant un temps aussi long, remplir ses fonctions sans subir de modification apparente. Elle doit donc dans le végétal vivant, organisé pour la produire et pour la recueillir, jouir d'une certaine indestructibilité.

Si l'on considère que dans l'expérience prémentionnée faite avec le haricot nain, une grande partie des substances non azotées élaborées par la plante l'ont abandonnée avec les feuilles flétries, on comprend qu'en l'absence de nourriture azotée, les matières minérales n'aient eu pour elle aucune utilité.

Enfin, on comprend que la quantité de matière azotée contenue dans une fève aurait peut-être suffi pour entretenir, pendant des années, la végétation d'un arbre résineux qui ne perd pas ses feuilles, et pour produire des centaines et des milliers de fois son poids en substance ligneuse. On s'explique comment une telle plante peut prospérer sur un terrain aride et pour ainsi dire impropre à toute autre culture, avec un apport très-insignifiant de nourriture azotée, pourvu que le sol lui livre les substances minérales nécessaires à la production de la matière non azotée.

L'accroissement d'une plante dans son essence véritable, consiste en un agrandissement et une multiplication de ses organes nutritifs, les feuilles et les racines. Pour

agrandir une feuille ou une fibre radicale ou pour en produire de nouvelles, il faut absolument les mêmes conditions que pour produire la première feuille et la première racine. La nature de ces conditions se révèle avec la plus grande certitude par l'analyse des semences. Les premières racines et les premières feuilles dont la semence a fourni les éléments produisent, dans les conditions normales de nutrition, avec certaines substances minérales, des combinaisons organiques qui deviennent des éléments constitutifs, soit des organes même qui les ont fabriquées, soit de deux ou plusieurs feuilles et racines possédant les mêmes éléments et les mêmes propriétés que les premières, et, par conséquent, la même faculté de transformer les aliments inorganiques en matériaux organiques. Il est certain que pour agrandir les premières feuilles et les premières racines et pour former les nouvelles, ce sont des substances azotées et non azotées qui ont été employées, et dans la même proportion que dans la semence. Aussi est-il probable que le travail organique de la plante produit, sous l'influence du soleil, dans toutes les périodes de sa croissance, les mêmes matériaux, savoir les éléments de la graine. Ceux-ci sont employés à l'édification de la plante, et prennent la forme de feuilles, de tiges, de fibres de racine, ou enfin des semences. Les éléments dissous ou susceptibles de dissolution, contenus dans un bourgeon, un tubercule, ou dans la racine d'une plante vivace, sont identiquement les mêmes que ceux de la semence. Les céréales donnent naissance à des matières azotées et non azotées qui se trouvent dans le même rapport que dans le corps farineux. La plante de pomme de terre produit les éléments du tubercule, qui deviennent, ou des tiges, ou des feuilles, ou des racines, ou bien qui s'accumulent de nouveau sous forme de tubercules sur

la tige souterraine, lorsque les conditions extérieures de la formation des feuilles et des racines ne sont plus favorables (*).

Tant que dure la croissance de la plante et que la nutrition se fait normalement, les premières feuilles et les premières racines, comme les dernières, maintiennent leur existence, parce qu'elles reproduisent, au moyen de la nourriture absorbée, les éléments constitutifs dont elles sont issues. Lorsqu'elles ont acquis un excédant, dont elles n'ont pas besoin pour leur propre agrandissement, celui-ci se rend vers les endroits où le mouvement et la formation cellulaire prédominent, soit vers le corps de la racine ou vers les bourgeons, soit vers les dernières extrémités des racines et des pousses, soit enfin, comme dans les plantes annuelles, vers les semences, attendu que celles-ci, à leur maturité, absorbent la plus grande partie des éléments mobiles qui existent dans la plante entière.

Les principes nutritifs incombustibles engendrent la matière non azotée dont une partie est employée à la formation des cellules ligneuses, tandis que le reste est mis en réserve pour être ultérieurement employé au même usage. La nourriture azotée détermine la production d'une matière azotée, afin que le protoplasma se rétablisse con-

(*) Boussingault a observé que des semences même du poids minime de deux à trois milligrammes pouvaient, dans un sol absolument stérile, produire des plantes ayant tous leurs organes développés, mais dont le poids, après plusieurs mois de végétation à l'air libre, et plus manifestement encore dans une atmosphère confinée, ne dépassait celui de la semence que de très-peu de chose. Les plantes restent délicates, elles paraissent réduites dans toutes leurs dimensions, peuvent s'accroître, fleurir et même porter des semences, auxquelles il ne manque qu'un sol fertile pour reproduire une plante normale.

stamment et s'accroît pendant toute la durée du travail chimique.

Lors de la fleuraison et de la fructification, beaucoup de plantes semblent exiger un moment d'arrêt dans l'activité des feuilles et des racines. Ce n'est qu'au moment où les matériaux nutritifs accumulés cessent d'être mis à contribution pour le développement de nouvelles feuilles et de nouvelles racines, qu'ils servent à la formation des fleurs et des graines, et que le développement cellulaire semble prendre un surcroît d'activité dans une direction nouvelle. L'absence de pluie et le manque de substances combustibles qui en est la conséquence, entravent souvent la formation des feuilles, et accélèrent la fleuraison chez beaucoup de plantes. Un temps frais et sec favorise le développement des graines. Dans des climats chauds et humides, les céréales semées en été ne portent que peu ou point de graines, et, sur une terre pauvre en ammoniacque, les plantes-racines arrivent beaucoup plus facilement à fleur que sur un sol qui en est abondamment pourvu.

Puisque le cours normal de la croissance de la plante exige que la substance organique qui s'y forme, renferme une proportion bien déterminée de matières azotées et non azotées, on comprend qu'un manque ou un excès de matières minérales indispensables à leur production, exerce une influence décisive sur la croissance de la plante, ainsi que sur le développement des feuilles, des racines et des graines. Un manque de matières azotées et un excès de matières minérales auraient pour effet de produire une proportion trop forte de matières non azotées. Quand celles-ci se sont transformées en feuilles et en racines, elles retiennent une certaine quantité de matière azotée, de sorte que la fructification, qui réclame avant tout un excès de

protoplasma, est compromise. D'un autre côté, un excès de nourriture azotée coïncidant avec un manque d'éléments fixes, ne profitera point à la plante, car le travail organique ne peut utiliser la nourriture azotée que dans la proportion où elle se trouve dans le protoplasma, et le contenu de la cellule sans matériaux pour en former les parois, n'a pas la moindre importance pour la plante.

Dans le travail vital de l'animal, ses organes se forment des éléments de l'œuf; tous les tissus organisés renferment de l'azote. Dans la plante, au contraire, les tissus organisés ne contiennent pas d'azote; tous les phénomènes de la vie végétative ont pour but la production des éléments de la semence; la plante ne vit que pour produire les éléments de l'œuf, et l'animal ne vit qu'en détruisant ces mêmes éléments.

Sur un même terrain, également convenable pour les plantes-racines et pour le froment, les premières produiront pour une même quantité de substance azotée, deux fois autant de substance non azotée que le froment. Il est évident que si deux plantes produisent, dans le même temps, des quantités inégales d'hydrates de carbone (ligneux, sucre et amidon), les organes de décomposition doivent être conformés non-seulement de manière à offrir à l'acide carbonique, source du carbone, et à l'eau qui fournit l'hydrogène, un espace suffisant et une surface suffisante à l'action indispensable de la lumière, mais ils doivent encore être disposés de manière à permettre à l'oxygène de s'échapper aussitôt qu'il est mis en liberté. Si l'on compare, sous ce rapport, les feuilles du froment et celles du turneps, la différence quant aux dimensions et à la proportion d'eau qu'elles contiennent est frappante; mais l'examen microscopique en révèle encore de plus saillantes. La plante de

froment possède des feuilles redressées offrant à l'influence de la lumière une surface moindre que les feuilles de turneps, qui, ombrageant le sol, empêchent son dessèchement et l'élimination de l'acide carbonique. Les stomates sont également nombreuses sur les deux faces de la feuille de froment; dans la feuille de turneps, elles sont beaucoup plus nombreuses, bien que plus petites, et il s'en trouve un nombre beaucoup plus considérable sur la face tournée vers le sol que sur la face opposée.

Tous les faits que nous connaissons sur la nutrition des végétaux, démontrent que l'absorption n'est pas un simple phénomène osmotique, et que les racines jouent un rôle actif, bien déterminé, dans le choix de la quantité et de la qualité des matières qui pénètrent dans la plante par cette voie.

Le rôle des racines est surtout mis en évidence quand elles n'ont aucun contact avec le sol, ainsi que cela se voit dans certaines plantes aquatiques.

Ces plantes tirent leurs éléments minéraux d'une solution qui les renferme répartis et mélangés de la manière la plus uniforme. Cependant l'analyse comparative de l'eau et des cendres de ces plantes démontre que dans une même solution chaque plante absorbe la potasse, la chaux, l'acide silicique, l'acide phosphorique, en des proportions différentes.

Dans la cendre de la lentille d'eau on a trouvé entre autres substances :

Sel de cuisine	10 parties.
Potasse	22

L'eau dont elle provenait ne contenait, sur dix parties de sel, que quatre parties de potasse. Dans la plante, la propor-

tion relative de l'acide sulfurique à l'acide phosphorique était comme 10 : 14 ; dans l'eau, comme 10 : 3.

Les plantes marines offrent des faits tout à fait analogues. L'eau de mer renferme, sur 25 à 26 parties de chlorure de sodium, 1,21 à 1,35 parties de chlorure de potassium, tandis que les plantes qui y croissent renferment plus de potasse que de soude. La soude (kelp) des îles Orkney, fournie par l'incinération de différentes espèces de fucus, ne renferme sur 26 pour cent de chlorure de potassium, que 19 pour cent de chlorure de sodium (*).

L'eau de mer renferme du manganèse, mais en quantité si minime, qu'il aurait sans doute échappé à l'analyse, si on ne le trouvait pas comme élément constant dans les cendres de beaucoup de plantes marines. La cendre du *Padina pavonia* (une espèce de fucus) en contient même 8 pour cent du poids de la plante sèche (**).

C'est par les mêmes causes que s'accumulent, chez les laminaires, les combinaisons iodées qui ne se trouvent dans la mer qu'en quantités extraordinairement faibles. Le chlorure de potassium et le chlorure de sodium ont la même forme cristalline et tant de propriétés communes, qu'il est impossible de les distinguer l'un de l'autre, sans le secours de la chimie. Cependant, la plante fait très-bien cette distinction ; elle les sépare l'un de l'autre, et pour un équivalent de potassium qu'elle absorbe, elle en

(*) V. Analyse de la cendre de diverses espèces de fucus, par Godechens, (Ann. de chim. et de pharm., LIV, 351).

(**) Ce qui peut donner une idée de la puissance d'attraction de cette plante pour le manganèse, c'est qu'il m'a fallu soumettre à un examen attentif l'oxyde de fer extrait de 10 kilogr. d'eau de mer, pour y constater la présence de cette substance. Elle n'en contient donc qu'une minime quantité (Forchhammer et Poggendorf, XCV, p. 84).

laisse 30 de sodium dans l'eau. Le fer et le manganèse, le chlore et l'iode sont également isomorphes, et, pourtant, la plante sépare dans l'eau de mer un atome d'iode de plusieurs milliers d'atomes de chlore.

Les lois connues de l'osmose et de la diffusion ou du mélange de l'eau et des sels à travers une membrane organique morte ou une substance minérale poreuse, sont insuffisantes pour expliquer la manière dont la membrane vivante agit sur les dissolutions salines et leur introduction dans la plante. Les observations de Graham (Phil. Mag., 4, Ser. Aug. 1850) démontrent que des substances capables d'exercer une action chimique sur la membrane animale, comme le carbonate de potasse et la potasse caustique, qui la font gonfler et les décomposent peu à peu, favorisent tout particulièrement le passage de l'eau (*). Il fait observer que dans toutes les parties de l'organisme de la plante, dans les membranes et les cellules dont elle se compose, il se passe incessamment des modifications, des phénomènes de compositions et de décompositions dont nous ne connaissons pas la portée, et qui doivent changer totalement les phénomènes osmotiques. Il en résulte que le passage des

(*) Dans une de ses expériences, l'eau chargée de 1/10 pour cent de carbonate de potasse, monta dans les tubes de son osmomètre à 167 millimètres; chargée de 1 pour cent, elle s'éleva à 863 millim. (38 pouces anglais). Dans une autre expérience, l'eau contenant 1 pour cent de sulfate de potasse, s'éleva à 12 millimètres. Cette même solution, additionnée de 1/10 pour cent de carbonate de potasse, s'éleva à 25 $\frac{1}{2}$ et même à 26 $\frac{1}{2}$ millim. Quand la membrane subit une altération chimique, il ne peut plus être question d'un équivalent osmotique.

Les recherches les plus récentes de Graham sur la dialyse des matières cristallines et de celles qui ne sont pas susceptibles de cristalliser, sont très-remarquables, et promettent de jeter un jour nouveau sur les phénomènes de l'organisme animal.

substances minérales à travers la membrane végétale vivante est soumis à des lois très-complicées.

Les plantes terrestres se comportent vis-à-vis du sol où elles croissent absolument de la même manière que les plantes marines à l'égard de l'eau de mer. Les plantes qui croissent sur le même sol y trouvent des substances de même nature, des alcalis, des terres alcalines, de l'acide phosphorique et de l'ammoniaque qui leur sont offerts sous la même forme, et cependant les cendres des différentes espèces de plantes ne sont pas identiquement les mêmes, quant à la proportion relative des éléments qui entrent dans leur composition. Les végétaux parasites mêmes, qui empruntent leur nourriture à un fluide préparé par d'autres plantes, comme le gui, par exemple (*Viscum album*), ne se comportent pas comme un rameau greffé sur l'arbre ; elles puisent dans la sève des proportions toutes différentes de matières minérales (Ann. de chim. et de pharm., L., 363). Comme le sol ne joue dans l'absorption de ces matières qu'un rôle purement passif, il faut qu'il y ait dans la plante elle-même des causes qui règlent l'absorption d'après ses besoins.

Les observations de Hales (v. Append. C.) démontrent que l'évaporation qui se fait à la surface des feuilles et des branches influe puissamment sur le mouvement des liquides et sur l'absorption de l'eau dans le sol. Si, par l'intermédiaire de ses racines, le végétal puisait directement ses aliments minéraux de dissolutions qui circulent dans le sol, deux plantes croissant dans les mêmes conditions, et appartenant à des espèces ou des genres différents, devraient recevoir les mêmes substances minérales dans des proportions identiques. Cependant, ainsi que nous l'avons fait remarquer, deux individus d'espèce diffé-

rente renferment ces substances en proportions fort inégales.

Il existe bien réellement dans l'absorption de la nourriture par les racines une véritable élection. Chez les plantes aquatiques, qui croissent sous l'eau, l'évaporation doit certainement être exclue des causes qui déterminent l'absorption; et il faut que chez elles la surface absorbante possède une attraction différente pour les diverses matières que la solution lui offre sous la même forme et dans le même état de mobilité, ou, ce qui revient au même, il faut que ces matières trouvent, dans leur passage à travers les couches cellulaires les plus extérieures, des résistances inégales. Pour les racines des plantes terrestres il ne peut pas en être autrement, à en juger par les proportions inégales de substances qui y pénètrent.

La faculté que possèdent les plantes de s'opposer à la pénétration de certaines matières, n'est pas absolue. Forchhammer (Annales de Poggend., XCV. 90) a constaté dans le bois de hêtre, de bouleau et de pin, la présence du plomb, du zinc et du cuivre; et dans le bois de chêne, de faibles traces d'étain, de plomb, de zinc et de cobalt. La couche la plus extérieure de l'écorce contenait ces métaux en proportion plus grande que le bois, et cette circonstance indique déjà que leur présence n'est qu'accidentelle et ne joue aucun rôle dans la vie végétale.

On peut juger de la quantité infiniment petite de ces métaux que les racines de ces arbres ont pu absorber, quand on songe que l'analyse chimique n'est pas encore parvenue à démontrer dans l'eau des fontaines, des rivières et des sources, des traces de métaux autres que le fer et le manganèse. Leur présence dans le bois de ces arbres qui, pendant un demi-siècle et plus, avaient absorbé et évaporé

des quantités énormes d'eau, est la seule preuve que nous possédions que l'eau doit avoir réellement renfermé ces substances sous l'une ou l'autre forme.

Les observations de de Saussure, de Schlossberger et de Herth montrent que les racines des plantes terrestres et aquatiques absorbent dans des solutions salines très-étendues, l'eau et le sel dans des proportions toutes différentes; dans tous les cas, elles prennent une forte proportion d'eau, et une faible quantité de sel. Daubeny ayant arrosé des plantes avec des solutions étendues de sels de baryte, n'y rencontra pas de baryte, tandis que sa présence a été constatée dans d'autres plantes soumises par Knop à la même expérience. Le résultat général de toutes ces expériences prouve que les plantes ne possèdent pas en elles-mêmes la faculté d'opposer une résistance prolongée à l'action chimique des sels et d'autres combinaisons inorganiques sur la membrane extrêmement délicate des racines.

La grande majorité des plantes terrestres placées dans un sol arrosé avec des solutions salines aussi concentrées que celles employées dans les expériences prémentionnées, ne tardent pas à devenir malades et à dépérir. Le carbonate de potasse et l'ammoniaque eux-mêmes, corps qui sont reconnus comme aliments, agissent comme des poisons, dès que l'eau qui circule dans le sol et qui les tient en dissolution, en renferme seulement la minime quantité nécessaire pour bleuir visiblement le papier réactif rouge. D'un autre côté, il serait très-extraordinaire que les racines d'une plante extraite de terre, et placée dans des conditions qui ne sont pas naturelles, ne se laissassent pas pénétrer par les dissolutions salines sous l'influence de l'évaporation (*).

(*) Prenons un tube de verre contourné en siphon et rempli d'eau, dont

Certaines substances minérales dont la présence, comme celle du fer, est constante dans toutes les plantes, ne fût-ce qu'en quantités très-petites, méritent bien autrement de fixer spécialement notre attention que les métaux que Forchammer a trouvés dans les plantes ligneuses.

Nous connaissons le rôle que joue le fer dans l'organisme animal, où il ne se trouve proportionnellement pas en plus grande quantité que dans le grain de froment; nous sommes pleinement convaincus que sans une certaine proportion de ce métal dans la nourriture des animaux, la formation des corpuscules sanguins si importants dans les fonctions du sang, ne pourrait avoir lieu; et nous sommes forcés, en vertu de la loi de dépendance qui enchaîne la vie des animaux et des végétaux, d'attribuer au fer une part active dans les fonctions vitales de la plante, attendu que son absence compromettrait l'existence des animaux.

Jusqu'ici la chimie n'a attribué de parts déterminées dans les phénomènes vitaux de la plante qu'aux substances minérales qui sont communes à toutes les plantes, et ne diffèrent que par leurs proportions relatives. Mais si la supposition se confirme que le fer est un élément constant

les deux branches sont solidement fermées par une forte vessie de porc ou de bœuf. Plaçons la longue branche dans de l'eau salée ou dans de l'huile, tandis que l'autre branche reste exposée à l'air. L'eau qui se trouve dans les pores de la vessie qui ferme la petite branche s'évapore. Par l'effet de la capillarité de la membrane, l'eau écoulée sous forme gazeuse sera reprise de l'autre côté de la vessie, et il se formera, de cette manière, dans l'intérieur du tube, un espace vidé qui déterminera une augmentation de pression sur les surfaces des deux membranes, et, sous son influence, l'eau salée ou l'huile pénétrera dans le tube. (Recherches sur quelques causes des mouvements des liquides, par J. de Ljebig, Brunswick, 1848.) Une plante ne peut pas se comporter autrement qu'un tube fermé par des membranes poreuses et perméables.

de la chlorophylle et des pétales de certaines fleurs, on peut admettre que d'autres métaux dont la présence est constante dans certaines variétés de plantes, comme le manganèse dans le Pavonia, le Zostera, le Trapa natans, beaucoup de plantes ligneuses, certaines espèces de céréales et l'arbre à thé, prennent également part aux fonctions vitales et donnent lieu à quelques particularités. Le Viola calaminaria, si caractéristique pour les gisements de zinc des environs d'Aix-la-Chapelle que ses stations ont servi de guide dans la recherche des mines de ce métal, contient de l'oxyde de zinc dans ses cendres. (Alex. Braun.)

Si, pour maints végétaux, la présence du chlorure de sodium (sel de cuisine) et du chlorure de potassium est une condition de bien-être, il en est de même de l'iode et du manganèse pour d'autres, et si l'on désigne les premiers sous le nom de plantes chlorées, on peut tout aussi bien appeler les autres plantes iodées et manganiques (Prince de Salm-Horstmar) (*). L'inégale proportion d'iode contenue dans certaines variétés de fucus (Goedeckens) ou d'alumine dans quelques variétés de lycopodes (comme Laubach), n'est, à la vérité, pas expliquée, mais la propriété des plantes d'emprunter à l'eau de mer où elles croissent les minimales quantités d'iode qu'elle renferme, et la faculté de les recueillir et de les fixer dans leur organisme, ne peuvent s'interpréter qu'en admettant que cette substance forme

(*) L'examen des plantes aquatiques suivantes a fait découvrir dans leurs cendres des quantités considérables de manganèse et de fer, alors que l'eau où elles avaient vécu ne montrait pas la moindre trace de manganèse : Le Victoria regia (dans le pétiole principalement du manganèse, dans la feuille du fer), les Nymphaea cœrulea, dentata et lutea, l'Hydrocharis Humboldtii, le Nelumbum asperifolium. (Dr Zeller.)

dans le végétal des combinaisons qui s'opposent à son retour dans le milieu où elle a été puisée (*).

On pourrait s'imaginer que les plantes se saturent des matières qu'elles absorbent dans l'air et dans le sol, et qu'elles s'emparent indistinctement de toutes les substances dissoutes ou susceptibles de l'être avec le concours des racines. Dans ces circonstances, la plante ne pourrait naturellement plus absorber ou prendre au dehors d'autres éléments que ceux qui se seraient organisés à l'intérieur. Le *nymphœa alba* et l'*arundo phragmites* absorbent, d'après les recherches de Schultz-Fleeth, sur le même sol et dans la même eau, la première près de 13 pour cent, l'autre 4,7 pour cent d'éléments minéraux, parmi lesquels la silice figure pour une proportion des plus inégales. La cendre du *nymphœa* n'en contient pas. Suivant cette opinion, la même quantité de silice serait offerte aux racines des deux plantes, et elles en prendraient une dose proportionnelle au volume du liquide absorbé. Chez le jonc, sa silice est constamment utilisée par les feuilles où elle le dépose à l'état solide dans les gaines, sur les bords, etc., de sorte que la sève doit être moins riche que la dissolution contenue dans le sol, et la plante doit alors puiser au dehors une nouvelle quantité de silice; mais il

(*) M. Meyer, de Copenhague, a démontré que la graine de froment et de seigle renferme, comme élément constant, une petite fraction de cuivre. M. Forchammer dit à cette occasion (Ann. de Poggend., XC, 92) : Une longue pratique a consacré l'usage de tremper les froments destinés à l'ensemencement dans une solution de sulfate de cuivre. On justifie ce procédé en attribuant au vitriol de cuivre la propriété de détruire les champignons qui attaquent le froment, et je suis loin de prétendre que cette opinion soit erronée. Mais on pourrait aussi supposer que si le cuivre est nécessaire au froment, le sulfatage fournit une substance nécessaire à la croissance vigoureuse du froment.

ne saurait en être de même chez le *nymphaea*, attendu que la silice qui y a pénétré ne trouve pas d'emploi.

Si l'on admet que l'absorption de l'acide carbonique et de l'acide phosphorique s'effectue d'après la même loi, la plante est évidemment dénuée de toute affinité élective, et l'absorption des substances alimentaires n'est due qu'à des phénomènes osmotiques.

On ne peut cependant pas nier que l'accroissement ou l'augmentation de masse ne soit une condition de l'absorption des sucs nutritifs. Et s'il est vrai que la plante cesse de croître quand elle ne trouve plus de nourriture, il est tout aussi certain qu'elle ne prend plus d'aliments dès que les conditions extérieures ne sont plus favorables à sa croissance. Au surplus, l'opinion précitée repose sur des hypothèses qui ne sont nullement fondées. En effet, elle suppose, d'une part, que les racines sont plongées dans une dissolution qui contient tous les éléments minéraux des plantes, et, de l'autre, que toutes les racines ont une structure semblable, et que, dans tous végétaux, la sève est douée des mêmes propriétés.

Mais les observations les plus communes paraissent établir que toutes les racines ne possèdent pas, au même degré, la faculté d'absorber la nourriture minérale, et que, sous ce rapport, leur pouvoir est fort inégal. Ne sait-on pas que les plantes ne réussissent pas toutes également bien sur le même sol? L'une veut une eau douce, l'autre, une eau dure et calcaire, une troisième ne se plaît que dans des marais. Certaines plantes, comme celles des tourbières, se plaisent dans les sols acides et riches en carbone; à d'autres, il faut des sols qui contiennent de grandes quantités de matières alcalines. Beaucoup de mousses et de lichens ne croissent que sur des pierres, dont ils altèrent forte-

ment la surface. Il est des végétaux qui, comme le köleria, parviennent à soutirer au sable siliceux le peu d'acide phosphorique et de potasse qu'il contient. Les racines des graminées attaquent les roches feldspathiques et hâtent leur désagrégation. Les plantes-racines, l'esparcette et la luzerne, aussi bien que le chêne et le hêtre, puisent la plus grande partie de leur nourriture dans le sous-sol pauvre en humus, tandis que les céréales et les plantes tuberculeuses s'alimentent surtout dans la couche arable et dans les tranches riches en humus. Les racines de beaucoup de plantes parasites sont totalement incapables de soutirer à la terre la nourriture qui leur est nécessaire ; il faut qu'elle leur soit préparée par les racines d'autres plantes. D'autres végétaux encore, tels que les champignons, ne se développent que dans des détritux organiques dont ils utilisent les principes azotés et non azotés.

Quand on apprécie tous ces faits à leur juste valeur, on parvient à s'affranchir de tout doute relativement à l'inégalité d'action des racines sur le sol. Aussi bien nous savons que le lycopode ordinaire et la fougère absorbent de l'alumine. Cependant, sous la forme où elle se trouve dans les terres fertiles, elle n'est soluble ni dans l'eau pure, ni dans l'eau chargée d'acide carbonique, et nous ne la rencontrons dans aucune des autres plantes qui, sur le même sol, vivent à côté du lycopode. De même Schultz-Fleeth, en examinant l'eau dans laquelle se développe l'*arundo phragmites*, plante des plus riches en silice, n'a pu, dans mille parties, y découvrir une quantité pondérable de silice.

II

Le Sol.

C'est du sol que les végétaux tirent la plus grande partie de la nourriture nécessaire à leur développement, aussi la connaissance de ses propriétés physiques et chimiques est-elle de la plus haute importance pour comprendre les phénomènes de la nutrition des plantes et les opérations agricoles. La première condition nécessaire pour qu'un sol soit fertile, est évidemment celle de contenir les matières alimentaires en quantité suffisante. Cependant l'analyse chimique, qui est chargée de nous renseigner à cet égard, ne nous fournit que rarement les indications nécessaires pour apprécier la fertilité des différents terrains, parce que les matières alimentaires qui s'y trouvent ne sont efficaces et susceptibles d'absorption, qu'à la condition de posséder un certain état ou

une certaine forme que l'analyse n'indique que d'une manière incomplète.

Le sol vierge, de même que la terre qui provient de la poussière et de la boue des chaussées empierrées, se recouvre de mauvaises herbes, au bout de peu de temps. Dans cet état, il est le plus souvent encore impropre à la culture de plantes céréales ou maraîchères, et, pourtant, il n'est pas infertile pour d'autres plantes qui, comme le trèfle, l'esparcette et la luzerne, réclament une nourriture abondante, et que nous voyons, fréquemment, se développer vigoureusement le long de remblais de chemins de fer élevés avec des terres vierges. Nous observons la même chose dans le sous-sol de beaucoup de terrains. Il est des sols dont la couche arable s'améliore et devient plus fertile par le mélange avec la terre du sous-sol; il en est d'autres, au contraire, où un semblable mélange agit comme un véritable poison.

Ce sol impropre à la production des céréales et des plantes maraîchères offre cette particularité remarquable qu'une culture soignée, aidée du temps et des influences atmosphériques, peut le rendre apte à porter des plantes qu'il se refusait à produire auparavant. La différence que l'on observe entre une terre fertile et celle que l'on considère comme infertile, ne dépend donc pas toujours d'une inégalité dans la dose de principes nutritifs, car, souvent, dans les défrichements exécutés sur une grande échelle, le sol vierge ne reçoit rien; on l'appauvrit plutôt qu'on ne l'enrichit par la culture de certaines plantes.

La différence entre le sous-sol et la couche arable, ou bien entre le sol inculte et le sol cultivé, peut conséquemment ne pas résider dans une proportion différente de matières alimentaires, mais être due uniquement à une forme différente

des éléments nutritifs ou à leur mélange plus parfait dans les couches régulièrement entamées par les instruments aratoires.

Puisque la terre inculte peut acquérir la faculté qui lui manquait de se dessaisir des matières nutritives qu'elle contient, et qu'elle peut alors les livrer en quantité tout aussi grande et dans le même temps que le sol cultivé, c'est, assurément, parce que l'état de ces matières a subi des modifications.

Dans un sol formé par la désagrégation d'une roche, les matières alimentaires sont fixées dans les particules par l'affinité chimique. La potasse, par exemple, y sera retenue par l'affinité de l'acide silicique, et pour qu'elle devienne libre et puisse pénétrer dans les plantes, il faut que la force chimique qui la tient enchaînée soit vaincue. Si certains végétaux peuvent prospérer dans une pareille terre, alors que d'autres se refusent à y venir, nous devons supposer que ceux-ci sont incapables de vaincre l'affinité chimique, alors que les premiers peuvent surmonter la résistance qu'elle oppose. Si, à la longue, cette même terre se montre apte à produire d'autres plantes, nous devons en conclure que l'action combinée de l'atmosphère, de l'eau chargée d'acide carbonique et le travail mécanique ont altéré l'affinité chimique, et donné aux matières alimentaires une forme telle, qu'elles puissent céder à une moindre attraction, ou, comme on dit fréquemment, être absorbées par des plantes douées d'une force végétative très-faible.

Un sol n'acquiert de fertilité parfaite pour une espèce végétale, pour le froment, par exemple, que lorsque chaque tranche en contact avec les racines renferme, sous une forme qui leur permette de s'en emparer en temps et en proportion convenable à chaque période de développement, la quantité de nourriture nécessaire à leurs besoins..

On connaît universellement la propriété que possède la couche arable d'enlever à leurs solutions dans l'eau pure ou chargée d'acide carbonique les aliments les plus importants des plantes (V. Liebig, Sur quelques propriétés de la couche arable, Annales de chim. et Pharm., tom. 105, 109). Cette faculté donne des éclaircissements sur la forme et l'état sous lesquels ces matières sont retenues et fixées dans le sol.

Pour apprécier à sa juste valeur l'importance de cette propriété pour la vie végétale, il est nécessaire de se rappeler celle du charbon qui, semblable à la couche arable, enlève à beaucoup de liquides des matières colorantes, des sels et des gaz.

Le charbon doit cette propriété à une attraction qui agit à sa surface, et les matières qu'il enlève aux liquides s'y attachent à peu près à la façon dont les substances colorantes se fixent sur les tissus dans la teinture.

La propriété de décolorer certains liquides, que la laine animale et la fibre végétale partagent avec le charbon, ne s'observe chez ce dernier que quand il possède une certaine porosité.

La houille pulvérisée et le charbon de sucre ou de sang luisant, lisse, vésiculeux sont à peine doués du pouvoir décolorant, tandis que le charbon de sang poreux et le charbon d'os le possèdent au plus haut degré.

Parmi les charbons de bois, ceux de peupliers et de pins à larges pores sont doués de ce pouvoir à un moindre degré que ceux de hêtre ou de buis. Ces diverses sortes de charbon décolorent en raison de leur surface. La force avec laquelle le charbon attire les matières colorantes peut être comparée, quant à son intensité, à la faible affinité de l'eau pour les sels qui s'y dissolvent, sans que leurs propriétés

chimiques se modifient. Quand un sel est dissous dans l'eau, il s'y trouve à l'état liquide ; ses parties sont devenues mobiles ; mais, pour tout le reste, il conserve ses particularités, qu'il perd aussitôt qu'une affinité chimique plus forte que celle de l'eau intervient.

Sous ce rapport, l'attraction du charbon ressemble à celle de l'eau ; l'eau et le charbon attirent tous les deux la matière dissoute : Celle-ci abandonne complètement l'eau, si l'attraction du charbon est la plus forte ; elle se partage, au contraire, entre le charbon et l'eau, si l'attraction est la même des deux parts.

Les matières attirées par le charbon conservent toutes leurs propriétés chimiques ; elles restent ce qu'elles étaient. Elles ont tout simplement perdu leur solubilité dans l'eau, et il suffit d'une très-faible augmentation de l'affinité de l'eau pour qu'elle puisse reprendre au charbon les matières qui recouvrent sa surface.

C'est ainsi qu'en ajoutant à l'eau une faible quantité d'alcali, on peut reprendre au charbon la matière colorante dont il s'est emparé ; en le traitant par l'alcool, on lui enlève la quinine et la strychnine qu'il a empruntées à un liquide.

La couche arable possède les mêmes propriétés que le charbon. Si l'on fait filtrer du purin foncé en couleur et odorant après l'avoir étendu d'eau, on recueille un liquide incolore et inodore. Mais il a perdu d'autres caractères encore, car l'ammoniaque qui y était dissous, la potasse et l'acide phosphorique lui ont été enlevés, plus ou moins complètement suivant leur abondance, et en plus forte quantité que par le charbon. La roche dont la terre provient par désagrégation, finement pulvérisée, ne jouit pas de cette propriété à un plus haut degré que la houille pulvérisée. Tout au contraire, certains silicates se laissent enlever

leur potasse, leur soude et d'autres éléments, par l'eau pure ou chargée d'acide carbonique, et eux-mêmes ne peuvent, par conséquent, pas les enlever à l'eau. La faculté d'absorption de la terre arable pour la potasse, l'ammoniaque et l'acide phosphorique n'est pas sensiblement en rapport avec sa composition. Une terre riche en argile unie à quelques pour cent de chaux, la possède au même degré qu'une terre calcaire avec un faible mélange d'argile. Toutefois, la proportion de substances humeuses change le rapport de l'absorption.

Une observation plus attentive démontre que la puissance d'absorption de la terre arable augmente avec sa porosité ou son ameublissement. L'argile dense et compacte et le sable le moins poreux la possèdent au plus faible degré.

Il est évident que toutes les parties qui, par leur mélange, forment la terre arable, prennent part au phénomène, pourvu qu'elles soient douées de propriétés physiques analogues au charbon de bois ou au noir animal. Dans le sol comme dans le charbon, l'absorption est basée sur une attraction de surface qui est de nature physique, car les parties attirées n'entrent pas en combinaison et conservent leurs propriétés chimiques (*).

La couche arable a été formée par des roches qui, sous l'influence de causes mécaniques et chimiques puissantes, ont été désagrégées, décomposées et amenées à l'état pulvérulent. Pour me servir d'une comparaison, peut-être imparfaite, je dirai que la roche se trouve vis-à-vis de la terre arable, produit de sa désagrégation, comme le bois ou la fibre végétale vis-à-vis de l'humus qui résulte de sa décomposition.

(*) Par attraction physique, on n'entend pas ici une force attractive particulière, mais l'affinité chimique ordinaire différant dans ses effets par le degré d'énergie.

Les mêmes causes qui transforment, en peu d'années, le bois en humus, agissent sur les roches ; mais il a peut-être fallu l'action combinée de l'eau, de l'oxygène et de l'acide carbonique pendant un millier d'années, pour faire du basalte, du trachyte, du feldspath et du porphyre l'épaisseur d'une ligne de terre végétale semblable à celle que l'on trouve déposée dans les vallées des fleuves et dans les contrées basses, et pourvue de toutes les qualités physiques et chimiques propres à l'alimentation des plantes. Pas plus que les copeaux ne possèdent les propriétés de l'humus, les roches pulvérisées n'ont les qualités de la terre arable. Le bois peut se transformer en humus, la roche pulvérisée en terre arable, mais, tout bien considéré, on reconnaît qu'il y a une différence entre l'agrégat et les produits de la désagrégation. Car tout l'art de l'homme ne parvient pas à imiter le travail qui a transformé les différentes roches en terres arables, et qui, pour se manifester, a exigé un espace de temps incommensurable.

Résidu de la désagrégation des roches, le sol possède la même puissance d'absorption pour les *substances inorganiques* en dissolution, que le résidu de la transformation des fibres ligneuses sous l'influence de la chaleur, pour les dissolutions de *substances organiques*.

La terre arable enlève, ainsi que nous l'avons dit, à une dissolution de carbonate de potasse, d'ammoniaque ou d'acide phosphorique, la potasse, l'ammoniaque et l'acide phosphorique, sans que les éléments terreux cèdent rien en échange. Sous ce rapport, l'action de la terre arable est parfaitement identique à celle du charbon, mais elle est plus puissante.

Ainsi lorsque la potasse et l'ammoniaque sont combinées avec un acide minéral qui a une affinité plus grande pour ces

bases, le sel est décomposé par la terre arable ; la potasse est aussi bien absorbée que si elle n'avait pas été combinée avec l'acide.

Sous ce rapport, la terre arable agit comme le charbon d'os qui, à l'aide des phosphates alcalins qu'il contient, décompose beaucoup de sels qu'un charbon dépourvu de phosphates ne décomposerait pas. Il n'y a pas de doute que cette propriété décomposante de la terre arable ne soit due en partie à la chaux et à la magnésie qui s'y trouvent.

Nous devons nous figurer que la force attractive des particules de terre elles-mêmes n'est pas assez puissante pour enlever, par exemple, la potasse à l'acide nitrique et que, pour décomposer le salpêtre il faut le concours de l'affinité de la magnésie ou de la chaux pour l'acide nitrique. D'un côté, la terre attire la potasse ; d'un autre côté, la chaux ou la magnésie qui est dans la terre attire l'acide nitrique, et c'est ainsi que, sous l'influence d'une double affinité, il s'opère une décomposition qui n'aurait pas lieu sous l'influence d'une seule, comme il arrive très-souvent en chimie.

Le phénomène qui s'accomplit dans le sol arable diffère cependant des réactions chimiques ordinaires, en ce sens que jamais, dans ces dernières, un sel de potasse soluble n'est décomposé par un sel de chaux insoluble, de telle manière que la potasse devienne insoluble et la chaux soluble. Il doit évidemment se trouver ici une autre attraction qui modifie l'action de l'affinité chimique. Lorsqu'on filtre une solution de phosphate de chaux dans de l'eau chargée d'acide carbonique à travers un entonnoir plein de terre, la couche supérieure absorbe d'abord l'acide phosphorique ou le phosphate de chaux, mais une fois qu'elle en est saturée, elle ne s'oppose plus au passage de la dissolu-

tion qui atteint la couche sous-jacente qu'elle sature à son tour. Le phosphate de chaux peut ainsi se répandre complètement dans le volume de terre que contient l'entonnoir, de façon à envelopper uniformément chaque particule; de sorte que, si le phosphate de chaux était de couleur garance et la terre incolore, celle-ci ressemblerait à une laque de garance. La potasse se répand dans le sol de la même manière, et si l'on fait filtrer une solution de carbonate de potasse, les couches inférieures reçoivent ce que les couches supérieures saturées abandonnent.

Il n'est pas nécessaire d'une démonstration spéciale pour faire comprendre que les granules de phosphate de chaux fournis par les os pulvérisés se distribuent dans le sol absolument de la même manière; seulement, dans ce cas, la dissolution provoquée par l'eau chargée d'acide carbonique s'opère à l'endroit même où les granules sont déposés, et c'est de là que procède la diffusion.

C'est encore à la même cause qu'il faut attribuer la diffusion de la potasse et de l'acide silicique devenus solubles par la désagrégation des silicates ou sous l'influence de l'eau chargée d'acide carbonique, ainsi que celle de l'ammoniaque charriée par l'eau de pluie ou formée pendant la putréfaction des éléments azotés des racines mortes laissées dans la terre par les végétations successives.

Chaque terre doit, par conséquent, contenir la potasse, la silice et l'acide phosphorique sous deux formes différentes, savoir, à l'état de combinaison *chimique* et à l'état de combinaison *physique*. Sous l'une de ces formes il est infiniment répandu à la surface de la couche arable poreuse, sous l'autre, il se trouve très-inégalement réparti à l'état de grains de phosphorite, d'apatite ou de roches feldspathiques.

Dans une terre riche en silicates et en phosphates cal-

caires, qui a été exposée pendant des milliers d'années à la puissance dissolvante de l'eau et de l'acide carbonique, les parties constituantes peuvent être physiquement saturées de potasse, d'ammoniaque, de silice et d'acide phosphorique, et il peut alors arriver, comme dans la terre noire de Russie, que le phosphate de chaux dissous, mais non absorbé, se dépose dans le sous-sol en concrétions ou en cristaux.

Les aliments combinés physiquement offrent évidemment la forme la plus favorable à la végétation, car partout où les racines sont en contact avec le sol, elles trouvent les principes qui leur sont nécessaires dans un état de préparation et de répartition qui équivaut à une dissolution aqueuse. Ils ne peuvent se mettre en mouvement spontanément, mais ils sont retenus par une force si minime, que la moindre cause dissolvante qui survient, suffit pour les dissoudre et les rendre aptes à pénétrer dans la plante.

S'il est vrai que les racines des plantes cultivées sont incapables de vaincre la puissance qui retient la potasse unie à la silice dans les silicates; que ces substances ne possèdent la solubilité et la faculté nutritive que lorsqu'elles sont combinées physiquement, et que ce n'est que dans cet état que les racines peuvent s'en emparer et les absorber, on s'explique la différence qui existe entre un sol cultivé et un sol inculte ou un sous-sol stérile.

Il est indubitable que les façons mécaniques et les influences atmosphériques peuvent augmenter l'énergie des forces qui provoquent la désagrégation et la dislocation des roches, et contribuer à la répartition uniforme des éléments nutritifs qui y sont engagés et qui deviennent solubles. Les éléments combinés chimiquement se séparent et

acquière dans le sol, qui revêt de plus en plus les caractères de la terre arable, la forme sous laquelle la plante peut se les approprier. On comprend que le sol inculte ne peut acquérir que graduellement les qualités de la terre arable et que le temps nécessaire à cette transformation est en rapport avec la quantité d'éléments nutritifs qu'il contient et les obstacles qui s'opposent à leur diffusion, ou à leur désagrégation et à leur désunion. Les plantes vivaces et, notamment, les mauvaises herbes, dont l'absorption est moindre dans un temps donné, mais d'une durée plus longue, réussiront beaucoup mieux et, dans tous les cas, plus tôt, dans un pareil sol, que les plantes annuelles qui, végétant rapidement, exigent une quantité beaucoup plus considérable d'éléments nutritifs pour arriver à leur complet développement.

Un sol travaillé et cultivé depuis longtemps devient de plus en plus propre à la production des plantes annuelles, car les causes qui dégagent les éléments nutritifs de leur combinaison chimique pour les engager dans une combinaison physique, se renouvellent et agissent incessamment. Pour être fertile, dans le sens le plus large du mot, le sol doit pouvoir fournir de la nourriture aux racines des plantes *à tous les endroits* où elles arrivent en contact avec lui, et si minime que puisse être la quantité, il n'est pas moins nécessaire que le sol en contienne partout la même dose.

La puissance nutritive du sol pour les plantes cultivées est, conséquemment, en rapport direct avec la quantité d'éléments nutritifs qu'il renferme à l'état de saturation physique. Le sol qui est abondamment pourvu d'éléments nutritifs sous forme de combinaisons chimiques, possède une précieuse ressource, attendu qu'il dispose des éléments néces-

saires pour restaurer les combinaisons physiques qui s'épuisent sous l'influence de la succession des cultures.

Celui qui cultive des plantes à racines pivotantes, qui vont puiser la majeure partie de leur nourriture dans le sous-sol, sait, par expérience, qu'elles n'entament pas la fertilité de la couche arable de manière à nuire d'une façon notable aux céréales qui les suivent. Toutefois, celles-ci ne peuvent se succéder pendant plusieurs années sur le même sol, sans que les récoltes cessent de fournir des produits rémunérateurs.

Néanmoins, l'épuisement dont la plupart des terres cultivées sont alors frappées, n'est pas durable. Si on laisse le sol en jachère pendant une ou plusieurs années, il reprend la faculté de fournir une récolte satisfaisante de céréales, et sa restauration s'opère avec plus de promptitude si, pendant le repos, on lui donne de nombreuses façons mécaniques.

Ce fait extrêmement important pour l'agriculture, et qu'une expérience de plusieurs siècles a mis hors de doute, mais dont l'analyse chimique ne rend pas compte, peut dépendre de ce que les céréales vivent uniquement des éléments nutritifs combinés physiquement dans le sol. S'il en est ainsi, ce phénomène remarquable du recouvrement de la force productrice sans l'emploi d'aucune espèce d'engrais, s'explique aisément. En effet, quoique sous cette forme la nourriture des plantes ne constitue qu'une minime fraction du poids de la couche arable, elle communique la faculté nutritive à un grand volume de terre. Évidemment, si les plantes, au moyen de leurs nombreux organes souterrains d'absorption, enlèvent à la terre les aliments combinés physiquement, le sol doit s'appauvrir très-rapidement s'il n'en est pas très-richement pourvu.

Les éléments qui dominent dans le sol cultivé sont identiquement les mêmes que ceux qui, par leur mélange, forment le sol inculte. Or, comme les causes qui déterminent la décomposition des constituants du mélange et le déplacement des substances utiles aux plantes, agissent d'une façon incessante, on comprend que, sous leur influence, le sol épuisé, qui n'est, en définitive, qu'un sol revenu à l'état inculte, puisse récupérer les qualités qu'il a perdues. Il suffit, en effet, qu'une partie des principes alibiles combinés *chimiquement* passe à l'état de combinaison *physique*, pour que le sol soit de nouveau doté de la faculté de pourvoir aux besoins d'une nouvelle récolte, et puisse fournir un rendement avantageux au cultivateur.

Le champ qui recouvre sa productivité par la jachère, manquait donc de la dose d'aliments combinés *physiquement* nécessaire à une bonne récolte, mais il est surabondamment pourvu d'éléments nutritifs à l'état de combinaison chimique. Et pour que la mutation des substances nutritives s'accomplisse, il faut un temps plus ou moins long, dont la jachère marque la durée. La jachère n'augmente donc pas la quantité des matières alibiles, mais la somme des parties assimilables.

Ce que nous venons de dire de tous les éléments nutritifs minéraux indistinctement, s'applique naturellement, en particulier, à chaque élément du sol utile à la plante. Dans bien des cas, l'épuisement peut dépendre de l'absence d'une quantité de silice assimilable suffisante pour pourvoir aux besoins des céréales, alors que, d'ailleurs, les autres principes nutritifs abondent dans le sol.

La nature particulière du phénomène indique clairement, que si le sol ne renferme pas, en quantité suffisante, des silicates susceptibles de désagrégation ou des phosphates

capables de se dissoudre, le temps, le travail et les influences atmosphériques pendant la durée de la jachère ne parviendront pas à lui rendre sa fertilité; elle montre, en outre, que la désagrégation ne s'accomplit pas toujours avec la même promptitude, mais qu'elle dépend de la composition des terres.

Les détails qui précèdent, démontrent que l'une des connaissances les plus nécessaires au cultivateur, est celle qui lui montre les causes et les moyens qui peuvent provoquer l'activité et la diffusion des principes nutritifs que le sol renferme, sous un état qui ne leur permet pas de céder à l'assimilation.

La présence d'une certaine dose d'humidité, un certain degré de chaleur et l'accès de l'air sont les conditions premières des modifications qui ont pour effet de rendre les éléments nutritifs, combinés chimiquement, susceptibles d'être absorbés par les racines. Une certaine quantité d'eau est nécessaire au déplacement des éléments nutritifs devenus solubles; en outre, l'eau chargée d'acide carbonique décompose les silicates, rend les phosphates solubles et leur permet ainsi de se répandre dans le sol.

Les matières organiques qui se décomposent dans le sol, constituent des sources faibles, mais persistantes d'acide carbonique. Toutefois, sans eau leur décomposition ne s'opère pas. L'eau stagnante, empêchant l'accès de l'air, entrave la formation d'acide carbonique. La décomposition elle-même produit de la chaleur qui élève sensiblement la température du sol.

Avec le concours de débris animaux et végétaux susceptibles de décomposition, un champ épuisé par la culture récupère plus promptement sa fertilité; aussi l'emploi des fumiers d'étable pendant la jachère exerce-t-il une influence

favorable. Si le sol est ombragé par une plante riche en feuilles, qui forme une couverture propre à retenir plus longtemps l'humidité dans le sol, l'effet des causes de désagrégation qui agissent pendant la jachère, est plus marqué.

Dans un sol poreux, de nature calcaire, la décomposition des matières organiques marche plus rapidement que dans une terre argileuse. En pareil cas, la présence de la substance alcaline détermine l'oxydation de l'ammoniaque qui se transforme en acide azotique. Au lavage, toutes les terres calcaires abandonnent des azotates. L'acide azotique n'est pas retenu par la terre poreuse comme l'ammoniaque ; il s'unit à la chaux ou à la magnésie, et il est entraîné par la pluie dans les profondeurs du sol. Celui qui se forme dans la terre est utile aux plantes qui, comme le trèfle et les pois, empruntent leur nourriture, dans laquelle il faut ici ranger l'azote, aux couches profondes. C'est pour ce motif que la jachère appliquée aux terres calcaires riches en débris organiques est peu favorable aux céréales ; en effet, en se transformant en acide azotique, l'ammoniaque est entraînée dans les profondeurs du sol, et la couche arable se trouve ainsi privée d'un de ses aliments les plus précieux. Aussi peut-on aisément se figurer le cas où une terre pareille, quoique laissée inculte pendant plusieurs années, perdrait cependant de sa fertilité.

La raison de l'épuisement d'une terre par une culture quelconque provient toujours, et dans toutes les circonstances, du manque d'un ou de plusieurs aliments dans les parties du sol qui sont en contact avec les racines. Dès que celles-ci ne trouvent plus de l'acide phosphorique à l'état de combinaison physique sur leur passage, la potasse et la silice assimilables, quoique en excès, restent inactives et le sol est improductif. La pénurie de potasse avec abon-

dance d'acide phosphorique et de silice, ou la pénurie de silice, de chaux, de magnésie ou de fer avec abondance de potasse et d'acide phosphorique produisent le même résultat.

L'épuisement des terres qui renferment en suffisante quantité des aliments pour pourvoir, avec l'aide de la jachère, aux besoins des récoltes pendant de longues années, est dû à la forme sous laquelle se trouvent les matières alibiles. Comme le cultivateur possède les moyens d'activer l'influence des causes naturelles et de hâter le développement des combinaisons physiques, il peut diminuer la durée ou la fréquence de la jachère, et, souvent même, la supprimer complètement.

En ce qui concerne les phosphates, nous avons déjà fait observer que leur diffusion s'effectue exclusivement par le concours de l'eau chargée d'acide carbonique.

D'un autre côté, l'expérience démontre que, dans certaines circonstances, d'autres sels, tels que le sel commun, le salpêtre du Chili et les sels ammoniacaux, exercent une influence des plus favorables sur les rendements des récoltes. Or les dissolutions même les plus étendues de ces sels possèdent, de même que l'acide carbonique, la propriété remarquable de dissoudre les phosphates de chaux et de magnésie. Et si l'on fait filtrer l'une d'elles à travers de la terre arable, elle se comporte absolument comme la dissolution des phosphates dans l'eau chargée d'acide carbonique. La terre enlève à ces dissolutions salines les phosphates qu'elles contiennent et s'y combine.

Dans une terre arable à laquelle on a mélangé un excès de phosphates terreux, ces dissolutions se comportent comme elles le font à l'égard d'un phosphate terreux non

mélangé, c'est-à-dire qu'elles en dissolvent une certaine quantité.

L'azotate de soude et le sel de cuisine subissent de la part de la terre arable une décomposition semblable à celle qu'elle fait éprouver aux sels de potasse; la terre absorbe de la soude, qui est remplacée dans la dissolution par de la chaux ou de la magnésie.

En comparant l'action de la terre arable sur la potasse et la soude, on trouve que cette terre possède une force d'attraction beaucoup moindre pour celle-ci que pour l'autre; de telle sorte qu'un volume de terre qui enlève toute la potasse contenue dans une dissolution, laisse passer, sans les décomposer, les trois quarts du chlorure de sodium, ou la moitié de l'azotate de soude, contenus dans des solutions renfermant l'alcali en quantité égale à la solution de potasse.

Si l'on fume une terre épuisée par la culture et qui renferme encore des phosphates terreux dispersés çà et là, avec de l'azotate de soude ou du sel de cuisine, et qu'avec le secours de la pluie il se forme des dissolutions étendues de ces sels, le sol en retient un excédant qui n'est pas décomposé et qui, quand le sol est humide, doit exercer une action faible, mais efficace par sa durée.

Semblables à l'acide carbonique produit par la décomposition des débris végétaux et animaux et qui se dissout dans l'eau, ces solutions salines se chargent de phosphates terreux partout où elles les rencontrent. Quand ces liquides charriant des phosphates arrivent en contact avec des parcelles de terre qui n'en sont pas encore saturées, celles-ci s'en emparent. Le chlorure de sodium et l'azotate de soude restent dans le sol et conservent la faculté d'exercer une seconde, une troisième et même un plus grand nombre de fois la même action de dissolution et de diffusion des

phosphates qui ne sont pas encore fixés aux molécules terreuses par une attraction physique, jusqu'à ce qu'ils soient entraînés par l'eau de pluie dans les couches profondes, ou bien entièrement décomposés.

On sait que le sel de cuisine se trouve dans le sang de tous les animaux, et qu'il joue un rôle important dans les phénomènes de résorption et dans les sécrétions, où on le considère comme un agent nécessaire. Aussi la nature a-t-elle pris des mesures pour que les plantes fourragères, les plantes-racines et les plantes tuberculeuses, qui servent surtout à la nourriture des animaux, possèdent à un plus haut degré que les autres la faculté d'absorber le sel de cuisine dans le sol. La pratique agricole démontre qu'une faible proportion de sel dans le sol est très-favorable à la croissance vigoureuse de ces plantes.

Quant à l'acide azotique, on admet généralement qu'il trouve son emploi dans le corps de la plante tout aussi bien que l'ammoniaque. Le sel de cuisine et les azotates auraient de cette manière un double effet, savoir : un effet direct en servant d'aliment à la plante, et un effet indirect en rendant les phosphates assimilables.

Les sels ammoniacaux ont la même action sur les phosphates terreux que les sels dont nous venons de parler, avec cette différence cependant que leur action dissolvante est plus énergique. A quantités égales, une dissolution de sulfate d'ammoniaque dissout moitié plus de phosphate de chaux qu'une dissolution de sel commun.

Néanmoins, l'action de l'ammoniaque sur les phosphates engagés dans l'intérieur du sol n'est guère supérieure à celle du sel de cuisine ou du salpêtre du Chili, attendu que les sels ammoniacaux sont très-rapidement et, quelquefois, instantanément décomposés par la terre, et que, conséquem-

ment, ils ne peuvent pas y circuler. Mais, comme pour décomposer une quantité donnée de sel ammoniacal, il faut toujours un certain volume de terre, l'effet du sel sera d'autant plus énergique que ce volume sera moindre ; et si, à une certaine profondeur, l'action des sels ammoniacaux est à peine sensible, en revanche, celle qu'ils exercent dans les couches supérieures est d'autant plus prononcée. D'après les observations de Feichtinger, les dissolutions de sels ammoniacaux décomposent beaucoup de silicates, et même le feldspath, dont elles dissolvent la potasse. Dans leur contact avec la couche arable, elles ne l'enrichissent pas seulement en ammoniacque, mais elles déterminent encore, jusque dans ses particules les plus déliées, un déplacement considérable des éléments nécessaires aux plantes.

Les débris animaux et végétaux contenus dans le sol paraissent exercer une influence remarquable sur la diffusion de la silice. Les expériences faites à ce sujet démontrent que la puissance d'absorption d'une terre arable pour la silice est en raison inverse des débris organiques qu'elle renferme. Une terre où ceux-ci sont abondants, mise en contact avec son volume d'une dissolution de silicate de potasse, ne s'empare que d'une faible quantité d'acide silicique, tandis qu'une autre plus pauvre en matières organiques l'absorbe en totalité. Dans un sol qui contient des silicates susceptibles de désagrégation, leur altération est accélérée par l'incorporation de débris organiques en voie d'oxydation à la faveur de l'acide carbonique qu'ils dégagent ; mais comme ceux-ci amoindrissent la faculté absorbante de la terre pour la silice, celle-ci, une fois dissoute, s'étendra dans un cube de terre beaucoup plus grand que celui où elle se fût répandue en l'absence de ces matières.

Il est des terres pauvres en argile qui, converties en prairies pendant quelques années, se montrent ensuite favorables aux céréales ; la raison en est que les débris organiques qui se sont accumulés dans le sol ont favorisé la diffusion de la silice. Dans d'autres terrains, notamment dans ceux qui sont riches en calcaire, où la silice, sans faire complètement défaut, n'est pas uniformément répartie ou bien dont la diffusion est insuffisante, on obtient, par l'emploi de la tourbe pulvérulente, des résultats aussi avantageux pour la culture des céréales, que par une application copieuse de fumier d'étable dont les éléments organiques favorisent la diffusion de la silice, indépendante de celle que contient le silicate de potasse de la paille.

Le défaut ou l'excès de silice soluble dans le sol est également préjudiciable à la prospérité des céréales. Une terre favorable au développement de la prêle et du roseau (*arundo phragmites*), n'est pas pour cela propre à la culture du blé et des meilleures herbes de prairies, bien que la présence d'une abondante quantité de silice soit une condition de leur réussite. Habituellement, on améliore de pareilles terres soit par le dessèchement qui, en donnant accès à l'air, favorise la décomposition et la destruction des matières organiques en excès, soit par l'application de la marne ou de la chaux vive délitée sous l'influence de l'air humide.

La silice hydratée perd sa solubilité dans l'eau par le simple dessèchement, et souvent il suffit d'assainir une terre marécageuse pour faire disparaître les plantes siliceuses (la prêle et le roseau). La chaux hydratée, ou la chaux éteinte et celle qui s'est délitée à l'air exercent sur le sol une double action. Dans un sol riche en matières humiques, la chaux se combine d'abord avec les composés organiques

qui possèdent une réaction acide. Elle neutralise l'acidité du sol, et l'on voit aussitôt disparaître beaucoup de mauvaises herbes qui y croissaient, telles que les sphaignes et les laiches. Tandis que le simple contact des acides favorise considérablement l'oxydation des métaux (cuivre, plomb, fer) et que celui d'un alcali l'empêche (le fer enduit d'une solution de carbonate de soude ne rouille pas), les acides et les alcalis agissent d'une façon toute contraire sur les matières organiques : les acides empêchent et les alcalis activent leur oxydation ou leur décomposition. C'est lorsque la chaux est en excès que la destruction des substances humeuses se manifeste.

A mesure que la chaux fait disparaître dans le sol l'humus acide, la faculté d'absorption de la terre pour la silice hydratée augmente, et celle qui s'y trouve en excès perd sa mobilité (*).

La chaux possède, comme on le voit, une action complexe ; aussi peut-on rarement tirer de l'influence favorable qu'elle a exercée sur une terre des inductions applicables à une terre inconnue, à moins de s'être parfaitement bien rendu compte de la cause qui a déterminé son efficacité dans le premier cas.

Dans un sol où la chaux a produit une amélioration par la simple neutralisation de l'acidité du sol et par la destruction de l'excès de débris végétaux, le cultivateur

(*) Dans une expérience spéciale, un litre de terre de bois, contenant 30 pour cent d'éléments humeux, n'absorba que 15 milligrammes d'acide silicique dans une solution de silicate de potasse ou de wasserglas. La même terre, mélangée de 10 pour cent de craie (carbonate de chaux), en absorba 1140 milligrammes. En remplaçant le carbonate de chaux par de la chaux vive, la puissance d'absorption devint telle, qu'un litre en absorba 3169 milligrammes.

attendra vainement les effets de nouvelles applications, à moins que les causes qui ont communiqué au sol ses défauts primitifs ne se soient renouvelées.

Aucune plante, à l'exception des champignons, ne prospère dans un sol qui renferme des matières en putréfaction et en décomposition. Il paraît que la manifestation de phénomènes chimiques dans le voisinage des racines trouble leur propre travail chimique. Un excès de matières en simple décomposition lente nuit par le dégagement d'une trop grande quantité d'acide carbonique, même aux plantes qui se plaisent de préférence dans les terrains renfermant l'humus en médiocre quantité (*).

Les matières organiques, en s'accumulant en quantité considérable dans le sous-sol, font surtout du tort aux végétaux pourvus de longues racines, tels que la betterave, les navets, le trèfle, l'esparcette, les pois et les fèves, et surtout dans les terrains argileux où elles se décomposent beaucoup moins vite que dans le sol calcaire. Le phénomène de décomposition se propage aux racines qui deviennent malades, et offrent aux spores des champignons un sol propice à leur développement. Quand la racine du turneps se trouve dans une pareille situation, elle devient

(*) Gasparini sema dans un pot plein de terre lavée du Vésuve, quelques grains d'épeautre. Ceux-ci donnèrent naissance à des plantes qui continuèrent à croître en bonne santé. Dans un autre pot, contenant de la même terre, il plaça un morceau de pain ; ici, toutes les racines rapprochées de la croûte périrent, et les autres parurent s'être repliées pour se diriger vers les parois du pot. L'épeautre ne croîtrait probablement pas dans un sol mélangé de beaucoup de pain, et si l'altération des racines qu'il abandonne au sol, produit le même effet, on comprend que la décomposition des débris qu'une plante laisse en terre, puisse nuire à sa propre croissance ou à celle d'autres végétaux (Russell).

la proie de certains insectes qui y déposent leurs œufs. Le développement de ceux-ci amène alors une altération et un trouble remarquable dans la végétation ; aux places piquées, il se forme un bourrelet spongieux dont la substance intérieure est molle, fétide et qui sert à l'alimentation de la larve.

Quelque obscurs que soient tous ces phénomènes, on sait cependant que le chaulage met obstacle à leur manifestation. Une application convenable de chaux les empêche toujours de se produire. Pour rester parfaitement saines, les terres très-riches en débris organiques exigent de fortes doses de calcaire.

En pareils cas, la chaux n'agit pas en apportant au sol un aliment qui lui manque, sinon sa diffusion rapide provoquerait, dès la première année, des effets très-prompts, alors qu'il faut plusieurs années pour que le terrain éprouve des modifications favorables à la végétation. La chaux intervient donc ici pour amener des changements qui ne s'accomplissent que par diverses réactions et exigent l'aide du temps.

Sur un terrain marécageux desséché, où la chaux a diminué l'excès de silice hydratée, une nouvelle application faite à une année d'intervalle ne produira plus le même effet, attendu que les défauts dont le calcaire a débarrassé le sol, n'existent plus. En revanche, son emploi peut avec avantage se renouveler plus fréquemment dans les sols argileux ou glaiseux, compactes et tenaces qui, par le chaulage, s'ameublissent et deviennent plus riches en potasse assimilable.

La chaux hydraulique obtenue par la calcination de roches naturelles (marnes argilifères) nous apprend quelle est la nature de la modification qui se produit dans cette

circonstance. Ces roches sont formées d'un mélange d'argile et de chaux, où celle-ci se rencontre toutefois en une proportion plus forte que dans le sol argilo-calcaire. Si, après la calcination, ce mélange naturel est trituré avec de l'eau, celle-ci se charge de potasse et prend les caractères d'une lessive alcaline. Au surplus, l'argile qui, avant la calcination, ne se dissolvait pas dans les acides, s'y dissout après, de même que toute la silice qu'elle contient.

L'argile calcaire calcinée enlève beaucoup moins d'alcali à une dissolution de silicate de potasse qu'avant la calcination, mais elle absorbe une quantité beaucoup plus grande de silice (*).

Nous venons d'indiquer les auxiliaires chimiques auxquels le cultivateur peut avoir recours pour opérer la diffusion et rendre assimilables les principes alimentaires des plantes, phosphates terreux, potasse et silice qui se trouvent dans son sol. Mais il améliore également le sol par les façons mécaniques, ainsi qu'en écartant tous les obstacles qui s'opposent à l'extension des racines, et en faisant disparaître les défauts capables de compromettre leur activité normale ou leur état de santé.

L'influence accordée aux façons mécaniques exécutées au moyen de la charrue, de la bêche, de la houe, de la herse et du rouleau, est basée sur le principe que les racines des plantes vont à la rencontre de leur nourriture, et que les matières nutritives n'étant pas douées de mouvement, ne peuvent quitter spontanément l'endroit où elles se trouvent. La

(*) De la terre argileuse de Bogenhausen fut calcinée à l'air et mise en contact avec une solution de silicate potassique. Avant la calcination, un litre de cette terre absorbait 1148 milligr. de potasse et 2007 milligr. de silice; après la calcination, elle cessa de prendre de la potasse et enleva 3230 milligr. de silice.

racine va à la recherche de la nourriture comme si elle avait des yeux ; elle se plie et s'étend pour l'atteindre, et le nombre, la force et les directions de ses fibres indiquent exactement les lieux où elle a trouvé ses aliments (*).

La jeune racine ne s'ouvre pas un passage comme un clou que l'on enfonce avec une certaine force dans une planche, mais par la superposition de couches qui augmentent son volume de dedans en dehors.

La substance de nouvelle formation qui allonge l'extrémité des racines est en rapport immédiat avec le sol ; et les cellules auxquelles elle donne naissance ont des parois d'autant plus minces qu'elles sont plus récentes. Les parois des anciennes cellules s'épaississent peu à peu, et, dans un grand nombre de végétaux, elles se recouvrent d'une substance analogue au liège, qui est imperméable à l'eau et protège les matières solubles qu'elles renferment contre les influences osmotiques.

Les plantes puisent leur nourriture dans le sol par les extrémités de leurs racines, par les spongioles, dont le contenu liquide n'est séparé des particules terreuses que par une membrane extrêmement mince. Le contact est d'autant plus intime que, déjà au moment de leur for-

(*) Dans les champs de turneps, on trouve quelquefois des morceaux d'os qui sont complètement enveloppés par un lacs de racines. On ne peut guère se rendre compte du phénomène qu'en admettant qu'il existe une véritable attraction entre les spongioles et la substance osseuse. Les cellules sont incessamment attirées par de nouvelles surfaces d'une substance pour laquelle le liquide cellulaire possède une affinité chimique.

C'est là la cause qui provoque le développement des radicelles autour des fragments d'os et comme les nouvelles cellules, en vertu de leur affinité chimique, se maintiennent constamment en contact avec la substance osseuse, le lacs réticulaire qui l'emprisonne augmente d'épaisseur de dehors en dedans (Russell).

mation, les spongioles exercent sur les molécules de terre une pression assez forte pour les déplacer légèrement dans certaines circonstances.

L'évaporation des feuilles occasionne un vide dans l'intérieur de la plante, et il s'établit une aspiration qui maintient avec force le contact des particules de terres humides avec la paroi cellulaire. La cellule et la terre sont serrées l'une contre l'autre. Entre le contenu liquide de la cellule et les éléments nutritifs qui se trouvent dans le sol à l'état de combinaison physique, il y a évidemment une forte affinité chimique, qui, avec le concours de l'acide carbonique et de l'eau, détermine l'introduction des éléments combustibles dans la plante.

On dit qu'un corps a une forte affinité chimique pour un autre quand il témoigne une forte tendance à former avec lui une combinaison qui le dépouille de ses propriétés pour lui en communiquer d'autres. La potasse, la chaux, l'acide phosphorique doivent former une combinaison de ce genre au moment où ils traversent la paroi de la cellule ; car, ainsi que nous l'avons fait observer antérieurement, le suc des racines est toujours faiblement acide. Dans le suc des pousses radicales de la vigne, on peut démontrer la présence du tartrate acide de potasse, dans d'autres, celle de l'oxalate et du citrate de potasse ; du tartrate de chaux ; mais on n'y trouve jamais ces bases unies à l'acide carbonique, ni du phosphate de chaux et de magnésie. Le suc frais des tubercules de pommes de terre, traité par l'ammoniaque, ne donne pas un précipité de phosphate d'ammoniaque et de magnésie, mais aussitôt que la fermentation a détruit la substance azotée à laquelle le phosphate de magnésie est uni, le précipité se forme.

Le mélange et la diffusion convenables des matières nu

tritives contenues dans le sol sont les conditions les plus importantes de leur efficacité.

Un morceau d'os du poids de quinze grammes placé dans un pied cube de terre ne manifeste pas la moindre action fertilisante, tandis que ses effets sont des plus apparents s'il est répandu en combinaison physique jusque dans les plus petites particules.

Le travail mécanique, quelque imparfait que soit le mélange de terre qu'il produit, exerce sur la fertilité du sol une action tellement prononcée, que, parfois, elle tient du merveilleux. C'est ainsi que la bêche qui brise, retourne et mélange la terre, agit d'une manière beaucoup plus efficace que la charrue qui brise, retourne et déplace sans mélanger. L'emploi de la herse et du rouleau rend le travail plus parfait encore. Ces façons ont pour conséquence de mettre à la disposition des plantes qui leur succèdent une nouvelle provision de matières nutritives, c'est-à-dire une terre non encore épuisée, là même où l'année précédente d'autres végétaux s'étaient alimentés.

Toutefois, l'action des agents chimiques sur la diffusion des principes alimentaires des plantes est encore plus puissante que celle des agents mécaniques. L'emploi, en quantité convenable, du salpêtre du Chili, des sels ammoniacaux et du sel de cuisine, ne se borne pas à enrichir le champ de matières capables de prendre part par elles-mêmes à la nutrition, mais il opère encore une diffusion de l'ammoniaque et de la potasse, et, pendant la jachère, il seconde puissamment le travail mécanique de la charrue et l'action des agents atmosphériques.

Habituellement, on donne le nom d'engrais à toutes les matières qui, appliquées au sol, augmentent la production végétale. La charrue produit le même résultat. Aussi la

simple constatation du fait que le sel commun, le salpêtre du Chili, les sels ammoniacaux, la chaux et les matières organiques ont donné des résultats avantageux, est-elle insuffisante pour démontrer que les substances ont agi comme aliments des plantes. On peut comparer le travail de la charrue à la division des aliments pour laquelle la nature a donné aux animaux des organes particuliers. Assurément, les façons mécaniques n'apportent au sol aucun aliment nutritif; leur utilité se borne à préparer la nourriture pour l'alimentation de la récolte future. Nous savons, avec tout autant de certitude, que le sel de cuisine, le salpêtre du Chili, les sels ammoniacaux, l'humus et la chaux possèdent, indépendamment des effets propres à leurs éléments, une action comparable à celle de la digestion stomacale, et que, dans ce rôle, ils peuvent se substituer mutuellement. C'est pour cette raison que ces matières n'agissent que sur les sols où les éléments nutritifs pèchent par un défaut de forme et de nature convenables et non par pénurie. Aussi leurs effets durables pourraient-ils être remplacés par une division mécanique ou une pulvérisation poussée très-loin.

Le véritable art du cultivateur consiste à savoir apprécier sainement les moyens qui doivent être employés pour rendre efficaces les éléments nutritifs que les terres recèlent, et à discerner les procédés qui peuvent entretenir la fertilité de ses champs d'une manière durable. Il doit veiller soigneusement à ce que le sol soit toujours suffisamment ameubli pour que les racines les plus déliées puissent arriver aux endroits où leur nourriture est déposée. Jamais le sol ne doit, par sa cohésion, mettre obstacle à l'extension des racines.

Dans un sol tenace et lourd, les plantes à racines fines et

déliçates ne réussissent qu'imparfaitement, fût-il riche en aliments appropriés.

En pareil cas, les engrais verts et le fumier d'étable sont d'une utilité incontestable. En effet, par l'enfouissement total ou partiel des plantes, le sol subit des modifications remarquables dans son état physique; une terre tenace perd de sa cohésion, et elle devient plus friable et plus meuble que par l'application des labours les plus soignés. Les terrains sablonneux, au contraire, acquièrent plus de consistance. Les tiges, quelque délicates qu'elles soient, ainsi que les feuilles enfouies en vert, en se décomposant ouvrent aux menues racines des céréales un chemin par où elles peuvent aller prendre leur nourriture dans toutes les directions. Néanmoins, on ne doit pas perdre de vue que, pour obtenir des résultats avantageux, il faut savoir user de ce moyen dans une juste mesure. Il est des terres où les débris souterrains d'une plante fourragère bien réussie suffiront pour influencer heureusement sur la céréale qui suivra, et il n'est pas impossible qu'un sol où l'on a récolté des lupins donne une céréale tout aussi belle que tel autre où l'on aura enfoui la plante de lupin tout entière.

Tous ces faits démontrent l'influence que les conditions mécaniques peuvent exercer sur la fertilité d'un sol qui n'est pas dépourvu de matières nutritives. On voit qu'avec leur concours un sol relativement pauvre, mais bien cultivé, peut livrer des récoltes meilleures qu'un sol riche dont la constitution physique est moins favorable à l'activité et au développement des racines. C'est ainsi que souvent une récolte sarclée améliore le sol pour les céréales, et que le grain d'hiver réussit ordinairement d'autant mieux après une récolte fourragère que celle-ci a été

plus riche, et à laisser dans la terre des résidus plus abondants.

Le trèfle et les plantes à racines pivotantes influent également d'une manière avantageuse sur la céréale d'hiver qui leur succède, parce qu'au moyen de leurs longues et puissantes racines, elles labourent, en quelque sorte, le sous-sol qui n'a pas été entamé par la charrue. Dans cette occurrence, le sol se trouve si heureusement modifié dans son état physique, qu'il rachète largement le préjudice qui a été infligé à sa constitution par les plantes qu'il vient de produire. Ce sont des faits de cette nature qui, malheureusement trop fréquemment, ont persuadé aux praticiens que, pour obtenir de belles récoltes, il suffit de pulvériser et de travailler le sol autant que possible, et qu'en un mot, tout dépend des qualités physiques du terrain. Mais le temps s'est toujours chargé de faire justice de cette opinion. La seule chose qui soit vraie, c'est que par un travail mécanique approprié, on peut, pendant un certain nombre d'années, obtenir des rendements plus élevés que par l'emploi des engrais.

Un des faits les plus propres à mettre en évidence l'influence exercée par une heureuse constitution physique sur les rendements des terres, est celui que nous offre le drainage. Par cette opération on se propose, comme on sait, d'abaisser le niveau de la couche d'eau stagnante, et d'activer l'écoulement de l'eau qui circule dans le sol. Beaucoup de terres que l'humidité stagnante rendait impropres à la culture des céréales et des bonnes herbes de prairies ont été gagnées par le drainage, à la production des plantes alimentaires pour l'homme et les animaux. En faisant disparaître l'excès d'humidité, le drainage écarte en même temps l'influence nuisible qu'elle exerçait à toutes les époques de

l'année, et en assurant l'écoulement rapide de l'eau qui détruisait la porosité du sol, il permet à l'air de pénétrer jusque dans les couches profondes, et d'y faire sentir l'influence bienfaisante qu'il exerce sur la couche arable.

Pendant l'hiver, la terre, à 3 ou 4 pieds de profondeur, est plus chaude que l'air extérieur, et l'air, en s'élevant à travers la couche arable, peut y maintenir une température plus élevée. Il convient d'ailleurs de remarquer que l'air contenu dans les drains est généralement plus riche en acide carbonique que l'atmosphère.

L'influence que le drainage exerce sur la fertilité des terres peut, à elle seule déjà, fournir la preuve que les plantes ne peuvent pas recevoir leur nourriture de l'eau qui circule dans le sol. Cette opinion se fortifie d'ailleurs par l'analyse des eaux de fontaines, de drainage et de sources (*v. Append. D*).

Les eaux des drains renferment toutes les matières que l'eau de pluie, en filtrant à travers la couche arable, est capable d'y dissoudre. Elles contiennent différents sels en petite quantité, et parmi ceux-ci des traces seulement de potasse. Quant à l'ammoniaque et à l'acide phosphorique, ils y sont généralement défaut. Dans des analyses faites spécialement à ce sujet, Thomas Way ayant examiné quatre eaux différentes, ne put pas constater la présence de la potasse dans 10 livres d'eau. Dans trois autres espèces d'eau, il reconnut que dans 7 millions de livres, il n'y avait pas plus de 2 à 3 livres de potasse. Quant à l'acide phosphorique, il ne put le découvrir dans trois eaux différentes, et en analysant quatre autres échantillons d'eau de diverses provenances, il constata qu'il n'y avait pas plus de 6 à 12 livres d'acide phosphorique dans 7 millions de livres d'eau, et il trouva de 0,6 à 1,80 livre d'ammoniaque dans cette même quantité.

Krocker, ayant analysé six échantillons d'eau de drainage, ne parvint à y découvrir aucune trace soit d'acide phosphorique, soit d'ammoniaque; et, dans quatre autres espèces d'eau de drains, il ne trouva pas plus de 2 parties de potasse pour un million de parties d'eau. Dans deux autres espèces d'eau, la proportion s'éleva à 4 et à 6 pour la même quantité d'eau.

Indépendamment de ces faits, nous possédons des expériences directes et très-instructives, établies par le Dr Fraas, dans le but de déterminer les matières que l'eau de pluie enlève à la couche arable et entraîne dans le sous-sol, pendant les six mois de l'été.

Dans des lysimètres (mesureurs d'eau) installés à cette fin, on recueillit, du 6 avril au 7 octobre, l'eau de pluie tombée sur une surface d'un pied carré et qui avait filtré à travers une couche de terre de 6 pouces de profondeur. Depuis le commencement de l'expérience jusqu'au 1^{er} octobre, on avait recueilli à l'Observatoire situé dans le voisinage, environ 480,7 millimètres d'eau (*).

Quatre lysimètres avaient été remplis avec la même terre prise dans le sous-sol du terrain argileux très-compacte de Bogenhausen. Dans les numéros III et IV, la terre avait été

(*) Ces lysimètres consistaient en une caisse carrée ouverte supérieurement et fermée inférieurement. Un faux fond formé par une toile de tamis et placé à six pouces du bord supérieur servait de soutien à la terre placée dans la caisse. C'est entre ce faux fond et celui de la caisse que s'accumulait l'eau tombée sur une surface d'un pied carré, après avoir traversé une couche de terre de 6 pouces. Ces lysimètres furent placés en plein champ et enterrés de manière à placer au même niveau la terre qu'ils contenaient et celle du champ. Deux des lysimètres étaient remplis de terre calcaire des plaines de l'Isar, mais l'un d'eux fut brisé, de sorte que l'on ne put y recueillir l'eau, ce qui ôte de son importance au résultat, attendu qu'il manque d'un point de comparaison.

fumée avec 2 livres de fumier de vache, les deux autres ne reçurent aucun fumier. Les numéros II et IV étaient ensemencés d'orge.

Le tableau suivant indique les quantités d'eau qui ont suinté à travers les terres, le tout calculé pour un mètre carré de surface. L'analyse en a été faite par le Dr Zoeller, qui a déterminé exactement les parties solubles qui y étaient contenues. Les quantités d'acide phosphorique et d'ammoniaque y étaient trop faibles pour pouvoir être dosées.

	LYSIMÈTRES.			
	I Sans fumure et sans végétation.	II Sans fumure et semé d'orge.	III Fumé sans végétation.	IV Fumé avec végétation.
Quantité d'eau recueillie. . .	218	213	304	144 litres.
Potasse contenue.	0,516	0,434	1,265	0,552 gram.
Par hectare	5,16	4,34	12,65	5,52 kilog.

Les lysimètres I et II fournirent à peu près les mêmes quantités d'eau, mais il n'en fut pas de même des deux autres. Les deux premiers seuls peuvent donc servir à comparer le pouvoir dissolvant de l'eau.

Il résulte de ces expériences que, dans ces circonstances, l'humidité de l'eau tombée n'a pas atteint la profondeur de quelques toises, et que, sur un million de parties, les terres non toutes lent abandonné : le n° I, 2,37 et le n° II, 2,03 livres, pu les déplaçait avec fumure n° III et n° IV, l'une 5,46 et l'autre tenaient. Or la potasse et les quantités fournies par le sol

fumé ne dépassent pas la moyenne renfermée dans l'eau des drains (Krocker).

Les plantes d'orge qui avaient poussé dans la terre du lysimètre n° II ont fourni, par mètre carré, 137,3 grammes de grains et 147,9 grammes de paille, qui contiennent dans leurs cendres (à raison de 2,47 pour cent de cendre pour le grain et 4,95 pour la paille.)

Le grain.	0,823	gramme	potasse
La paille	1,410	»	»
	<hr/>		
ensemble	2,233	grammes	potasse.

La quantité de potasse enlevée par l'eau à la terre du premier lysimètre, qui n'était pas ensemencée, a été de 0,516 gramme, et celle enlevée au n° II, de 0,434 gramme. La différence est de 0,082 gramme. S'il est permis d'en conclure que, dans le second lysimètre, la potasse s'est montrée en moindre quantité parce qu'elle a été absorbée par l'orge, il faut en tirer la conséquence que les plantes ont reçu :

Par l'intermédiaire de l'eau d'infiltration.	0,082	gramme
Et directement de la terre	2,151	»
	<hr/>	
	2,233	

C'est-à-dire que les plantes ont emprunté 3,6 pour cent de potasse à l'eau et directement au sol 96,4 pour cent, ou 27 fois davantage.

En prenant pour base le résultat donné par le troisième lysimètre dont la terre avait été fortement engraisée et l'or du fumier de vache, on voit que l'eau de pluie abondante travers une couche de terre de 6 pouces d'époussivage en soustrait, par hectare, 12 grammes de phospho-

quelle est la quantité de potasse qu'une récolte de pommes de terre ou de navets enlève sur une pareille étendue? Une récolte moyenne de pommes de terre contient 204 kilogr. de cendres renfermant 100 kilogr. de potasse; et une récolte moyenne de navets fournit 572 kilogr., où l'on trouve 248 kilogr. de potasse. Ainsi donc, quand bien même toute la potasse soluble dans l'eau de pluie serait absorbée par la plante, elle fournirait à peine aux pommes de terre le huitième et aux navets le vingtième de la quantité de potasse qui leur est nécessaire. La potasse contenue dans l'eau qui a filtré à travers la terre indique la quantité qui, au besoin, aurait pu être absorbée. Mais comme il n'y a qu'une partie relativement faible de cette eau qui arrive en contact avec les racines et qui puisse leur céder la potasse, on comprend que la dissolution qui se meut dans le sol ne peut prendre qu'une bien faible part aux phénomènes de nutrition. Au surplus, l'absence d'ammoniaque et d'acide phosphorique dans cette eau, prouve à l'évidence que ces matières ne possèdent pas la faculté de se déplacer dans le sol. Pour céder aux plantes les matières nutritives qu'elle tient en réserve, la terre doit être pourvue d'un certain degré d'humidité, mais celle-ci n'a nullement besoin de se déplacer. On sait que l'eau stagnante est nuisible à la plupart des plantes cultivées, et les bons effets du drainage sont précisément dus à ce qu'il permet à la terre de se débarrasser de son excès d'humidité, et qu'il ne lui laisse que celle qui est retenue par la capillarité.

On peut assimiler la terre poreuse à un assemblage de tubes capillaires où la végétation rencontrera surtout des conditions favorables, lorsque les interstices capillaires seront remplis d'eau et quand l'air aura accès partout, au moyen de lacunes plus fort calibre. Quand la terre

jouit d'une semblable fraîcheur et de cette perméabilité à l'air, les parties absorbantes de la racine entrent en contact intime avec elle. On peut se figurer qu'alors les rapports sont tels, que les parois des tubes capillaires sont, d'une part, la surface des radicules, et, de l'autre, celle des particules terreuses, et qu'elles comprennent entre elles une mince lame d'eau qui établit leur continuité. Quand le sol se trouve dans un pareil état physique, il est tout aussi apte à l'absorption des matières fixes que des substances gazeuses. Si, par une journée sèche, on extrait d'un sol meuble, avec précaution, une plante de froment ou d'orge, on constate qu'à chaque fibrille radiculaire adhère un petit cylindre de terre. Or c'est dans les particules terreuses ainsi appliquées sur les divisions les plus délicates de la racine, que la plante puise l'acide phosphorique, la potasse, la silice, ainsi que l'ammoniaque, et l'absorption s'effectue par la mince couche d'eau interposée dont il vient d'être question; et les molécules aqueuses ne se meuvent qu'autant que la racine y détermine un courant.

La composition de l'eau de source, des ruisseaux et des rivières, dont chaque goutte s'est trouvée en contact soit avec des roches, soit avec le sol des terrains boisés ou des champs cultivés, montre combien est minime la quantité d'acide phosphorique, d'ammoniaque et de potasse que l'eau dissout dans la terre. L'analyse de six eaux de source différentes faite par Graham, Miller et Hoffman n'a pas permis d'y découvrir de quantité pondérable d'ammoniaque ni d'acide phosphorique. Dans l'eau de Whitley, on n'a trouvé qu'une livre de potasse dans 37,000 gallons (370,000 livres anglaises), soit un kilogramme dans 135 mètres cubes d'eau. Il a fallu 38,000 gallons d'eau provenant de la source de Crushmere, 32,000 gallons d'eau de Millwool, 115,000 gal-

lons de la source de Hyndhead, 55,000 gallons de la source de Hasford Mühlbach, et 17,700 de la source près de Cosfordhouse pour donner la même quantité de potasse. La source de Brunthal près de Munich, qui fournit l'eau potable à une grande partie de la ville, ne contient ni ammoniaque ni acide phosphorique, et dans 87,000 livres il n'y a pas plus d'une livre de potasse.

Ces analyses et d'autres, faites sur des eaux de source, de fontaine et de drainage, ne permettent cependant pas de conclure que la potasse, l'ammoniaque et l'acide phosphorique font défaut dans toutes les sources, tous les ruisseaux et toutes les rivières. Il est, au contraire, parfaitement certain que l'eau de divers marécages contient deux de ces matières en quantité sensible (*).

La présence de la potasse, de l'acide phosphorique, du fer et de l'acide sulfurique dans une eau pareille s'explique aisément.

Les plantes qui vivent dans les marais vont, au moyen de leurs racines, puiser des éléments minéraux à une profon-

(*) C'est ainsi que l'eau d'un marais artificiel du jardin botanique de Munich, a laissé 0,425 gramme de résidu par litre. 100 parties de ce résidu contenaient :

Chaux.	35,000
Magnésie .	12,264
Sel commun.	10,400
Potasse	3,970
Soude	0,471
Oxyde de fer avec alumine.	0,721
Acide phosphorique.	2,619
Acide sulfurique	8,271
Acide silicique	3,240
<hr/>	
Substances combustibles.	76,656
Perte par évaporation	23,344.

leur plus ou moins grande dans le sol, et les générations qui se succèdent y accumulent insensiblement d'abondants débris. Ceux-ci se décomposent au fond de l'eau, c'est-à-dire se brûlent, et les substances inorganiques, ou bien les cendres, grâce au concours de l'acide carbonique et, peut-être, de certains acides végétaux, se dissolvent et restent en dissolution dans l'eau quand le limon et la terre qu'elle imprègne en sont saturés.

Scherer a trouvé dans les trois sources de Brückenau toutes les matières contenues dans l'eau de marais dont nous venons de parler ; elles y étaient accompagnées d'acide acétique, d'acide formique, d'acide butyrique et d'acide propionique. En s'appuyant sur la nature du terrain qui, dans les environs de Brückenau, est formé par du grès bigarré, et sur la présence des bois qui l'enveloppent de toutes parts, véritables forêts vierges, où l'on voit beaucoup de chênes et de hêtres séculaires, Scherer attribue les propriétés de l'eau de ces sources au lessivage par les pluies du sol humeux, où se trouvent de nombreux végétaux en décomposition. (Annales de chimie et de pharmacie, 1C, 285).

Partout où les circonstances qui ont donné naissance à la constitution de l'eau du Jardin botanique de Munich et des sources de Brückenau se trouveront réunies, partout les eaux de marais, de source et des ruisseaux qui occupent la surface du sol contiendront, en proportions extrêmement variables, des matériaux utiles aux plantes, tels que l'acide phosphorique et la potasse, que l'on ne trouve pas dans d'autres eaux. De même une terre végétale riche en débris organiques, où il se passe incessamment des phénomènes de décomposition qui donnent naissance à des produits acides, pourra abandonner à l'eau de pluie qui la traverse, de l'acide phosphorique et de la potasse qui péné-

trent alors à de plus grandes profondeurs, et se retrouvent dans les eaux de drainage. La quantité de matières ainsi dissoutes dans l'eau, dépend de la nature du sol où croissent les plantes dont la décomposition fournit à l'eau de pluie les éléments minéraux qu'elle entraîne. Là où le roc est recouvert d'une faible couche de terre et d'une végétation touffue, l'eau qui s'en écoule entraînera dans les parties déclives une quantité de substances minérales utiles aux plantes, d'autant plus grande que la couche de terre en retiendra moins. Les fines particules qui sont enlevées à un pareil sol par les pluies battantes et que l'eau entraîne dans les vallées et dans les plaines, étant, suivant leur constitution chimique, douées d'un inégal pouvoir absorbant pour les éléments solubles des plantes, donneront naissance à des terres d'une fécondité extrêmement variable. Mais, dans tous les cas, les couches de terre formées dans de pareilles conditions sont toujours saturées des aliments contenus dans les eaux qui les ont charriées, et, si elles ne le sont pas complètement, elles se saturent peu à peu. Telle est, peut-être, la cause de l'inégale valeur des eaux d'irrigation, valeur qui doit varier considérablement suivant leur origine. Les eaux qui s'accumulent sur des hauteurs couvertes d'une riche végétation, ou qui proviennent du débordement des marais, amèneront effectivement aux prairies des matières fertilisantes, tandis que celles fournies par des montagnes arides n'exerceront aucun effet sur les plantes. En pareil cas, si la végétation est heureusement influencée, cela est dû à d'autres causes.

Dans beaucoup de contrées, la terre tourbeuse, ainsi que la vase des marais, des étangs et des eaux stagnantes, sont très-estimées pour l'amélioration des terres, et leur efficacité tient essentiellement à ce que leurs plus petites particules

sont saturées d'engrais ou de principes utiles à la végétation. C'est ainsi que s'explique également la fertilité de certaines terres de bois défrichés, où se sont accumulés et décomposés pendant quarante, quatre-vingts ans et plus, des débris végétaux qui, chaque année, ont abandonné aux couches superficielles et poreuses des éléments minéraux empruntés à des assises plus profondes et les ont ainsi enrichies.

Le préjudice que l'enlèvement des feuilles cause aux forêts ne peut pas s'expliquer par la perte des éléments minéraux qu'elles contiennent, car ces organes, de même que les menues branches qui tombent sur le sol, sont pauvres en principes nutritifs, et surtout en acide phosphorique et en potasse, qui, du reste, n'atteignent plus les couches profondes où ils pourraient de nouveau être absorbés par les racines. Le dommage causé dépend probablement davantage de ce que les débris du feuillage et de la végétation entretiennent une source continue d'acide carbonique que l'eau de pluie entraîne dans les couches sous-jacentes et qui contribue puissamment à ameublir les particules de terre et à les désagréger. Dans un bois touffu où l'air se renouvelle plus difficilement que dans une plaine, cette production d'acide carbonique a de l'importance. Au surplus, cette couverture épaisse préserve le sol contre le dessèchement de l'air et contribue à y entretenir une fraîcheur constante particulièrement utile aux arbres à feuilles caduques qui perdent par l'évaporation beaucoup plus que les arbres résineux.

Pour bien se rendre compte des opérations agricoles, il est indispensable que le cultivateur acquière les notions les plus parfaites sur la manière dont les plantes reçoivent leur nourriture du sol.

En avançant que les racines tirent toute leur nourriture directement de la couche de terre la plus superficielle, c'est-à-dire

de celle qui est en contact avec leur partie absorbante, on ne prétend pas que la potasse, la chaux, le phosphate de chaux puissent pénétrer à travers la membrane cellulaire à l'état solide, et sans dissolution préalable (*); on ne nie pas non plus que les principes nutritifs dissous dans l'eau en circulation dans le sol ne puissent être absorbés par les plantes dans certaines circonstances; mais on admet comme un fait certain que les racines reçoivent la nourriture de cette mince couche d'eau qui est retenue par attraction capillaire et qui est en contact intime avec la terre et la surface de la racine, et non pas de couches d'eau plus éloignées. On admet qu'il existe entre la surface de la racine, la couche d'eau et les particules de terre une réaction réciproque, qui n'a pas lieu entre l'eau et les particules de terre seulement. On considère comme une chose très-probable que les principes nutritifs qui adhèrent, dans un état de division extrême, à la surface extérieure des molécules de terre, sont en con-

(*) En remplissant un gobelet d'eau, à laquelle on a ajouté quelques gouttes d'acide chlorhydrique, et en le fermant ensuite avec une vessie, de manière qu'il ne reste pas d'air entre elle et l'eau et que celle-ci mouille la vessie dont on fait soigneusement sécher la face extérieure, il est facile de se convaincre de la manière dont un corps solide peut traverser la membrane et pénétrer dans l'eau sans le concours d'aucun liquide extérieur. En effet, si sur la surface séchée de la vessie on répand un peu de craie ou une poudre très-fine de phosphate de chaux, celles-ci disparaissent au bout de quelques heures, et les réactifs ordinaires démontrent aussitôt la présence de la chaux et du phosphate de chaux dans le liquide du verre.

Ce passage du carbonate et du phosphate de chaux solides à travers la vessie pour se rendre dans l'eau n'est naturellement qu'une illusion. Tous les deux se dissolvent dans les pores de la membrane où ils arrivent en contact avec l'eau acidulée, et comme l'évaporation rend la pression intérieure sur la vessie un peu plus faible que la pression extérieure, l'augmentation de celle-ci, aidée du pouvoir dissolvant de l'eau, pose la solution faite dans les pores à l'intérieur.

tact direct avec le liquide des cellules à parois poreuses et perméables, par l'intermédiaire d'une couche d'eau extrêmement mince, et que c'est dans les pores mêmes qu'a lieu leur dissolution et, dès lors, leur introduction immédiate.

Les preuves à l'appui de cette opinion peuvent se résumer brièvement par les faits suivants : Les racines de toutes les plantes terrestres et de la plupart des plantes de marais sont en contact immédiat avec les particules de terre. Celles-ci possèdent la faculté d'attirer les principes nutritifs les plus importants, tels que la potasse, l'acide phosphorique, la silice, l'ammoniaque, lorsqu'ils se présentent à l'état de dissolution dans l'eau, et les retiennent à la manière dont le charbon retient les substances colorantes. L'eau qui circule dans le sol, à en juger par la grande majorité des faits observés, ne lui prend pas d'acide phosphorique, et ne lui enlève que des traces d'ammoniaque et une quantité si minime de potasse, que les plantes cultivées ne sauraient y trouver de quoi pourvoir à leurs besoins.

L'eau qui séjourne dans le sol ne favorise pas l'absorption de la nourriture chez les plantes terrestres ; elle nuit, au contraire, à leur croissance.

Si les plantes tiraient leur nourriture d'une dissolution susceptible de déplacement dans le sol, toutes les eaux de drainage, de sources, de rivières et de ruisseaux devraient contenir les principaux éléments nutritifs de toutes les plantes. Il faudrait dans ce cas que le lavage continu par les eaux de pluie pût enlever à toutes les terres indistinctement les éléments nutritifs soit en totalité, soit au moins en une quantité équivalente de celle qui se trouve dans une récolte. Mais les faits prouvent qu'il n'en est pas ainsi. L'eau n'enlève à la terre aucun de ses éléments essentiels de fertilité, ou, tout au moins, elle ne les lui prend pas en quantité

suffisante pour porter un préjudice appréciable aux plantes que l'on y cultive.

Depuis des milliers d'années, tous les champs sont exposés à l'influence du lessivage par les eaux de pluie, sans qu'ils aient cessé d'être en état de produire des végétaux. Dans tous les pays, et dans toutes les régions du globe où la charrue trace pour la première fois ses sillons, l'homme trouve toujours le sol arable ou les couches supérieures plus riches et plus fertiles que le sous-sol. La fertilité du sol ne diminue pas parce que des plantes y croissent; elle se perd insensiblement quand on enlève au sol les plantes qui y croissent.

Le fait mis en évidence par Knop, Sachs et Stohmann, à savoir que certains végétaux peuvent donner des fleurs et des fruits dans de l'eau où l'on introduit leurs aliments minéraux, n'est pas en contradiction avec cette opinion qui consiste à admettre que la plante est douée de la faculté de rendre solubles et assimilables certaines matières minérales placées à sa portée. Ces expériences, qui répandent un grand jour sur l'importance physiologique des diverses matières nutritives en particulier (*Voy. Appendice E*), ne prouvent qu'une chose, savoir : combien le sol est admirablement disposé en vue des besoins de la plante, et ce qu'il faut de connaissances et de soins pénibles à l'homme de génie, pour remplacer, dans des conditions si éloignées de celles de la nature, certaines propriétés du sol qui assurent la croissance normale de la plante.

Si, en effet, la plante exigeait que la nourriture fût présentée aux racines à l'état liquide, on serait autorisé à croire que, dans une dissolution pourvue abondamment de tous les éléments nutritifs sous la forme la plus convenable, les végétaux doivent se développer avec d'autant plus de

vigueur qu'il y a moins d'obstacles à l'absorption des aliments.

Un jeune plant de seigle placé dans un sol fertile y développe souvent une touffe de trente à quarante tiges pourvues chacune d'un épi, et donne un rendement de mille et plus pour un. Il reçoit cependant sa nourriture d'un volume de terre auquel le lavage le plus persistant à l'eau pure ou chargée d'acide carbonique n'enlèverait pas encore un centième de l'acide phosphorique et de l'azote et pas un cinquantième de la potasse et de la silice, que la plante a absorbés dans la terre. Peut-on admettre, en pareille circonstance, que le pouvoir dissolvant de l'eau ait suffi à lui seul pour rendre susceptibles d'absorption tous les matériaux que nous trouvons dans la plante?

Toutes les plantes élevées dans des dissolutions aqueuses de leurs aliments minéraux, leur croissance fût-elle même des plus vigoureuses, ne peuvent pas, sous le rapport de la production de substance végétale, soutenir la comparaison avec celles qui ont végété sur un terrain fertile. Leur développement tout entier prouve que, dans le sol, les conditions de leur croissance normale sont bien différentes.

Le poids le plus élevé que Stolmann ait pu obtenir d'une plante de maïs élevée dans l'eau, n'a pas dépassé 84 grammes, tandis qu'une plante de maïs provenant de la même semence, et qui, pendant le même temps, a vécu sur le sol, a donné un poids de 346 grammes. Dans les expériences de Knop, la matière sèche de deux plantes de maïs dont l'une avait cru dans l'eau et l'autre dans la terre, a été dans le rapport de 1 : 7.

L'eau qui circule dans le sol renferme du sel de cuisine, ainsi que de la chaux et de la magnésie unies à de l'acide carbonique ou à des acides minéraux, et il n'y a pas le

moindre doute que la plante ne prenne ces corps à leur dissolution. La même chose arriverait pour la potasse, l'ammoniaque et les phosphates solubles, mais l'eau en circulation dans la terre ne renferme pas ces substances à l'état de dissolution, et si elles s'y trouvent, c'est toujours en quantité insuffisante pour les besoins de la végétation.

Les règles qui, le plus ordinairement, servent de guide dans l'exploration de la nature, n'exigent pas que, pour donner l'explication d'un phénomène, on s'arrête aux seuls cas où les conditions de sa production sont bien connues et bien déterminées. C'est ainsi, par exemple, que, si l'on trouve dans l'eau d'un marais tous les éléments minéraux contenus dans la lentille d'eau, on ne conservera aucun doute sur la forme sous laquelle ils ont été absorbés. Ils étaient dissous dans l'eau, et c'est en cet état qu'ils ont pénétré dans la plante. En pareil cas, il reste à expliquer pourquoi les éléments, parfaitement identiques sous le rapport de la forme, ont cependant été absorbés en proportions inégales.

Lorsque, dans d'autres circonstances, on observe que l'eau de pluie qui pénètre dans le sol dissout une quantité de potasse multiple de celle que contient une récolte de racines produite par le même champ, on est autorisé à croire que, semblables à la lentille d'eau, les racines ont emprunté à une dissolution toute la potasse dont elles ont eu besoin. Si, au contraire, la pluie tombée pendant la durée de la végétation ne contenait que tout juste et sans le moindre excédant la potasse nécessaire à la récolte, il faudrait, pour que la kali contenu dans les racines provint de la dissolution, 6 pouces des particules d'eau eussent été en contact avec fumées ou fibrilles radiculaires, sinon celles-ci n'auraient pu extraire et les terres qu'elles contiennent complètement de la potasse qu'elles en contiennent 3,82 livres. Cette hypothèse n'est pas admissible, et l'on

qu'à l'époque de la pleine végétation des plantes-racines, le sol ne contient pas de l'eau en excès, c'est-à-dire de l'eau susceptible d'être évacuée par les drains.

Et si l'analyse ne décèle dans l'eau du sol que la moitié de la potasse nécessaire à la plante-racine, il ne s'agit plus d'expliquer comment cette potasse a pu pénétrer dans la plante; il faut examiner de quelle manière et sous quelle forme le végétal s'est approprié l'alcali que l'eau seule n'a pu lui fournir.

Enfin, si l'analyse démontre que, dans d'autres terres, l'eau ne contient que le $\frac{1}{4}$, le $\frac{1}{8}$, le $\frac{1}{20}$ ou même le $\frac{1}{50}$ de la quantité de potasse trouvée dans la récolte, et si, d'autre part, on a reconnu que dans un sol où les racines prospèrent, la plante reçoit toujours la même dose de potasse, quelle que soit, d'ailleurs, la quantité que l'eau en circulation en dissout, il en résulte, puisque l'on ne peut ici faire intervenir que l'eau, le sol et la plante, que le pouvoir dissolvant de l'eau pour la potasse est insignifiant pour la plante qui, avec le concours de l'eau, sait rendre soluble l'alcali dont elle a besoin.

Or ce qui vient d'être dit de la potasse s'applique à tous les autres éléments nutritifs. Quand donc en traitant une terre par l'eau de pluie on parvient à dissoudre la potasse, l'acide phosphorique et l'ammoniaque ou l'acide azotique en quantité suffisante pour pourvoir aux besoins d'une récolte de céréales, et que, d'un autre côté, on constate que les plantes renferment une dose de silice centuple de celle que l'eau a pu fournir, on devra rechercher comment elles ont pu recueillir un excédant que la dissolution n'a pu seule procurer. Au surplus, si d'autres faits attestent qu'on peut obtenir une récolte de céréales tout aussi abondante sur des terres auxquelles on ne peut, par le simple passage de l'eau, enlever ni ammoniaque, ni acide phosphorique, ni potasse. Or

rique, on sera bien obligé d'en conclure que les éléments nutritifs solubles n'ont qu'une valeur minime pour de semblables plantes, et que la seule chose importante est de mettre ces éléments sous la forme la mieux appropriée à l'action des racines.

Les belles expériences de physiologie végétale, exécutées en commun par le professeur Naegeli et le docteur Zoeller, dans le Jardin botanique de Munich, confirment, de la manière la plus frappante, l'exactitude des conclusions déduites des recherches sur les eaux de drainage et autres. Au lieu d'élever, comme on l'avait fait dans toutes les expériences antérieures, les plantes dans une dissolution de leurs éléments nutritifs minéraux, ils ont suivi une marche différente, et ils ont fait croître les leurs dans une terre qui contenait tous les éléments nutritifs à l'état insoluble.

Ce n'est pas chose facile de trouver, pour de pareilles expériences, une matière qui puisse offrir toutes les propriétés de la terre arable et la remplacer. La preuve en est que Boussingault et d'autres n'ont jamais pu élever dans une terre artificielle, pourvue même en abondance de tous les éléments nutritifs, une plante qui pût être comparée, même approximativement, à une autre développée dans un sol fertile. Le charbon ou la pierre-ponce réduits en poudre peuvent, à la vérité, enlever certains éléments nutritifs aux liquides qui les tiennent en dissolution et les fixer physiquement; mais ils ne possèdent pas, à l'état humide, cette mollesse, cette souplesse qui caractérisent l'argile dans le sol arable et qui sont indispensables pour qu'il s'établisse un contact intime entre la racine et les particules de terre. La matière la plus convenable est de la tourbe en poudre grossière, qui représente, à l'état humide, une masse plastique ayant quelque analogie avec l'argile, et qui,

de même que la terre végétale, absorbe tous les éléments nutritifs que les dissolutions peuvent contenir. C'est pourquoi MM. Naegeli et Zoeller choisirent pour leurs expériences, comme véhicule des principes alimentaires, du menu de tourbe dont on avait, préalablement, constaté la faculté d'absorption pour les différents éléments nutritifs.

Un litre de tourbe, du poids de 324 grammes, mis en contact avec des dissolutions de carbonate de potasse, d'ammoniaque, de soude et de phosphate acide de chaux, absorba 1,45 gramme de potasse, 1,227 gr. d'ammoniaque, 0,205 gr. de soude et, 0,980 gr. de phosphate de chaux (= 0,410 d'acide phosphorique).

Ces chiffres n'indiquent pas la quantité de potasse et d'ammoniaque que la tourbe absorbe pour en être saturée complètement, mais seulement celle dont elle s'empare quand on la mélange avec des dissolutions de ces substances et que l'on prolonge le contact pendant quelques heures. Si ces dissolutions sont ajoutées en plus forte quantité, le liquide prend une réaction alcaline qui disparaît au bout de quelques jours, et qui ne persiste qu'au bout de huit jours, quand le litre de tourbe a absorbé 7,892 gr. de potasse et 4,169 gr. d'ammoniaque. La tourbe saturée, dont il est question ci-dessous, ne renferme que le $\frac{1}{5}$ de la potasse et le $\frac{1}{3}$ de l'ammoniaque qu'elle absorberait pour sa saturation complète.

Trois espèces de sols contenant des quantités inégales de matières nutritives, furent formées en mélangeant de la tourbe saturée avec de la tourbe naturelle en poudre, dans les proportions suivantes :

Le 1^{er} mélange contenait 1 vol. de tourbe saturée.

Le 2^e » » 1 » » et 1 vol. tourbe naturelle.

Le 3^e » » 1 » » et 3 » »

Ces mélanges représentaient des terres où la troisième

renfermait un quart et, la deuxième, la moitié des éléments nutritifs qu'on avait incorporés à la première.

La tourbe naturelle contenait 2,5 pour cent d'azote, et 100 gr. fournirent 4,4 gr. de cendres, dans lesquelles l'analyse démontra la présence de 0,115 gr. de potasse et 0,0576 gr. d'acide phosphorique (plus de la chaux, de l'oxyde de fer, de la silice, de la magnésie, de l'acide sulfurique, de la soude). (Voir pour plus de détails l'appendice F.)

Chacun de ces mélanges fut mis dans un pot de terre qui en contenait 8 1/2 litres (2,592 gr.); un quatrième pot, de même contenance, fut rempli de tourbe pure.

En tenant compte des cendres contenues dans la tourbe naturelle, chaque pot renfermait les quantités suivantes de principes nutritifs :

	1 ^{er} pot. Tourbe naturelle.	2 ^e pot. Tourbe saturée au quart.	3 ^e pot. Tourbe saturée à demi.	4 ^e pot. Tourbe saturée 4/1.
Azote.	71,000 gr.	2,60 gr.	4,32 gr.	8,65 gr.
Potasse.	3,18	3,075 »	6,15	12,30 »
Acide phosphorique.	1,586 »	0,083 »	1,75	3,49 »

Les chiffres de la première colonne indiquent les quantités d'azote, de potasse et d'acide phosphorique contenus dans les cendres de la tourbe naturelle (1^{er} pot). Pour les autres pots, les chiffres mentionnent les doses d'éléments nutritifs ajoutés.

Dans chacun de ces pots on planta cinq haricots nains, qu'on avait, préalablement, fait germer dans l'eau pure, et dont le poids avait été déterminé.

Les plantes qui se trouvaient dans les trois pots engraisés se développèrent très-uniformément, et la vigueur de leur croissance étonna tous ceux qui les examinèrent.

Pendant le premier mois, dans la tourbe saturée à demi et au quart, les plantes offrirent le plus bel aspect, mais celles qui vivaient dans la tourbe saturée entièrement les dépassèrent bientôt. La grandeur et les dimensions des feuilles se maintinrent dans un rapport remarquable avec la richesse de la terre.

L'influence du sol, à la fin de la végétation, fut également remarquable. Chacune des cinq plantes venues dans la tourbe naturelle produisit une petite gousse. Les cinq gousses renfermaient 14 semences. Pendant la maturation, les feuilles dépérissent, à commencer par les inférieures, et toutes étaient tombées avant que les gousses eussent jauni. Les plantes développées dans la tourbe saturée furent celles qui restèrent le plus longtemps vertes et qui mûrirent les dernières. Leur dernière gousse fut récoltée le 29 juillet, tandis que les plantes semées dans la tourbe pure avaient fourni la leur dès le 16 du même mois.

Le tableau synoptique suivant indique le nombre et le poids des graines récoltées et semées :

	1 ^{er} pot. Tourbe crue.	2 ^e pot. Tourbe saturée au quart.	3 ^e pot. Tourbe saturée à demi.	4 ^e pot. Tourbe saturée à 1/1.
Nombre de graines récoltées .	44	79	80	103
» » semées .	5	5	5	5
Poids en gr. des graines récoltées.	7,9	56,7	74,3	105
» » » semées.	3,965	3,88	4,087	4,055
Différence en faveur de la récolte.	3,9	52,82	70,213	100,945

La différence considérable dans le nombre et le poids des semences récoltées est frappante. Le sol le plus riche en principes nutritifs n'a pas seulement fourni un plus grand nombre de semences, mais encore les plus grosses et les plus lourdes. Leur poids moyen était en milligrammes :

	1 ^{er} pot.	2 ^e pot.	3 ^e pot.	4 ^e pot.
Poids d'un haricot de semence.	793	776	817	813
» d'un haricot récolté	564	718	917	1019

Les graines fournies par les plantes qui avaient cru dans la tourbe naturelle (1^{er} pot) n'ont pas atteint le poids de la semence. En effet, sept de ces graines ne pesaient pas plus que cinq de celles qui avaient servi comme semences, tandis que celles obtenues sur les plantes cultivées dans la tourbe saturée, offraient chacune un poids supérieur de $\frac{1}{3}$ à celui du haricot de semence.

Quand on compare le produit en semences à la quantité de principes nutritifs contenus dans la tourbe des quatre pots, on remarque aussitôt l'influence exercée par la forme des principes nutritifs et par leur diffusion.

Dans la tourbe saturée au quart, il y avait à peu près une moitié (0,83 gr.) en plus d'acide phosphorique que dans la tourbe pure (1,586 gr.). Elle contenait le double de potasse, et $\frac{1}{27}$ seulement d'azote en plus. Cependant, la récolte n'a pas été de $\frac{1}{3}$ (comme elle aurait dû l'être en raison de l'acide phosphorique surajouté), mais bien au delà de treize fois plus élevée. La faible fumure ajoutée à la tourbe du premier pot a été cause que celle-ci a livré treize fois plus d'éléments nutritifs pour la formation des semences, mais elle en a peut-être fourni treize fois autant à la plante tout entière, que la tourbe naturelle du premier pot.

Il est évident que parmi les éléments des cendres de la tourbe pure, une faible quantité seulement possédait la

forme appropriée à l'alimentation de la plante de haricot ; ils n'étaient pas susceptibles d'absorption, parce qu'ils se trouvaient dans la tourbe en combinaison chimique. On peut se figurer, dirai-je, pour me servir d'une image triviale, que dans la tourbe naturelle les principes nutritifs sont enveloppés par la matière tourbeuse qui s'oppose à ce que les racines se mettent en contact avec eux, tandis que dans la tourbe saturée ils servent d'enveloppe à celle-ci.

Les rendements en semences démontrent, en outre, que celles-ci n'étaient pas en rapport avec la richesse du sol et que, eu égard aux éléments nutritifs qu'il renfermait, le mélange le plus pauvre a fourni proportionnellement plus de graines que le plus riche. Le rapport entre les matières fertilisantes et les produits a été le suivant :

	2 ^o pot. Saturé au quart.	3 ^o pot. Saturé à demi.	4 ^o pot. Saturé à 1/1.
Quantité d'engrais	1	2	: 4
Récoltes	2	: 2,8	: 4

Il n'est pas difficile de se rendre compte de ces résultats.

Si, par rapport à la fumure qu'elle avait reçue, la tourbe saturée au quart a donné double produit, cela prouve que les surfaces absorbantes des racines ont pu se mettre en contact avec une quantité double de particules nutritives. Cette tourbe contenait, en poids, dans chaque centimètre cube, le quart des éléments nutritifs renfermés dans la tourbe entièrement saturée. Mais par suite du mélange de trois volumes de tourbe pure avec un volume de tourbe saturée, celle-ci a pu se diviser davantage et répandre ses particules dans une masse plus grande, et, conséquemment, sa surface active s'est développée. Ainsi, par exemple, en admet-

tant qu'un volume de tourbe saturée puisse praliner complètement trois volumes de poudre grossière de tourbe pure, de manière que les grains de celle-ci soient complètement enveloppés par les particules de celle-là, les haricots croîtraient dans un sol ainsi préparé tout aussi vigoureusement que dans la tourbe saturée de principes nutritifs.

Les rendements plus élevés obtenus dans le sol relativement le plus pauvre prouvent que, seuls, les principes nutritifs qui se trouvent à la surface des molécules de terre sont efficaces, et que la productivité d'une terre n'est pas en rapport avec la quantité de principes utiles que l'analyse y découvre. Ces faits prouvent, au surplus, que ce n'est pas l'eau qui, par son pouvoir dissolvant, a amené aux racines des plantes les matériaux qu'elles ont absorbés.

D'après la manière dont l'eau agit sur une terre saturée de principes nutritifs, nous avons acquis la certitude que si elle y dissout une certaine quantité d'ammoniaque, de potasse, etc., une égale quantité d'eau n'enlèvera pas la moitié de ces principes à une terre saturée à demi (ou bien à une terre à laquelle on a déjà enlevé la moitié de la potasse et de l'ammoniaque qu'elle avait absorbées). La terre retient, au contraire, avec d'autant plus de ténacité ce qui lui reste qu'elle a déjà perdu davantage.

Dans la tourbe saturée à demi, les éléments nutritifs sont fixés bien plus solidement que dans la tourbe saturée entièrement, et dans la tourbe saturée au quart bien plus solidement encore que dans la première.

En conséquence, quand bien même l'eau aurait pu, dans la terre saturée au quart et dans celle saturée à demi, dissoudre et apporter aux racines le quart et la moitié de ce qu'elle a dissous dans la terre saturée, les rendements, en

tout cas, n'auraient pu être que proportionnels à la richesse du sol. Or ils lui ont été supérieurs, et, en réalité, les racines ont absorbé plus de principes nutritifs que l'eau n'aurait pu leur en fournir dans les circonstances les plus favorables.

Ces expériences ont, pour la première fois, donné la preuve directe que les plantes peuvent absorber les principes nutritifs qui leur sont nécessaires, dans un sol qui les renferme en combinaison physique, c'est-à-dire dans un état où ils ont perdu leur solubilité dans l'eau. Le mode d'action de la terre arable et du sol cultivé, en général, indique que les aliments qui y sont contenus doivent s'y trouver sous la même forme, avec cette différence que les particules de terre n'en sont pas les simples véhicules, mais, qu'en outre, elles les fournissent. Dans un sol formé par du menu de tourbe, les plantes ne réussiraient pas une seconde fois comme la première, à moins de lui restituer les principes qui lui ont été enlevés. On aurait beau le laisser en jachère aussi longtemps qu'on voudrait, il ne récupérerait jamais sa fertilité.

L'utilité du travail mécanique est fondée sur cette loi que les éléments nutritifs contenus dans une terre fertile ne se déplacent pas sous l'influence de l'eau qui circule dans le sol ; que les plantes cultivées empruntent la majeure partie de leur nourriture aux particules de terre avec lesquelles leurs racines sont en contact, et à une solution qui se forme autour d'elles, et que tous les éléments nutritifs qui se trouvent en dehors du cercle d'action des racines peuvent agir, mais qu'ils sont incapables d'être absorbés par les plantes.

Dans la nature, il n'existe pas de lois isolées. Leur ensemble forme une chaîne dont les anneaux sont des lois, subordonnées elles-mêmes à une loi supérieure et suprême.

La loi naturelle, qui veut que la vie organique se développe sous l'action solaire, uniquement dans la croûte superficielle du globe dont les débris constituent le sol arable, est intimement liée à la faculté que possède ce dernier de recueillir et de retenir tous les éléments nutritifs nécessaires à l'entretien de la vie. Les plantes ne sont pas, comme les animaux, pourvues d'appareils où les aliments se dissolvent et se préparent à l'absorption. Une loi spéciale impose la préparation de la nourriture végétale à la terre fertile elle-même, qui, sous ce rapport, est chargée de remplir les fonctions de l'estomac et des viscères chez les animaux. La terre arable décompose tous les sels de potasse et d'ammoniaque, ainsi que les phosphates solubles; et la potasse, l'ammoniaque et l'acide phosphorique prennent toujours la même forme dans la terre, de quelque sel qu'ils puissent provenir. Par ces fonctions, le sol joue un rôle bienfaisant pour l'homme et les animaux, car il représente un immense appareil épurateur de l'eau, dans lequel sont retenues toutes les matières nuisibles à la santé, et tous les produits de la décomposition et de la putréfaction.

Un problème de la plus haute importance, mais dont la solution est entourée des difficultés les plus sérieuses, est celui qui consiste à déterminer la proportion des différentes substances nutritives que le sol doit contenir pour fournir des produits rémunérateurs. On conçoit, en effet, que si la fertilité d'une terre dépend de la quantité d'éléments nutritifs qui s'y trouvent à l'état de combinaison physique, la chimie ne puisse nous fournir des indications certaines à ce sujet, puisqu'elle est incapable de distinguer exactement les éléments liés physiquement de ceux qui le sont chimiquement.

L'examen comparatif de diverses espèces de sols d'une

égale fertilité démontre que leur composition chimique diffère, parfois, d'une façon très-tranchée, et que de deux terres, dont l'une renferme 80 à 90 pour cent de pierres et de sable siliceux, tandis que l'autre n'en contient que 20 pour cent, celle-là donne quelquefois de meilleures récoltes que la dernière. On peut même se figurer le cas où un sol fertile, mélangé avec la moitié de son volume de sable siliceux, peut non-seulement ne pas perdre, mais même augmenter de fécondité, bien qu'après l'opération chacune de ses tranches ait perdu le tiers de ses principes nutritifs; mais c'est qu'alors le sable mélangé aux constituants du sol aura développé davantage leur surface, et c'est de celle-ci que tout dépend dans l'absorption des principes alibiles.

Un sol favorable au seigle est souvent impropre à la culture avantageuse du froment, quoique ces deux plantes enlèvent au sol les mêmes éléments.

Il est évident qu'en pareille circonstance, la non-réussite du froment est due à ce que chaque plante ne peut pas se procurer, dans le temps voulu, la nourriture dont elle a besoin dans le milieu où elle envoie ses racines, tandis que les conditions sont favorables au seigle.

Or l'analyse chimique démontre qu'une semblable terre à seigle, sur une profondeur de douze à vingt-cinq centimètres, contient cinquante et peut-être cent fois autant de principes qu'il en faut au froment pour donner une pleine récolte, et cependant, malgré cet excédant, au point de vue agricole, elle ne donne pas un produit avantageux.

Quand on compare la quantité d'acide phosphorique et de potasse qu'une récolte moyenne de froment (2,000 kilogr. grains et 5,000 kilogr. paille) et une récolte moyenne de seigle (1,600 kilogr. grains et 3,800 kilogr. paille) enlèvent à un hectare de terre, on trouve :

	Pour le froment :	Pour le seigle :
Acide phosphorique.	25 à 26 kilogr.	17 à 18 kilogr.
Potasse.	52 »	39 à 40
Silice.	160 »	100 à 110

Il y a donc une très-petite différence dans ce que l'un et l'autre exigent d'une manière absolue. La récolte de froment n'a pris dans la terre que 9 kilogr. d'acide phosphorique, environ 12 kilogr. de potasse et 50 à 60 kilogr. de silice en plus que la récolte de seigle.

Avant que l'on ne connût la véritable cause de la puissance nutritive du sol, il était impossible de comprendre comment une minime différence de quelques livres d'acide phosphorique, de silice et de potasse en plus dans les exigences de la plante pouvait influer d'une façon aussi marquée sur l'aptitude du sol, d'autant plus que si l'on compare la quantité de ces éléments contenue dans la terre à seigle avec l'excédant exigé par le froment, la différence est tout à fait insignifiante.

Ce phénomène serait, en effet, incompréhensible, si les principes nutritifs des céréales possédaient une mobilité sensible, car alors il ne pourrait y avoir pénurie réelle nulle part. Les pluies se chargeraient de pourvoir de nourriture les places les moins riches, si l'eau avait le pouvoir de provoquer la diffusion du léger excédant dont le froment a besoin. Ainsi donc dans une terre propre au seigle, mais non au froment, une grande quantité de matières nutritives se trouve à peu de distance des racines de cette dernière céréale, et le volume de terre compris entre deux plants de seigle contient souvent cinquante fois plus d'acide phosphorique et de potasse que l'excédant nécessaire au froment. Assurément, cette nourriture ne peut pas parvenir à ses racines.

Si l'on prend en considération que les éléments nutritifs

des plantes ne peuvent pas se déplacer dans le sol, on s'explique très-facilement le motif pour lequel le froment ne réussit pas sur la terre à seigle.

Si un hectare (1 million de décimètres carrés) de terre abandonne à une récolte moyenne de seigle (grains et paille) 17 millions de milligrammes (17 kilogr.) d'acide phosphorique, 39 millions de milligrammes de potasse et 102 millions de milligrammes de silice, les plantes croissant sur un décimètre carré reçoivent du sol 17 milligrammes d'acide phosphorique, 39 milligrammes de potasse et 102 milligr. de silice.

Dans un bon sol à froment, celui-ci emprunte à la même surface 26 milligrammes d'acide phosphorique, 52 milligrammes de potasse et 160 milligr. de silice. Mais la surface absorbante des racines n'entre en contact qu'avec un petit volume de terre et non avec toutes les particules pourvues de nourriture qui se trouvent dans le cube de terre situé en dessous de la superficie d'un décimètre carré, et pour que les plantes puissent réussir partout, il faut évidemment que toutes les particules de terre qui n'ont pas été en rapport avec les racines soient aussi bien pourvues de principes nutritifs que les autres.

S'il était possible de déterminer avec quelque exactitude la surface absorbante des racines, on pourrait estimer le volume de terre dont elles ont tiré leur nourriture, car chaque fibre radicale est entourée d'un cylindre de terre dont la paroi interne a été creusée pour ainsi dire à mesure que l'extrême bout de la racine s'enfonçait en s'allongeant par la juxtaposition de nouvelles cellules. Mais pour aucune plante nous ne connaissons ni le diamètre, ni la longueur des fibres radicales, et nous devons, par conséquent, nous borner à des approximations.

En supposant que les 17 milligr. d'acide phosphorique, les 39 milligr. de potasse et les 102 milligr. de silice soient empruntés à la terre située au-dessous de 100 millimètres carrés, le champ de seigle contiendrait au-dessous de chaque décimètre carré (10000 millimètres carrés) 1700 milligrammes d'acide phosphorique, 3900 milligrammes de potasse et 10200 milligrammes de silice, c'est-à-dire cent fois autant qu'une récolte moyenne de seigle en exige, et comme la plante de froment, pour réussir de la même manière, exige une fois et demie autant d'acide phosphorique et de silice et 0,4 fois autant de potasse aux mêmes endroits du sol, il en résulte que si un hectare de terre pour produire une récolte moyenne de seigle contient :

1700 kilogr. d'acide phosphorique 3900 kilogr. de potasse et 10200 kilogr. de silice,
une terre fertile pour le froment doit contenir :

2560 kilogr. d'acide phosphorique, 5200 kilogr. de potasse et 15300 kilogr. d'acide silicique.

Si un décimètre cube (un litre) de terre arable pèse, en moyenne, 1200 grammes, et si l'on admet que le plus grand nombre des racines du froment ne pénétrant pas à plus de 25 centimètres (10 pouces), les 1700 milligr. d'acide phosphorique, les 3900 milligr. de potasse, et les 10200 milligr. de silice que nous avons dit plus haut devoir exister sous forme assimilable sur un décimètre carré du champ, doivent être contenus dans 2 1/2 décimètres cubes ou dans 3000 grammes de terre; cela fait pour la terre à seigle 0,056 pour cent d'acide phosphorique, 0,13 pour cent de potasse, et 0,34 pour cent de silice, et pour la terre à froment 0,085 pour cent d'acide phosphorique, 0,175 pour cent de potasse et 0,510 pour cent de silice.

Avant d'examiner les conséquences que l'on peut tirer de

ces chiffres, il est bon de rappeler, car il ne faut pas le perdre de vue, que quelques-uns sont hypothétiques.

Les chiffres qui expriment la quantité d'éléments minéraux renfermés dans une récolte moyenne de seigle et de froment, ne sont nullement arbitraires, car ils ont été déterminés par l'analyse. On peut donc avoir la certitude qu'une récolte de froment enlève au sol une moitié en plus d'acide phosphorique, et un tiers en plus de potasse qu'une récolte de seigle.

Mais c'est par pure hypothèse que nous avons admis qu'à 25 centimètres de profondeur, la terre à froment contient 0,056 pour cent d'acide phosphorique, 0,13 pour cent de potasse et 0,34 pour cent de silice à l'état de combinaison physique, c'est-à-dire cent fois autant que n'en contiennent le grain et la paille d'une récolte de froment. Il s'agit donc d'examiner jusqu'à quel point on peut admettre cette supposition comme fondée.

Quand on laisse digérer à froid, pendant vingt-quatre heures, de la terre arable dans de l'acide chlorhydrique, celui-ci lui enlève de la potasse, de l'acide phosphorique, de la silice, ainsi que de la chaux, de la magnésie, etc. Si l'on traite cette même terre pendant longtemps, par de l'acide chlorhydrique bouillant, les quantités de silice et de chaux dissoutes s'élèvent considérablement. Et à la fin, après la décomposition des silicates par le traitement à l'acide chlorhydrique à chaud, on obtient toute la potasse et toute la silice que la terre contient. On peut, sans crainte de faire erreur, admettre que les principes nutritifs enlevés à la terre par l'acide chlorhydrique à froid sont ceux qui sont le plus faiblement attirés par la terre, et qui se rapprochent le plus pour la forme de ceux qui s'y trouvent en combinaison physique; dans tous les cas, l'analogie est telle, que les

causes ordinaires de désagrégation doivent très-facilement les faire passer à cet état de combinaison.

M. le Dr Zoeller ayant appliqué ce mode d'analyse à deux terres à froment, l'argile de Bogenhausen et celle de Weihestephan, dont la dernière surtout est d'excellente qualité, cent parties de ces terres abandonnèrent à l'acide chlorhydrique à froid :

	Acide phosphorique.	Potasse.	Acide silicique.
Terre de Weihestephan. =	0,219	0,249	0,596
de Bogenhausen. =	0,129	0,093	0,674

Si, dans les deux espèces de terre, ces principes nutritifs se trouvent sous un état où ils soient susceptibles d'être absorbés, le sol de Weihestephan contiendrait près de 400 fois autant d'acide phosphorique, 700 fois autant de potasse, et un peu plus de 190 fois autant de silice que n'en exige une récolte de froment; et dans la terre de Bogenhausen, l'acide phosphorique, la potasse et l'acide silicique se trouveraient en quantité double de celle que nous avons admise dans notre hypothèse.

Les analyses de terres semblables, faites par d'autres chimistes, démontrent que notre estimation relative à la quantité de principes nutritifs que doit renfermer un bon sol à froment et à seigle, est plutôt au-dessous qu'au-dessus de ce qu'ils contiennent en réalité. L'agriculture se trouverait, en effet, en présence d'une bien triste perspective, si la richesse du sol en principes nutritifs n'était pas supérieure à celle que nous avons supposée.

C'est peut-être ici le lieu de faire ressortir la différence qui existe entre la fertilité et la richesse du sol. Dans leurs expériences, MM. Naegeli et Zoeller sont parvenus à transformer la tourbe pulvérulente en une terre extrêmement

fertile pour le haricot, en la saturant des principes nécessaires à cette plante. En comparant les éléments minéraux contenus dans la paille et les semences récoltées avec ceux introduits dans la tourbe, on remarque que celle-ci n'en a reçu que 12 à 14 fois autant, et que cette dose a cependant suffi pour donner une très-belle récolte de semences. Mais aussi la porosité de la tourbe, saturée de principes nutritifs jusque dans ses plus petites parties, a favorisé un énorme développement des racines; toutefois, sa richesse est très-faible et sa puissance productive ne saurait être que de très-courte durée; il suffirait d'un très-petit nombre de récoltes pour la dépouiller complètement de sa fertilité. La *fertilité* est en raison de l'*abondance* des récoltes, et la *puissance productive* en raison de leur *durée*.

Pour obtenir des rendements élevés *d'une manière continue*, la condition indispensable est que nos champs de blé contiennent une quantité considérable de principes nutritifs; mais cela n'est pas nécessaire pour *une* récolte élevée.

On donne le nom de bon sol à seigle à celui qui peut fournir une récolte moyenne de seigle, mais qui n'est pas pour cela apte à donner une récolte moyenne de froment, bien s'en faut.

Le motif pour lequel le froment ne prospère pas sur une terre à seigle, quoiqu'il emprunte au sol les mêmes éléments, est dû, d'après ce que nous venons de voir, à ce qu'il exige dans le même temps une plus grande quantité d'aliments que le seigle, et qu'il ne peut se la procurer. Le bon sol à froment qui fournit une récolte moyenne de cette céréale se distingue d'un bon sol à seigle qui donne une récolte moyenne de seigle, en ce qu'il contient dans toutes ses parties une quantité supérieure d'éléments nutritifs, aptes à satisfaire aux exigences relativement plus grandes du froment.

Un bon sol à seigle, capable de céder et d'abandonner un pour cent de son contenu à une récolte moyenne de seigle, *devrait* fournir une récolte moyenne de froment, si celui-ci pouvait s'approprier 1 1/2 pour cent de ses principes nutritifs. Mais, en réalité, cela n'a pas lieu. Il s'ensuit que les surfaces absorbantes des racines du froment ne peuvent pas être moitié plus grandes que celles de la plante de seigle, autrement elles se mettraient en contact avec une quantité proportionnelle de particules de terre nutritives, c'est-à-dire que le sol à seigle devrait livrer une récolte moyenne de froment, ce qu'il ne fait pas.

On pourrait d'après cela arriver à l'appréciation de la surface des racines du froment et du seigle, en comparant les rendements en paille et en grains que livrerait une terre à seigle cultivée moitié en seigle et moitié en froment. Si la récolte de froment obtenue sur la moitié du champ, et calculée par hectare, reçoit autant d'acide phosphorique et de potasse que la récolte de seigle fournie par l'autre moitié (17 kilogr. d'acide phosphorique et 39 kilogr. de potasse), c'est que les racines des deux céréales ont offert aux particules de terre, en même quantité dans les deux cas, une égale surface absorbante. Mais si la récolte de froment contient une quantité plus ou moins forte d'acide phosphorique, de potasse et de silice que celle de seigle, on pourra en conclure que les racines de la première céréale se sont plus ou moins ramifiées. Des essais de ce genre mériteraient d'être faits avec le seigle, le froment, l'orge et l'avoine. Il est vrai qu'ils n'auraient guère d'intérêt pratique pour le cultivateur; en retour, ils offriraient de l'importance au point de vue physiologique, mais les conclusions qu'il serait permis d'en tirer ne seraient exactes que dans des limites assez larges, car il pourrait se manifester des différences

dépendant du pouvoir absorbant de la plante et de la durée de l'absorption.

De deux plantes qui fournissent les mêmes produits, mais qui ne fructifient pas dans le même temps, celle dont la végétation sera la plus rapide devra, à surface égale des racines, trouver sur le parcours de ces dernières une quantité de nourriture sensiblement plus forte que l'autre, puisqu'elle doit en absorber davantage dans un laps de temps plus court.

Parmi les chiffres dont nous venons de faire usage, il en est deux qui sont purement hypothétiques, savoir : que dans le seigle et le froment la surface des racines est la même, et que la terre à seigle ne cède qu'un pour cent, ni plus ni moins, des principes qu'elle contient. En réalité, une terre de ce genre n'existe pas; mais, en supposant que l'on puisse avoir affaire à un sol pareil, si l'on demande ce que l'on devra y ajouter pour le transformer en une terre à froment douée d'une puissance productive durable, on pourra donner une réponse parfaitement sûre et exacte, et la formuler de la manière suivante :

	Acide phosphorique.	Potasse.	Silice.
Le sol à froment contient.	2,560 kilogr.	5,200 kilog.	15,300 kilog.
Le sol à seigle	1,700	3,900 »	10,200 »
Le premier est plus riche de	<u>860 kilogr.</u>	<u>1,300 kilog.</u>	<u>5,100 kilog.</u>

On devrait, en conséquence, ajouter à la terre à seigle, quelles que soient, d'ailleurs, sa nature et sa puissance productive, sous une forme quelconque, la moitié de l'acide phosphorique et de la silice et le tiers de la potasse qu'elle contient déjà, pour la mettre à même de donner des récoltes moyennes de froment en grains et en paille.

Et pour obtenir d'un sol à froment un produit qui dépassât de moitié le rendement moyen d'une manière dura-

ble, il faudrait y ajouter la moitié des éléments nutritifs dont il est déjà pourvu.

	Acide phosphorique.	Potasse.	Silice.
Un hectare de sol à froment contient. }	2,560 kilogr.	5,200 kilogr.	40,200 kilogr.
La moitié en plus.	1,280 "	2,600	5,100 "
	<hr/> 3,840 kilogr.	<hr/> 7,800 kilogr.	<hr/> 15,300 kilogr.

Ces réflexions ont pour objet de faire voir que si l'on compare deux plantes, sous le rapport de leur exigence pour un élément nutritif quelconque, il suffit que l'une d'elles en réclame un léger excédant, pour que sa réussite ne soit assurée qu'à la condition qu'elle trouvera dans le sol une surabondance de cet élément. C'est ainsi que la récolte de froment n'enlève à un hectare de terre que 8,6 kilogr. d'acide phosphorique de plus que celle de seigle, et cependant, il ne peut s'approprier ce faible excédant qu'à la condition que le sol en contienne 100 fois autant (860 kilog.) et peut-être même davantage encore.

Quoique ces chiffres s'appliquent à un sol idéal offrant une composition déterminée, la conclusion que nous en tirons est cependant vraie pour tous les terrains.

La terre arable doit toujours, et dans toutes les circonstances, être pourvue d'une provision de principes nutritifs supérieure aux besoins de la récolte; c'est là une vérité qui ne saurait être douteuse pour personne.

En admettant que, au lieu de cent, le sol ne contienne que soixante et dix ou cinquante fois autant d'éléments nutritifs que la récolte, la loi de leur immuabilité fait supposer que, pour doubler le produit, il faut toujours donner à la terre 70 ou 50 fois autant de matières minérales que celles renfermées dans la récolte. Il n'en est pas tout à fait ainsi en pratique, attendu qu'il n'existe pas de sol où l'acide phospho-

rique, la potasse et la silice se trouvent précisément dans les mêmes proportions que dans les cendres du seigle et du froment, ainsi que nous l'avons supposé. La plupart des terres propres aux céréales sont également aptes à donner des pommes de terre, du trèfle et des navets qui, tous, enlèvent au sol une plus forte proportion de potasse que les céréales.

Ainsi donc, un sol qui contient au delà de 3,900 kilogr. de potasse par hectare, ne doit pas nécessairement recevoir un supplément de 1,300 kilogr. de potasse pour être transformé en terre à froment; il lui en faudra proportionnellement moins.

Tous ces rapports entre la composition du sol et sa fertilité seront étudiés plus tard avec plus de détails. La conclusion principale que les chiffres cités devaient mettre en évidence, c'est l'impossibilité pratique de parvenir, par l'addition des éléments minéraux, à transformer une terre à seigle en une terre à froment, ainsi que de faire produire à un champ de froment un surcroît de produit dépassant la moitié d'un rendement moyen.

En effet, si une addition de ce genre est praticable dans des essais faits sur une petite échelle, le prix de l'acide phosphorique, de la potasse et même de la silice soluble, ainsi que l'impossibilité de se procurer ces substances en abondance, s'opposent à ce que l'on en fasse usage pour améliorer de grandes étendues de terres, quand bien même celles-ci ne devraient recevoir qu'une seule de ces substances dans la proportion préindiquée.

La loi qui enchaîne les éléments nutritifs dans la couche arable rend compte des faits observés depuis des siècles, à savoir qu'en général, sous les mêmes influences climatiques, chaque sol n'est apte qu'à produire un certain nombre de végétaux, et qu'aucune plante ne peut être cul-

tivée avantageusement, si elle ne trouve dans la terre des éléments nutritifs proportionnellement à ses besoins.

L'amélioration de toutes les terres d'un pays par l'augmentation des éléments nutritifs minéraux au point d'élever sensiblement le chiffre du rendement qu'elles fournissaient sous la seule influence de leur richesse naturelle, est pratiquement impossible.

Chaque terre possède un maximum de rendement réel et un maximum de rendement idéal en rapport avec sa richesse. Dans des conditions physiques favorables, le maximum réel correspond à cette portion des éléments nutritifs en état d'agir, c'est-à-dire qui s'y trouve à l'état de combinaison physique. Le maximum de rendement idéal est celui qui pourrait être obtenu si, en même temps, les éléments nutritifs qui se trouvent en combinaison chimique avaient subi la diffusion nécessaire pour les rendre assimilables.

L'art du cultivateur consiste donc surtout à savoir bien choisir les plantes que son sol peut nourrir et à leur assigner un ordre de succession convenable; et, en outre, à employer tous les moyens dont il dispose pour amener les éléments combinés chimiquement dans un état qui les rende aptes à servir à l'alimentation.

Les résultats que la pratique agricole obtient sous ces deux rapports sont admirables. Ils prouvent que les succès atteints par l'art dépassent considérablement ceux obtenus par la science, et que le cultivateur, en laissant agir les causes qui améliorent la nature physique et chimique de son sol, peut exercer une influence plus grande sur l'augmentation des rendements que par l'addition d'éléments nutritifs. Car ce qu'il peut donner sous forme d'engrais sans compromettre ses revenus est si peu de chose com-

parativement à ce que possède un sol fertile, qu'il ne peut pas du tout espérer d'en augmenter le rendement par ce moyen.

Tout ce qu'il peut espérer, dans les circonstances les plus heureuses, par l'emploi des engrais, c'est de maintenir le chiffre du rendement de ses terres, et c'est là un résultat extrêmement important. Et si les produits augmentent, cela tient moins aux éléments apportés par l'engrais qu'à la diffusion et à la mise en activité de matériaux nutritifs restés inefficaces jusqu'alors.

Si l'on voulait appliquer à un champ de froment qui donne un rendement de six grains, l'acide phosphorique nécessaire pour le mettre en état de produire deux grains de plus, il faudrait accroître d'un tiers tout l'acide phosphorique que contient le sol et qui sert à la fructification. Il est à remarquer, en effet, qu'une petite fraction seulement de celui que l'on introduit dans le sol arrivera en contact avec les racines, et pour que celles-ci puissent en absorber $\frac{1}{3}$ en plus, il est indispensable que la quantité d'acide phosphorique contenue dans l'épaisseur de la couche arable soit augmentée d'un tiers. Cette considération explique ce fait constaté par la pratique, à savoir : que pour produire un effet sensible sur les produits au moyen d'un engrais, il faut en employer des quantités tout à fait hors de proportion avec l'accroissement du rendement.

Un engrais agit surtout d'une manière efficace, lorsque son emploi contribue à établir une proportion plus avantageuse dans la matière alimentaire contenue dans le sol, attendu que les rendements dépendent de cette proportion. Il serait superflu d'insister longuement pour faire comprendre que quand un sol à froment contient juste la quantité d'acide phosphorique et de potasse (c'est-à-dire 2 parties de potasse

pour chaque partie en poids d'acide phosphorique) pour pourvoir aux besoins d'un pleine récolte, on ne modifiera pas ses rendements en y introduisant la moitié ou le double de la quantité de potasse qu'il renferme. Le froment réclame, pour se développer complètement, une certaine proportion de ces deux matières nutritives, et l'augmentation de l'une n'aurait pas d'action, car celle qui est en excès ne produit, à elle seule, aucun effet.

L'augmentation de l'acide phosphorique exerce tout aussi peu d'influence sur les rendements que celle de la potasse seule. Cette loi s'applique à chaque élément nutritif, et tout aussi bien à la magnésie et à la silice qu'à la potasse. Leur présence au delà du pouvoir absorbant ou du besoin de la plante de froment n'influe aucunement sur sa croissance. Les proportions relatives de substances minérales enlevées au sol sont faciles à déterminer par l'analyse des cendres des plantes récoltées. L'analyse a reconnu dans le froment, la pomme de terre, l'avoine et le trèfle, les proportions suivantes d'acide phosphorique, de potasse, de chaux, de magnésie et de silice :

		Acide phosphorique.	Potasse.	Chaux et magnésie.	Silice.
Froment	} grains { paille }	1	: 2	: 0,7	: 5,7
Pommes de terre (tubercules).		1	: 3,2	: 0,48	: 0,4
Avoine	} grains { paille }	1	: 2,1	: 1,03	: 5,0
Trèfle .		1	: 2,6	: 4,0	: 1,
	Moyenne.	1	: 2,5	: 1,5	: 3.

Si donc on cultive successivement sur la même terre, le froment, la pomme de terre, l'avoine et le trèfle, chacune de ces plantes s'emparera de la quantité d'éléments néces-

saire à son espèce, et si, après avoir fait la somme de chacun des éléments absorbés, on divise les totaux par quatre, on obtiendra des chiffres qui donneront la proportion relative moyenne des différentes matières que le sol a perdues. Dans la formule suivante :

Acide phos.		Potasse.		Chaux et magnésie.		Silice.
N (1,0	:	2,5	:	1,5	:	3,0)

N désigne le nombre de kilogrammes d'acide phosphorique que les quatre récoltes ont enlevés au sol, ou 114 kilogr., car le froment a pris 26, les pommes de terre 25, l'avoine 27 et le trèfle 36 kilogr. ; et si on le multiplie par les nombres proportionnels de la formule, on formera la somme des principes nutritifs prélevés sur le sol par les quatre récoltes.

Au moyen de ces chiffres proportionnels, nous pouvons désormais entrer plus facilement dans des explications plus détaillées.

Prenons pour exemple une terre qui contienne, sous forme assimilable, l'acide phosphorique, la potasse, la chaux et la magnésie nécessaires aux quatre récoltes susmentionnées, mais à laquelle il manque de la silice assimilable, celle-ci ne s'y trouvant que dans la proportion de 2,5 pour 1 d'acide phosphorique. Cette insuffisance fera immédiatement sentir son influence aux céréales, mais les pommes de terre et le trèfle n'en éprouveront aucun préjudice. Quant à la perte subie par les céréales, elle portera sur la paille et sur le grain simultanément ou sur la paille seulement ; cela dépendra des circonstances atmosphériques. Si, au contraire, la quantité de potasse était insuffisante, alors que les autres principes s'y rencontreraient dans la proportion voulue, cela n'exercerait guère d'influence sur l'avoine

et le froment, mais la récolte de pommes de terre en éprouverait une réduction. De même un défaut de chaux et de magnésie entraînerait une diminution dans la récolte de trèfle.

Si, par rapport à l'acide phosphorique, le sol contenait $\frac{1}{10}$ en plus de potasse, de chaux, de magnésie et de silice, c'est-à-dire que si

	Acide phosphor.	Potasse.	Chaux et magnésie.	Silice.
au lieu de :	1	: 2,5	: 1,5	: 3
le sol pouvait livrer :	1	: 2,75	: 1,65	: 3,3

les récoltes ne seraient pas plus élevées qu'auparavant. Mais il en serait tout autrement, si l'acide phosphorique augmentait en même temps; les produits subiraient un accroissement qui durerait jusqu'au moment où la juste proportion entre l'acide phosphorique et les autres éléments nutritifs serait rétablie. En pareil cas, l'addition d'acide phosphorique provoque l'assimilation d'une plus grande quantité de chaux, de potasse et de silice. Mais si l'on ajoutait plus de $\frac{1}{10}$ à l'acide phosphorique qui se trouve déjà dans le sol, l'excédant resterait sans effet. Quelle que soit l'augmentation d'acide phosphorique, fût-elle d'une livre, d'une once, elle agira, mais seulement dans les limites indiquées.

Si, pour rétablir la juste proportion entre les éléments nutritifs, il ne manque que de la potasse et de la chaux, l'apport de cendrés ou de chaux fera augmenter toutes les récoltes, et il arrivera que par l'emploi du calcaire, on recueillera dans le surcroît de fruits et plus d'acide phosphorique et plus de potasse.

Quand un sol cesse de donner des récoltes rémunératrices de céréales, tandis qu'il reste fertile pour d'autres

plantes qui, comme les pommes de terre, le trèfle et les racines, exigent tout autant d'acide phosphorique, de potasse et de chaux qu'elles, on doit supposer que ces substances y sont en excès et qu'il y manque de l'acide silicique. Et si cette terre, après avoir été livrée pendant deux ou trois ans à d'autres cultures, recouvre la faculté de produire du blé, c'est qu'elle contenait aussi un excès de silice, répandue d'une manière inégale et qui, pendant la jachère, s'est répartie plus uniformément et a été transportée des endroits où elle surabondait vers ceux où il y avait pénurie. Après un semblable changement, les céréales trouvent de nouveau en ces endroits la juste proportion de *tous* les éléments nutritifs qui leur sont nécessaires.

C'est également pour le même motif que les pois et le trèfle ne peuvent revenir sur le même sol qu'après un certain temps; et l'expérience prouve que les façons mécaniques appliquées avec intelligence et avec persévérance, sont généralement plus aptes à raccourcir ces intervalles que la fumure, preuve que, dans ce cas, ce n'est pas la quantité de principes nutritifs qui manque dans le champ, mais leur juste proportion dans toute l'épaisseur du sol.

III

Action du sol sur les matières nutritives contenues dans les engrais.

On désigne ordinairement sous le nom d'engrais ou de matières fertilisantes toutes les substances qui, appliquées aux terres, y augmentent le produit des plantes ou remettent une terre épuisée par la culture en état de fournir des récoltes satisfaisantes.

Les engrais agissent soit directement comme principes nutritifs, soit d'une manière indirecte en renforçant l'effet des façons mécaniques; c'est ainsi que, sous ce dernier rapport, le sel commun, le salpêtre du Chili et les sels ammoniacaux exercent, parfois, une influence tout aussi favorable sur le sol que l'augmentation des matières fertilisantes.

Le salpêtre du Chili par l'acide azotique, et les sels ammoniacaux par leur ammoniaque peuvent servir d'aliments aux

plantes, mais il est souvent difficile, dans leur emploi, de décider si ces substances ont agi par leur élément assimilable ou si elles ont simplement favorisé l'absorption d'autres principes nutritifs.

Dans une terre fertile, les façons mécaniques et la fumure ont des relations mutuelles. Si, après une première récolte, le sol, par les façons mécaniques seules, peut en fournir une autre tout aussi abondante l'année suivante, et qu'en conséquence, elles suffisent pour répandre la provision de nourriture avec une uniformité suffisante pour qu'une nouvelle génération de plantes puisse s'alimenter aussi copieusement que celle qui l'a précédée, l'addition de nouveaux éléments nutritifs par la fumure serait un gaspillage. Mais lorsque le champ ne possède pas cette propriété, il faut, pour rétablir sa puissance productive primitive, remplacer ce qui lui manque par l'engrais. Le travail mécanique et l'engrais se complètent donc, en un certain sens, réciproquement.

De deux terres de même étendue et également fumées, celle-là donnera les produits les plus élevés qui aura été le mieux travaillée, de sorte que la fumure paraîtra y avoir produit plus d'effet que sur la pièce qui aura été moins bien préparée.

Si de deux cultivateurs, l'un connaît et cultive mieux ses terres, il obtiendra, avec moins d'engrais, des produits aussi élevés que l'autre, et s'il emploie la même quantité d'engrais, il aura des récoltes plus abondantes.

Ce sont des circonstances qui devraient toujours être prises en considération quand on veut apprécier la valeur des engrais. Malheureusement, la science n'est en possession d'aucun moyen qui lui permette de mesurer l'influence des façons mécaniques, de sorte qu'il ne nous est

pas permis d'en tenir compte, et que nous devons nous borner à ce que la science peut mesurer et comparer.

Quoique également riches en principes nutritifs, deux terres n'arrivent pas toujours en même temps à cet état qui leur permet de fournir une succession de récoltes satisfaisantes; l'une d'elles, par le travail mécanique seul, ou concurremment avec l'emploi d'un engrais, peut y arriver beaucoup plus rapidement que l'autre.

Toutes les espèces d'engrais agissent plus rapidement et d'une manière plus marquée, dans les terres sablonneuses, légères que dans les terres argileuses. Le sol sablonneux est, dit-on, plus reconnaissant envers les engrais, et il restitue plus complètement tout ce qu'on lui a confié que les autres espèces de terres. Les engrais azotés, tels que la laine, les râpures de corne, les soies et le sang, qui agissent en développant de l'ammoniaque, exercent, dans un grand nombre de cas, sur beaucoup de produits, un meilleur effet que l'ammoniaque elle-même. Dans d'autres cas, la poudre d'os se montre plus efficace que le superphosphate de chaux, et la cendre agit mieux que si l'on donnait au champ la quantité de potasse qu'elle contient.

Tous ces phénomènes sont en connexion intime avec la propriété que possède la terre arable d'emprunter l'acide phosphorique, l'ammoniaque et la silice aux dissolutions qui les renferment.

Si une terre épuisée récupère sa puissance productive sans le secours des engrais, et avec le seul aide des façons mécaniques ou de la jachère, cela suppose évidemment qu'elle tenait en réserve un excédant de principes nutritifs qui ont pu se disperser et se répandre dans les endroits où il en manquait. Mais pour s'effectuer, cette diffusion exige

un certain temps. Il faut d'abord que les éléments nutritifs tenus en réserve se dissolvent, car ce n'est qu'à cette condition qu'ils peuvent atteindre les endroits qui en ont été dépouillés par les récoltes précédentes. Au surplus, si les points où il y a excès de matières nutritives sont rapprochés de ceux où il y a pénurie, elles n'auront à faire qu'un court trajet, et la puissance productive se rétablira d'autant plus promptement que le pouvoir absorbant des molécules de terre interposées pour ces mêmes matières sera moindre.

Toute terre arable possède, pour la potasse et pour les autres substances mentionnées, un pouvoir absorbant déterminé, qui peut être exprimé par le nombre de milligrammes qu'en absorbe un décimètre cube = 1000 centimètres cubes de terre.

Dans des essais faits à ce sujet, on a constaté que :

1 déc. cube d'une terre calcaire de Cuba	absorbait	1360 milligr. de potasse.
1 — d'une terre argileuse de Bogenhausen	»	2260 »
1 — d'une terre de Weihenstephan	»	2601 »
1 — d'une terre de Hongrie	»	3377 »
1 — d'une terre de jardin de Munich	»	2344 »

Les différences dans le pouvoir absorbant sont, comme on voit, très-considérables. Un volume de terre de Weihenstephan a absorbé à peu près le double de la terre de la Havane; et la terre de Hongrie presque 2 1/2 fois autant.

Ces chiffres nous montrent qu'une certaine quantité de potasse, p. ex. 2600 milligr., donnée à la terre de Weihenstephan, se répandra dans l'espace d'un décimètre cube de terre. Si nous avons répandu la potasse en solution sur un décimètre carré de terre, elle n'eût pénétré qu'à un décimètre de profondeur et pas davantage; chaque centimètre cube recevrait 2,6 milligr., mais les couches inférieures

n'en recevraient pas, ou seulement une quantité insignifiante.

Si nous répandions la même dissolution sur une égale surface de terre de Hongrie ou de la Havane, elle ne pénétrerait dans la première qu'à une profondeur d'un peu plus de 7 centimètres, mais dans la seconde à 19 centimètres.

La diffusibilité de la potasse dans un sol est en raison inverse de son pouvoir absorbant; si celui-ci diminue de moitié, la diffusibilité double. C'est d'après cette loi que, pendant la jachère, la potasse se répand dans le sol. Mise en liberté par la désagrégation d'un silicate, elle se répandra dans un volume de terre d'autant plus grand, que le pouvoir absorbant du sol pour la potasse sera plus faible.

Le pouvoir absorbant de la terre arable pour la silice est tout aussi inégal que pour la potasse.

Un décimètre cube de diverses terres a pris à une dissolution de silicate de potasse, les quantités d'acide silicique suivantes :

Terre de bois.	Terre de Hongrie.	Terre de jardin I.	Terre de Bogenhausen.	Terre de jardin II.
15	2644	2425	2007	1085 milligr.

En conséquence, la diffusibilité relative de l'acide silicique dans ces terres, peut être exprimée par les rapports suivants :

Terre de Hongrie.	Terre de jardin I.	Terre de Bogenhausen.	Terre de jardin II.	Terre de bois ou terreau.
1,0	1,09	1,31	2,43	176

La même quantité de silice qui se répandrait dans 1000 centimètres cubes de terre de Hongrie et les saturerait, fournirait le maximum de silice à 1310 centim. cubes de la

terre de Bogenhausen, à 2430 centim. cubes de la terre de jardin II, et à 176000 centim. cubes de terreau.

L'ammoniaque pure, de même que celle qui se trouve dans les sels ammoniacaux, est absorbée par la terre arable d'une manière exactement semblable à la potasse. C'est ainsi qu'un kilogramme des terres suivantes a absorbé en ammoniaque :

Terre de la Havane.	Terre de Schleissheim.	Terre de jardin.	Terre de Bogenhausen.
5520	3900	3240	2600 milligr.

D'où résultent les rapports de diffusibilité suivants :

Terre de la Havane.	Terre de Schleissheim.	Terre de jardin.	Terre de Bogenhausen.
1,0	1,42	1,70	2,12

On peut déterminer de la même manière, par des chiffres, le pouvoir absorbant des terres arables pour le phosphate de chaux, pour le phosphate de magnésie et d'ammoniaque ainsi que la diffusibilité relative de ces diverses matières. Dorénavant, quand nous ferons mention des chiffres d'absorption, nous entendrons parler des quantités, exprimées en milligrammes, qu'un décimètre cube de terre peut enlever aux dissolutions des différents principes nutritifs.

Pour apprécier les qualités d'une terre et l'effet des engrais qu'on y met, de même que la profondeur à laquelle ils pénètrent, il importe d'établir le pouvoir absorbant du sol pour chacun d'eux. Ainsi, par exemple, un décimètre cube de terre argileuse de Bogenhausen absorbe en :

	Ammoniaque.	Phosph. de magnésie et d'ammoniac.	Potasse.	Phosphate de chaux.
Milligrammes :	2600	25	2366	1098
La diffusibilité =	1,0	: 101,01	1,01,10	: 2,36

La seconde rangée de chiffres signifie, par conséquent, que si un certain poids d'ammoniaque atteint à une profondeur de 10 centimètres, la même quantité de potasse pénétrera à 11, et une égale quantité de phosphate de chaux à 23,6 centimètres.

Figurons-nous que dans une terre comme celle de Bogenhausen, qui absorbe par centimètre cube 1,098 milligr. de phosphate de chaux dissous, il existe de petits grains de phosphate de chaux épars. Représentons-nous à un certain endroit dans le sol un de ces granules du poids de 22 milligr., qui, durant un certain espace de temps, devient soluble dans l'eau chargée d'acide carbonique et se disperse dans la terre qui l'entoure. La terre immédiatement en contact avec le granule se saturera tout d'abord de phosphate de chaux, et comme l'acide carbonique reste dans l'eau et lui conserve sa propriété dissolvante, elle formera une nouvelle dissolution qui servira à saturer un plus grand volume de terre.

Finalement, ces 22 milligr. de phosphate de chaux, après s'être répandus totalement dans la terre environnante, auront saturé entièrement 20 centim. cubes de terre de cet élément nutritif, qui s'y trouvera sous la forme la plus favorable à l'absorption. La rapidité de la dissolution et de la diffusion du phosphate de chaux dépend de sa surface; de sorte que, si nous supposons le granule réduit en poudre fine, la dissolution qui prendra naissance sera d'autant plus riche en phosphate de chaux que, dans le même temps, l'acide carbonique aura rencontré plus de particules à dissoudre.

Et, en admettant que, dans le même temps, il puisse s'en dissoudre deux et trois fois autant, nous saurons que, dans des circonstances favorables, nous pouvons, par la divi-

sion, provoquer la diffusion du phosphate de chaux dans un laps de temps deux ou trois fois plus court.

Ainsi donc si, pour rétablir la puissance productive d'un sol, la jachère ou la fumure doivent tout simplement restituer aux particules terreuses l'acide phosphorique qui leur a été ravi par les racines, on comprend que, pour une quantité donnée de phosphate, il faudra d'autant moins de temps pour arriver au résultat que la matière sera plus divisée.

Il est évident, en outre, que l'emploi du fumier pailleux, dont la décomposition donne naissance à de l'acide carbonique et laisse comme résidu du silicate de potasse, doit augmenter la diffusion de la silice; car, d'une part, l'action de l'acide carbonique sur les silicates met la silice en liberté, et celle-ci, d'autre part, n'est pas absorbée par les matières organiques, et se répand davantage dans le sol, parce que la présence des débris organiques diminue le pouvoir absorbant de celui-ci. La terre de bois dont il a été question plus haut, n'absorbe que des quantités minimales de silice de ses dissolutions alcalines, et l'on comprend qu'en la mélangeant avec la terre arable de Hongrie, on puisse y déterminer une diffusion de silice supérieure à celle que la désagrégation a mise en liberté.

Cependant, le pouvoir absorbant pour la silice ne diminue pas dans toutes les terres en raison directe de la quantité de substances combustibles que le sol renferme. C'est ainsi que la terre de Hongrie prémentionnée contient plus (9,8 %) de substances combustibles que l'argile de Bogenhausen (8,7 %) et pourtant son pouvoir absorbant pour la silice n'est pas plus faible, mais plus fort au contraire. Il résulte de ce fait que le pouvoir absorbant du sol et par conséquent la diffusibilité de la silice sont encore soumis à d'autres influences. Quand un sol est, par lui-même, riche

en silice hydratée, il en absorbera, dans tous les cas, moins qu'un sol pauvre en silice, quand bien même ce dernier serait beaucoup plus riche en substances organiques.

Les chiffres d'absorption de deux terres arables ne peuvent pas servir de base pour l'appréciation de la qualité du sol ou de sa richesse en principes nutritifs. Ils nous disent tout bonnement que, dans une terre, les éléments nutritifs se répandent plus loin que dans une autre, ou qu'un sol offre de plus grands obstacles à leur diffusion que tel autre. Connaissant la puissance de cet obstacle, le cultivateur doit savoir s'il travaille convenablement ses terres, et rechercher les moyens d'éliminer les circonstances désavantageuses pour développer au contraire celles qui lui sont profitables.

Lorsque l'on compare, sous le rapport de leur richesse en éléments nutritifs, une terre sablonneuse avec une terre argileuse ou marneuse de même fertilité, on remarque avec étonnement que la première fournit souvent des récoltes aussi abondantes avec la moitié, et même avec le quart des éléments nutritifs contenus dans l'autre. Pour bien comprendre ce rapport, on doit se rappeler que l'alimentation d'une plante dépend moins de la masse de nourriture que de la forme sous laquelle elle se trouve dans le sol ; c'est ainsi, par exemple, que 15 grammes de charbon d'os présentent une surface d'absorption aussi grande que 500 grammes de charbon de bois. Si, dans la terre sablonneuse, une moindre quantité d'éléments nutritifs présente une surface d'absorption tout aussi étendue que la dose plus forte contenue dans le sol argileux, les plantes doivent réussir également bien dans les deux sols.

Si l'on incorpore un décimètre cube de terre argileuse fertile à 9 décimètres cubes de sable siliceux, de manière que les grains de sable soient entourés de particules d'ar-

gile, celles-ci, dans le mélange, offriront tout autant de points de contact aux racines qu'un égal volume d'argile pure, et, si elles peuvent céder toutes la même quantité de nourriture, les plantes pourront s'approvisionner tout aussi bien dans le mélange que dans l'argile, quoique, sous un même volume, celle-ci soit dix fois aussi riche.

Toute terre sablonneuse fertile se compose de sable mélangé à une quantité plus ou moins grande d'argile, et comme le sable siliceux possède un très-faible pouvoir absorbant pour la potasse et les autres éléments nutritifs, les éléments du fumier que l'on y introduit après leur dissolution, s'y répandent beaucoup plus rapidement, et pénètrent à une plus grande profondeur. Cette terre abandonne aussi aux plantes plus de nourriture que tout autre sol. C'est pourquoi le sable peut, dans beaucoup de cas, améliorer un sol argileux très-compacte, de même que l'argile mélangée au sol sablonneux a pour effet de retenir les principes nutritifs fournis par les engrais plus près de la surface, et de mieux les fixer dans la couche arable.

D'un autre côté, si le sol sablonneux cède aux récoltes une plus grande quantité d'éléments nutritifs que le sol argileux fertile, il doit naturellement aussi être plus vite épuisé. Sa puissance productive ne dure pas longtemps, et ne peut être maintenue que si on lui restitue fréquemment, au moyen du fumier, les éléments qu'on lui a enlevés. Mais si le fumier agit favorablement sur le sol sablonneux pour rétablir sa force productive, il n'en est pas de même du travail mécanique.

Les mêmes causes qui, par le simple travail de la charrue, rendent au sol argileux épuisé une grande partie de la puissance productive qu'il avait perdue, agissent également dans le sol sablonneux, mais elles ne produisent que peu ou point

d'effet, parce que ce sol manque des matières qui pourraient être rendues efficaces.

Comme la surface d'un hectare équivaut à un million de décimètres carrés, les chiffres d'absorption expriment le nombre de kilogrammes de potasse, d'acide phosphorique et de silice qui, amenés sur le champ, se répandraient à partir de la surface jusqu'à une profondeur de 10 centimètres. *Vœlker*, *Henneberg* et *Stohmann* ont observé que les terres dont ils cherchaient à déterminer le chiffre d'absorption pour l'ammoniaque, en retenaient une plus grande quantité quand les dissolutions d'ammoniaque ou de sels ammoniacaux étaient concentrées que quand elles étaient faibles. Il en résulte que l'ammoniaque se partage entre l'eau et la terre, et que si celle-ci était parfaitement saturée d'ammoniaque, l'eau pure lui en enlèverait une certaine quantité, semblable au charbon qui, enlevant toute la matière colorante à un liquide faiblement coloré, en prend davantage quand le liquide est fortement coloré, mais ne la fixe pas totalement dans ce dernier cas, car l'eau peut lui en enlever une partie.

Dans les essais de *Vœlker*, une terre traitée par une grande quantité d'eau après avoir été saturée d'ammoniaque, en perdit la moitié; l'autre moitié fut retenue par la terre.

Les terres qui renferment beaucoup de matières végétales en décomposition, absorbent plus d'ammoniaque et la retiennent plus fortement que celles qui en contiennent peu. En admettant même que, pour retenir complètement l'ammoniaque indiquée par le chiffre d'absorption, il faille deux décimètres cubes au lieu d'un seul, on comprend que les fumures usuelles au moyen d'engrais riches en ammoniaque, comme le guano ou les sels ammoniacaux, ne

sauraient enrichir la terre de cet élément nutritif qu'à une très-faible profondeur.

Pour saturer entièrement d'ammoniaque un hectare de terre argileuse de Bogenhausen, jusqu'à un décimètre de profondeur, ou pour le saturer à demi à une profondeur de deux décimètres, on devrait y introduire 2600 kilogr. ou 52 quintaux d'ammoniaque pure, ou 200 quintaux de sulfate d'ammoniaque.

Par une fumure de 800 kilogrammes de guano, contenant 10 pour cent d'ammoniaque, on apporte à un hectare de terre de Bogenhausen 80 kilogr. d'ammoniaque, environ la trentième partie de la quantité nécessaire pour la saturer à demi jusqu'à une profondeur de 20 centimètres. Sans la charrue et la herse, toute la quantité d'ammoniaque donnée avec le guano ne pénétrerait, dans le cas le plus favorable, qu'à 7 millimètres. Mais pour prospérer les plantes n'exigent pas que la terre soit entièrement saturée de principes nutritifs. Pour être pleinement nourries, elles demandent seulement que leurs racines arrivent, à une certaine profondeur du sol, en contact avec une certaine quantité de terre saturée. Or le travail mécanique a pour résultat important d'opérer un mélange, et d'amener des particules terreuses chargées de principes nutritifs aux endroits appauvris par une récolte précédente.

Le rendement moyen d'un hectare de froment (2000 kil. de grains et 5000 kilogr. de paille) renferme 52 millions de milligr. de potasse, 26 millions de milligr. d'acide phosphorique, et 54 millions de milligr. d'azote. En admettant que l'azote soit fourni par le sol, les plantes de froment croissant sur une surface d'un mètre carré lui empruntent la dix millième partie des quantités de potasse, d'acide phosphorique et d'azote enlevées à un hectare, ou un total

de 13200 milligr. Et, en supposant qu'il y ait 100 plantes par mètre carré, chacune d'elles absorbera 132 milligr. de ces éléments du sol, savoir : 54 milligr. d'azote (= 65 milligr. d'ammoniaque), 52 milligr. de potasse, et 26 milligr. d'acide phosphorique.

Chaque centimètre cube de terre argileuse de Bogenhausen absorbant pour sa saturation 2,6 milligr. d'ammoniaque, 2,3 milligr. de potasse et 0,5 milligr. d'acide phosphorique, il suffirait donc, pour rendre au sol ce que le froment lui a enlevé, de lui appliquer 25 centimètres cubes de terre saturée et 25 milligr. de phosphate de chaux par décimètre carré. Or ces 25 centimètres cubes représentent seulement la quatre-vingtième partie de la masse de terre offrant un décimètre carré de surface et 20 centimètres de profondeur.

Les expériences de MM. Naegeli et Zoeller décrites plus haut, nous offrent un bon exemple d'une pareille fumure. En effet, l'engrais qui, dans ce cas, consistait en tourbe partiellement saturée de principes nutritifs, a communiqué à trois volumes de tourbe à peu près stérile, une fertilité égale à celle d'une bonne terre de jardin.

On n'emploie pas habituellement comme engrais la terre saturée de principes nutritifs, mais c'est exactement de la même manière que les matières fertilisantes contenues dans les engrais se répandent dans le sol. Ceux-ci, en effet, qu'ils soient solides ou liquides, apportent au sol des principes nutritifs qui, s'ils sont en dissolution, s'unissent immédiatement au sol; si, au contraire, il leur faut du temps pour se dissoudre, ils s'unissent insensiblement aux particules de terre avec lesquelles ils sont en contact et les saturent; et, en réalité, c'est avec *cette terre saturée de matières fertilisantes à sa surface ou dans sa masse, que le culti-*

vateur fume son champ et remplace les éléments nutritifs enlevés.

L'expérience a appris au cultivateur quels sont les endroits du sol que lui, ou plutôt les plantes, ont le plus d'intérêt à trouver riches en éléments nutritifs. Et un fait, en réalité extrêmement remarquable, c'est qu'il a su découvrir les procédés de fumure qui conviennent le mieux à la terre qu'il cultive, ainsi qu'à la nature des plantes et à la durée de leur croissance. Ainsi, il enterre le fumier plus ou moins profondément et, parfois, il se contente de le répandre en couverture (Journ. of the Royal Agr. Soc. of England, t. XXI, p. 330).

Les résultats qu'obtient le cultivateur seraient encore plus avantageux si, dans les engrais dont il fait habituellement usage, et parmi lesquels je compte le fumier d'étable, les éléments nutritifs étaient mieux mélangés et divisés, car alors ils se répartiraient dans le sol avec plus d'uniformité.

Le fumier d'étable est un mélange très-inégal de paille, de débris végétaux en décomposition et d'excréments solides, qui, généralement, y entrent pour la plus faible part, le tout imprégné de liquides tenant en dissolution de l'ammoniaque et de la potasse. Si l'on prend dans un tas de fumier cent échantillons dans cent endroits divers, et si on les soumet à l'analyse, on constate que les principes nutritifs s'y trouvent dans des rapports différents; il est donc évident que le sol auquel on applique ce fumier, ne saurait être pourvu dans toute son étendue de la même quantité de principes nutritifs.

Quand un tas de fumier a séjourné sur un champ pendant la pluie, son emplacement se fait remarquer par une végétation plus vigoureuse pendant la première et parfois encore pendant la seconde année, surtout de la part des

céréales, sans cependant que les plantes qui y croissent donnent un rendement sensiblement plus élevé en grains. Si la potasse et l'ammoniaque reçues par l'emplacement au delà de ce qu'il en fallait pour la formation des semences, avaient été mieux réparties et mises à la disposition d'un plus grand nombre de plantes, elles auraient contribué à accroître le rendement en grains, tandis qu'accumulées en excès en un seul endroit, elles n'ont augmenté que la paille. La répartition inégale des autres éléments du fumier d'étable détermine une semblable inégalité dans le développement des différentes parties des céréales. Sur un champ idéal où les éléments nutritifs seraient répartis avec une parfaite uniformité et partout accessibles aux racines, toutes les autres circonstances étant d'ailleurs égales, toutes les tiges des céréales acquerraient la même hauteur, et chaque épi fournirait le même nombre et le même poids de graines.

Dans le fumier d'étable court et consommé les éléments nutritifs sont répartis bien plus uniformément que dans le fumier frais et paillieux, et le cultivateur obtient une répartition plus uniforme encore, quand il stratifie le fumier avec de la terre et les laisse se décomposer et former ce que l'on nomme un compost. *Comme le fumier d'étable, de même que tous les autres engrais, n'agit que par les particules terreuses qui se saturent des éléments nutritifs qu'il contient,* il peut être très-avantageux, dans beaucoup de circonstances, de préparer une terre ainsi saturée et de s'en servir comme fumure. Une semblable préparation peut naturellement se faire sur le champ même. En admettant, d'après les précieuses recherches de Völker, qu'un mètre cube de fumier d'étable (500 kilogr. ou 1000 livres) renferme 330 kilogr. d'eau, 3 kilogr. de potasse et 6 kilogr. d'ammoniaque, en le

mélangeant avec un mètre cube de terre dont un décimètre cube absorbe 3000 milligrammes de potasse et 6000 milligrammes d'ammoniaque, on obtiendrait après la décomposition complète des matières organiques (qui constituent à peu près 25 pour cent de son poids) et après l'évaporation de la moitié de son eau, 1 1/4 mètre cube d'une terre saturée complètement de tous les principes nutritifs du fumier. On trouve partout des terres capables d'absorber de pareilles quantités de potasse et d'ammoniaque, et le cultivateur n'éprouvera aucune difficulté à choisir celle qui est la plus propre à entrer dans la confection de ses composts.

Le fumier exerce encore, comme tout le monde sait, une action mécanique en vertu de laquelle il diminue la cohésion des sols compactes qu'il rend légers et poreux. Pour ces sortes de terrains, les composts sont moins convenables, et, en pareil cas, au lieu de stratifier le fumier avec de la terre, il est préférable de remplacer celle-ci par un corps très-poreux, du menu de tourbe par exemple (*).

(*) La fumure au moyen des composts ne laisse pas que d'être coûteuse par suite du travail qu'elle exige et des frais de transport qu'elle entraîne. Mais ce qu'il importe de ne pas négliger, c'est de profiter du pouvoir absorbant des terres et de la tourbe pour fixer les éléments nutritifs contenus dans le purin. Si l'on dépose une couche de tourbe légère d'un mètre de hauteur sur le fond d'une place à fumier offrant cent mètres carrés de surface, on se ménagera une couche de cent mètres cubes de tourbe à travers laquelle le purin pourra filtrer, sans qu'aucun de ses éléments actifs puisse se perdre. Cette tourbe est alors employée comme le fumier, et doit naturellement être renouvelée chaque fois; sur les terres non labourées, comme les prairies, le purin agit nécessairement plus rapidement. La tourbe qui se rencontre aux environs de Munich absorbe à l'état pulvérulent, par mille centimètres cubes qui pèsent 330 grammes, 7 gr. 892 de potasse et 4 gr. 169 d'oxyde d'ammonium.

Si l'on compare les rendements obtenus sur certains sols par l'emploi du fumier d'étable, de la poudre d'os, du guano, et quelquefois des cendres de bois et de chaux, avec ceux que fournissent les mêmes terres non engraisées, l'effet de ces engrais paraît vraiment fabuleux.

Le rendement d'un sol non engraisé doit correspondre à sa richesse en éléments nutritifs actifs ; s'il est faible, cela prouve que, sous ce rapport, le sol est pauvre. Si, dans des essais de ce genre, on compare, d'une part, la quantité de principes nutritifs qui se trouvent dans le sol non engraisé avec le produit qu'il donne, et, d'autre part, celle contenue dans l'engrais que l'on ajoute avec le surcroît de rendement qu'il fournit alors, on est tenté de croire que les principes renfermés dans le fumier, l'acide phosphorique, la potasse et l'ammoniaque sont beaucoup plus actifs que ceux contenus dans le sol ; ou bien que la majeure partie de ces derniers reste inactive, et que la puissance productive est due principalement à l'engrais employé. C'est ainsi que certains cultivateurs croient que l'on peut totalement se passer de fumier, et que le travail mécanique suffit pour rendre le sol productif, tandis que d'autres, au contraire, sont d'avis que l'on ne peut entretenir la fertilité que par la fumure. Tous s'appuient sur des faits isolés, qui n'autorisent nullement des inductions que l'on puisse généraliser ; et ni les uns ni les autres ne possèdent une idée nette de la cause qui détermine la fertilité.

Le comité général de la Société agricole de Bavière entreprit, en 1857, des expériences pour déterminer les effets des phosphorites sur les terres pauvres en acide phosphorique de Schleissheim. Sur deux bandes de terre dont l'une avait reçu par hectare 241,4 kil. d'acide phosphorique (657,4 kil. de phosphorites traités par l'acide sulfurique), tandis que

l'autre était restée sans fumure, on obtint les rendements suivants en froment de mars :

1857

	Récolte totale.	Grains.	Paille.
Fumé avec 657 kilogr. de phosphate de chaux.	} 5114,7 kilogr.	1301,7 kilogr.	3813,0 kilogr.
Sans fumure.			

A l'analyse (faite par le Dr Zoeller dans le laboratoire chimique de Munich), cette terre abandonna dans l'acide chlorhydrique à froid une quantité d'acide phosphorique qui, calculée pour un hectare, s'élevait à 2376 kilog., correspondant à 5170 kilogr. de phosphate de chaux.

La quantité d'acide phosphorique que la plante avait fixée dans le grain et la paille sur la pièce fumée

était en tout de	47,5 kilogr.
Sur la pièce non fumée	8, »
La fumure produisit donc un surcroît de	} 9,5 kilogr. d'acide phosphorique.

Les 657,4 kil. de phosphorites avaient apporté au sol 241,4 kil. d'acide phosphorique ; conséquemment, le surcroît de rendement n'avait pris que la vingt-cinquième partie de l'acide ajouté.

Ce résultat ne doit pas surprendre, car l'acide phosphorique n'a pas été donné à la plante, mais au champ tout entier. S'il avait été possible de pourvoir chaque racine de la quantité d'acide phosphorique ou de phosphate de chaux qui lui était nécessaire pour le surcroît de rendement, on aurait pu doubler le rapport de la pièce non fumée par l'emploi de 9 1/2 kilog. d'acide phosphorique. Mais l'engrais

fut appliqué de telle façon que toutes les parties du champ reçurent une égale quantité d'acide phosphorique.

Des 241,4 kil., 9,5 kil. seulement ont été en contact avec les racines des plantes ; tout le reste était susceptible d'agir, mais n'a pas agi. Pour mettre la plante dans le cas d'atteindre une partie d'acide phosphorique, il a fallu en donner au champ une quantité vingt-cinq fois plus forte.

Toutefois, l'acide phosphorique apporté par l'engrais a exercé un effet supérieur à celui contenu dans le sol.

En effet, sur la terre non fumée, le grain et la paille n'ont absorbé que la trois centième partie de l'acide phosphorique du sol, tandis que le surcroît de rendement obtenu sur la parcelle fumée, a fixé la vingt-cinquième partie de celui apporté par l'engrais. Comme la fumure a doublé la récolte, il semblerait que l'effet de l'acide phosphorique de l'engrais a été douze fois plus grand.

Les 241,4 kilogr. d'acide phosphorique ajouté formaient le $\frac{1}{10}$ de toute la provision renfermée dans le sol (2376 kil.). Si l'acide phosphorique du sol avait produit le même effet que celui que l'on avait ajouté, le surcroît de rendement aurait été proportionnel à l'addition ; mais au lieu d'une augmentation de $\frac{1}{10}$, l'engrais a doublé la récolte.

Ce fait s'explique si l'on tient compte du chiffre d'absorption du sol de Schleissheim pour l'acide phosphorique ou le phosphate de chaux.

Si l'on suppose que la provision d'acide phosphorique se trouve répartie dans le sol avec une parfaite uniformité jusqu'à 25 centimètres de profondeur, sous forme de phosphate de chaux (5170 kil.), chaque décimètre cube de terre en contiendra 2070 milligr., et chaque centimètre cube environ 2 milligrammes.

Le champ fut fumé avec 657,4 kilogr. de phosphorites à

l'état soluble, correspondant à 525 millions de milligrammes de phosphate de chaux pur.

D'après des déterminations directes, un décimètre cube de terre de Schleissheim absorbe 976 milligr. de phosphate de chaux. Chaque décimètre carré en reçoit 525 milligr. qui, dissous par l'eau de pluie, suffirent pour saturer complètement la terre de phosphate de chaux jusqu'à 5,4 centim. ou pour la saturer à demi jusqu'à 10,8 centim. de profondeur. Ces couches de terre s'enrichirent donc par la fumure, non pas de $\frac{1}{10}$, mais de 50 pour cent de phosphate de chaux dont la plus grande partie offrait la forme la plus convenable pour céder à l'absorption des plantes. La puissance d'absorption du sol est, comme on voit, la cause pour laquelle les produits des terres fumées sont plutôt en rapport avec les éléments nutritifs apportés par les engrais qu'avec ceux existant dans la couche arable.

Au reste, quand on opère sur des terrains moins riches en matières nutritives que celui de Schleissheim, l'effet des engrais est encore bien plus apparent.

Voici les résultats obtenus sur un terrain qui avait été défriché expressément dans le but d'y faire des expériences. Ce terrain, qui servait de pâturage aux moutons, n'avait pas été labouré depuis quinze ans. La couche végétale, comme dans toutes les terres de Schleissheim, n'avait que 15 centimètres de profondeur et reposait sur un lit de cailloux laissant passer l'eau comme un tamis à mailles d'un pouce de largeur. Une partie du terrain fut fumée avec des phosphorites traités par l'acide sulfurique, à raison de 525 kilogr. par hectare, et qui contenaient 193 kilogr. d'acide phosphorique ou 420 kilogr. de phosphate calcaire.

Une autre parcelle ne reçut aucun engrais.

1858. Seigle d'hiver (Schleissheim) par hectare :

	Récolte totale.		Paille.
	Grains.		
Fumé avec phosphorites rendus solubles par l'acide sulfurique = 525,3 kil., dans lesquels 192,8 kil. PO ⁵ , correspondant à 420 kil. phosphate de chaux pur.	1995,4	654,2	1341,2 kilogr.
Sans fumure.	397,6	115,0	282,6 »

Le rendement de la pièce non fumée donne une idée de la stérilité du sol. D'après les recherches analytiques du Dr Zoeller, il ne contenait que 727 kilogr. d'acide phosphorique par hectare.

La parcelle fumée avec de l'acide phosphorique, livra donc 6 fois autant en grains et 5 fois autant en paille que celle qui n'avait rien reçu. Mais il est bon d'observer que ce rendement, qui atteste le puissant effet de la fumure, n'a cependant pas été aussi élevé que celui relaté plus haut et obtenu en expérimentant sur une terre non fumée mais cultivée depuis longtemps. Si l'on compare la richesse en acide phosphorique des deux terres, on voit que sur une épaisseur de 15 centim., la terre du pâturage ne renfermait que la moitié de l'acide phosphorique de l'autre, et que l'application du superphosphate a suffi tout juste pour lui communiquer, sous ce rapport, la même richesse jusqu'à une profondeur de 8 ou 10 centimètres.

Ces observations sont de nature à nous faire comprendre comment une quantité d'engrais relativement faible par rapport à la provision totale qui se trouve dans le sol, peut agir d'une manière si efficace sur l'augmentation des produits, surtout dans la culture des plantes qui vont chercher leur nourriture à une faible distance de la surface. Ce résultat

tat est dû à l'absorption des éléments nutritifs par les couches supérieures du sol.

Si l'effet dépend de la somme des parties actives en certains endroits du sol, l'effet sera renforcé en raison du nombre de parties dont la somme a été augmentée en ces endroits.

La connaissance plus intime de la composition du sol et de ses rapports avec les éléments nutritifs, et l'acquisition de notions plus certaines sur la nature de la plante et ses besoins, permettront d'expliquer peu à peu beaucoup d'autres faits culturaux complètement obscurs jusqu'ici, et qui, pour beaucoup de cultivateurs, sont de véritables mystères. Bien que nous connaissions très-exactement les lois les plus générales de la croissance des plantes, en tant qu'elles se rapportent au sol, à l'air et à l'eau, il n'en est pas moins extrêmement difficile, dans bien des cas, de reconnaître les causes qui rendent un sol impropre à telle récolte, les pois par exemple, alors qu'il est parfaitement apte à en produire d'autres qui réclament les mêmes principes nutritifs et quelquefois en plus fortes proportions encore. Si le sol est suffisamment riche pour ces dernières plantes, pourquoi ne l'est-il pas assez pour les pois? Quels sont les obstacles qui les empêchent de s'approprier des aliments parfaitement assimilables pour d'autres végétaux? Enfin, comment se fait-il que le sol ait récupéré, au bout de quelques années, la faculté qu'il avait perdue, bien que les récoltes qu'il a nourries dans l'intervalle l'aient plutôt appauvri qu'enrichi? D'où vient que les pois associés à de l'avoine, à de l'orge, à du blé de mars, donnent fréquemment un rendement plus élevé que lorsqu'ils croissent seuls et sans avoir à partager avec d'autres plantes la provision de nourriture que le sol contient?

Des phénomènes tout à fait analogues s'observent dans la culture du trèfle. Dans beaucoup de contrées, la terre, après avoir donné quelques récoltes de trèfle, se refuse à en donner de satisfaisantes.

La fumure, en pareil cas, ne rétablit pas la productivité du sol pour le trèfle; mais au bout de quelques années, après avoir donné des récoltes satisfaisantes de céréales ou de tubercules, le sol récupère momentanément son aptitude.

Nous connaissons assez exactement les engrais spécifiques pour un grand nombre de plantes cultivées, c'est-à-dire les matières fertilisantes qui, dans la plupart des terres, peuvent exercer sur elles une influence favorable. Le fumier d'étable est ordinairement utile à toutes. Pour les céréales, les sels ammoniacaux ont une valeur particulière, et le superphosphate calcaire agit très-efficacement sur le turneps. La poudre d'os et les cendres augmentent visiblement les rendements du trèfle dans les terres fertiles, et l'emploi de la chaux rend souvent le sol apte à la production de cette légumineuse.

Mais ces agents, si favorables d'ailleurs à la croissance des récoltes, n'ont qu'une action très-restreinte sur les terres qui se montrent rebelles à la production du trèfle et qui, comme on dit habituellement, sont fatiguées de cette plante. A un moment donné, ce qui convient à celle-ci dans d'autres conditions et influe encore heureusement sur d'autres végétaux, n'exerce plus la moindre action sur elle. Voilà surtout ce qui embarrasse le cultivateur, et ce qui éveille chez lui des doutes à l'égard des enseignements de la science.

Quand il est forcé de renoncer pendant plusieurs années à la culture de plantes qui lui sont utiles et que la science n'est pas en état de lui venir en aide pour surmonter ces

difficultés, il se demande à quoi sert la théorie, lui qui ignore ce que c'est que la théorie.

En effet, c'est une erreur assez généralement accréditée que les connaissances théoriques permettent de tout expliquer. La théorie de son chef n'explique aucun cas ni en astronomie, ni en mécanique, ni en physique, ni en chimie; elle embrasse et désigne les causes qui servent de base à tous les faits, mais non pas la cause isolée qui détermine chaque cas.

La théorie exige que l'on recherche isolément les causes qui régissent chaque cas; et l'explication est alors la preuve et la démonstration de la manière dont elles ont concouru à produire le cas; elle nous indique ce que nous avons à rechercher et nous enseigne comment on y parvient par des expériences convenables.

Si les phénomènes que nous avons relatés manquent encore d'explication, cela tient essentiellement à ce que, jusqu'ici, le cultivateur s'est fort peu préoccupé d'en rechercher les causes; aussi bien, on peut dire que, généralement, ce n'est pas son affaire. D'un autre côté, ceux qui se sont imposé la tâche de résoudre ces problèmes, ont montré par leur manière de faire, qu'ils méconnaissaient trop que les plantes sont des êtres organisés ayant des besoins particuliers qu'il faut connaître, si l'on veut les élever d'une manière convenable.

Si, dans ce qui va suivre, je compare les pois aux céréales, c'est que je désire diriger l'attention des cultivateurs sur certaines particularités communes aux deux sortes de plantes.

C'est ainsi, par exemple, que l'orge et les pois aiment de préférence un terrain modérément humide, fort, pas trop liant et surtout complètement purgé de mauvaises herbes;

un sol argilo ou marno-calcaire, doux, bien soigné, est leur meilleur emplacement. Une couche arable d'une profondeur de quinze centimètres, suffit à la plante d'orge ; ses racines fines et feutrées forment de larges touffes, et un sous-sol meuble lui est plutôt nuisible qu'utile. Une fumure récente, avant l'ensemencement, exerce sur elle une action puissante. Tandis que la semence d'orge ne doit pas être enterrée à plus de deux centimètres et demi, le pois ne germe et ne réussit bien que quand sa graine est placée à cinq ou huit centimètres de profondeur ; ses racines ne prennent pas d'extension latérale, mais s'enfoncent en terre ; il lui faut, par conséquent, un sol profond et bien travaillé, et un sous-sol libre et meuble. Une fumure récente n'exerce guère d'influence sur son développement.

Il résulte naturellement de ces particularités que l'orge emprunte principalement ses vivres aux couches superficielles, tandis que les pois les puisent surtout dans les couches profondes. — Tout ce qui se trouve en dessous de 15 centimètres est assez indifférent à l'orge, mais il en est tout autrement pour les pois.

Si nous recherchons ensuite ce que les deux plantes exigent du sol, les travaux de M. Mayer (Résultats d'expériences de chimie agricole, Munich, 1857, p. 35) nous apprennent que la semence de pois renferme $\frac{1}{3}$ plus de cendre (3,5 pour cent) que celle de l'orge, et que l'acide phosphorique se trouve dans les deux semences en quantité à peu près égale (2,7 pour cent). Les autres circonstances étant égales, il faut donc que les pois trouvent dans le sous-sol tout autant d'acide phosphorique que l'orge dans la couche arable.

Il n'en est plus ainsi quant à l'azote ; pour une même quantité d'acide phosphorique, les pois en contiennent près

du double de l'orge. En admettant que les deux plantes puisent leur azote dans le sol, ce qui n'est peut-être pas tout à fait juste pour les pois, il faut que pour chaque milligramme d'azote absorbé par les racines de l'orge dans les couches arables, la plante de pois en reçoive le double des couches plus profondes.

Ces considérations sont de nature, pensons-nous, à jeter quelque jour sur la culture des pois, culture dont la réussite suppose dans le sol des qualités toutes particulières ; et il est plus facile de comprendre qu'une terre épuisée par la culture des pois cesse d'en porter, que d'expliquer comment elle retrouve la faculté d'en produire au bout de quelques années.

Ainsi donc, en admettant que les surfaces absorbantes des racines soient égales de part et d'autre, il faut que le sous-sol où les pois s'alimentent, soit aussi riche en acide phosphorique que la couche arable où l'orge puise sa nourriture et qu'il renferme une quantité double d'azote. Cela ne peut être l'objet d'aucun doute en ce qui concerne l'acide phosphorique.

On comprend sans peine l'heureuse influence qu'exercent les engrais sur une terre qui ne veut plus porter d'orge : Les éléments nécessaires au développement de cette céréale ayant été ravés au sol, il suffit de les lui restituer pour qu'il recouvre son aptitude primitive.

Mais nous savons que, par suite des propriétés dont la terre arable est douée, une couche de terre de 15 à 25 centimètres d'épaisseur s'empare de l'ammoniaque, de la potasse et de l'acide phosphorique contenus dans les plus fortes fumures, et les retient avec une telle force que ces aliments, à moins de circonstances extrêmement favorables, ne peuvent guère arriver dans le sous-sol.

Si le sol porte des récoltes qui, comme les plantes sarclées et d'autres, exigent des labours profonds, il se peut qu'une tranche plus ou moins épaisse de la couche arable se mélange avec le sous-sol, et l'on comprend alors qu'il puisse recouvrer son aptitude à produire des pois. En pareil cas, le temps nécessaire à la restauration de la faculté perdue, dépendra de la succession des cultures.

On voit donc que le cultivateur dispose d'un moyen à l'aide duquel il peut rapidement rendre à son sol son aptitude à donner de nouvelles récoltes de pois : Pour arriver à ce résultat, il n'a qu'à traiter ses terres d'une manière convenable.

Un fait certain, c'est qu'aux environs des villes, beaucoup de terres donnent des pois tous les deux ans, ou même tous les ans, sans s'épuiser pour cette plante, et nous savons que les jardiniers n'ont d'autre secret que de travailler soigneusement leur sol, de le labourer profondément et de lui appliquer des fumures plus copieuses que celles dont le cultivateur peut faire usage.

Il n'y a donc rien de mystérieux dans ce fait que les pois se refusent à revenir fréquemment sur le même sol, et, quand le cultivateur emploiera les moyens convenables pour enrichir les différentes couches où les racines vont puiser les aliments, il y a lieu de croire qu'il pourra cultiver les pois aussi souvent qu'il le jugera à propos.

Dans toutes les questions de ce genre, celui qui s'occupe de leur solution ne doit pas s'imaginer qu'elles sont faciles à résoudre. Elles seraient depuis longtemps résolues par l'expérimentation, si elles n'étaient entourées de difficultés que doit savoir apprécier celui qui s'occupe de semblables recherches.

Les nombreux et infructueux essais tentés par MM. Lawes

et Gilbert, pour rendre à une terre épuisée par le trèfle son aptitude primitive, ont de la valeur en ce sens qu'ils prouvent que l'on n'arrive à rien par de simples essais. Si je leur accorde ici une mention qu'ils ne méritent pas, ce n'est point pour en faire une critique facile, mais pour montrer au praticien ce qu'il doit éviter quand il veut résoudre avec succès un problème quelconque. Les conclusions que MM. Lawes et Gilbert ont tirées de leurs nombreuses expériences, sont les suivantes :

C'est que, sur une terre qui ne se refuse pas encore à porter du trèfle, on augmente fréquemment les produits de cette légumineuse par l'application de sels de potasse ou du superphosphate de chaux ; mais qu'aussitôt qu'un sol est fatigué du trèfle rouge, les engrais naturels et artificiels restent sans effet. D'après eux, en pareil cas, le seul moyen d'obtenir de nouvelles récoltes de cette plante, c'est de cesser de la cultiver pendant quelques années.

A peine est-il nécessaire de faire observer que ce que ces messieurs qualifient de conclusions, n'en sont pas réellement ; ce qu'ils ont trouvé, mille cultivateurs l'avaient observé avant eux. La seule conclusion qu'ils auraient dû se permettre, c'est d'avouer qu'ils avaient échoué dans la recherche des engrais aptes à rendre aux terres épuisées pour le trèfle, la faculté qu'elles ont perdue. Il est vrai de dire qu'ils ne se sont nullement préoccupés des causes qui rendent les terres infertiles pour cette légumineuse. Ils se sont bornés à essayer différentes espèces d'engrais, dans l'espoir d'en rencontrer un qui fût apte à rendre à la terre sa fécondité première, et ils ne l'ont pas trouvé.

MM. Lawes et Gilbert admettent que le trèfle se comporte vis-à-vis du sol absolument comme l'orge ou le froment ; et comme ils ont obtenu une riche récolte d'orge ou de seigle

sur une terre où le trèfle avait manqué l'année précédente, malgré une fumure copieuse, ils se sont imaginés que l'insuccès devait être attribué à une cause morbide engendrée par la culture de la légumineuse, et qui, contrairement à celle-ci, n'exerçait aucune influence fâcheuse sur le froment ou l'orge.

Le trèfle se distingue surtout des deux céréales en ce que ses racines, lorsqu'elles ne rencontrent pas d'obstacles, s'enfoncent verticalement dans le sol. Et lorsque la racine principale a atteint une profondeur à laquelle n'arrive pas le chevelu de l'orge et du froment, elle se ramifie et donne naissance à des pousses latérales qui se ramifient à leur tour et pénètrent davantage encore. Ce mode de développement s'observe surtout sur le *Trifolium pratense*.

Le trèfle emprunte donc, comme les pois, sa nourriture principale aux couches profondes, et la différence entre ces deux plantes consiste en ce que la première, grâce à l'ample surface de ses puissantes racines, peut encore s'alimenter là où la seconde ne trouve qu'une nourriture insuffisante. Il en résulte naturellement que le trèfle appauvrit le sous-sol plus que les pois.

La semence de trèfle ne peut, à raison de son faible volume, fournir que bien peu de matériaux nutritifs à la jeune plante; aussi doit-elle être placée dans un sol dont les couches supérieures soient riches; toutefois, elle n'emprunte à celles-ci que peu de principes alimentaires. En effet, aussitôt que les racines les ont traversées, elles se recouvrent dans leurs parties supérieures d'une enveloppe subéreuse, et les fibres radiales déliées qui se ramifient dans le sous-sol, sont seules chargées de pourvoir aux besoins de la plante.

En examinant les expériences auxquelles se sont livrés MM. Lawes et Gilbert, on s'aperçoit bientôt que tous les

moyens dont ils ont fait usage, ont bien pu enrichir les couches supérieures du sol où s'alimentent l'orge et le froment, mais que le trèfle n'a pu profiter de cette richesse que pendant son premier développement, attendu que les couches profondes n'avaient subi aucune modification, et que leur état est resté tel que si le champ n'avait pas reçu d'engrais.

Les engrais employés par MM. Lawes et Gilbert étaient du superphosphate de chaux (300 livres de poudre d'os avec 225 livres d'acide sulfurique par acre), du sulfate de potasse (500 livres), un mélange de sulfate de potasse et de superphosphate; des sels alcalins mélangés (500 livres de sulfate de potasse, 225 livres de sulfate de soude et 100 livres de sulfate de magnésie); des mélanges d'alcalis avec du superphosphate; puis des sels ammoniacaux soit seuls, soit mélangés avec du superphosphate ou avec un des alcalis; du fumier d'étable (300 quintaux) associé à de la chaux, ou à de la chaux et du superphosphate, ou bien de la chaux et des alcalis en proportions les plus diverses; enfin de la suie; de la suie unie à de la chaux et de la suie associée à de la chaux, des alcalis et du superphosphate. Ces engrais n'eurent aucun succès, et la terre épuisée pour le trèfle ne recouvra pas la faculté qu'elle avait perdue.

Le motif pour lequel ces engrais sont restés inefficaces, n'est pas difficile à saisir. A la vérité, dans leur mémoire, MM. Lawes et Gilbert ne nous donnent aucune indication sur les propriétés et sur la constitution du sol; mais nous savons par d'autres mémoires publiés par eux antérieurement, que les terres de Rothamsted sont formées d'une argile assez forte, très-bonne pour les céréales, et, notamment, pour l'orge.

On peut, d'après les expériences faites sur le pouvoir ab-

sorbant des terres argileuses, admettre, sans crainte de se tromper, qu'un décimètre cube de cette terre absorbe 2000 milligr. de potasse, et 1000 milligr. de phosphate de chaux.

Un acre de terre argileuse (405000 décimètres carrés) sur une profondeur de 10 centimètres peut, par conséquent, absorber 805 kilogr. de potasse et 405 kilogr. de phosphate de chaux.

La plus forte quantité de sulfate de potasse appliquée à la terre par MM. Lawes et Gilbert s'élevait à 500 livres, = 270 livres de potasse, et la plus forte dose de superphosphate à 300 livres.

Si ces expérimentateurs avaient administré à leurs terres le sulfate de potasse et le phosphate de chaux dans un état de complète dissolution, la potasse n'aurait pas pénétré à plus de 2 centim. de profondeur, et le phosphate de chaux à plus de 4 centim. Mais ces deux engrais furent répandus en poudre, puis enterrés à la charrue; néanmoins, on ne peut pas admettre que les couches situées à plus de 20 centim. aient reçu de la potasse et du phosphate de chaux en quantité *notable*.

A la page 186 de leur mémoire, MM. Lawes et Gilbert disent : « Ceux qui ont fait attention à la marche de la maladie du trèfle sur un champ épuisé par cette plante, auront fait la remarque que quelque brillante qu'ait été l'apparence du trèfle pendant l'automne et pendant l'hiver, les signes de dépérissement se manifestent en mars ou avril, et le même phénomène se renouvela dans toutes leurs expériences.

Sur une terre où le trèfle avait manqué, on cultiva de l'orge, et après la récolte, qui fut abondante, on sema de nouveau du trèfle : « Les plantes (ainsi s'expriment MM. Lawes et Gilbert) se présentèrent assez bien pendant l'hiver, mais dans

le courant du printemps, elles dépérissent rapidement. » La raison de ce dépérissement ne saurait être douteuse. Le sous-sol épuisé n'avait récupéré aucun des éléments de fertilité qu'il avait perdus, et les plantes périrent de faim dès qu'elles eurent traversé la couche arable et que leurs racines commencèrent à aborder le sous-sol.

Si la non-réussite du trèfle provenait d'une maladie, celle-ci était évidemment d'une nature très-étrange, car la couche arable richement fumée n'en offrait pas de traces; le sous-sol seul était épuisé par la culture du trèfle. Au surplus, cette hypothèse d'une maladie occasionnée par la culture du trèfle a été réfutée par MM. Lawes et Gilbert eux-mêmes, et à leur insu, de la manière la plus formelle. Ils disent, en effet, à la page 193 de leur mémoire : « Avant d'entrer dans plus de détails sur la cause probable de la non-réussite du trèfle, il sera peut-être utile de mentionner les résultats de quelques expériences faites dans le jardin potager de Rothamsted. Le sol était entretenu dans l'état ordinaire des jardins cultivés, et cela depuis deux ou trois siècles peut-être. De bonne heure, en 1854, on sema 1/500 d'acre en trèfle rouge, et depuis cette époque jusqu'en 1859, on obtint 14 coupes de foin de trèfle sans nouvel ensemencement. En 1856, le morceau fut partagé en trois parties, dont une fut plâtrée, et une autre fumée avec des alcalis et des phosphates.

« Le rendement total du trèfle vert récolté durant les six années sur cette terre de jardin s'éleva, calculé par acre à 250 quintaux, équivalant à 53 quintaux de foin de trèfle. Le surcroît de rendement obtenu en quatre années sur la pièce plâtrée s'éleva à 310 quintaux, et sur la pièce fumée et des phosphates, à 10 quintaux de trèfle vert par acre. »

« Il est remarquable, continuent-ils, que, pendant que

nous récoltions ces forts produits dans le jardin, nous ne pouvions, à quelques centaines de mètres de là, obtenir qu'une médiocre récolte de trèfle. »

En effet, cela est extrêmement remarquable ; sur les champs la végétation du trèfle avait tellement empoisonné la terre qu'elle ne pouvait plus porter de trèfle ; mais, dans le même temps, et dans des conditions atmosphériques semblables, la même plante n'engendra pas de poison dans la riche terre du potager.

Il s'entend qu'il n'a pas été question de faire l'analyse comparée de la terre du jardin et de celle du champ, attendu que ces deux chimistes agricoles, ainsi que je l'ai déjà fait observer, ne se préoccupaient pas de la cause du mal, mais seulement de la recherche d'un engrais. Cependant, bien qu'ils ne fussent parvenus à découvrir aucun fait de nature à servir de point de départ à une explication de cette conduite étrange du trèfle, cela ne les empêcha pas d'offrir aux cultivateurs l'ingénieuse interprétation que voici :

« Parmi les plantes, disent-ils, il est des espèces qui exigent une nourriture d'une nature particulière. Les unes, parmi lesquelles se rangent les céréales, vivraient préférablement de matières inorganiques, tandis que les autres exigeraient, pour se développer vigoureusement, la présence de beaucoup de combinaisons organiques complexes. Parmi ces dernières il faut, selon eux, ranger les légumineuses, le trèfle par exemple. »

Ne pouvant donner des faits observés une explication convenable, explication qu'ils auraient trouvée si cela eût été possible, ils cherchèrent à faire croire qu'il existe entre les espèces végétales supérieures une distinction analogue à celle qui s'observe chez les animaux, entre les carnivores

et les herbivores. Les premiers consomment une nourriture organique plus complexe préparée par l'organisme des herbivores, et il en serait de même du trèfle qui, ainsi que les champignons, représenterait les carnivores parmi les plantes.

Il n'y a, sans doute, pas lieu de tenir compte de l'explication donnée par MM. Lawes et Gilbert, mais il peut être utile d'examiner si, en négligeant même le pouvoir absorbant du sol, ces messieurs ont bien épuisé tous les moyens propres à rendre à la terre la faculté qu'elle avait perdue, avant d'oser déclarer qu'aucun engrais naturel ou artificiel n'est apte à restaurer une terre épuisée par le trèfle et à lui rendre son aptitude à fournir de nouvelles récoltes de cette légumineuse.

On peut se demander pourquoi MM. Lawes et Gilbert n'ont pas, au lieu du superphosphate, employé la poudre d'os, qui agit plus profondément? Pourquoi ils n'ont fait usage que du sulfate de potasse et des sulfates en général? Les cendres de bois ordinaires auraient peut-être été plus efficaces que le sulfate de potasse, et, avant tout, ils auraient dû essayer le chlorure de potassium, qui est un élément constituant du purin et le plus utile de tous les sels de potasse pour le trèfle. On ne comprend pas non plus pourquoi ils n'ont pas employé les engrais liquides, et pourquoi le sel de cuisine a été exclu des sels employés. Si l'on tient compte de ce que MM. Lawes et Gilbert n'ont pas fait et de ce qu'ils auraient dû faire pour résoudre leur problème, on arrivera probablement à conclure qu'ils n'en comprenaient pas bien la portée.

Aussi bien, quand on étudie un phénomène, il n'est pas de difficulté qui s'oppose davantage à ce que l'on arrive à un résultat pratique, que l'ignorance de la nature du phénomène.

Si l'inaptitude d'une terre à produire du trèfle et des pois dépend uniquement d'un manque de nourriture azotée dans les couches inférieures du sol, le pouvoir absorbant de la terre pour l'ammoniaque doit mettre obstacle à son accès dans le sous-sol, et il est extrêmement difficile de suppléer à une pareille insuffisance. Toutefois, les azotates se comportent différemment ; ils peuvent pénétrer dans les couches profondes, car la terre n'absorbe pas l'acide azotique, et, quand la non-réussite du trèfle et des pois est due à un défaut de nourriture azotée, peut-être le salpêtre du Chili fournirait-il le moyen de rendre à la terre son ancienne aptitude.

Comme l'emploi de la chaux éteinte influe fréquemment d'une manière heureuse sur la croissance du trèfle et même sur celle des pois, et que la présence du calcaire dans le sol favorise la formation de l'acide azotique, il est possible que l'application de cette substance agisse favorablement sur la croissance des plantes à racines profondes, en déterminant la réduction de l'ammoniaque en acide azotique et, par suite, la pénétration de la nourriture dans les couches inférieures du sol (*).

(*) Les premières observations sur cette faculté de la terre arable d'absorber les principes nutritifs des plantes, observations tout à fait équivalentes, dans leur genre, à celle de Thompson et Hustable, appartiennent au célèbre pomologue J.-P. Bramer (V. *Viticulture du sud de l'Allemagne*, Heidelberg, 1863, p. 44). Bramer se pose alors déjà comme un adversaire de la théorie de l'humus, et ses observations sur l'origine du carbone et sur les engrais minéraux sont très-remarquables.

IV

Le fumier d'étable.

Pour se faire une juste idée du système de culture basé sur l'emploi du fumier d'étable, il est nécessaire de se rappeler que la fertilité du sol est constamment en rapport avec la quantité d'éléments nutritifs qu'il contient à l'état de combinaison physique, et que la durée de la fertilité ou la puissance productive est subordonnée à la somme de matières alibiles dont la terre est pourvue et qui sont susceptibles de revêtir une forme assimilable.

Les rendements plus ou moins élevés que fournit une terre, dans un temps donné, sont en rapport avec la fraction de la provision de principes nutritifs que, dans ce même temps, les plantes ont enlevée au sol. Si de deux champs, l'un donne un rendement de froment double en graines et en paille, cela suppose nécessairement que pour fournir ce

produit, les plantes ont emprunté au sol une quantité double d'éléments nutritifs.

Quand sur une terre on fait succéder soit la même plante, soit des plantes différentes, les récoltes diminuent peu à peu, et les cultivateurs disent que le champ est épuisé dès que les rendements cessent d'être *avantageux*, c'est-à-dire dès qu'ils ne payent plus les frais de main-d'œuvre, l'intérêt du capital, etc. Si les rendements élevés sont dus à ce que le sol abandonne à la plante une certaine portion de la somme d'éléments nutritifs qu'il contient, l'épuisement consiste dans la réduction de cette somme. Sur ce sol, les plantes ne peuvent plus réussir en même nombre aussi bien que précédemment, puisqu'elles n'y trouvent plus la même quantité de substances alibiles. Quand, en chimie, on dit qu'un sol cultivé est épuisé, on donne au mot épuisement une autre acception que celle qu'y attachent les agriculteurs. Dans le premier cas, on entend parler de la somme totale des principes nutritifs, tandis que dans le sens agricole, il n'est question que de cette fraction que le sol peut céder aux plantes. Un champ est épuisé, chimiquement parlant, quand il ne peut plus donner de récolte.

De deux terres qui, sous le même volume, renferment l'une cent et l'autre trente fois seulement la somme de principes nutritifs qu'exige une pleine récolte de froment, et, en supposant d'ailleurs la composition et le mélange identiques, la première offrira aux plantes qui y croîtront une quantité d'aliments qui sera à celle qu'elles trouveront dans la seconde, comme 10 : 3. Et lorsque dans l'une les racines trouveront, dans un endroit quelconque de la couche arable, 10 parties de matières nutritives, elles n'en rencontreront que 3 dans l'autre.

Une récolte moyenne de froment de 2000 kilogr. grains

et de 5000 kilogr. paille enlève en moyenne, à un hectare de terre, 250 kilogr. d'éléments minéraux. Or si nous supposons que cette terre renferme dans un état parfaitement assimilable, cent fois autant d'éléments minéraux qu'en réclame une récolte moyenne, ou 25,000 kilogr., elle abandonnera un pour cent de sa provision à la première récolte. Néanmoins, ce sol pourra, ultérieurement, donner encore de nouvelles récoltes de froment, mais celles-ci iront en diminuant.

Si la terre a été parfaitement mélangée, la seconde récolte de froment trouvera partout dans la couche arable la nourriture diminuée d'un pour cent, et le produit en grains et en paille se réduira dans la même proportion. De sorte que, si les circonstances atmosphériques, la température et la quantité de pluie restent les mêmes, on ne récoltera à la seconde année, que 4980 kilogr. de grains et 4950 kilogr. de paille, et les années suivantes les récoltes éprouveront une réduction analogue.

Si, pendant la première année, le froment a enlevé 250 kilogr. d'éléments minéraux et que le sol en contienne une dose centuple (25000 kilogr.), il n'en renfermera plus que 18492 kilogr. après trente récoltes.

Sans doute, les variations atmosphériques auront pu apporter des modifications dans les rendements; néanmoins, si l'on n'a rien restitué au sol, on comprend sans peine, qu'à la trente et unième année, on ne pourra plus, même dans les circonstances les plus favorables, obtenir que les $\frac{185}{250} = 0,74$, ou un peu moins des trois quarts d'une récolte moyenne.

Si ces trois quarts de récolte moyenne ne laissent pas d'excédant au cultivateur, et couvrent tout bonnement ses dépenses, le rendement n'est plus rémunérateur. On

dit alors que le champ est épuisé pour la culture du froment, bien qu'il renferme encore 74 fois autant d'éléments nutritifs que n'en exige annuellement une récolte moyenne.

Lorsque la terre était en possession de tous ses éléments nutritifs, les racines les trouvaient partout en quantité suffisante pour pourvoir au développement complet des plantes, mais après 30 récoltes successives, la provision primitive se trouve partout réduite aux trois quarts.

Une récolte moyenne de seigle (1600 kilogr. de grains et 3800 kilogr. de paille) n'enlève au sol, par hectare, que 180 kilogr. de matières minérales.

Si le sol à froment devait contenir 25,000 kilogr. des éléments minéraux nécessaires à cette céréale pour fournir une récolte moyenne, la terre qui en renfermera 18,000 kil. sera encore assez riche pour fournir une récolte moyenne ou une série de récoltes rémunératrices de seigle.

D'après notre calcul, un sol épuisé pour la culture du froment renferme encore 18,492 kilogr. d'éléments offrant la même composition que ceux exigés par le seigle. Veut-on savoir pendant combien d'années il faudra continuer la culture du seigle pour que la récolte moyenne se réduise aux trois quarts? On peut s'assurer que celle-ci ne sera plus rémunératrice, quand le champ aura fourni 28 récoltes satisfaisantes, et, conséquemment, qu'au bout de 28 ans le sol sera épuisé pour le seigle; cependant, il renfermera encore alors 13,869 kilogr. d'éléments minéraux.

Un sol qui ne fournit plus de récolte rémunératrice de seigle n'est pas pour cela infertile pour l'avoine.

Une récolte moyenne d'avoine (2000 kilogr. de grains et 3000 kilogr. de paille) enlève au sol 310 kilogr. d'éléments minéraux : 60 kilogr. de plus qu'une récolte de froment, et 130 kilogr. de plus qu'une récolte de seigle. Si la surface

absorbante des racines de l'avoine était la même que celle de la plante de seigle, elle ne fournirait plus de récolte rémunératrice après le seigle. En effet, un sol qui avec une provision de 13,869 kilogr. en abandonne 310 kilogr., perd 2,23 pour cent de ses éléments minéraux; de sorte que quand les racines du seigle ne lui enlèvent que 1 pour cent, celles de l'avoine lui en font perdre 2,23 pour cent; cela ne peut avoir lieu qu'à la condition que les racines de l'avoine aient une surface 2,23 fois plus ample que celles du seigle.

Les récoltes d'avoine doivent par conséquent épuiser le sol le plus rapidement, et au bout de 12 $\frac{3}{4}$ années, les produits seront réduits aux $\frac{3}{4}$ de leur importance primitive.

Aucune des causes qui peuvent influencer sur l'augmentation ou la diminution des rendements ne saurait modifier la loi qui règle l'épuisement du sol cultivé. Dès que la terre a été dépouillée d'une portion des principes nutritifs qu'elle renfermait, elle perd sa aptitude pour la culture avantageuse de telle ou telle plante.

Toutes les plantes cultivées sont soumises à cette loi. Cet état d'épuisement arrive inévitablement, quand bien même une succession de cultures n'aurait enlevé au sol qu'un seul des éléments minéraux nécessaires aux plantes; car le manque ou l'insuffisance d'un seul annule l'action de tous les autres ou les rend inactifs.

Chaque fruit, chaque plante ou partie de plante ravit au sol une partie de ses éléments de fertilité, et après une succession de cultures plus ou moins prolongée, il perd la faculté de reproduire ce fruit, cette plante ou partie de plante. Mille grains exigent mille fois autant d'acide phosphorique qu'un grain, et mille brins de paille exigent mille fois autant de silice qu'un seul. Et quand la millième partie d'acide phosphorique ou de silice manque dans le sol, le

millième grain et le millième brin de paille ne se développent plus. L'enlèvement d'un seul fétu de paille enlève à la terre la faculté de le reproduire.

Ainsi donc, un hectare de terre renfermant 25,000 kilogr. des éléments fixes du froment parfaitement assimilables et uniformément répartis, pourra toujours, si l'on a soin d'entretenir l'uniformité du mélange par des labours et d'autres moyens appropriés, fournir, dans certaines limites, une série de récoltes rémunératrices de différentes espèces de céréales, dans le cas même où on ne lui restitue aucune des matières enlevées par le grain et par la paille. Les différentes espèces de céréales peuvent se succéder l'une à l'autre, parce que la seconde enlève moins au sol que la première, ou bien parce qu'elle possède un plus grand nombre de racines et, par conséquent, une surface d'absorption plus ample. Toutefois, à partir du moment où le rendement moyen est atteint, les récoltes doivent aller en diminuant d'année en année.

L'uniformité des rendements moyens étant, par suite des variations qu'éprouvent les circonstances atmosphériques, l'exception et non la règle, le cultivateur s'apercevrait à peine de cette diminution constante des produits si, en réalité, il avait affaire à un sol dont la constitution physique et chimique fût telle qu'il pût y cultiver successivement pendant soixante et dix ans, et sans restituer aucun des éléments enlevés, du froment, du seigle et de l'avoine. Dans les années favorables, les bonnes récoltes se rapprochant des rendements moyens, alterneraient avec les produits inférieurs des mauvaises années; mais, en somme, le nombre des mauvaises récoltes aurait toujours été en augmentant.

En Europe, la grande majorité des terres cultivées ne possèdent pas les qualités physiques admises dans le cas

dont nous venons de parler. Dans la plupart, l'acide phosphorique nécessaire aux plantes ne s'y trouve pas sous un état où il puisse être absorbé par les racines. Une partie y est tout simplement disséminée sous forme de petits grains d'apatite (phosphate de chaux) ; et, quand bien même le sol en renfermerait une proportion suffisante, toujours est-il que parmi les particules de terre, les unes en contiendraient trop et les autres trop peu pour satisfaire aux exigences de la végétation.

Figurons-nous maintenant que notre champ, indépendamment des 25,000 kilogr. des éléments fixes du froment uniformément répandus, renferme, en outre, inégalement répartis 5000, 10000 kilogr. et plus de ces mêmes matières nutritives, l'acide phosphorique sous forme d'apatite, la silice et la potasse sous forme d'un silicate décomposable ; supposons que tous les deux ans, une partie de cet excédant entre en dissolution et en diffusion dans une proportion telle que les racines puissent rencontrer sur leur passage les éléments nutritifs en quantité aussi forte que dans la culture précédente, et, par conséquent, suffisante pour donner une pleine récolte moyenne, et alors nous pourrions, en intercalant entre chaque culture une année de jachère, obtenir, pendant une série d'années, de pleines récoltes moyennes. En pareil cas, si l'excédant contenu dans le sol avait pu simplement restituer l'acide phosphorique, l'acide silicique et la potasse absorbés en une année, partout où ils avaient été enlevés, nous pourrions, en soixante ans, obtenir trente pleines récoltes moyennes. Mais une fois que cet excédant serait épuisé, la terre commencerait aussi à donner des récoltes de moins en moins abondantes, et si l'on intercalait de nouveau des années de jachère, elles n'exerceraient plus aucun effet sur l'augmentation des récoltes.

Si l'excédant en acide phosphorique, en silice et en potasse admis dans notre hypothèse, n'eût pas été inégalement, mais uniformément réparti, et partout parfaitement accessible aux racines, on aurait obtenu trente pleines récoltes en trente années successives, sans avoir besoin d'intercaler une année de jachère.

Revenons à notre champ pourvu de 25,000 kilogr. d'éléments fixes du froment, répandus de la manière la plus parfaite et sous forme pleinement assimilable; supposons qu'on y cultive du froment, et qu'au moment de la récolte, on se borne à enlever l'épi et à enfouir immédiatement la paille. La perte éprouvée par le sol sera assurément moindre qu'auparavant, car tous les éléments de la tige et des feuilles lui sont conservés, et on ne lui aura enlevé que les éléments fixes du grain.

Dans les éléments que la tige et les feuilles empruntent au sol, on trouve tous les éléments fixes des semences, seulement en proportions différentes. Si l'on exprime par 3 la quantité d'acide phosphorique enlevée par la paille et le grain, la perte éprouvée par le sol se réduit à 2 quand on lui laisse la paille. La diminution des produits étant toujours en rapport avec la perte que la culture précédente a fait subir au sol en éléments fixes, la récolte suivante sera un peu plus abondante que si l'on avait enlevé la paille. Quant à celle-ci, son rendement restera à peu près le même, car les conditions de sa production n'ont guère subi de changement.

De cette manière, on soustrait moins au sol, et, par conséquent, le nombre de récoltes satisfaisantes, autrement dit la quantité de grains produite dans la série de récoltes doit augmenter. Une partie des éléments de la paille passe dans le grain et est exportée sous cette forme. Sans doute, on

arrivera également à la période d'épuisement, mais elle apparaîtra moins rapidement. Puisque l'on ne remplace pas les éléments enlevés par le grain, les conditions nécessaires à sa production doivent devenir de moins en moins favorables.

Si l'on avait d'abord coupé la paille pour la répandre ensuite sur la terre, où si, avant de l'enfouir à la charrue, on l'avait d'abord utilisée comme litière dans les étables, on n'aurait rien changé dans le rapport. On ne rendrait toujours au sol que ce qu'on lui a enlevé, et cela ne peut pas l'enrichir.

Comme les éléments combustibles de la paille ne sont pas fournis par le sol, en l'enfouissant on ne conserve au sol que les éléments minéraux qu'elle renferme. Et si la terre se montre un peu plus fertile, c'est parce qu'on lui a moins enlevé.

Si avec la paille on avait également enterré le grain ou ses éléments minéraux, ou bien si, au lieu du grain de froment, on avait appliqué à la terre une quantité équivalente d'une autre semence, de farine de tourteaux de colza, par exemple, c'est-à-dire des semences de colza privées simplement de leur huile, mais renfermant les mêmes éléments minéraux, la composition du sol serait restée la même. On aurait obtenu le même rendement l'année suivante. Quand, chaque année, on restitue la paille à la terre, il en résulte un changement dans la proportion des éléments actifs que contient la couche arable.

Nous avons supposé, en effet, que notre sol renfermait les éléments minéraux de la plante entière du froment dans la juste proportion qu'exige le développement des tiges, des feuilles et du grain. Et si l'on abandonne à la terre les substances minérales nécessaires à la formation de la paille,

et qu'on enlève constamment celles qui entrent dans la constitution du grain, les premières s'accumulent sans cesse et doivent finir par prédominer sur les autres. Il s'ensuit que les conditions exigées pour le développement de la paille se conservent, et que celles qui président à la formation du grain sont de moins en moins favorables.

Cette disproportion doit avoir pour conséquence un défaut d'uniformité dans le développement de la plante. Tant que le sol renfermera et livrera, dans la proportion voulue, les éléments minéraux réclamés pour le développement régulier de toutes les parties de la plante, la qualité de la graine et la proportion entre la paille et le grain ne subiront pas d'altération, malgré la réduction qu'éprouveront les récoltes. Mais à mesure que les conditions deviendront plus favorables à la formation de la tige et des feuilles, les grains diminueront non-seulement en quantité mais encore en qualité. Le signe qui caractérise cette disproportion dans la composition du sol, disproportion occasionnée par le mode de culture, est la diminution de poids du grain à l'hectolitre. Tandis que dans le principe une partie des éléments de la paille rendue à la terre (acide phosphorique, potasse, magnésie) servait à la formation du grain, le contraire a lieu plus tard ; les éléments du grain (acide phosphorique, potasse et magnésie) sont mis à contribution pour la formation de la paille. Il pourrait même arriver, par suite de cette inégalité entre les éléments qui, d'une part, servent à la formation de la paille et, de l'autre, à celle du grain, que, sous l'influence d'une humidité et d'une température favorables au développement des feuilles, les céréales fournissent un rendement élevé en paille et des épis vides.

L'homme, quand il veut imprimer une certaine direction au travail vital, ne peut agir sur les plantes qu'il cultive

que par l'intermédiaire du sol, c'est-à-dire par la proportion des matières alimentaires qu'il lui administre. Il faut qu'il fasse prédominer les éléments nécessaires à la formation des semences, s'il veut obtenir le maximum de rendement en grains. Le rapport doit être inverse, lorsqu'il s'agit de plantes feuillues et de plantes-racines ou tuberculeuses.

Il est donc évident que si sur la terre pourvue de 25,000 kilogr. des éléments fixes du froment, nous cultivons des pommes de terre et du trèfle, nous lui enlevons, par ces deux plantes, autant d'acide phosphorique et trois fois autant de potasse que trois récoltes de froment. Assurément, un semblable prélèvement influera d'une manière très-marquée sur les produits ultérieurs du froment qui subiront une réduction sous le double rapport de la quantité et de la durée.

Si, au contraire, nous cultivons du froment puis des pommes de terre, et que nous en enfouissions la dernière récolte, fanes et tubercules, en même temps que la paille du froment, nous pourrions alterner ainsi pendant soixante ans sans rien changer au rendement en grains. La terre, en effet, n'a rien gagné par la culture des tubercules, et comme on lui a abandonné tout ce qu'ils avaient absorbé, elle n'a rien perdu. Et quand les récoltes successives de grains auront réduit aux $\frac{3}{4}$ la provision d'éléments fixes du sol, celui-ci ne donnera plus de produits rémunérateurs, si tant est que les $\frac{3}{4}$ d'une récolte moyenne ne laissent plus de bénéfice au cultivateur. Le résultat serait absolument le même si, au lieu de pommes de terre, nous avions cultivé du trèfle et enterré tous ses produits. Nous avons supposé, en effet, que le sol était doué de toutes les qualités physiques désirables, et, conséquemment, les matières organiques fournies soit par le trèfle, soit par les pommes

de terre, n'ont pu lui faire éprouver aucune amélioration. Et, en admettant que nous arrachions les pommes de terre, que nous fauchions et fanions le trèfle, et que nous fassions passer les produits par les étables avant de les restituer au sol ; en admettant même que nous les employions à d'autres usages, du moment que nous rendons à la terre tous les éléments fixes contenus dans les deux récoltes, ces diverses opérations seraient incapables de donner au sol, soit en 30, 60 ou 70 ans, la faculté de produire un seul grain de plus que précédemment. En effet, durant ce long espace de temps, les éléments nécessaires à la formation du grain n'ont pas éprouvé la moindre augmentation, et la cause qui détermine la réduction des produits a continué à agir.

L'enfouissement des pommes de terre et du trèfle à la charrue ne saurait avoir d'effet utile que dans des terres qui ne posséderaient pas toutes les propriétés physiques désirables, et où les éléments nutritifs, inégalement répartis, seraient en partie inaccessibles aux racines. Mais cet effet équivaut entièrement à celui d'un engrais vert ou d'une ou de plusieurs années de jachère.

L'enfouissement du trèfle et de ses éléments organiques accroîtrait, d'année en année, les matières en voie de décomposition et l'azote. Tout ce que les plantes auraient emprunté à l'atmosphère serait acquis au sol ; mais l'accumulation de ces matières, d'ailleurs si précieuses, ne saurait accroître la production du grain, car celle-ci dépend de la proportion d'éléments minéraux contenus dans le sol. Or ces derniers n'ont pas augmenté ; ils ont, au contraire, subi une réduction constante par l'exportation du grain. Sans doute, l'accroissement de l'azote et des matières organiques en voie d'altération pourrait bien augmenter

les rendements pendant un certain nombre d'années, mais cela ne ferait que hâter le moment où la terre ne livrera plus de récoltes satisfaisantes.

Si de trois pièces de terre à froment nous ensemençons l'une en froment et les deux autres en trèfle et en pommes de terre, et que nous enfouissions le produit des deux dernières plantes dans la première parcelle à laquelle nous n'avons enlevé que le froment, assurément sa fertilité s'élèvera, car elle s'enrichira de tous les éléments fixes cédés au trèfle et aux pommes de terre par les deux autres pièces. Elle recevra trois fois autant d'acide phosphorique et vingt fois autant de potasse qu'en contenait le grain récolté et vendu. Cette pièce de terre pourra, désormais, fournir pendant trois années consécutives, une pleine récolte de froment, car les éléments qui entrent dans la constitution de la paille sont restés les mêmes, et ceux que le grain réclame pour son développement ont été triplés. Si, par ce moyen, le cultivateur obtient en trois ans ce qu'il n'aurait pu recueillir qu'en cinq sans l'intervention des éléments fixes du trèfle et des pommes de terre, il réalise évidemment un plus grand bénéfice, puisqu'il récolte avec trois grains de semence ce qu'il n'aurait pu obtenir qu'avec cinq en suivant une autre marche. Mais il ne faut pas perdre de vue que ce qu'a gagné en fertilité l'une des pièces de terre, les deux autres l'ont perdu, et il en résulte que, tout en épargnant des frais de culture et en faisant de plus grands bénéfices, le cultivateur, par l'exportation incessante des éléments fixes du grain, doit infailliblement épuiser ses trois pièces de terre.

Il nous reste à considérer un dernier cas, c'est celui où le cultivateur, au lieu de pommes de terre et de trèfle, cultive des plantes-racines et de la luzerne qui, grâce à leurs

racines longues et profondes, vont puiser une grande quantité de leurs éléments fixes dans le sous-sol, que n'atteignent généralement pas les racines des céréales. Si le sol repose sur un sous-sol qui autorise la culture de ces plantes, c'est à peu près comme si la surface était doublée. Si les racines de ces plantes empruntent la moitié de leurs aliments minéraux au sous-sol et l'autre à la couche arable, celle-ci ne sera privée que de la moitié de ce qu'elle aurait dû fournir, si elle avait été obligée d'alimenter les plantes à elle seule.

Considéré comme un champ indépendant de la couche arable, le sous-sol fournit aux plantes-racines et à la luzerne une certaine quantité d'éléments fixes. Si, en automne, on avait enfoui dans le champ qui vient de porter une récolte moyenne de froment, la totalité des produits de la luzerne et des racines, il recevrait autant et même plus que le grain ne lui avait enlevé, et pourrait ainsi conserver sa fertilité aux dépens du sous-sol, aussi longtemps que les racines et la luzerne continueraient à réussir.

Mais comme les plantes-racines et la luzerne exigent pour leur développement une quantité considérable d'éléments minéraux, le sous-sol en sera d'autant plus vite épuisé qu'il en contiendra moins; et comme, en réalité, il n'est pas séparé du sol, comme il lui est sous-jacent, il ne peut guère récupérer les éléments qu'il a perdus. En effet, la couche arable retient ceux qu'on lui livre, et la partie de potasse, d'ammoniaque, d'acide phosphorique et de silice qu'elle ne parvient pas à fixer, peut seule pénétrer dans le sous-sol.

La culture de ces végétaux à racines profondes peut, par conséquent, fournir un surcroît de matières alibiles pour toutes les plantes qui puisent surtout leur nourriture dans la

couche arable. Mais cet expédient n'a pas de durée. Au bout d'un temps assez court, ces plantes cessent de réussir sur la plupart des terres, attendu que le sous-sol s'épuise et qu'il est très-difficile de rétablir sa fertilité.

A celui qui, sur trois parcelles de terre, cultive alternativement des pommes de terre, du blé et des vesces ou du trèfle, ou successivement ces mêmes plantes sur le même sol et qui vend tous les produits qu'il récolte et continue ainsi sans fumer, à celui-là le premier venu peut prédire qu'un pareil système ne saurait se soutenir et qu'il sera de courte durée. Quel que soit le mode de culture adopté, quelles que soient les variétés de céréales, de pommes de terre, etc., que l'on choisisse, quel que soit l'ordre dans lequel elles se succèdent, toujours est-il que la terre arrivera à un état d'épuisement où la céréale ne rendra plus que la semence, où les pommes de terre ne donneront plus de tubercules, et où les vesces et le trèfle périront aussitôt après leur premier développement.

Ces faits attestent d'une manière irrécusable, qu'aucune plante ne ménage le sol et qu'il n'en est pas qui l'enrichisse. Des faits nombreux ont appris au praticien que, dans beaucoup de cas, la réussite d'une plante dépend de celle qui l'a précédée, et que l'ordre de leur succession n'est pas indifférent. Après une plante sarclée ou une plante à racines fortement ramifiées, le sol est dans un état propice à la culture des céréales. Celles-ci réussissent alors très-bien sans fumier ou avec une médiocre fumure, et donnent des rendements élevés. Toutefois, on ne réalise par là aucune économie de fumier pour les récoltes futures, et la terre n'a pas acquis de nouveaux éléments de fertilité. Il n'y a pas eu accroissement de nourriture, seulement elle a agi avec plus de rapidité et ses effets ont été accélérés. Il y a eu améliora-

tion du sol sous le rapport chimique et physique, mais les éléments chimiques ont subi une réduction. Tous les végétaux sans exception, et chacun à sa manière, appauvrissent le sol des éléments nécessaires à leur reproduction.

Le cultivateur en vendant ses produits, vend sa terre. Il vend, en même temps, certains éléments de l'atmosphère qui, spontanément, se sont incorporés à la terre, et certains éléments du sol qui sont sa propriété et qui, avec les premiers, ont servi au développement des plantes. En faisant argent du produit de ses champs, il leur ravit les éléments nécessaires à la reproduction de ses récoltes, et une semblable culture peut, avec raison, être taxée de spoliatrice.

Les éléments du sol constituent son capital et les éléments atmosphériques en représentent les intérêts. Ceux-ci sont la rente du capital. Avec les produits des champs il aliène une partie de son capital et les intérêts; en restituant au sol les éléments qui en proviennent, il conserve le capital dans le champ, c'est-à-dire, entre ses mains.

On comprend aisément, et tous les cultivateurs sont d'accord à cet égard, que l'on ne peut pas, dans une exploitation, vendre le trèfle, les racines, le foin, etc., sans porter un préjudice grave à la culture des céréales.

Tout le monde admet volontiers que l'exportation du trèfle porte préjudice à la culture du blé; mais que celle du blé puisse porter préjudice au trèfle, c'est là ce que l'on ne comprend pas et que la plupart des agriculteurs considèrent comme impossible.

Cependant l'analogie est frappante. Les éléments minéraux sont identiquement les mêmes dans le trèfle et dans le blé, et ils sont indispensables à leur développement. De même que le blé, le trèfle exige de l'acide phosphorique, de la potasse, de la chaux et de la magnésie. Sauf un certain excédant

de potasse, de chaux, et d'acide sulfurique, les éléments fixes se trouvent en égale quantité dans le trèfle et dans le blé. Le trèfle emprunte ses aliments au sol et l'on peut se figurer que le blé les emprunte au trèfle. En conséquence, si l'on vend le trèfle, on exporte des matériaux nécessaires à la production du blé et celui-ci en trouvera moins dans le sol. Mais aussi quand on vend du blé, comme avec lui on abandonne quelques-uns des éléments nécessaires au trèfle, il arrivera un moment où ce trèfle manquera.

Le paysan exprime l'action des plantes fourragères à sa manière, en disant : Il va de soi que l'on ne doit pas vendre son fumier, car sans lui la culture ne saurait être durable, et avec les plantes fourragères on vend son fumier. Mais que l'on vende également son fumier avec le blé, c'est ce que la grande majorité des cultivateurs les plus intelligents ne comprennent pas. Le fumier contient tous les éléments fixes des fourrages, et ceux-ci renferment les éléments fixes du blé, plus une certaine quantité de potasse, de chaux et d'acide sulfurique. Il est facile de comprendre que comme le tas entier de fumier se compose de parties, on ne doit pas en vendre une seule partie, et que si par un moyen quelconque il était possible de séparer les éléments fixes du blé des autres, ce seraient précisément ceux-là qui auraient la plus grande valeur pour le paysan, car ils sont les conditions essentielles de la culture du blé. Pourtant cette séparation a lieu dans la culture du blé, car ces éléments du fumier deviennent les éléments du grain, et, en vendant celui-ci, il aliène une partie de son fumier et la plus précieuse encore.

Deux tas de fumier de même aspect et de même nature en apparence, peuvent avoir une valeur fort différente pour la culture du blé. En effet, si l'un d'eux renferme les éléments

minéraux du blé en quantité double, il aura une valeur double de l'autre. Par l'exportation des éléments fixes que le blé a empruntés au fumier, celui-ci perd constamment de son efficacité pour les récoltes futures.

Que l'on envisage comme on le voudra l'exportation du blé ou de toute autre plante, on se trouvera toujours en présence de ce résultat : que le cultivateur qui ne restitue pas à son sol les éléments fixes exportés, l'épuise. L'exportation prolongée du blé rend le sol infécond pour le trèfle, ou enlève au fumier son efficacité.

Dans nos champs épuisés, les racines des céréales ne trouvent plus dans la couche arable toute la somme de nourriture nécessaire à un rendement complet, et c'est pourquoi le cultivateur a recours à d'autres plantes qui, comme les fourrages et les plantes-racines, fouillent, au moyen de leurs racines rameuses et profondes, le sol dans toutes les directions. A l'aide de leurs puissantes racines pourvues d'une ample surface, elles ouvrent le sol et s'approprient les éléments que la céréale exige pour la production des graines. En introduisant les débris des racines et les résidus des feuilles des plantes-racines et des tubercules dans les couches supérieures du sol sous forme d'engrais, le cultivateur y concentre et y complète, pour une ou plusieurs pleines récoltes, les éléments fixes du blé qui y manquaient. Ce qui était répandu partout, dans le sol et dans le sous-sol, se trouve ainsi accumulé dans les couches supérieures. Si le blé a donné des rendements plus élevés, ils ne sont dus ni au trèfle, ni aux plantes fourragères pas plus que le papier n'est dû aux chiffonniers, qui sont tout bonnement les collecteurs, non les producteurs des matériaux nécessaires à la fabrication de ce papier.

Des considérations qui précèdent, il résulte que la culture

des végétaux épuise la terre et la rend inféconde. Dans les produits des champs qui servent à l'alimentation de l'homme et des animaux, le cultivateur aliène une partie de son sol, et précisément celle qui sert à la reproduction de ces denrées.

Quelles que soient les plantes qu'il cultive, quelle que soit la succession de culture qu'il adopte, la fertilité de ses champs diminue constamment. En exportant ses produits, il dépouille la terre des éléments nécessaires à leur reproduction.

Aussi longtemps que le sol fournit des récoltes avantageuses de blé, de tabac, de trèfle, de plantes-racines, sans exiger la restitution des éléments fixes qu'elles ont enlevés, le sol en question n'est pas épuisé pour ces plantes. Il ne l'est qu'à partir du moment où l'homme doit intervenir pour lui rendre les éléments qu'il a perdus.

On peut dire que, dans ce sens, la plupart de nos terres cultivées sont épuisées.

L'existence des hommes, des animaux et des plantes est intimement liée à la restitution des éléments qui servent à l'entretien des phénomènes vitaux. Par ses éléments, le sol prend une part active à la vie des plantes; et une fertilité durable est impossible et purement imaginaire, à moins que les circonstances qui ont fait naître la fertilité ne se renouvellent.

Le fleuve le plus puissant, qui fait mouvoir des milliers de moulins et de machines, serait vite à sec si les ruisseaux et les rivières qui l'alimentent venaient à tarir, et les rivières et les ruisseaux tariraient également si la multitude de gouttelettes dont ils sont formés cessaient d'arriver aux endroits où jaillissent les sources.

Un champ qui a perdu sa fertilité par une succession de

cultures de plantes différentes récupère la faculté de fournir une nouvelle série des mêmes récoltes par l'emploi du fumier d'étable.

Qu'est-ce donc que le fumier, et d'où provient-il? Tout le fumier provient des champs; il se compose de la paille qui a servi de litière, de débris végétaux et des excréments solides et liquides des animaux et des hommes. Les excréments proviennent de la nourriture.

Dans le pain dont l'homme se nourrit chaque jour, il consomme les éléments minéraux des céréales dont la farine a servi à préparer le pain; dans la viande, il consomme les éléments minéraux de la viande.

La viande des animaux herbivores, de même que ses éléments minéraux, provient des plantes. Sa composition est identique à celle des graines de légumineuses, de sorte que l'incinération d'un animal entier laisserait une cendre qui différerait très-peu de la cendre des fèves, des lentilles et des pois.

Dans le pain et la viande, l'homme consomme par conséquent les éléments minéraux des graines, ou des parties constituantes des graines que le cultivateur obtient de ses champs sous forme de viande.

De la totalité des éléments minéraux ingérés par l'homme avec sa nourriture pendant le cours de sa vie, une minime fraction seulement se fixe dans son organisme. Chez l'homme adulte, le poids du corps n'augmente pas d'un jour à l'autre, de sorte que tous les éléments contenus dans la nourriture qu'il absorbe sont éliminés.

L'analyse chimique démontre que les éléments qui constituent les cendres du pain et de la viande se retrouvent dans les excréments en quantité sensiblement égale à celle que renfermait la nourriture. La nourriture se comporte

dans le corps de l'homme, comme si elle était consumée dans un poêle.

L'urine renferme les éléments minéraux de la nourriture qui sont solubles dans l'eau ; les excréments contiennent les éléments insolubles. Les éléments fétides sont la fumée et la suie, produites par une combustion imparfaite. On trouve, en outre, dans les excréments des résidus de nourriture non digérés ou indigestibles.

Les excréments du porc, nourri de pommes de terre, renferment les éléments minéraux des pommes de terre ; ceux du cheval, les éléments minéraux du foin et de l'avoine ; ceux des bêtes bovines, les cendres des plantes-racines, du trèfle, etc., que ces animaux ont consommés. Le fumier d'étable se compose du mélange de ces différents excréments.

On peut, au moyen du fumier d'étable, rétablir complètement la fertilité d'un champ épuisé par la culture ; c'est un fait parfaitement établi par l'expérience d'un grand nombre de siècles.

Par le fumier d'étable, le sol reçoit une certaine quantité de matières organiques, c'est-à-dire combustibles, et les matières incombustibles de la nourriture consommée. Il s'agit donc ici de rechercher la part que les éléments combustibles et incombustibles prennent au rétablissement de la fertilité.

L'examen le plus superficiel d'une terre cultivée démontre que les éléments combustibles des végétaux que l'on y récolte proviennent de l'air et non du sol.

Assurément, si le sol fournissait aux plantes une partie du carbone qu'elles renferment, cette substance y diminuerait avec chaque récolte. En outre, un sol pauvre en matières organiques devrait être moins fertile qu'un autre qui en est

richement pourvu. Or l'observation démontre que le sol cultivé ne s'appauvrit pas en matières organiques et combustibles.

Le sol d'une prairie qui, par hectare, a donné en dix ans mille quintaux de foin, est plus riche en matières organiques qu'il ne l'était auparavant. Après une récolte de trèfle, le sol, par les racines qui y sont restées, est plus riche en azote et en matières organiques qu'il ne l'était primitivement, et cependant, après quelques années, cette légumineuse n'y donne plus de récoltes avantageuses.

Un champ de froment ou un champ de pommes de terre n'est pas plus pauvre en matières organiques après qu'avant la récolte. En général, la culture enrichit le sol en éléments combustibles, mais sa fertilité n'en diminue pas moins constamment. Après une série de récoltes rémunératrices de blé, de racines et de trèfle, ces plantes ne réussissent plus sur la même terre.

Puisque la présence de matières organiques en décomposition n'arrête ou n'empêche aucunement l'épuisement du sol, il est impossible que leur accroissement rétablisse la puissance productive perdue. Et, en effet, on ne parvient pas, au moyen de l'incorporation de sciure de bois ou de sels ammoniacaux, ni avec ces deux substances réunies, à rendre à une terre totalement épuisée la faculté de fournir une seconde et une troisième fois la même série de récoltes. Quand ces matières améliorent les qualités physiques du sol, elles peuvent agir favorablement sur les rendements, mais, en définitive, elles ont toujours pour effet d'accélérer ou d'achever son épuisement.

En revanche, le fumier d'étable rend complètement au sol la faculté de fournir la seconde, la troisième et la centième fois les mêmes séries de récoltes. Le fumier d'étable

fait cesser tout à fait, selon sa quantité, l'état d'épuisement du sol; son application rend le sol plus fertile; dans beaucoup de cas, il lui donne une fertilité supérieure à celle qu'il a jamais possédée.

Ce ne sont pas les matières combustibles (les sels ammoniacaux et la substance de la sciure de bois en décomposition) qui lui sont associées, qui donnent au fumier d'étable le pouvoir de rétablir la fertilité des terres; les bons effets qu'elles peuvent exercer sont tout à fait secondaires. L'action du fumier d'étable est indubitablement due aux cendres des végétaux qu'il renferme.

Par le fumier d'étable, on restitue au sol une partie des éléments qui lui ont été enlevés par les récoltes. La réduction de fertilité qu'éprouve une terre est en rapport avec la spoliation dont elle est l'objet, et sa restauration est également en rapport avec la restitution des éléments qui lui avaient été dérobés.

Les éléments incombustibles des plantes cultivées ne reviennent pas spontanément aux terres, comme les éléments combustibles retournent dans l'océan atmosphérique dont ils proviennent. C'est l'homme qui doit restituer aux terres les éléments nécessaires à la vie des plantes. Et par le fumier d'étable qui les renferme, le cultivateur, en vertu d'une loi naturelle, rend au sol la force productive qu'il avait perdue.

V

Le système de culture basé sur la production du fumier.

Les développements dans lesquels nous sommes entré relativement à l'action du sol sur les plantes et de celles-ci sur le sol, ainsi que ceux que nous avons consacrés à l'origine et aux propriétés du fumier d'étable, auront, nous l'espérons, mis le lecteur à même d'entreprendre une étude approfondie de tous les phénomènes qui se présentent dans la pratique, quand le fumier d'étable forme la base de la culture. Il s'agit de rechercher de quelle manière le fumier d'étable augmente les rendements, quels sont les éléments qui déterminent son action, en quelle quantité il peut être fourni par la terre et, enfin, à quel état un sol, par son emploi, peut être amené au bout d'une série d'années.

Nous devons nécessairement, dans cette étude, faire

abstraction de tous les effets du fumier qui ne sauraient être ni mesurés, ni calculés, tels que son influence sur l'ameublissement et la cohésion du sol, ainsi que l'action calorifique qu'il développe pendant sa décomposition.

Les faits qui se rapportent à ces recherches sont empruntés à la pratique elle-même, et mon choix a été rendu facile par une série assez étendue d'expériences faites, en 1851, par un certain nombre de cultivateurs saxons à la demande du docteur Reuning, secrétaire général des associations agricoles du royaume de Saxe. Ces expériences avaient pour objet de démontrer, dans les conditions les plus variées, l'action des engrais artificiels, afin d'en propager l'emploi. Elles furent continuées jusqu'en 1854, et dans chaque série d'expériences on avait adopté la rotation uniforme : seigle, — pommes de terre, — avoine, — trèfle. Les cultivateurs avaient été invités à employer séparément la poudre d'os, la farine de tourteaux de colza, le guano et le fumier d'étable sur des surfaces d'un acker saxon (*) et à comparer les rendements avec ceux obtenus sur un lot d'une égale étendue, mais n'ayant reçu aucune espèce d'engrais. Il leur avait été, en outre, recommandé de peser exactement les produits.

Bien qu'il eût été formellement déclaré « que ces expériences étaient établies sans aucun but scientifique, » elles sont cependant, parmi toutes celles du même genre exécutées depuis des siècles, de la plus haute importance pour la science, non-seulement à cause de leur étendue, mais encore parce qu'elles ont établi positivement une série de faits que la science pourra, en tout temps, faire servir de base à certaines conclusions. Aussi, doit-elle la plus grande recon-

(*) L'acre, ou plutôt acker, saxon, équivaut à 5539 5/6 mètres carrés, soit environ 55 ares 40 centiares.

naissance à l'homme distingué qui les a provoquées, ainsi qu'aux cultivateurs zélés qui lui ont prêté leur concours de si bonne grâce. Il est seulement à regretter que dans toutes ces expériences, les essais n'aient pas toujours été simultanément faits sur des parcelles non fumées. En effet, l'action du fumier d'étable ne saurait être appréciée, si l'on ne connaît les rendements que la terre donne sans fumure.

Nous considérons donc ici, avant tout, les rendements fournis par cinq acres de terre soumis à la rotation quadriennale mentionnée plus haut, en cinq endroits différents du royaume de Saxe.

Sans fumure

CULTURE ANTÉRIEURE.	—	Mélange de trèfle blanc	Mélange de trèfle blanc	Trèfle rouge	Herbe.
1851 Seigle.	<i>Cunnersdorf.</i>	<i>Mäusegast.</i>	<i>Kötitz.</i>	<i>Oberbo- britsch.</i>	<i>Oberschöna</i>
Grains . . .	1176 liv.	2238 liv.	1264 liv.	1453 liv.	708 liv.
Paille.	2951 "	4582 "	3013 "	3015 "	1524
1852 Pommes de terre	16667	16896 "	18577 "	9751 "	11095
1853 Avoine.					
Grains .	2019 "	1289	1339 "	1528 "	1082
Paille.	2563 "	1840 "	1357 "	1812 "	1714 "
1854 Foin de trèfle.	9144 "	5583 "	1095	911 "	0

A ces résultats nous ajouterons quelques observations :

Dans les expériences ci-dessus, on désigne par terres sans fumure celles qui se trouvaient dans l'état où les avaient laissées la succession des cultures pendant la durée d'une rotation.

Au commencement de l'assolement, ces champs avaient été fumés et si on leur avait appliqué une nouvelle fumure, ils auraient pu fournir encore les mêmes rendements qu'auparavant.

Dans les rendements qu'ils ont donnés étant fumés, les éléments du sol et ceux du fumier ont participé chacun pour une part; s'ils n'avaient pas été fumés, les produits eussent été moindres. Si l'on attribue le surcroît de rendement obtenu dans le cours de l'assolement au fumier d'étable et si l'on admet, ce qui n'est pas toujours exact, que les éléments du fumier ont été repris par les récoltes, la terre se trouve à la fin de l'assolement dans le même état qu'avant la fumure appliquée au début. On peut donc admettre, sans crainte de commettre une grande erreur, que les produits divers qu'une pièce de terre livrera dans un nouvel assolement sans fumure, seront en rapport avec la quantité de principes nutritifs assimilables que la terre contient à l'état naturel. Aussi les rendements inégaux que fournissent deux terres qui se trouvent, d'ailleurs, dans le même état, peuvent-ils donner une idée approximative de l'inégalité qu'elles offrent sous le rapport de leur richesse ou de leur composition.

Cependant, on ne peut se permettre des conclusions de cette espèce qu'avec une grande réserve; car si l'on voulait comparer entre eux deux champs situés dans la même contrée ou dans des contrées différentes, il pourrait intervenir des facteurs capables d'influer sur les rendements et de

déterminer des différences, même lorsque les qualités du sol sont identiques.

C'est ainsi, par exemple, que la culture précédente n'est pas sans influence sur les rendements en grains et en paille de deux terres non fumées et emblavées de la même céréale. En effet, si, sur l'une, la culture antérieure (c'est-à-dire la dernière dans l'assolement précédent) avait été du trèfle, et sur l'autre, de l'avoine, en admettant même que les qualités du sol fussent identiques, les rendements du sol seront différents, et l'on pourra les considérer comme l'indice de l'état où le dernier produit a laissé le champ.

Dans des contrées montagneuses, deux terres situées l'une sur le versant nord et l'autre sur le versant sud, peuvent également donner des produits différents. Il en est de même de la hauteur au-dessus du niveau de la mer, car elle influe sur la quantité relative des pluies. Une pluie arrivée à un moment favorable, peut également modifier les rendements de terrains de même nature en arrosant les uns et pas les autres.

Enfin, pour apprécier l'état et les qualités d'un champ, il faut encore tenir compte des conditions météorologiques qui ont sévi pendant l'année précédente.

Le rendement que fournit une terre dans une année quelconque, est toujours le maximum qu'il pouvait livrer dans les conditions données. Si les circonstances extérieures, les conditions atmosphériques, avaient été plus favorables, le champ aurait donné un rendement plus élevé; dans des conditions moins propices, il aurait fourni une récolte moindre; mais, malgré cela, la récolte conserve toujours ses rapports avec la qualité du sol.

Les récoltes élevées, dues à des circonstances météorologiques favorables, font perdre au sol une plus grande

quantité de principes nutritifs, et celles qui les suivent en sont amoindries. De même, les années dites infertiles influent sur les produits des années subséquentes comme des jachères avec demi-fumures, c'est-à-dire que les récoltes qui succèdent aux mauvaises années sont plus avantageuses, même dans les conditions atmosphériques ordinaires.

Quant au rendement en paille et en grains, il importe de remarquer que chez les céréales, l'humidité ou la sécheresse prolongées modifient leurs rapports mutuels. Une humidité persistante et une température élevée favorisent le développement des feuilles, de la tige et de la racine, et comme alors la plante ne cesse pas de croître, les matières disponibles, destinées dans des conditions ordinaires à la production des semences, sont employées à la formation de nouveaux rejetons et le produit en grains diminue.

Une sécheresse persistante, avant ou pendant la pousse, donne lieu à un phénomène contraire, car la provision de matières plastiques accumulée dans la racine est employée en proportion beaucoup plus forte à la production des semences ; en pareil cas le rapport de la paille au grain est moins élevé que dans des conditions atmosphériques ordinaires.

En tenant compte de toutes ces circonstances, il ne reste, pour l'examen des rendements obtenus sans fumure dans les expériences saxonnes, qu'à fixer l'attention sur quelques points généraux.

Un regard jeté sur notre tableau montre que chacune des terres possédait une puissance productive propre, et que les produits du seigle et de l'avoine en grains et en paille, pas plus que ceux des pommes de terre et du trèfle, n'ont été les mêmes sur aucun des champs.

En examinant les nombreuses expériences faites sur les engrais dans ces dernières années, et où l'on a tenu compte des rendements fournis par les pièces de terre non fumées, on s'apercevra que ce résultat s'est constamment manifesté et ne souffre pas d'exception. Il n'existe pas deux terres qui soient identiques sous le rapport de leur puissance productive, et l'on peut même dire que, sous ce rapport, il n'y a pas dans un champ deux places exactement semblables. On n'a qu'à examiner un champ de navets ou de betteraves, et l'on s'apercevra aussitôt que chaque racine diffère en volume et en poids même de sa plus proche voisine. Ce fait est tellement connu et reconnu, que, dans tous les pays où le sol est frappé d'un impôt, la taxe varie d'après la qualité de la terre, et qu'en certains endroits on compte huit, et dans d'autres douze ou seize classes ou catégories de terrains.

Comme la puissance productive diffère dans tous les sols, et que pourtant chacun d'eux doit nécessairement contenir les éléments des produits qu'il livre, ce fait nous indique que les principes nécessaires à la production du grain et de la paille, des racines, des pommes de terre, du trèfle ou de toute autre plante doivent différer dans tous les terrains. Chez l'un, les matériaux qu'exige la production de la paille prédominent sur ceux qui sont indispensables à la production du grain; chez un autre, on trouve surtout les principes qui favorisent la croissance du trèfle, etc.

La nature des éléments varie en quantité et en qualité. Mais il va de soi qu'il ne peut ici être question que de ceux qui peuvent être mesurés ou pesés.

Les rendements que produit une terre ne peuvent fournir aucune donnée sur la quantité d'éléments nutritifs qu'elle contient. C'est ainsi que si le champ de Mäusegast

a fourni le double de grain et $\frac{1}{3}$ de paille de plus que celui de Cunnersdorf, il n'est pas permis d'en conclure qu'il contenait les éléments nécessaires à la production du grain et de la paille en quantités supérieures et proportionnelles à son rendement. En effet, deux ans plus tard, et sans avoir reçu d'engrais, le champ de Cunnersdorf a donné une récolte d'avoine double en grains et en paille de celle de Mäusegast, et, à la quatrième année, il a fourni au delà de 60 p. c. de trèfle en plus. Cependant le trèfle réclame, et tout aussi impérieusement que lui, quelques-uns des plus importants éléments nutritifs du blé, et ceux que demande l'avoine sont identiquement les mêmes que ceux qu'exige le seigle.

Quand une terre donne un rendement plus élevé qu'une autre, cela indique que les racines en y pénétrant ont trouvé à l'état assimilable et ont absorbé une plus forte proportion des éléments nutritifs qu'elle contenait. Cela ne prouve pas que la provision y était plus grande que dans l'autre; car il se pourrait fort bien que celui-ci contînt beaucoup plus d'éléments nutritifs, mais qu'ils ne s'y trouvassent pas dans un état où les racines des plantes pussent s'en emparer et se les assimiler.

Les rendements élevés sont des indices certains que les matières nutritives se trouvent dans le sol sous une forme assimilable et sont accessibles aux racines, mais leur durée seule atteste que la provision de nourriture est abondante.

Quand un sol fournit des produits plus élevés qu'un autre, cela prouve que les particules nutritives y sont plus rapprochées. Les rendements abondants dépendent donc de la condensation des principes alibiles. Le tableau suivant fera peut-être mieux comprendre ma pensée.

Fig. 1. 1851. SEIGLE D'HIVER.

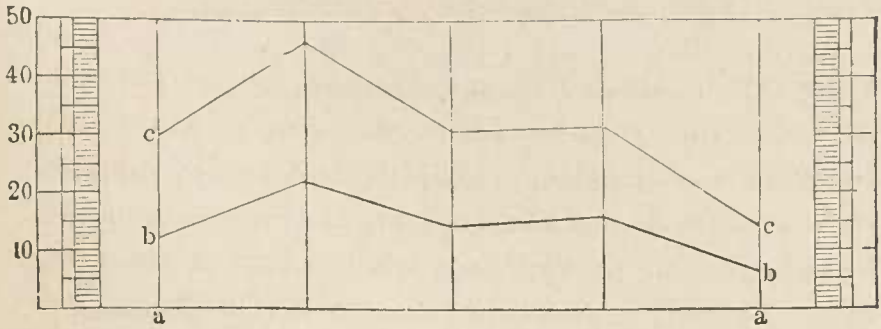


Fig. II. 1852. POMMES DE TERRE.

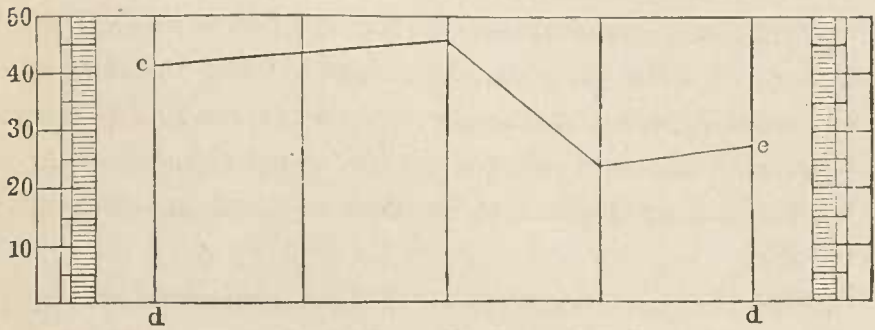


Fig. III. 1853. AVOINE.

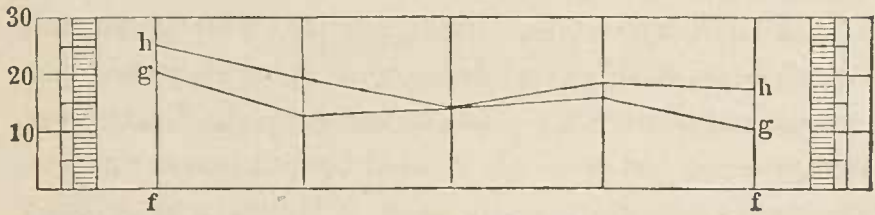
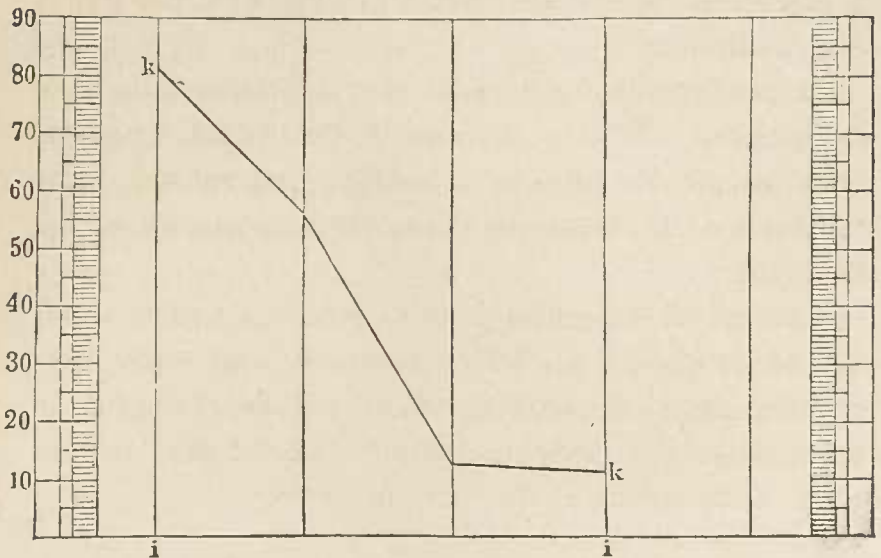


Fig. IV. 1854. TRÈFLE.



Dans la figure I les lignes verticales *a b* représentent le rendement du seigle en grain, et les lignes *a c* celui en paille ; dans la figure II, les lignes *d e* désignent le rendement en pommes de terre ; dans la figure III, les lignes *f g* indiquent le rendement de l'avoine en grains et *f h* le rendement en paille ; dans la figure IV, les lignes *i k* indiquent le rendement de foin de trèfle, sur les terres non fumées dans les expériences saxonnes.

En admettant que les racines du seigle, ainsi que celles des autres plantes, eussent la même longueur et la même structure dans les différents champs, il est certain qu'à Mäusegast les racines de seigle ont rencontré dans le sol beaucoup plus d'éléments nutritifs qu'à Cunnersdorf. La ligne du grain à Mäusegast a le double, et la ligne de paille $1 \frac{1}{3}$ de la longueur des lignes correspondantes pour Cunnersdorf.

Pour un même nombre de plantes et une même longueur de racines, certains principes nutritifs du seigle étaient deux fois aussi rapprochés les uns des autres dans le sol de Mäusegast que dans celui de Cunnersdorf. La ligne qui dans la figure IV. représente le rendement du trèfle à Cunnersdorf, est dix fois aussi longue qu'à Oberbobritsch ; ce qui signifie que les éléments nutritifs du trèfle étaient dix fois plus écartés dans le champ d'Oberbobritsch que dans celui de Cunnersdorf.

Si l'on compare entre eux les produits de divers champs, l'écartement des principes nutritifs du sol sera en proportion inverse de la longueur des lignes qui, sur les figures, indiquent les rendements.

Plus les lignes seront longues, plus les principes nutritifs seront rapprochés ; plus elles seront courtes, et plus ils seront écartés dans les différentes espèces de sols.

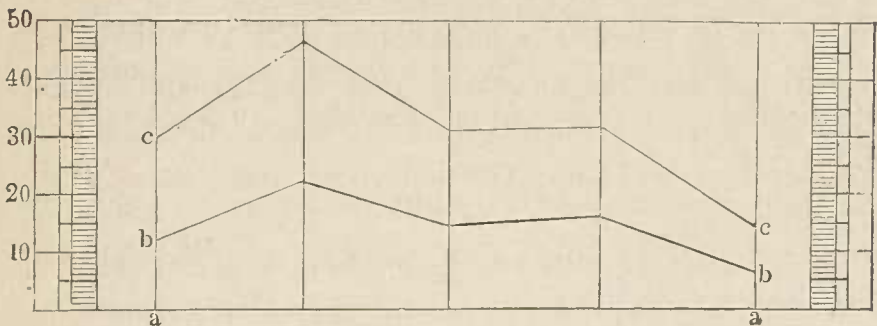
Les lignes qui désignent les rendements en pommes de terre, à Kötitz et à Oberbobritsch, sont entre elles comme 18 : 9. Le produit a été deux fois aussi élevé à Kötitz qu'à Oberbobritsch. Il en résulte que la distance entre les particules nutritives était dans un rapport inverse, savoir comme 9 : 18; c'est-à-dire que dans le sol de Kötitz, elles étaient moitié moins écartées.

Cette manière d'envisager la question est propre à donner, dans certains cas, des idées plus exactes sur la cause de l'épuisement des terres.

Ainsi, à Mäusegast, le seigle et les pommes de terre ont enlevé de l'acide phosphorique et de l'azote à la couche arable; aussi l'orge (*), qui y puise également sa nourriture et qui leur a succédé à la troisième année, a-t-elle donné un produit beaucoup plus faible que le seigle.

1851. Seigle d'hiver.

Cunnersdorf. Mäusegast. Kötitz. Oberbobritsch. Oberschöna.



Les hauteurs des lignes *a b* (fig. I) et *fg* (fig. III), montrent que l'écartement des particules nutritives était beau-

(*) Ainsi qu'on le verra quelques pages plus loin, la culture de l'avoine avait été remplacée à Mäusegast par celle de l'orge.

coup plus considérable au moment où l'orge a occupé le sol. Or le grain d'orge réclame les mêmes aliments que celui de seigle pour son développement, et comme le rendement du seigle a été à celui de l'orge comme 22 : 12, il s'ensuit que les principes alibiles de l'orge se trouvaient dans le sol en proportion inverse, ou comme 12 : 22. A la troisième année, conséquemment, les racines de l'orge ne rencontrèrent plus, pour une même profondeur, que la moitié environ des éléments nutritifs du grain qu'y avait rencontrés le seigle.

Cet exposé n'a pas pour objet d'indiquer un moyen de mesurer exactement l'écartement des principes nutritifs assimilables que le sol renferme, mais bien d'exprimer plus clairement l'idée de l'épuisement des terres. Le cultivateur qui se rend bien compte de la manière dont les récoltes successives influent sur la réduction des produits, est assurément mieux à même de découvrir et d'appliquer les procédés capables de rendre à ses terres leur puissance productive primitive, et de l'augmenter, si c'est possible.

Indépendamment de cette différence dans les rendements généraux, les expériences saxonnes ont encore offert une inégalité remarquable dans les produits en grain et en paille.

Sur 10 parties en poids de grains on a récolté à Cunnersdorf 25, à Kötitz 23, à Oberschöna 21 et à Mäusegast 20 parties seulement de paille.

Un examen plus attentif montre que les produits en grains ont surtout offert de grandes différences. En effet, les champs de

Cunnersdorf.	Kötitz.	Oberbobritzsch.
livrèrent 2951 liv.	3013 liv.	3015 liv. de paille,

ou à quelques livres près, des quantités égales ; tandis que les quantités de *grains* furent à :

	Cunnersdorf.		Kötitz.		Oberbobritzsch.
comme	11	:	12	:	14

En cherchant à se rendre compte de cette inégalité dans la proportion de semences, on découvre en même temps la circonstance qui a déterminé la différence entre les proportions de grains et de paille.

Il ne faut pas perdre de vue, en effet, que la paille, les feuilles, les tiges et les racines naissent du corps farineux des graines, c'est-à-dire des éléments constitutants de la semence, et que ces organes sont destinés à reproduire les éléments de cette semence.

Or la production de la paille précède toujours celle de la semence, et tous les éléments que celle-ci livre à la construction des instruments ne peuvent pas se convertir en graines ; ou, en d'autres termes, plus grande sera, pendant la période de croissance, la proportion des éléments de la semence transformés en paille, moins il en restera pour la formation des graines (*Voir* pag. 56).

Avant la floraison, tous les éléments de la semence sont des parties constituantes de la paille ; mais quand elle est achevée, il s'opère une séparation. La quantité de paille dépend, par conséquent, à conditions de sol et de température égales de la quantité des éléments de la graine qu'elle conserve.

La quantité des semences dépend de la proportion des éléments nécessaires à leur formation qui restent dans la plante entière après que les feuilles, les tiges et les racines ont pris tout ce qu'il leur fallait pour se multiplier et se développer.

Si nous désignons cette partie des éléments de la semence qui peuvent concourir à sa formation par Gr, par aGr la portion de ces mêmes matières qui restent fixées dans la paille, et par P l'excédant de matières fixes que celle-ci conserve, nous aurons :

Gr = (acide phosphorique, azote, potasse, chaux, magnésie, fer),

aGr = une fraction de Gr,

P = (silice, potasse, chaux, magnésie, fer),

et l'on pourra représenter l'ensemble des principes nutritifs que la plante absorbe dans le sol par la formule suivante :

$$(Gr + aGr, P)$$

Cette expression indique que les racines de la céréale ont emprunté aux particules de terre avec lesquelles elles ont été en contact, pour le développement des feuilles, des racines et des tiges, une certaine quantité d'éléments nutritifs, plus un excédant nécessaire à la constitution du grain. Et il est clair que la récolte dépendra de la somme des éléments Gr et P que le sol peut fournir pendant la durée normale de la végétation.

Le rapport entre le grain et la paille résulte de la division que subissent dans la plante même les éléments Gr et P, et dépend de la proportion de ces mêmes éléments contenue dans le sol, ainsi que des circonstances extérieures.

Si la quantité Gr diminue dans le sol, le rendement en grains éprouvera une réduction, mais cette circonstance n'influera que dans certains cas sur le produit en paille.

Si l'on augmente dans une terre la quantité des éléments P, cette augmentation des conditions favorables à la formation des tiges, des feuilles et des racines, doit porter préju-

dice au produit en grains, si le surplus de aGr exigé pour l'accroissement de la paille, doit être prélevé sur la provision de Gr.

Une terre moins riche qu'une autre en éléments Gr, mais mieux pourvue des éléments P, pourra bien donner un produit en paille égal et même supérieur, mais elle fournira toujours un rendement moindre en grains.

Un semblable accroissement de la paille au détriment du grain se remarque lorsque les conditions atmosphériques sont plus favorables à la croissance des feuilles, des tiges et des racines, qu'au développement de la semence. En pareil cas, la période de croissance se prolonge et la plante absorbe davantage des éléments P, qui sont ordinairement en excès et dont l'assimilation exige une quantité un peu plus forte d'éléments Gr, destinés à produire la semence.

Désignons par p l'excédant d'éléments P que le sol cède dans ces circonstances, et par agr le surplus de Gr qui se convertit en paille, et le changement dans le rendement se présentera de la manière suivante :

$$\begin{array}{cc} \text{Grain} & \text{Paille} \\ (\text{Gr} - agr) + & (\text{aGr,P} + agr,p) \end{array}$$

c'est-à-dire que le produit en paille augmente, tandis que celui du grain diminue. Il est évident, en outre, que si, dans un champ possédant un excédant d'éléments P, on augmente la quantité des éléments Gr, la paille s'accroîtra d'abord si la proportion de Gr est insuffisante; mais si celle-ci est plus copieuse, il y aura augmentation de paille et de grains.

Puisque, sauf l'azote et l'acide phosphorique, les éléments de Gr sont également des éléments de P, la récolte augmentera dans le champ dont il est question, si l'on y ajoute de

l'acide phosphorique ou de l'azote ou les deux éléments simultanément.

Si l'on parvient ainsi à doubler la condensation des particules Gr qui existent dans le sol, ou les particules d'acide phosphorique et d'ammoniaque, la récolte peut doubler par l'application de Gr, si les conditions sont très-favorables.

Mais lorsqu'il y a insuffisance d'éléments P, l'augmentation de l'acide phosphorique ou de l'azote n'exercera aucune influence sur le rendement.

Il en résulte que le rendement absolu ou relatif de paille fourni par une récolte de blé, ne permet pas de préjuger la richesse du sol en éléments P; car, dans deux champs également riches, le rendement en paille dépend de la quantité d'éléments Gr qui y sont renfermés, et celui qui en contiendra le plus donnera, dans des conditions égales, le plus fort rendement.

La concordance dans les rendements en paille obtenus sur les champs de Cunnersdorf et d'Oberbobritzsch, ne permet pas de conclure que les éléments P s'y trouvaient en quantité égale, car ainsi que le démontrent les rendements en grains, les quantités de Gr étaient inégales. Les récoltes offraient les rapports suivants :

à Cunnersdorf, comme (14) Gr :	(29) aGr, P,
à Kötitz,	(12) Gr : (30) aGr,P,
à Oberbobritzsch,	(14) Gr : (30) aGr,P.

Nous avons fait remarquer plus haut que les éléments réunis sous les signes Gr et P ne différaient les uns des autres qu'en ce que Gr comprend également l'acide phosphorique et l'azote, mais que tous les autres éléments de Gr sont également ceux de P. Par conséquent, la différence dans les rendements de ces trois champs dépend essentiel-

lement de ce que les racines du seigle ont rencontré et absorbé dans le sol de Kötitz $1/11$, et dans le champ d'Oberbobritsch $3/11$ en plus d'acide phosphorique et d'azote que dans celui de Cunnersdorf.

Si l'on se demande combien d'acide phosphorique et d'azote il aurait fallu ajouter au champ de Cunnersdorf pour élever son rendement au chiffre de celui d'Oberbobritsch, il n'est rien moins que certain qu'une addition de $3/11$ aurait pu suffire, car l'augmentation du rendement en grain est fortement influencée par les éléments P, dont la quantité diffère dans les divers sols et ne peut être connue.

L'addition d'azote et d'acide phosphorique a pour effet de rendre efficaces et assimilables une certaine partie d'éléments P, qui ne l'étaient pas auparavant. Quand le rendement en paille augmente, il ne reste pas $3/11$ d'azote et d'acide phosphorique pour la formation des semences, mais il en manque une certaine quantité correspondante aux éléments P qui ont servi au surcroît du rendement en paille.

En établissant la proportion relative du grain et de la paille récoltés sur la pièce de terre fumée avec de l'acide phosphorique et de l'azote et sur la pièce non fumée, on peut, au surplus, apprécier assez facilement la densité des éléments P disponibles dans les diverses espèces de sols.

Si la pièce non fumée donne le grain et la paille dans le rapport de 1 : 2, 5, et que la pièce fumée fournisse un surcroît de rendement où le grain et la paille soient dans le rapport de 1 : 4, et où, par conséquent, la proportion de paille soit plus forte, c'est qu'évidemment les éléments P s'y trouvaient en quantité prédominante, et, eu égard à ces derniers, il faudrait que la terre contînt une quantité d'acide phosphorique et d'azote beaucoup plus considérable pour

pouvoir fournir un rendement où le grain fût à la paille dans le même rapport que dans celui donné par la terre d'Oberbobritzsch.

Il est de la plus haute importance que le cultivateur apprenne à connaître ses terres et qu'il recherche quel est, parmi les principes nutritifs, celui qui y prédomine. Cette connaissance acquise, il ne sera nullement embarrassé pour choisir parmi les plantes qui profitent surtout de l'élément qui est en excès. C'est quand il sait quels sont les principes nutritifs qu'il doit ajouter à son sol par rapport à ceux qui s'y rencontrent en excès, qu'il est à même d'en tirer le parti le plus avantageux.

Deux terres qui renferment des quantités inégales de principes nutritifs, et où cependant ceux-ci se trouvent associés dans le même rapport, donneront, sans doute, des rendements différents, mais le rapport entre le grain et la paille sera le même.

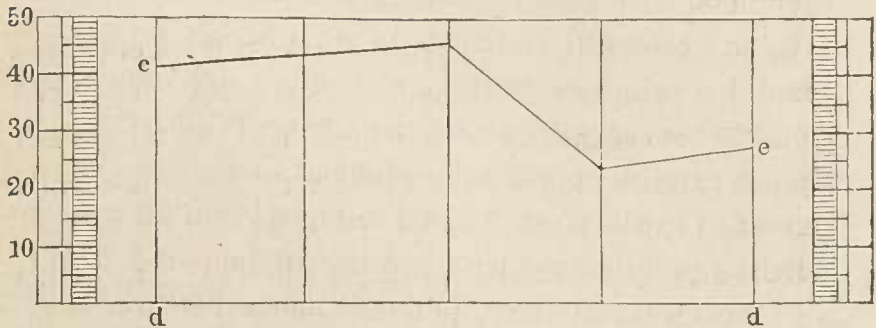
C'est un rapport de ce genre, par exemple, que l'on observe entre le champ d'Oberbobritzsch et celui de Mäusegast. En exprimant la récolte en grain et paille d'Oberbobritzsch par $Gr + aGr, P$, celle de Mäusegast est $= 1 \frac{1}{3} Gr + 1 \frac{1}{5} aGr, P$.

Dans les deux endroits, les terres sont évidemment cultivées avec beaucoup de soins et d'habileté et d'une composition si uniforme, que si l'on connaît le rendement en grain et paille de l'un et le rendement en paille de l'autre, on peut, d'après la formule ci-dessus, calculer le rendement en grain de ce dernier.

Pommes de terre. 1852. — Dans le tableau suivant, les rendements de pommes de terre des cinq localités sont représentés par les lignes verticales *d e*.

1852. Pommes de terre.

Cunnersdorf. Mäusegast. Kötitz. Oberbobritsch. Oberschöna.



La plante de pomme de terre puise ses éléments principaux dans la couche arable, mais un peu plus profondément que le seigle, et les rendements obtenus révèlent mieux les propriétés du sol que les analyses chimiques.

Dans les champs de Mäusegast et de Cunnersdorf, les principes assimilables de la pomme de terre possédaient à peu de chose près la même densité; à Kötitz, ils étaient plus rapprochés de $\frac{1}{10}$, dans le champ d'Oberbobritsch ils avaient un écartement double, et dans celui d'Oberschöna ils étaient plus rapprochés de $\frac{1}{3}$ qu'à Oberbobritsch.

Le champ de Kötitz a fourni le rendement le plus élevé. Les éléments prédominants dans la plante de pomme de terre sont la potasse (pour les tubercules) et la chaux (pour la fane). Néanmoins, la présence d'une certaine quantité d'azote et d'acide phosphorique est tout aussi indispensable au développement de la pomme de terre qu'à celui du blé. La quantité de potasse et de chaux absorbées utilement dépend de l'absorption simultanée de l'acide phosphorique et de l'azote. Si l'un de ces deux éléments, qui, comme on sait, sont également indispensables au froment,

manque dans le sol, le rendement sera proportionnel à l'absorption de ces deux éléments, et, quel que soit l'excédant en potasse ou en chaux, celles-ci seront incapables d'exercer la moindre influence sur l'augmentation des produits.

La couche arable de la terre d'Oberbobritsch était beaucoup plus riche en acide phosphorique et en azote que celle de Kötitz, et cependant le rendement en pommes de terre n'y a été que la moitié de celui obtenu dans cette dernière localité.

Il est donc certain que le champ d'Oberbobritsch renfermait beaucoup moins de potasse et de chaux à l'état assimilable que celui de Kötitz, et, par conséquent, une fumure avec de la chaux seule, ou avec des cendres de bois (potasse et chaux) démontrerait facilement quelle est celle des deux matières qui fait défaut dans le sol.

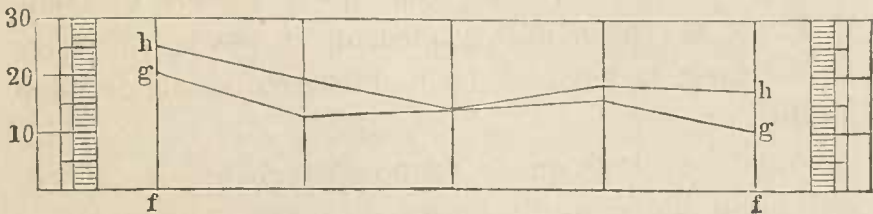
Toutefois, le moindre rendement des pommes de terre à Cunnnersdorf ne permet pas de conclure que la terre était plus pauvre en potasse et en chaux que celle de Kötitz, car la récolte précédente de seigle avait démontré à l'évidence que celle-ci renfermait une plus grande quantité d'acide phosphorique et d'azote. La supériorité du produit des pommes de terre à Kötitz peut donc avoir été due à la présence d'une plus grande quantité de ces deux éléments. Le champ de Cunnnersdorf eût-il été plus riche en potasse et en chaux que celui de Kötitz, il n'en aurait pas moins fourni une moindre récolte de pommes de terre.

Avoine. 1863. La plante d'avoine puise sa nourriture en partie dans la couche arable, mais lorsque le sol le permet, ses racines pénètrent à une profondeur beaucoup plus grande que celles de la pomme de terre; elle possède, dirai-je, une plus grande force végétative que le seigle, et se rapproche

des mauvaises herbes par la puissance avec laquelle elle s'assimile la nourriture.

1853. Avoine.

Cunnersdorf. Mäusegast. Kötitz. Oberbobritzsch. Oberschöna.



Ce qui frappe dans le tableau ci-dessus, c'est la grande inégalité des rendements de deux céréales qui se suivent sur un champ non fumé.

Le champ de Cunnersdorf qui, après celui d'Oberschöna, avait fourni le moindre rendement de seigle en grain et en paille, donne, à la troisième année, le produit le plus élevé en grain et paille d'avoine.

La différence dans l'état et le rapprochement des principes nutritifs des couches profondes se montre ici d'une manière incontestable. Le champ de Cunnersdorf était pauvre dans les couches supérieures, mais les éléments nutritifs étaient abondants dans les couches inférieures. Dans les autres champs, les principes nutritifs allaient en diminuant avec la profondeur.

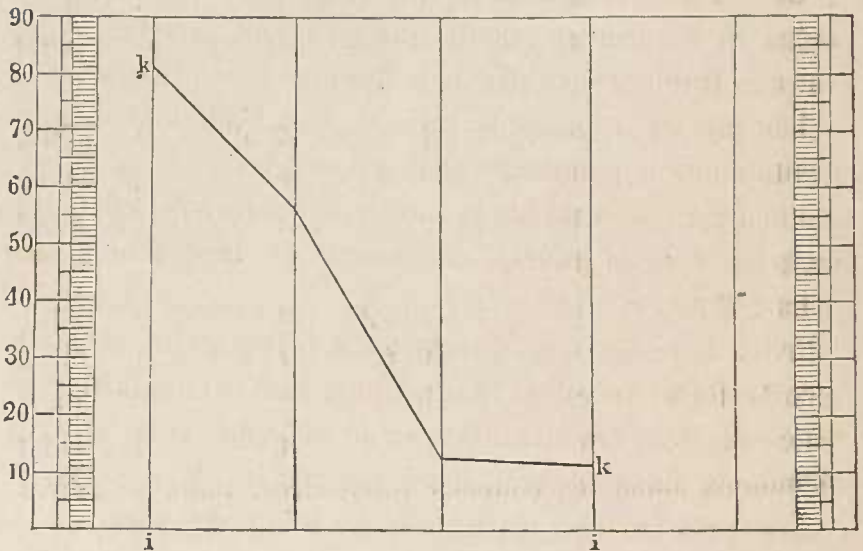
Les rendements du champ de Mäusegast s'appliquent à l'orge et non pas à l'avoine; ils ne donnent donc pas de renseignements sur les propriétés des couches profondes où l'avoine puise sa nourriture, mais ils montrent l'état où le blé qui a précédé, a laissé la couche arable. Le rende-

ment de l'orge en grains, par suite de la perte en acide phosphorique et peut-être en azote subie par le sol, a été beaucoup plus faible qu'on ne s'y serait attendu après la récolte de seigle, et une légère addition de superphosphate ou de guano eût considérablement accru le rendement.

Trèfle. 1854. Les récoltes de trèfle nous fournissent des renseignements sur l'état des couches les plus profondes que les plantes mettent à contribution.

1854. Trèfle.

Cunnersdorf. Mäusegast. Kötitz. Oberbobritzsch. Oberschöna.



La récolte de trèfle à Cunnersdorf a été à peu près double de celle de Mäusegast et décuple de celle d'Oberbobritzsch, et, sans aucun doute, des rendements aussi différents doivent être attribués à l'inégale richesse des divers sols en principes nutritifs du trèfle.

Les éléments nutritifs du trèfle sont, à peu de chose près

les mêmes, quant à leur quantité et à leurs proportions réciproques, que ceux de la pomme de terre (feuilles, tiges et tubercules réunis), et s'il fournit encore de bonnes récoltes alors que la pomme de terre ne réussit plus qu'à moitié, cela dépend principalement de ce que les racines se ramifient davantage. Il serait difficile de trouver deux plantes qui permettent de distinguer plus nettement les couches qui, dans le sol, sont chargées de pourvoir à leur alimentation.

Lorsqu'on plante les pommes de terre dans des fosses de 60 centimètres de profondeur et qu'on les recouvre de terre à mesure que la plante croît, jusqu'à ce que la terre de la fosse soit de niveau avec le sol, on observe que les tubercules ne se forment jamais que dans les couches supérieures; on ne trouve pas de tubercules plus profondément et il n'y en a pas plus que si l'on avait tout simplement planté la pomme de terre à 4 ou 5 centimètres de profondeur. Au moment de la récolte, on découvre, en outre, que les racines situées en dessous de la couche arable sont mortes.

Pour le trèfle, c'est précisément le contraire. Aussi le champ de Kötitz, dont le sol arable était évidemment plus riche en éléments nutritifs pour le trèfle que celui de Cunnersdorf, puisqu'il avait livré une récolte de pommes de terre supérieure de $\frac{1}{8}$, ne s'en ressentit pas, parce que le trèfle va puiser sa nourriture principale dans les couches les plus profondes du sol.

Nous allons maintenant soumettre à nos investigations les rendements qui, dans les expériences saxonnes, ont été obtenus par l'emploi du fumier d'étable sur des parcelles de terre de même nature que celles dont nous venons d'examiner les produits.

*Rendements par acker saxon des champs fumés avec
le fumier d'étable.*

	Cunnersdorf.	Mausegast.	Köitz.	Oberbobritzsch.	Oberschöna.
Fumier d'étable. .	180	194	229	314	897 quint.
1851					
Seigle.	livres.	livres.	livres.	livres.	livres.
Grains .	1513	2583	1616	1905	1875
Paille. .	4696	5318	4019	3928	3818
1852					
Pommes de terre .	17946	20258	20678	11936	16727
1853					
Avoine.					
Grains .	2278	1649	1880	1685	1253
Paille	2992	2475	1742	1909	2576
1854					
Foin de trèfle .	9509	7198	1232	2735	0*
<i>Surcroîts des rendements obtenus par le fumier d'étable.</i>					
(Compar. page 205.)					
1851					
Seigle.					
Grains . . .	337	345	352	452	1167
Paille	1745	736	1006	913	2294
1852					
Pommes de terre.	1279	3362	2101	2185	5632
1853					
Avoine.					
Grains .	259	360	541	157	171
Paille	429	635	385	97	862
1854					
Foin de trèfle .	365	1615	137	1824	0

(*) Le trèfle a été détruit par l'humidité.

On voit encore une fois que les rendements ont été différents sur tous les champs et ne semblent nullement en rapport avec la quantité de fumier employée.

On ne saurait révoquer en doute que si l'on engraisse avec du fumier d'étable une terre épuisée par la culture, elle donne des produits plus abondants que si l'on s'était abstenu de la fumer. Et, si l'excédant de rendement est dû à l'emploi de l'engrais, on devrait croire que les mêmes quantités de fumier appliquées à des sols différents doivent fournir les mêmes excédants. Or le tableau suivant montre qu'il n'en a pas été ainsi dans les expériences saxonnes.

*Surcroîts de rendements obtenus par 100 quintaux
de fumier d'étable.*

	Cunnersdorf.	Mäusegast.	Kötitz.	Oberbobritzsch.	Oberschöna.
1851 et 1853	livres.	livres.	livres.	livres.	livres.
Seigle et avoine 1852	1630	1070	998	515	271
Pommes de terre. 1853	710	1732	918	696	628
Trèfle	203	832	60	580	0

En voyant ces chiffres, personne, assurément, ne se douterait que les rendements qu'ils expriment pour les cinq champs ont été obtenus par l'application d'une égale quantité d'engrais, et surtout de l'engrais universel.

Il n'y a pas la moindre similitude, pas le moindre accord ni dans les rendements du seigle en grains et en paille, ni dans les rendements des pommes de terre, de l'avoine et du trèfle, et il est tout à fait impossible d'en tirer un enseignement qui puisse permettre de déterminer la quantité d'engrais nécessaire pour produire les surcroîts de récoltes.

La même quantité de fumier d'étable a produit en céréales (grains et paille réunis), en 1851 et 1853, à Mäusegast le double, à Cunnersdorf le triple du surcroît obtenu à Oberbobritzsch; le surcroît en pommes de terre à Mäusegast a été double de celui de Kötitz; l'excédant de trèfle obtenu à Mäusegast a été quadruple de celui de Cunnersdorf, et celui d'Oberbobritzsch décuple de celui de Kötitz.

La quantité énorme de fumier employée à Oberschöna n'a pas produit un rendement égal à celui que le champ de Mäusegast avait livré sans aucune fumure.

La composition du fumier d'étable, d'après les nombreuses analyses que nous possédons, est à peu près la même partout, de sorte que l'on peut, sans s'exposer à commettre une erreur bien grande, supposer que dans 100 quintaux de fumier d'étable, chaque champ reçoit les mêmes principes nutritifs et en même quantité.

L'action des éléments du fumier d'étable sur le sol ou sur les particules de terre est partout semblable, et cela semble assurément ne pouvoir se concilier avec ce fait que les surcroîts de rendement ont été fort différents, ou, en d'autres termes, que l'addition du fumier a provoqué dans un sol le mouvement et favorisé l'absorption des éléments nutritifs des céréales et des pommes de terre en quantité double ou triple de celle qui a été assimilée dans un autre. Cette observation ne s'applique pas seulement aux champs

saxons, elle est générale. Nulle part, en aucun pays, les rendements obtenus par l'application du fumier d'étable ne sont concordants, ainsi que le prouve le relevé suivant des produits moyens de diverses plantes dans les différentes provinces du royaume de Bavière.

Rendements moyens des récoltes en Bavière.

(Statistique de Seaffert.)

Produit moyen d'un journal, en boisseaux ().*

	Froment.	Seigle.	Epeautre.	Orge.	Avoine.
Haute Bavière .	1,70	1,80	3,40	1,90	2,31
Basse Bavière	2,50	1,80	3,40	1,90	2,31
Haut Palatinat et Ratisbonne	1,45	1,40	2,70	1,75	1,85
Haute Franconie .	1,20	1,30	2,20	1,50	1,75
Franconie moyenne	1,65	1,40	3,50	1,65	2,25
Basse Franconie et Asehaffen- bourg .	1,70	1,75	2,50	2,00	2,75
Souabe et Neubourg .	1,80	2,00	5,00	2,30	3,50
Palatinat	2,70	2,60	4,80	3,75	3,90

Les rendements obtenus par l'emploi du fumier d'étable ne varient pas seulement dans chaque contrée, ils varient

(*) Un hectolitre pèse en moyenne.

Le boisseau bavarois pèse en moyenne.

Froment.	73 kilogr.	165 — 172,5 kilogr.
Orge.	64	145 — 150
Seigle .	70 »	159 — 162,5 »
Avoine	44	100 — 150 °
Epeautre (sans être pelé)	39,5	87 — 110

encore en chaque endroit et, rigoureusement, on peut dire que toute terre fumée avec la même quantité de cet engrais donne un rendement moyen qui lui est propre.

L'influence du fumier d'étable sur l'accroissement des produits est intimement liée à la constitution et à la composition du sol, et l'inégalité de ses effets provient de la différence dans la composition des terres.

Pour bien comprendre l'action du fumier, il est indispensable de se rappeler que l'épuisement d'un sol dépend de la perte en éléments nutritifs que les particules de terre ont subie à la fin d'une rotation, perte qui, nécessairement, est cause que les récoltes seront désormais moins bien pourvues d'aliments que celles qui les ont précédées.

Cependant la perte d'un élément nutritif n'a pas toujours la même importance au point de vue de l'épuisement du sol.

La perte en chaux que la culture d'une céréale ou du trèfle inflige à une terre calcaire est tout à fait insignifiante pour la récolte suivante, lorsque celle-ci exige pour sa croissance normale une grande quantité de chaux. Il en est de même de la perte de potasse pour une terre qui en est richement pourvue, ou de la perte de magnésie, de fer, d'acide phosphorique ou d'azote pour des sols qui contiennent ces substances en abondance.

En effet, quand un sol est richement pourvu d'un élément nutritif quelconque la fraction enlevée par chaque récolte est tellement minime par rapport à la provision totale que, d'un assolement à l'autre, on s'aperçoit à peine de la perte qu'il a éprouvée.

Toutefois, la pratique démontre que dans le cours d'un assolement les produits des terres éprouvent une diminution, et si l'on veut qu'elles continuent à fournir des rende-

ments aussi élevés que ceux qu'elles ont donnés précédemment, il faut nécessairement leur restituer certains matériaux au moyen du fumier.

Mais si la restitution de la chaux ne peut pas remédier à l'état d'épuisement d'un sol calcaire, pas plus que l'addition de potasse ou d'acide phosphorique dans les terres où ces matières abondent, il est facile de comprendre que si l'on parvient à rétablir la puissance productive d'un champ par l'emploi des engrais, cela provient de ce qu'on lui a restitué des éléments nutritifs qu'il possédait en très-faible quantité et dont la plus grande partie lui avait été enlevée.

Toute terre contient un *maximum* d'un ou de plusieurs éléments nutritifs et un *minimum* d'un ou de plusieurs autres. Que ce minimum soit de la chaux, de la potasse, de l'azote, de l'acide phosphorique, de la magnésie ou tout autre élément nutritif, c'est toujours de lui que dépendent les rendements ; il règle et détermine l'abondance ou la durée des récoltes.

C'est ainsi, par exemple, que si ce minimum était de la chaux ou de la magnésie, les récoltes en grains et paille, en racines, en pommes de terre ou en trèfle, resteraient les mêmes et n'augmenteraient pas, quand bien même on augmenterait au centuple la quantité de potasse, de silice, d'acide phosphorique, etc., qui se trouvent dans le sol. Mais dans un tel champ, les récoltes s'accroîtront par une simple fumure avec de la chaux. De même, on obtiendra souvent en céréales, en racines et en trèfle, des rendements bien plus considérables par une fumure avec des cendres de bois, qu'avec une grande quantité de fumier d'étable. Cela arrivera surtout dans les sols pauvres en potasse.

L'inégalité de l'effet d'un engrais aussi composé que le fumier d'étable s'explique suffisamment de cette manière.

Pour rétablir avec son aide les rendements dans des terres épuisées par la culture, il importe fort peu qu'on ajoute tous les éléments nutritifs que le sol possède en excès. Les seuls éléments qui agissent favorablement sont ceux qui parent au défaut d'un ou de deux éléments nutritifs dans le sol.

Un champ riche en éléments de paille ne peut pas gagner en fertilité par les éléments de paille qui se trouvent dans le fumier, tandis que pour un champ qui en contient peu, ces éléments seront de la plus haute importance.

Sur deux champs, possédant le même excédant en éléments de paille, mais inégalement riches en éléments de grain, la même quantité de fumier d'étable produira des rendements de grains très-inégaux. Ceux-ci, en effet, doivent être en rapport avec les éléments de grain apportés par le fumier; mais comme ce fumier les a fournis aux deux terres en égale quantité et que l'une d'elles en est mieux pourvue, il faudrait que la plus pauvre reçût une fumure beaucoup plus copieuse pour donner le même produit en grains. L'application d'une faible dose de superphosphate aurait plus d'influence sur l'accroissement des produits d'une semblable terre que les plus fortes fumures.

Le fumier appliqué à une terre pauvre en potasse agit par la potasse qu'il contient, et c'est par la magnésie, la chaux, le chlorure de sodium, le chlorure de potassium et le fer qu'il agit sur les terres pauvres en magnésie, en chaux, en chlore et en fer, de même qu'il agit par sa paille sur une terre pauvre en silice.

C'est ce mode d'action qui explique la haute faveur dont le fumier d'étable jouit comme engrais parmi les cultivateurs praticiens. Il contient, en effet, dans toutes les circonstances, une certaine quantité de chacun des éléments

nutritifs enlevés au sol, et il doit, par conséquent, toujours agir favorablement. Son application réussit constamment, et elle évite au praticien la peine de rechercher les moyens propres à conserver à ses terres leur fertilité d'une manière plus convenable, et, assurément, avec moins de dépenses et moins de travail, ou de s'enquérir de procédés aptes à leur communiquer, sans augmentation de frais, un degré de fécondité beaucoup plus élevé et en harmonie avec leur composition.

C'est un fait bien connu dans la pratique, que l'on peut augmenter les rendements d'un grand nombre de sols par du guano, de la poudre d'os, des tourteaux, c'est-à-dire par des matières qui ne renferment qu'un certain nombre des éléments du fumier d'étable; et leur action s'explique très-bien par la théorie du *minimum* que je viens d'exposer.

Mais comme le cultivateur praticien ignore comment ces matières fertilisantes influent sur l'accroissement des produits, il ne saurait en faire une application rationnelle, c'est-à-dire vraiment économique; il en donne trop ou trop peu, ou bien il n'emploie pas la substance qui serait réellement efficace. Il serait superflu d'insister sur l'inconvénient qui résulte d'une application insuffisante, car tout le monde comprend qu'employés dans de justes proportions, les engrais spéciaux auraient, avec le même travail et une légère augmentation de frais, donné le maximum de rendement. Quant à l'emploi de ces mêmes engrais en trop grandes quantités, il repose sur cette idée erronée que leur action est en rapport avec leur masse. Sans doute, l'action est proportionnelle dans certaine limite, mais lorsque celle-ci est dépassée, l'excédant n'exerce plus aucun effet sur le sol.

Un essai de J. Russel (Craigie House, Agr. Journ. of the R. Agr. Soc. vol. 22, p. 86) est peut-être de nature à faire

mieux comprendre ce que nous venons de dire. Dans cette expérience, un champ fut divisé en plusieurs parcelles, puis ensemencé en turneps. Les engrais furent appliqués par bandes de trois lignes; on fit usage de différentes substances, et, entre autres, du superphosphate (de cendres d'os traitées par l'acide sulfurique). Les rendements calculés par acre furent :

N ^{os} des parcelles.	Rendements.
(1) Sans fumure.	340 quint. turneps (variété suédoise)
(11) Également sans fumure	320
(5) Engraissés avec 5 quint.superph.	535
(6) Avec la même quantité superph.	497
(7) Avec 3 quintaux	480
(8) Avec 7 quintaux	499
(9) Avec 10 quintaux	490

Les produits récoltés sur les parcelles non fumées, qui différaient de 20 quintaux par acre, prouvent que la terre manquait d'uniformité dans sa composition et dans sa richesse en principes nutritifs. Au surplus, il résulte d'autres expériences que nous ne pouvons pas rapporter ici, que le champ était plus pauvre dans le milieu que sur les côtés.

Les rendements du turneps montrent clairement que trois quintaux de superphosphate ont produit à peu près le même effet que cinq quintaux, et que les produits ne se sont pas accrus lorsqu'on a employé l'engrais à la dose de dix quintaux.

Dans ces expériences, on n'a pas cherché à déterminer les éléments du superphosphate qui ont particulièrement contribué à l'accroissement des rendements. Or la magnésie et la chaux, tout aussi bien que l'acide sulfurique et

l'acide phosphorique, sont des aliments indispensables au turneps, et j'ai souvent eu l'occasion de remarquer que, dans un champ, le plâtre associé au sel de cuisine, et dans un autre, le phosphate de magnésie, augmentaient les produits des navets dans une plus forte proportion que le phosphate de chaux, quoique assurément celui-ci agisse le plus efficacement dans la plupart des terres.

Pour bien comprendre ces faits, il faut se rappeler que la loi du minimum ne s'applique pas à un seul élément nutritif, mais à tous. Si, dans un cas donné, les produits d'une récolte quelconque se trouvent limités par un minimum d'acide phosphorique, ils s'élèveront quand on accroîtra la quantité d'acide phosphorique, jusqu'à ce que celui-ci se trouve en justes proportions avec la quantité de l'élément nutritif qui, à son tour, devient minimum.

Si l'acide phosphorique ajouté dépasse le chiffre qui, par exemple, correspond à la quantité de potasse ou d'ammoniaque que le sol renferme, l'excédant restera sans effet. Avant l'application de l'acide phosphorique, la quantité de potasse ou d'ammoniaque contenue dans le sol était un peu plus grande que celle de l'acide phosphorique, et c'est pour cela qu'elle était restée sans effet. L'addition d'acide phosphorique l'a rendue active; mais l'excédant d'acide phosphorique doit rester tout aussi inactif que l'était auparavant l'excédant de potasse.

Tandis que précédemment la récolte était en rapport avec le minimum d'acide phosphorique, elle sera maintenant en rapport avec le minimum de potasse ou d'ammoniaque, ou de toutes les deux. Quelques expériences pourraient seules résoudre la question. Si, après l'application du superphosphate, le minimum appartenait à la potasse ou à l'ammoniaque, les récoltes s'accroîtraient par une addition corres-

pondante de potasse ou d'ammoniaque ou de l'une et de l'autre. Dans les mêmes expériences de Russel on obtint, par l'emploi de 6 quintaux de guano, qui correspondent à 2 quintaux de superphosphate, un rendement de 630 quintaux de turneps, c'est-à-dire 130 quintaux de plus qu'à l'aide du superphosphate. — Mais il reste toujours à décider si l'accroissement du produit est dû à la potasse ou à l'ammoniaque du guano.

Si l'on envisage les quantités de fumier employées sur les cinq champs dans les expériences saxonnes, on est naturellement tenté de se demander la raison de cette différence dans les doses.

La première réponse que l'on fera est, probablement, que le cultivateur donne ce dont il dispose, ou bien qu'il règle les doses de fumier d'après certains faits. Ainsi, quand la pratique lui a appris qu'une certaine quantité de fumier d'étable rétablit les rendements primitifs, et qu'une fumure plus forte n'augmente pas le rendement ou bien ne l'augmente pas en raison de la quantité qu'il surajoute, ni en raison des frais de production du fumier, il se borne nécessairement à une quantité moindre.

Ce n'est donc pas par caprice qu'à Cunnersdorf le cultivateur s'est contenté de donner à son champ 180 quintaux de fumier d'étable, et ce n'est certainement pas non plus par hasard qu'à Oberbobritzsch on en a appliqué 314 quintaux.

Si ce n'est pas le caprice ou le hasard, mais le but à atteindre qui règle les doses de fumier, il est évident que les actes du cultivateur sont dominés par une loi naturelle dont il connaît les effets, mais qui en elle-même lui est inconnue.

Une cause qui réside dans le sol règle donc les doses de

fumier qu'on lui applique au début d'un nouvel assolement pour lui restituer sa puissance productive, et il n'est pas difficile de comprendre qu'elles doivent être en rapport avec les éléments actifs du fumier d'étable que la terre contient déjà. Une terre qui en est amplement pourvue exigera moins de fumier qu'une autre, moins bien partagée sous ce rapport, pour donner le même surcroît de rendement.

Mais comme le fumier d'étable emprunte ses éléments actifs surtout au trèfle, aux plantes-racines et à l'herbe des prairies, il est assez naturel d'en conclure que la dose de fumier nécessaire à un sol est en raison inverse des produits de ces diverses plantes qu'il peut donner sans fumures.

Les expériences saxonnes prouvent que, sous un rapport au moins, cette conclusion n'est pas très-éloignée de la vérité ; car si l'on compare les rendements en trèfle des pièces non fumées avec les quantités de fumier d'étable employées, on trouve :

Rendements du trèfle. 1854.

Cunnersdorf.	Mäusegast.	Kotitz.	Oberbobritsch.	Oberschona.
914½ liv.	5583 liv.	1095 liv.	911 liv.	0 liv.

Doses de fumier.

180 quint.	194 quint.	229 quint.	314 quint.	897 quint.
------------	------------	------------	------------	------------

Le champ de Cunnersdorf, le plus riche en éléments de fumier, a reçu la plus faible fumure, tandis que celui d'Oberbobritsch, qui a donné le moindre rendement, a reçu la plus forte part de fumier d'étable.

Mais le produit du trèfle n'est évidemment pas le seul facteur qui doit intervenir dans la détermination des fu-

mures, car l'acide silicique nécessaire aux céréales ne se trouve qu'en faible quantité dans les éléments constitutants du trèfle, et le fumier d'étable doit, par conséquent, être dans un certain rapport avec la quantité d'éléments nutritifs de la paille que le sol renferme déjà.

Si, dans les expériences saxonnes, l'on compare les surcroîts de rendement en grain et en paille de seigle que les champs engraisés avec le fumier d'étable ont produits, on trouve :

Surcroît de rendement par le fumier d'étable, par acker.

	Cunnersdorf.	Kötitz.	Oberbobritzsch.
Quantité de fumier d'étable.	480	229	344 quint.
Grains .	337	352	452 livres.
Paille	4745	4006	913 »

Le champ de Cunnersdorf, évidemment le plus riche en éléments nutritifs pour la paille, et qui avait reçu la plus faible dose de fumier, a, néanmoins, donné le rendement le plus fort en paille. Dans le surcroît de rendement, le grain était à la paille comme 1 : 5, et l'on comprend que c'était ici le cas de ménager le fumier pailleux. On reconnaît également le motif pour lequel le champ d'Oberbobritzsch, relativement plus pauvre en éléments de paille, a dû recevoir 85 quintaux de fumier de plus que celui de Kötitz pour offrir, dans l'excédant de rendement, un rapport entre le grain et la paille (1 : 2) semblable à celui obtenu sur les champs non fumés.

Ces considérations sont peut-être de nature à convaincre le praticien que dans la culture de ses champs, il n'agit pas tout à fait d'après sa propre impulsion et que *les circonstances* et *les éventualités* qui guident ses actes sont des lois naturelles dont il ne possède qu'une idée confuse.

Le plus souvent, quand il agit d'après sa propre volonté, c'est alors qu'il fait mal les choses. S'il veut agir dans son intérêt, il doit, même à son insu, se laisser guider par la nature du sol, et l'on ne peut que s'étonner en constatant jusqu'à quel point l'homme *expérimenté* y est parvenu.

Une exploitation rurale n'est rationnelle que lorsqu'elle est exactement adaptée aux propriétés et à la composition du sol, car ce n'est que quand celle-ci règle l'assolement ou la fumure que le cultivateur peut retirer de son travail et de ses capitaux le bénéfice le plus élevé.

Aussi est-il tout naturel, par exemple, que, vu la grande différence dans la composition de la terre d'Oberbobritzsch et de celle de Cunnersdorf, l'assolement qui convient à l'une ne soit pas également avantageux à l'autre.

Si les cultivateurs se décidaient à faire des expériences en petit (*) pour acquérir une connaissance exacte des aptitudes de leur sol pour les différentes espèces de plantes, ils pourraient aisément, par des essais ultérieurs, déterminer les principes nutritifs qui s'y rencontrent au minimum, et les engrais dont ils doivent faire usage pour obtenir le maximum de rendement.

Dans les questions de ce genre, le cultivateur ne doit prendre conseil que de lui-même; c'est alors qu'il procédera avec le plus de sécurité. Il ne doit ajouter aucune croyance aux assertions d'un chimiste prétentieux qui veut lui prouver, par ses analyses, que ses terres sont inépuisables quant à tel ou tel élément nutritif; car la fertilité de la terre n'est pas en rapport avec la quantité d'une ou de plusieurs substances nutritives que l'analyse y démontre, mais bien avec

(*) Quand le sol est homogène, des expériences de ce genre peuvent très-bien se faire dans des pots que l'on place en terre.

la portion qu'elle peut abandonner aux plantes, et celles-ci seules peuvent la déterminer. Le renseignement le plus précieux que l'analyse puisse donner à cet égard, c'est de fournir des points de comparaison quant à la manière dont deux sols se comportent. Les expériences faites par les fabricants de sucre de betterave en Russie, dans les districts à terre noire (de la Tschernosem), dont la fertilité pour le blé est proverbiale, ont reconnu que cette terre, dans laquelle l'analyse a constaté sur une profondeur de 50 centimètres la présence de 700 à 1000 fois autant de potasse que n'en exige une récolte de betteraves, éprouve, au bout de 3 ou 4 ans de culture, un tel appauvrissement en potasse qu'elle ne livre plus de récoltes de betteraves avantageuses sans qu'on lui restitue cet alcali (*).

Dans les céréales, il n'y a qu'un seul rapport entre la paille et le grain qui soit avantageux, mais il en existe un grand nombre qui sont défavorables. Puisque la paille est l'instrument nécessaire au développement de la semence, il est clair que son poids et son volume doivent être dans un certain rapport avec la quantité de grain ; et l'abondance de

(*) Cette opinion de la richesse inépuisable des terres en potasse est extrêmement répandue. J'extrait d'un journal badois, mai 1861, une note qui, sous ce rapport, ne manque pas d'intérêt. On écrit du district de Bretten :

Les transactions pour la culture de betteraves à sucre qui se font ordinairement au printemps sont pleinement en train dans notre district et l'on garantit cette année pour un quintal de bonne marchandise fr. 1,07 tandis que l'année passée on ne payait que fr. 0,93 c. Malgré cette augmentation de prix et la promesse de primes pour les betteraves distinguées, il n'a pas été conclu beaucoup de marchés dans notre district. Cela est facile à comprendre, car les effets nuisibles de cette culture sur la fécondité des terres sont suffisamment connus. » Ces effets consécutifs se rapportent à des champs qui ont été maintenus en bon état de fumure, car sans celle-ci on ne peut pas compter sur une récolte avantageuse.

la paille, de même que sa rareté, nuisent à la production du grain.

Quand il est reconnu que pour la production du grain sur une terre donnée, le rapport le plus favorable de ce dernier à la paille doit être en poids : : 1 : 2, cette proportion, théoriquement, ne devrait pas être sensiblement altérée dans le surcroît de rendement qui résulte de la fumure du sol, c'est-à-dire que les principes fertilisants devraient être appliqués à ce dernier en quantité et en proportions relatives telles que sa composition restât la même.

On sait que certains engrais favorisent surtout la production de l'herbe, et d'autres celle de la semence. Les phosphates augmentent généralement le produit en semences, et l'on sait que quand le plâtre détermine un accroissement dans la récolte du trèfle, il en résulte une diminution considérable dans la production de la graine. Par la culture des pommes de terre ou des topinambours, on peut diminuer les matières qui favorisent le développement de l'herbe et qui se trouvent en excès dans la couche arable. En théorie, le maintien d'une certaine uniformité dans la composition du sol n'est donc pas impossible; seulement, on ne peut y arriver quand le système de culture est uniquement basé sur la production du fumier d'étable. Je démontrerai plus loin que son emploi prolongé et exclusif modifie la composition du sol après chaque assolement.

Le seul point que nous ayons encore à examiner dans les expériences saxonnes, c'est la profondeur à laquelle les éléments du fumier ont pu pénétrer dans le sol. La profondeur qu'atteignent les alcalis, l'ammoniaque et les phosphates en dissolution, dépend naturellement du pouvoir absorbant de la terre. Si nous nous figurons, ce qui n'existe pas en réalité, les champs divisés en dessous de la

surface en différentes couches délimitées, il en résulte, par exemple, que dans le champ de Cunnersdorf, le trèfle n'a tiré aucun avantage de la fumure, car le rendement de trèfle n'a dépassé que de 4 pour cent celui obtenu sur la pièce non fumée; à Mäusegast, il s'est accru par la fumure de 30, et à Oberbobritzsch de 200 pour cent. Cela veut dire qu'à Mäusegast et à Oberbobritzsch, certains éléments nutritifs indispensables au trèfle ont pénétré dans le sol à une profondeur beaucoup plus grande qu'à Cunnersdorf et Kötitz, ou bien, ce qui est la même chose, qu'en ces deux derniers endroits, ils ont été retenus par les couches supérieures. Les rendements de la pièce non fumée de Cunnersdorf, mis en parallèle avec les autres, ont prouvé qu'elle ne le cédait pas, sous le rapport de la richesse en éléments de paille, aux champs de Kötitz et d'Oberbobritzsch, mais qu'elle était beaucoup moins bien partagée sous le rapport des principaux éléments nutritifs du grain, l'acide phosphorique et peut-être l'azote. Si l'on appliquait à ces terres les mêmes doses de phosphates et d'ammoniaque, la couche supérieure du champ de Cunnersdorf en retiendrait une quantité beaucoup plus grande que les deux autres, parce qu'elle en est moins bien pourvue.

L'accroissement que l'on remarque dans le rendement des pommes de terre, ainsi que du grain et de la paille d'avoine, atteste que certains éléments du fumier d'étable ont pénétré jusqu'aux couches du sous-sol, dans lesquelles la masse principale des racines de l'avoine puise sa nourriture, et cette couche, grâce à sa richesse en éléments de grain et de paille supérieure à celle de la couche arable, a permis la pénétration d'une petite quantité d'éléments nutritifs jusqu'au trèfle.

Si l'on compare ce résultat à celui de Kötitz, en considérant le faible rendement de l'avoine en paille et en grains obtenu dans cette dernière localité, on ne tardera pas à s'apercevoir que les couches profondes du sol étaient beaucoup plus pauvres en éléments de grains et de paille que dans celui de Cunnersdorf qui, cependant, en contenait beaucoup moins dans les tranches supérieures.

Bien que le champ de Kötitz eût reçu au delà de $\frac{1}{4}$ de fumier d'étable en plus que celui de Cunnersdorf, il n'y en eut cependant qu'une partie très-insignifiante qui pénétra jusqu'au trèfle, parce que la couche immédiatement supérieure avait retenu les éléments nutritifs nécessaires à la légumineuse, qui ont principalement profité à l'avoine. Le surcroît de produit en grains d'avoine de Kötitz a été double de celui de Cunnersdorf. Les mêmes rapports se sont présentés à Mäusegast. Vu la richesse extraordinaire de la couche arable en éléments de grain et de paille, son pouvoir d'absorption et de fixation a été relativement plus faible pour les éléments du fumier devenus solubles, dont une portion très-considérable a pénétré dans les couches les plus profondes. L'accroissement uniforme des rendements successifs qui s'est manifesté à Oberbobritzsch par l'application du fumier d'étable, prouve une diffusion très-uniforme de tous les éléments actifs de l'engrais, à peu près comme dans un sol qui, sans être précisément sablonneux, contiendrait cependant une plus forte proportion de sable que les autres terres dont il a été question.

Il est facile de comprendre que la connaissance du pouvoir absorbant de ces différents sols mettrait le cultivateur à même de déterminer d'avance la profondeur à laquelle pénétreront les éléments nutritifs contenus dans le fumier, et, assurément alors, il pourrait, pour les distribuer d'une

manière convenable et avantageuse, faire un usage plus fructueux des moyens mécaniques dont il dispose.

Il serait superflu d'étendre davantage ces considérations. Mon but est d'attirer l'attention du cultivateur sur les phénomènes qui se passent dans le sol qu'il cultive, parce qu'en les observant attentivement, il s'habituerait à rechercher la cause qui leur donne naissance. C'est par ce moyen qu'il arrivera à connaître exactement la nature de ses terres.

L'observation et la réflexion sont les conditions essentielles de tout progrès dans la connaissance de la nature, et l'agriculture offre à cet égard une mine fertile à exploiter. Quel sentiment de bonheur et de satisfaction ne doit pas pénétrer l'âme de l'homme qui est parvenu, sans augmenter son travail et ses dépenses, mais simplement en utilisant d'une manière habile et intelligente la connaissance exacte des propriétés caractéristiques de son sol, à en retirer d'une manière permanente un grain de plus; car ce résultat est non-seulement de la plus haute valeur pour lui-même, mais encore pour l'humanité tout entière!

Combien tout ce que nous créons et tout ce que nous découvrons paraît petit et mesquin en présence de ce que le cultivateur peut obtenir!

Tous nos progrès dans les sciences et dans les arts n'augmentent pas les conditions de l'existence des hommes, et quand bien même une partie de la société y trouverait des jouissances intellectuelles ou matérielles, la somme de misère pour la grande masse reste la même. L'homme qui est affamé ne va pas à l'église, et pour que l'enfant apprenne quelque chose à l'école, il ne faut pas qu'il y arrive l'estomac vide, il faut même qu'il ait un morceau de pain en poche.

Le progrès agricole, au contraire, calme les besoins et les soucis des hommes et les rend impressionnables et accessibles à tout ce que les arts et les sciences acquièrent de bon et de beau; seul, il donne aux autres progrès leur base et leur véritable consécration.

Nous allons maintenant considérer d'une manière plus attentive les modifications qu'un sol donné subit dans sa composition par l'application du fumier d'étable. La cause du rétablissement de la puissance productive par le fumier d'étable est la même dans tous les champs indistinctement, quelque différents que puissent être les assolements adoptés, ou les plantes que l'on y cultive.

Par la culture du blé et la vente du grain, le sol arable perd une certaine quantité d'éléments du grain qui doivent être restitués par le fumier d'étable pour que les rendements antérieurs se renouvellent.

Cette restitution se fait par la culture des plantes fourragères, des racines, du trèfle, de l'herbe, etc., qui servent de fourrage dans l'exploitation même, et dont les éléments proviennent en grande partie des couches profondes que les racines des céréales n'atteignent pas.

Ces plantes fourragères sont consommées soit sur le champ même, comme en Angleterre, soit à l'étable. Une fraction des principes nutritifs contenus dans les plantes demeurent dans le corps des animaux qui les ont consommées, tandis que le restant s'échappe sous forme d'excréments solides et liquides et devient partie constituante du fumier d'étable, dont la masse principale se compose de la paille qui a servi de litière.

En Allemagne, on ne fourrage pas les pommes de terre directement, mais sous forme de résidus des distilleries, qui renferment toute la somme des éléments nutritifs en-

levés au sol par la pomme de terre, et, en outre, les éléments de l'orge qui a servi à la fermentation.

Comme par le fumier d'étable on rend généralement au sol toute la paille qu'il a livrée pendant l'assolement précédent, il se trouve, au début d'un nouvel assolement, tout aussi riche qu'auparavant en éléments producteurs de paille ; il n'y a donc, dans ces circonstances, aucune raison pour que le rendement en paille diminue.

En ce qui concerne les fourrages consommés, le trèfle, les racines, les résidus, etc., il reste très-peu de leurs éléments dans le corps des animaux de travail des chevaux et des bœufs, et, en général, des animaux adultes que l'on en nourrit, et dont le poids vif ne subit pas de modification sensible. Mais une partie de ces fourrages se fixe dans le corps du bétail d'élève, dans la laine des moutons, dans le lait et le fromage ; cette portion ne revient pas au fumier et ne retourne pas au champ. En estimant la perte d'acide phosphorique et de potasse que le champ subit par l'exportation des animaux et de leurs produits (laine, fromage, etc.), à $\frac{1}{10}$ de l'acide phosphorique contenu dans les pommes de terre, les racines ou le trèfle, on compte peut-être trop. Dans tous les cas, on ne s'éloignera pas beaucoup de la vérité en admettant que les $\frac{9}{10}$ de tous les éléments des racines, pommes de terre ou trèfle sont restitués au champ par le fumier d'étable ; et de cette manière, quand le sol arable a été fumé pour le nouvel assolement, il devient plus riche en éléments de pommes de terre, de trèfle et de racines qu'il ne l'était auparavant, puisque ces derniers proviennent en partie des couches profondes.

La plus grande partie des éléments actifs du fumier est retenue par les couches supérieures du sol, et les couches profondes ne récupèrent qu'une très-faible partie de ce

qu'elles ont perdu ; c'est pour cette raison que la faculté de donner des rendements de trèfle et de racines aussi élevés que les précédents, ne se rétablit pas.

Les éléments du sol que les animaux ont empruntés aux racines, au trèfle, aux pommes de terre, etc., et qui se fixent dans l'organisme, se rapprochent beaucoup, pour la quantité et la qualité, de ceux des graines céréales ; et l'on peut ainsi estimer que la perte subie par la terre équivaut à la somme du grain exporté, plus les éléments de grain que les fourrages abandonnent aux animaux en traversant l'organisme.

Pour qu'une terre continue à donner la plénitude des rendements, il faut nécessairement que les conditions de production restent intactes. Ainsi, l'on ne peut espérer qu'un sol continue à fournir les mêmes produits en grains, si l'on ne restitue à la couche arable tous les éléments nutritifs qui lui ont été enlevés.

Si le fumier d'étable ne contenait que les éléments de la paille et des pommes de terre et rien de plus, son application rendrait à la couche arable la faculté de produire une récolte de paille et de pommes de terre, mais pas celle de donner une récolte de grain égale à celle qui l'a précédée. La couche arable conserve sa richesse en principes nutritifs pour la paille et les pommes de terre, mais elle est appauvrie de tous ceux qui ont été exportés avec le grain.

Pour que le fumier d'étable puisse rétablir le rendement en grain, il doit nécessairement contenir une quantité d'éléments équivalente ou supérieure même à celle qu'il a perdue ; cela dépend naturellement de la somme d'éléments producteurs de grain qui ont passé dans le fumier d'étable après la consommation du trèfle et des racines.

Si la restitution est plus grande que la perte, la couche

arable s'enrichit en réalité en éléments de grain ; mais elle s'enrichit également dans ce cas des conditions nécessaires à l'accroissement du rendement en paille et du rendement en tubercules. Lorsque le fumier d'étable , grâce aux éléments fournis par le trèfle ou les racines, augmente la quantité d'acide phosphorique et d'azote contenue dans le sol arable , la potasse et la chaux y augmentent en proportion encore plus forte , et l'acide silicique s'y accroît également un peu , et comme le fumier d'étable rend au champ tous les éléments de la paille qui ont été enlevés, les récoltes de grain, de paille et de pommes de terres doivent s'accroître.

Cet accroissement de rendement de toutes les plantes cultivées qui empruntent à la couche arable leurs éléments principaux, peut durer très-longtemps, mais, dans tous les sols, une limite lui est assignée.

En effet, dans tous les terrains il arrive un moment où le sous-sol, qui se comporte envers le trèfle et les racines absolument comme la couche arable envers les céréales, diminue de fertilité pour ces fourrages, parce que ses éléments nutritifs, l'acide phosphorique, la potasse, la chaux, la magnésie, etc., lui sont constamment enlevés et non restitués. Alors, les éléments nutritifs dérobés à la couche arable par le blé, ne peuvent plus être remplacés par la provision que le trèfle et les racines allaient chercher dans les couches plus profondes au bénéfice des couches supérieures. Cependant, les rendements élevés ne diminuent pas immédiatement, bien s'en faut, même quand le trèfle commence à manquer ; car si la couche arable a reçu, à chaque rotation, par l'intermédiaire du trèfle et des racines, des éléments de grain en quantité supérieure à la perte occasionnée par l'exportation du blé, ils peuvent s'y accumuler peu à peu et

en telle abondance que le cultivateur se fasse illusion sur la situation réelle de ses terres. Il intercale des cultures de vesces, de trèfle blanc ou d'autres plantes fourragères qui puisent leur nourriture dans les couches supérieures; il réussit ainsi à maintenir son bétail en bon état, et il est persuadé que tout marche comme précédemment, alors que le trèfle et les racines donnaient encore de bonnes récoltes. Pourtant, il n'en est pas ainsi, car, en réalité, il n'y a plus de restitution. Les récoltes élevées de grain s'obtiennent alors aux dépens des éléments nutritifs accumulés en excès dans la couche arable, qui circulent par le moyen des cultures fourragères intercalées, et qui se répandent de nouveau uniformément dans la couche arable par la fumure appliquée à la fin de l'assolement.

Le tas de fumier offrira peut-être plus de poids et de volume que précédemment, mais comme il ne reçoit plus le supplément d'éléments nutritifs que le trèfle et les racines lui fournissaient jadis aux dépens du sous-sol ou des couches plus profondes, sa propriété de rétablir la fertilité de la couche arable diminue constamment. Une fois l'excédant consommé, le moment arrive où les rendements de blé diminuent, tandis que les rendements de paille sont relativement plus élevés qu'auparavant, attendu que les éléments nécessaires à sa production se sont constamment accrus.

Le cultivateur naturellement ne tarde pas à s'apercevoir que ses récoltes de blé diminuent. Pour y remédier, il a recours au drainage, il perfectionne les façons mécaniques, il choisit d'autres plantes pour remplacer le trèfle et les racines. Si le sous-sol de ses terres le permet, il intercale dans son assolement la luzerne ou l'esparcette dont les racines plus longues et plus rameuses atteignent des cou-

ches encore plus profondes que celles abordées par le trèfle rouge ; en dernier ressort, il cultive le lupin jaune, la véritable plante de famine.

Ces *améliorations* que, dans la pratique, le cultivateur considère comme des progrès, parviennent, dans le système de culture au moyen du fumier d'étable, à accroître de nouveau les rendements de blé ; il peut, à la vérité, s'accumuler dans la couche arable, une nouvelle provision d'éléments nutritifs provenant de magasins plus profonds ; mais ceux-ci à leur tour se videront peu à peu, et la provision de la couche arable s'épuisera également.

Voilà la fin naturelle du système de culture basé sur la production du fumier d'étable.

Les champs qui ont servi aux expériences en Saxe offrent de très-bons exemples des diverses phases que parcourent les champs en général, quand le système de culture repose exclusivement sur la production du fumier d'étable.

Le champ de Cunnersdorf se trouve dans la première, celui de Mäusegast dans la seconde, ceux de Kötitz et d'Oberbobritsch dans la troisième des périodes que nous venons d'assigner au système basé sur l'emploi du fumier d'étable.

A Cunnersdorf, la couche arable épuisée par l'exploitation antérieure, s'enrichit à chaque assolement des éléments nécessaires à la production du grain. Le trèfle ne répare pas seulement la perte occasionnée par la culture du blé, il doit s'accumuler insensiblement dans la couche arable un excédant notable de tous les éléments nutritifs ; et, après un certain nombre d'années, en supposant que l'on continue la culture avec le fumier d'étable, le champ aura acquis toutes les propriétés du champ de Mäusegast. La couche arable acquerra une très-grande fertilité pour le blé et d'autres

produits, tandis que les récoltes de trèfle diminueront. Les champs de Kötitz et d'Oberbobritsch possédaient très-probablement, à une époque antérieure, une nature semblable au champ de Mäusegast; cela ne veut pas dire qu'ils aient jamais donné des récoltes aussi élevées, mais tout simplement qu'à une époque quelconque les pièces non fumées ont fourni des récoltes supérieures à celles de 1851. Sans l'adjonction des prairies ou d'autres terres qui n'entrent pas dans l'assolement, les rendements doivent constamment aller en diminuant; ce que le trèfle donne à la couche arable en ces deux endroits est loin de suffire pour remplacer ce qui lui est enlevé.

En admettant que l'avoine et le seigle aient été exportés en nature, et le 1/10 du produit des pommes de terre et du trèfle sous forme de bétail, le calcul nous donne le résultat suivant (*):

Cunnersdorf.

Exportation.	{	Le sol arable a perdu :	Acide phosph.	Potasse.
		1176 livres grains de seigle.	40,2	5,5 liv.
		2019 livres d'avoine .	45,3	7,7 »
		1/10 de la récolte de pommes de terre.	2,3	1,1 »(**)
		1/10 de la récolte de trèfle.	4,0	2,0 »
		Perte totale.	31,8	46,3 liv.
		Le sol arable a reçu :		
		9/10 de 9144 livres de foin de trèfle	36,18	95,5 »
		Excédant.	4,38	79,2 liv.

(*) La proportion d'acide phosphorique et de potasse a été calculée sur les bases suivantes :

	Seigle.		Avoine.		Pom. de terre.	Foin de trèfle.
	Grains.	Paille.	Grains.	Paille.		
Acide phosph.	0,864	0,12	0,75	0,12	0,14	0,44
Potasse .	0,47	0,52	0,38	0,94	0,58	1,16

(**) La quantité de potasse a été calculée d'après la proportion où elle est

Le sol de Cunnersdorf a par conséquent reçu par le fumier d'étable plus d'acide phosphorique et de potasse qu'il n'en avait dépensé.

La quantité d'avoine et de seigle exportés importe peu dans ce calcul, attendu que l'on ne pouvait exporter que ce que le champ avait produit. Une faible exportation ne pouvait avoir d'autre résultat que d'accumuler dans le sol une plus forte proportion d'acide phosphorique et de potasse.

Mäusegast.

		Acide phosph.	Potasse.		
Perte du sol arable.	{ Grains de seigle. Grains d'orge. 1/10 pommes de terre. 1/10 trèfle.	}	}	35,4	48,4 livr.
				22,0	62,0
				— 43,4	+ 43,9
Le sol arable acquit 9/10 de la récolte de trèfle					
Différence.					

Kötitz.

Perte du sol arable en seigle, avoine, 1/10 pom-		
mes de terre et trèfle	26,4	42,7 livr.
Le sol acquit par le trèfle.	8,5	11,0 »
	<hr/>	<hr/>
Perte.	46,1	4,7 livr.

Pour le champ d'Oberbobritzsch, le compte s'établit à peu près comme pour le dernier. Tandis que le sol de Mäusegast gagne de la potasse par suite des rendements élevés du trèfle, elle diminue, par suite des rendements du blé, dans la terre de Kötitz, qui en était cependant bien pourvue.

associée à l'acide phosphorique dans le grain, à savoir une partie de potasse pour deux parties d'acide phosphorique.

Ces trois champs donnent une idée de ce qui se passe dans tous, quand la culture est basée exclusivement sur la production du fumier dans la ferme, sans le secours d'aucun engrais provenant du dehors.

La restitution au moyen d'achat de fourrages ou de foin récolté sur des prairies naturelles équivaut à l'achat de fumier.

Il est évident que l'on ne peut donner à une terre cultivée plus de fumier qu'elle n'en produit, à moins d'en emprunter les éléments à une autre et de ravir à celle-ci ce que celle-là gagnera.

Quant aux champs fumés, les récoltes de blé, comme aussi, dans beaucoup de cas, les récoltes de trèfle ou de racines y seront plus abondantes. Le sol arable perd davantage par l'exportation du blé, mais il reçoit davantage aussi, parce qu'il se produit plus de fumier d'étable; le résultat final est donc le même.

Dans la culture alterne, on remarque, pendant assez longtemps, que le sol, après chaque assolement, se montre plus riche en potasse, en chaux, en magnésie (les éléments prédominants du trèfle et des racines), et en silice qu'il ne l'était antérieurement. Or ce sont là surtout les matériaux favorables à la végétation herbacée et au développement des racines. Le sol acquiert alors une grande propension à la production des mauvaises herbes (*), comme dit le cultivateur, mal qui est la conséquence naturelle de l'em-

(*) Les plus nuisibles parmi ces mauvaises herbes, sont : le raifort (*Raphanus raphanistrum*), la nielle (*Agrostemma githago*), le bluet (*Centaurea cyanus*), la matricaire (*Matricaria chamomilla*), la chamomille des champs (*Anthemis arvensis*); ce sont toutes plantes qui renferment dans leurs cendres autant de potasse que le trèfle et 7 à 18 pour cent de chlorure de potassium,

ploi continu du fumier d'étable, et pour la destruction desquelles on considère la culture alterne comme indispensable.

On croit ordinairement que le sarclage est le remède contre les mauvaises herbes, mais les façons mécaniques ne peuvent qu'ajourner leur développement, et non pas l'empêcher. Le sarclage prend part à leur destruction, mais, à lui seul, il ne saurait l'accomplir.

En agriculture, dans toutes les circonstances, ce sont les céréales qui règlent les assolements. On les fait succéder à des plantes qui, loin de leur nuire, influent heureusement sur leur développement, mais leur choix est toujours déterminé par la nature du sol.

Dans une terre riche en matières herbacées, il peut être

un sel qui entre dans la composition de l'urine des animaux et que le champ reçoit dans le fumier d'étable.

	Matricaria chamomilla. II	Matricaria chamomilla. I	Anthemis arvensis.	Centaurea cyanus.	Agrostemma githago.
Cendres pour cent.	8,51	9,69	9,66	7,32	13,20
Contenu des cendres :					
Potasse	25,49	32,386	30,57	36,536	22,86
Chlorure potassique.	18,4	14,25	7,15	11,88	7,55
Acide phosphorique.	5,1	7,80	9,94	6,59	6,64
Phosphate de fer	2,39	2,39	4,77	2,34	1,80

utile de faire succéder le froment au tabac ou au colza, et le seigle aux racines ou aux pommes de terre. On comprend que ces plantes, qui enlèvent au sol beaucoup d'éléments herbacés, contribuent à établir entre les éléments de la paille et du grain une proportion plus juste et qui doit être profitable à la céréale qui leur succède, en même temps qu'elles amoindrissent les conditions favorables à la production des mauvaises herbes.

Les considérations auxquelles nous nous sommes livré plus haut, à l'égard des rendements obtenus sans fumure et avec fumier d'étable sur les champs saxons, donnent, à mon avis, une idée parfaitement claire de la manière dont on doit envisager le système basé sur la production de cet engrais. L'histoire de l'agriculture se reflète dans les divers états de ces champs.

Dans les premiers temps ou sur un sol vierge, on cultive blé sur blé, et quand les récoltes diminuent on change de terre. Mais l'accroissement de la population met un terme à cette migration, et l'on cultive alors constamment la même terre, en la laissant alternativement en jachère. On commence, en même temps, à restaurer la puissance productive perdue par le fumier que donnent les prairies naturelles; quand celles-ci ne suffisent plus, on livre le sol à la culture des fourrages. On utilise le sous-sol comme prairie artificielle, d'abord d'une manière continue, puis en ne faisant succéder le trèfle et les racines qu'à des intervalles de plus en plus longs. Enfin, la culture fourragère et, avec elle, l'emploi du fumier d'étable cessent, et le sol se trouve complètement épuisé, car on a usé tous les moyens aptes à restituer aux terres leur faculté productive.

Ce résultat se manifeste naturellement avec une extrême lenteur, et il ne devient apparent que pour les petits-fils et

les arrière-petits-fils. Si, dans le voisinage des exploitations rurales, il existe des terrains boisés, le cultivateur cherche à utiliser les feuilles pour remédier à l'insuffisance delitière; il défriche les prairies naturelles encore riches en matières nutritives et les convertit en terres arables; puis il brûle les bois pour en utiliser les cendres comme engrais. Quand la population commence à diminuer insensiblement, il ne demande plus de produits à la terre que tous les deux ans (comme en Catalogne), puis seulement tous les trois ans (comme en Andalousie) (*).

Il n'est pas un homme sensé qui, en examinant attentivement et sans idées préconçues l'état actuel de l'agriculture, puisse conserver un doute sur la phase dans laquelle se trouve celle de l'Europe. Partout, dans tous les pays où l'homme n'a pas eu soin de conserver à ses champs les conditions nécessaires au retour des moissons, nous les voyons insensiblement passer de l'état le plus prospère à la stérilité et à la désolation. Habituellement, on attribue ces catastrophes aux événements politiques et aux hommes qui, sans doute, peuvent y avoir contribué, mais on peut se de-

(*) L'empereur Charles-Quint publia des ordonnances pour faire remettre en prairies des terres arables provenant de récents défrichements de prairies. Mais Charles-Quint n'était pas le premier. Les premiers rois catholiques, et, auparavant déjà, Pedro le Cruel de Castille, avaient publié des ordonnances semblables. Au commencement du xv^e siècle, Henrique de Castille défendit sous peine de mort l'exportation des bêtes à cornes, mais au commencement du xiv^e siècle, le roi Alonzo Onzeno avait déjà publié des ordonnances pour sauver les prairies et les pâturages (Tableaux d'Espagne, par le baron Charles von Thienen-Aderflycht, Berlin).

Tout cela fut sans succès, car que peut la puissance des monarques, même les plus puissants, contre une loi naturelle dont rien ne peut arrêter les effets!

mander si elles ne sont pas dues à une cause plus profonde et moins saisissable pour l'historien, et si, dans la grande majorité des cas, les guerres meurtrières qui ont éclaté entre les peuples n'étaient pas provoquées par cette loi inexorable de la conservation individuelle. Au premier abord, c'est ainsi que l'on envisage le phénomène, mais quand on l'examine plus attentivement et que l'on considère en même temps combien, en tant qu'elles dépendent du sol, sont bornées et faciles à épuiser les conditions nécessaires à l'existence de l'espèce humaine, on reconnaît que partout où elles n'ont pas été conservées intactes, les peuples ont été les instruments de leur propre décadence, alors que dans les régions du globe (comme en Chine et au Japon, par exemple) où ces conditions n'ont pas été altérées, les populations ont été préservées de cette déchéance.

La fertilité du sol n'est pas sous la dépendance de l'homme, mais il peut la lui conserver, et, en définitive, il est assez indifférent, quant au résultat final, qu'une nation, dont le sol s'appauvrit graduellement, dépérisse lentement, ou que, ne consultant que le droit du plus fort, elle s'empare par la violence d'un pays amplement pourvu des conditions d'existence, après en avoir exterminé la population.

Peut-on envisager comme l'effet d'un simple caprice ou d'un pur hasard, que le cultivateur dans les huertas de Valence obtient annuellement trois récoltes sur le même sol, tandis que, tout à côté, dans une contrée voisine, on ne demande à la terre qu'une seule récolte en trois ans? Est-ce par pure ignorance qu'en Espagne on brûlait les bois afin d'en utiliser les cendres pour rétablir la fertilité des terres arables? (Voir Appendice J.)

Quiconque s'est quelque peu familiarisé avec les conditions naturelles de l'agriculture, doit comprendre que

la pratique usitée depuis des milliers d'années dans la plupart des pays, doit inévitablement entraîner l'appauvrissement et l'épuisement même des pays les plus fertiles, à moins de s'imaginer qu'exceptionnellement, pour les pays cultivés de l'Europe, les mêmes causes ne produiront pas les mêmes effets.

Dans ces circonstances, est-il juste et raisonnable d'ajouter foi aux doctrines de ces insensés qui, dans leurs misérables analyses chimiques, vous démontrent, dans chaque terre qui leur est présentée, une provision inépuisable d'éléments nutritifs, même dans celle qui ne produit plus de récoltes ni de trèfle, ni de racines, ni de pommes de terre, et qui récupère sa fertilité pour ces mêmes productions lorsqu'on y incorpore d'une manière convenable de la cendre ou de la chaux ?

En présence de cette observation journalière que, pour rester fertiles, les champs de blé doivent être fumés au bout d'un petit nombre d'années, c'est un crime envers la société, une atteinte au bien-être de tous, que de propager l'opinion que les plantes fourragères qui fournissent le fumier trouveront toujours dans le sol les éléments nécessaires à leur développement, ce qui revient à dire que la loi naturelle s'applique à quelques plantes, mais non pas à toutes indistinctement. Ceux qui professent de semblables doctrines ne peuvent que contribuer à maintenir l'agriculture dans l'état d'infériorité où elle se trouve aujourd'hui. En Angleterre, on la considère comme une opération purement mécanique, et l'on ne voit dans l'engrais que la graisse nécessaire pour maintenir le mouvement de la machine.

En Allemagne, c'est un cheval usé qui reçoit des coups au lieu de fourrage. Nulle part, on n'apprécie sa véritable

beauté, nulle part on ne la regarde comme une satisfaction de l'esprit, nulle part on ne lui reconnaît, si j'ose m'exprimer ainsi, une âme vivante. C'est pour ce motif, et non à cause de son utilité, qu'elle est au-dessus de tous les métiers, et sa pratique procure à celui qui comprend le langage de la nature, non-seulement tous les avantages qu'il recherche, mais encore des jouissances que la science seule peut donner.

Parmi les maux qui frappent la société humaine, l'ignorance est incontestablement le principal et le plus grand. Quelque riche que soit l'ignorant, sa fortune ne le garantit pas contre la pauvreté, tandis que le pauvre devient riche, s'il a du savoir. Dans son ignorance, le cultivateur ne s'aperçoit pas que son zèle, ses soins et ses peines ne font que hâter sa perte. Les rendements de ses champs diminuent constamment, et, ignorants comme lui, ses enfants et ses petits-enfants seront finalement incapables de se maintenir sur la motte de terre qui les a vus naître. Leurs terres doivent tomber entre les mains de celui qui possède le savoir, car en lui réside la force qui acquiert le capital et la puissance, et qui, d'après une loi naturelle, chasse l'homme sans défense du patrimoine de ses pères.

La loi naturelle veille sur l'animal, qui ne peut pourvoir à ses besoins, et le domine, mais elle ne veille pas sur l'homme, qui doit y reconnaître les desseins de Dieu ; il en est le maître, elle est à son service. L'animal apporte en venant au monde toutes ses facultés et tout son savoir, qui à partir de sa naissance, se développent avec lui et sans qu'il s'en doute. Mais l'homme a reçu du Créateur la raison, ce don qui surtout le distingue de la brute.

C'est la raison qui nous met à même de comprendre l'ordre divin qui préside à toutes choses, qui nous rend maîtres de

nos destinées et qui nous donne la puissance sur les forces terrestres.

L'erreur qui provient du manque de savoir, peut se justifier, car personne n'y persiste quand elle est reconnue, et le combat entre l'erreur et une vérité naissante est la lutte naturelle de l'homme pour augmenter ses connaissances. Celles-ci doivent se fortifier dans ce combat, et si l'erreur reste victorieuse, cela ne prouve qu'une chose : c'est que la vérité doit encore grandir, mais non que l'erreur est la vérité.

De tout temps, le *mieux* a été l'ennemi du bien, mais cela n'explique pas pourquoi, dans tant de cas, l'ignorance est l'ennemie de la raison !

Il n'y a pas de profession qui, pour être exercée d'une manière fructueuse, exige des connaissances plus étendues que l'agriculture, et il n'en est aucune où l'ignorance soit plus grande.

Le cultivateur qui suit le système alterne, dont la pratique repose sur l'emploi exclusif du fumier d'étable, n'a pas besoin d'un bien grand esprit d'observation ; il n'a qu'à vouloir pour se convaincre par de nombreux indices que la production du fumier, poursuivie avec beaucoup de zèle et de travail, ne parvient pas à augmenter la puissance productive de ses terres.

Si le fumier d'étable pouvait en effet rendre d'une manière durable un champ plus riche en éléments nutritifs qu'il ne l'est naturellement, on devrait s'attendre à ce que l'application du fumier pendant cinquante ans, eût été suivie d'une augmentation constante dans les rendements.

Mais si celui qui suit le système alterne voulait comparer, sans préjugé et sans prévention, les rendements avec

ceux qu'obtenait son père ou son aïeul, il s'apercevrait qu'ils n'ont pas augmenté et que, rarement, ils sont restés les mêmes. Dans la plupart des cas, une semblable comparaison montrera que les produits en paille ont augmenté et que ceux en grains ont diminué, et que les derniers sont d'autant moindres que, jadis, ils étaient supérieurs aux premiers. Les cultivateurs reconnaîtront que si leurs pères ont obtenu des récoltes plus élevées qu'ils attribuaient à leurs améliorations, et ont gagné davantage, eux sont obligés de s'imposer de fortes dépenses pour se procurer des engrais qu'autrefois on croyait pouvoir produire. En tout cas, ils s'apercevront que si les engrais peuvent être produits une fois, il est impossible de les reproduire.

Il en sera de même du cultivateur auquel un sol riche permet de conserver le système triennal, et qui, possédant de riches prairies et n'ayant pas encore souffert de la pénurie de fumier, produit des récoltes aussi abondantes et du blé plus lourd que dans le système alterne, et s'imagine que c'est à sa pratique que doivent être attribués les produits que la terre lui donne. Celui-là aussi apprendra par expérience que les champs peuvent s'épuiser et perdre leur fécondité, et que c'est une erreur de croire que tout l'art du cultivateur consiste à savoir transformer du fumier en blé et en viande.

Une loi simple naturelle règle la durée des produits du sol. Si l'abondance d'une récolte est déterminée par la surface qu'occupent les éléments nutritifs contenus dans le sol, la durée des rendements dépend du maintien de ce rapport.

Cette loi de restitution des éléments nutritifs enlevés au sol par les récoltes est la base de la pratique rationnelle, et ne doit jamais être perdue de vue par le cultivateur prati-

cien. En l'observant, il devra peut-être renoncer à l'espoir d'accroître les produits de ses terres, mais il ne doit pas s'imaginer que les récoltes conserveront leur uniformité, s'il enlève au sol les éléments qui servent à leur développement.

Chez tous les cultivateurs qui pensent que les produits de leurs terres n'ont subi aucune réduction, cette loi n'a pas encore révélé son importance. Comme ils s'imaginent qu'ils opèrent sur un excès d'éléments nutritifs, ils croient pouvoir en prendre jusqu'à ce que la pénurie se fasse sentir. C'est alors seulement, suivant eux, qu'il faudra songer à la restitution.

Cette opinion repose sur un manque d'intelligence de leurs propres opérations.

On ne peut certainement pas nier que la fumure d'un champ qui renferme un *excès* d'éléments nutritifs ne soit contraire à un système rationnel de culture; car que veut-on obtenir en augmentant les éléments nutritifs dans un champ où il en existe déjà une partie qui ne peut devenir active, parce qu'elle est en excès!

Mais comment des hommes sensés peuvent-ils parler d'excédants quand, pour avoir des récoltes identiques, ils sont obligés de fumer; quand leurs récoltes baissent, lorsqu'ils ne fument pas?

Le simple fait, disent d'autres, que dans certaines contrées, le Palatinat rhénan, par exemple, l'agriculture prospère depuis les temps des Romains et que le sol y donne encore des rendements aussi riches et même plus abondants que dans d'autres pays, prouve combien il est inutile de songer à l'épuisement des terres par une culture prolongée, car on devrait voir ces phénomènes se produire avant tout dans ces contrées, si tant est qu'ils soient possibles.

Mais la culture arable n'est pas très-ancienne, du moins dans les pays cultivés de l'Europe, ainsi que nous l'apprennent des documents du temps de Charlemagne. Ses ordonnances sur l'exploitation de ses biens (Capitulare de villis vel cartis imperatoris) qui contenaient des prescriptions pour ses régisseurs, ainsi que les rapports à l'empereur des employés chargés par ses ordres d'inspecter ses domaines ruraux (Specimen breviarii rerum fiscalium Caroli Magni), sont des témoignages irrécusables qu'il n'était pas alors question d'une véritable agriculture. On n'y parle presque pas de la culture des céréales, si ce n'est du millet. Dans le Breviarium, on rapporte que les commissaires envoyés à Stefanswerth, un domaine de l'empereur comprenant 740 journaux (iurnales) et où l'on pouvait récolter 600 charrettes de foin, n'y trouvèrent aucune provision de céréales, mais qu'ils y rencontrèrent une grande quantité de bétail, 27 grandes et petites faux, et seulement 7 larges houes pour un domaine aussi vaste!

Sur un autre domaine, il se trouvait 80 corbeilles d'épeautre capables de fournir 400 livres de farine (ou un peu plus de 3 hectolitres), et 90 corbeilles d'épeautre de l'année courante, pouvant donner 450 livres de farine. Il y avait, par contre, 330 jambons!

Dans un autre domaine, l'inventaire se composait de 20 corbeilles d'épeautre (100 livres de farine) de l'année précédente, et 30 corbeilles d'épeautre de l'année, dont une avait été employée pour semence.

On s'aperçoit facilement que c'était l'élevage du bétail qui prédominait, et que la culture du blé ne jouait alors dans l'exploitation qu'un rôle secondaire (*). Un document

(*) Il est à remarquer que Charlemagne introduisit dans ses propriétés le système triennal qu'il avait appris à connaître en Italie.

d'une époque un peu postérieure à celle de Charlemagne, dit à cet égard : « Dans une exploitation rurale on labourera et on ensemencera trois joch avec les semences du seigneur. » (V. Les diverses espèces de céréales et le pain, par le baron de Bibra. Nuremberg, 1860.)

Nous ne possédons donc aucun document authentique qui établisse qu'en Europe, ni en Allemagne, ni en France, à l'exception peut-être de l'Italie, une seule terre ait servi depuis l'époque de Charlemagne jusqu'à nos jours à la culture du blé d'une manière continue, et il serait déraisonnable de vouloir prouver que les terres sont inépuisables, puisque cette idée implique que l'on a constamment demandé des céréales au sol *sans lui restituer* les éléments nécessaires à sa reproduction. Un champ ne devient pas infertile pour le blé parce qu'il a livré des récoltes élevées, mais il cesse de donner des récoltes de blé, si l'on ne remplace pas ce que cette céréale lui a pris. L'élevage du bétail facilite cette restitution et celle-ci est d'autant plus assurée qu'il a pris plus d'extension, surtout si le cultivateur connaît les effets du fumier. Du temps de Charlemagne, on les connaissait bien ; on engraisait les blés d'hiver avec du fumier, et l'on distinguait celui des bêtes à cornes (nommé gor) et celui du cheval (dost ou deist). Le marnage aussi était déjà en usage en Allemagne à cette époque.

En ce qui concerne spécialement le Palatinat rhénan, que l'on invoque comme un exemple de la fertilité inépuisable du sol, j'ai eu l'occasion, l'automne dernier, lors de la réunion du congrès des naturalistes à Spire, de prendre sur les lieux quelques renseignements authentiques. Le Palatinat rhénan bavarois comprend, sur le versant des monts Hardt vers le Rhin, un district d'une grande fertilité. Cette région est habitée par une population excessivement laborieuse,

répandue dans de petites villes et des villages. Presque chaque artisan, jusqu'au tailleur et au cordonnier, possède un petit morceau de terre sur lequel il cultive ses pommes de terre et ses légumes. Il n'est pas question d'exportation de blé de ce district ; on importe, au contraire, des céréales et beaucoup d'engrais de Mannheim, de Heidelberg et même de plus loin. Ce qui se gagne en engrais dans les maisons des villes et des villages est parfaitement apprécié et soigneusement utilisé ; il ne peut donc être question d'épuisement, puisque les éléments nutritifs retournent aux champs. Néanmoins, il n'est pas de contrée en Allemagne où le besoin de fumier se fasse aussi vivement sentir. Sur les grandes routes, on rencontre partout des enfants, avec des corbeilles, qui suivent les chevaux et les porcs pour ramasser leurs excréments, et en 1849, lors du mouvement politique qui eut lieu dans le Palatinat, la requête la plus pressante des paysans, faite en vue d'améliorer leur position, ne demandait aux autorités que la faculté de pouvoir prendre de la litière dans les bois, c'est-à-dire de frustrer ceux-ci de leur fumure naturelle en faveur de leur terre. Sans cet engrais accessoire (bien misérable du reste), l'avenir de leur agriculture paraissait menacé, car une grande partie du fumier passe dans les vignobles et dans les champs de tabac, qui n'en rendent pas, et la pénurie s'aggrave de jour en jour.

Certainement, la plupart des champs cultivés doivent, dans le principe, avoir donné sans aucune fumure, des récoltes successives abondantes, comme cela se voit encore aujourd'hui dans les États-Unis d'Amérique. Mais, parmi toutes les observations, il n'en est pas de plus accréditée et de plus certaine que celle qui établit qu'au bout de peu de générations ces champs seront totalement impropres à la

culture du froment, du tabac et du coton, et qu'ils ne redevennent fertiles que dès qu'on commence à les fumer.

Je sais bien qu'un fait historique n'est pas plus à même de convaincre le praticien ignorant que les faits politiques ne réussissent à éclairer l'homme d'État qui dirige également ses actions d'après les circonstances et les éventualités, et qui se trouve entraîné lui-même alors qu'il croit au contraire donner l'impulsion. Cependant celui qui examine les faits avec réflexion, ne saurait méconnaître que, dans les pays où, positivement, les récoltes de blé se suivent sans interruption et sans éprouver de réduction depuis 4000 ans quoiqu'on ne les fume jamais, la loi de restitution se manifeste d'une manière évidente et avec une grande autorité. Nous savons, en effet, avec certitude que les champs de blé de la vallée du Nil et des bassins du Gange ne conservent leur fertilité que parce que la nature fait elle-même les frais de la restitution. C'est par les inondations et le limon que les eaux y déposent, en exhaussant insensiblement le sol, que ces terres récupèrent la puissance productive que les récoltes leur enlèvent.

Toutes les terres que l'eau du fleuve ne recouvre plus, perdent la faculté de livrer des récoltes sans fumure. En Égypte, on estime les rendements des récoltes d'après la hauteur des crues du Nil, et, dans l'Inde, le défaut d'inondations amène inévitablement la famine.

Dans ces cas d'une évidence frappante, la nature montre elle-même à l'homme raisonnable ce qu'il doit faire pour maintenir la fertilité de ses champs. (V. Append. K.)

L'idée de nos praticiens ignorants qui s'imaginent qu'ils exploitent un excédant, se fonde, d'une part, sur les qualités dont leurs terres sont pourvues, et, de l'autre, sur leur habileté à les spolier. Lorsqu'un homme se crée un revenu en

se servant de la lime pour enlever à mille pièces d'or la valeur d'une seule, la loi le frappe si elle le découvre, et il ne pourra pas justifier son délit en alléguant que personne ne s'en est aperçu, car personne n'ignore qu'une pareille fraude répétée mille fois fera disparaître les pièces d'or. Une loi semblable, mais à laquelle personne n'échappe, punit le cultivateur qui veut nous persuader qu'il connaît l'importance et la durée de la provision d'éléments nutritifs que son sol renferme, et qui s'imagine l'enrichir en donnant aux couches superficielles ce qu'il enlève aux couches profondes.

Il est une autre classe de cultivateurs chez lesquels un demi-savoir s'allie à une intelligence bornée, et qui croient à la loi de la restitution, mais qui l'interprètent à leur manière. Ils prétendent et enseignent que la loi n'est que partiellement applicable aux terres cultivées, et que la restitution n'est nécessaire que pour certaines matières, attendu que les autres s'y trouvent en quantités inépuisables. En général, ils s'appuient sur quelques analyses chimiques sans aucune valeur, et ils font aux cultivateurs crédules (car c'est à ceux-là seuls que de pareilles démonstrations peuvent s'adresser) un compte où ils établissent par des chiffres que leur sol renferme telle ou telle substance en quantité suffisante pour pourvoir aux besoins de cent mille récoltes, comme si la connaissance de ce que la terre renferme pouvait leur être utile, alors que l'on ne peut pas déterminer la portion qui agit efficacement sur les récoltes et qui est la seule importante. C'est avec des données de cette nature qu'ils aveuglent le praticien, et l'empêchent de voir ce que, sans eux, il distinguerait parfaitement. Celui-ci est d'autant plus porté à ajouter foi à cette manière de voir, qu'il aime qu'on le laisse tranquille et qu'on ne le moleste

pas en le forçant à réfléchir, ce qui, dit-il, n'est pas son affaire.

Ceci me rappelle l'histoire d'un fripon qui offrait à un riche gentleman, pour un prix très-élevé, une mine d'oxyde d'aluminium presque pur, après lui avoir prouvé par des ouvrages de chimie que l'oxyde d'aluminium est tout à fait indispensable pour la préparation de l'aluminium métallique, lequel se vendait dans le commerce quatre livres sterling la livre, et dont son minerai contenait près de 80 pour cent. L'acheteur ignorait que ce minerai s'appelle vulgairement « terre de pipe » et n'a qu'une très-minime valeur commerciale, et que le prix élevé de l'aluminium dépend essentiellement des diverses opérations que l'on doit faire subir à l'oxyde pour en extraire le métal.

Il en est ordinairement à peu près de même de la richesse du sol en potasse. Pour agir, celle-ci doit revêtir une certaine forme, qui, seule, lui donne une valeur alimentaire, et si le cultivateur ne sait pas la lui communiquer, la potasse ne lui sert à rien.

L'opinion que le cultivateur ne doit restituer à son champ que certaines matières et qu'il n'a pas à se préoccuper des autres, ne ferait pas de tort si celui qui la partage se bornait à l'appliquer à son propre champ; mais, comme doctrine, elle est fautive et condamnable. Elle spéculé sur le peu d'intelligence du praticien qui, lorsqu'il est parvenu, par certaines modifications pratiques ou par l'emploi de certains engrais, à obtenir de meilleurs résultats que son voisin, aime à les attribuer à lui-même et à son génie, et non pas à sa terre. Il ne sait pas que cet autre a fait les mêmes essais que lui, mais sans succès. Le praticien dépourvu de connaissances suppose que tous les champs sont de même nature que les siens, et il croit naturellement aussi qu'un procédé qui les

améliore doit également améliorer les autres, et qu'un engrais qui lui a été utile doit également être profitable à d'autres. Il s'imagine que ce qui manque à sa terre manque à toutes; que ce qu'il exécute sur son sol, d'autres l'exécutent sur le leur, et que ce qu'il restitue, d'autres aussi doivent le restituer.

Bien que le praticien ne connaisse qu'imparfaitement son terrain, car pour acquérir cette connaissance il faut observer attentivement pendant de longues années; bien que le sol des autres pays lui soit inconnu; bien qu'il ne se soit jamais inquiété de la cause qui détermine les rendements de ses terres, et qu'il sache parfaitement que les conseils des cultivateurs étrangers qui ne connaissent pas sa localité, ne peuvent lui être profitables, quant à la fumure, à l'assolement et au traitement de son propre sol; tout cela ne l'empêche pas de vouloir instruire les autres, et de tenter de leur faire croire que ce qu'il fait est bon, et qu'ils n'ont qu'à l'imiter pour obtenir les mêmes résultats.

Ces opinions prennent leur source dans une ignorance complète de la nature du sol dont la composition et la cohérence sont extrêmement variables.

Nous avons déjà insisté longuement sur ce fait que certaines terres riches en silicates, en potasse, en chaux et en magnésie, ne s'épuisent qu'en acide phosphorique et en azote par la culture du blé, lorsqu'on les traite par le fumier d'étable, et qu'en veillant à la restitution de ces deux éléments, le cultivateur peut se dispenser de leur restituer les autres. Il n'y a rien à objecter à cette observation; mais c'est méconnaître sa valeur que de vouloir tirer des inductions générales de ce cas particulier, et c'est absolument comme si un cultivateur voulait persuader à tous ses confrères qu'il n'y a jamais lieu de se préoccuper de la potasse, de la chaux,

de la magnésie et de la silice, et que les sels ammoniacaux et le superphosphate suffisent pour rétablir la fertilité de tous les champs épuisés.

Un cultivateur peut donc être autorisé par sa pratique à dire que son champ ne peut pas s'appauvrir en potasse, parce qu'il n'en enlève pas, ou bien parce que son champ en contient un excédant, attendu qu'en réalité elle s'y accumule avec chaque assolement. Mais il serait puéril de sa part, de se croire pour cela en droit de dire au premier cultivateur venu dont il ne connaît pas l'exploitation, que son sol contient également un excédant en potasse !

Il y a des millions d'hectares de terre fertile (sols sablonneux ou argileux) où la potasse ou la magnésie ne se trouvent pas en quantité plus grande que l'acide phosphorique, et où l'on doit veiller tout autant à la restitution de ces matières qu'à celle de l'acide.

Il y a des millions d'hectares de champs fertiles qui, comme toutes les véritables terres calcaires en général, sont extrêmement pauvres en potasse et auxquels il faut la restituer sous peine de les stériliser complètement.

Il y a des millions d'hectares de terres fertiles qui sont tellement riches en azote que sa restitution constituerait un vrai gaspillage.

Tandis que le trèfle continue à prospérer sur certains sols riches en potasse quand on les fume avec des engrais riches en acide phosphorique, et que les cendres n'y font, au contraire, aucun effet, celles-ci font pousser spontanément le trèfle sur des sols pauvres en potasse où la poudre d'os n'agit aucunement; et, très-fréquemment, un champ pauvre en chaux et en magnésie devient propre à la culture du trèfle quand on l'enrichit tout bonnement de chaux contenant de la magnésie.

Du moment où le cultivateur produit et vend, indépendamment du blé et de la viande, d'autres denrées, encore le rapport de la restitution change; car avec les rendements moyens en pommes de terre de trois hectares, il exporte les éléments de grain de quatre récoltes de froment d'un hectare, et, en outre, 600 livres de potasse. Avec les récoltes de betteraves d'un champ de trois hectares, il exporte également les éléments producteurs de grains de quatre récoltes de froment et près de 1000 livres de potasse et il n'est plus sûr de la durée de ses récoltes, s'il se borne à restituer l'acide phosphorique enlevé.

De même, le producteur de plantes commerciales ou industrielles : tabac, chanvre, lin, vin, etc., doit strictement observer la loi de la restitution. Convenablement interprétée, elle ne l'oblige pas à se préoccuper avec autant de soins de la restitution de chacun des éléments qu'il exporte; car il serait tout à fait déraisonnable d'exiger du planteur de tabac, qui cultive ce produit sur une terre calcaire ou marneuse, de restituer la chaux qu'il a exportée par les feuilles. Mais la loi lui dit que tout ce qu'on nomme engrais n'est pas utile à ses terres, et elle lui indique les distinctions à établir à cet égard. Elle lui dit ce que son champ a perdu et combien il doit lui rendre pour s'assurer de nouvelles récoltes; elle lui dit de ne pas se laisser guider dans le traitement de ses champs par les opinions de personnes qui ne s'intéressent ni à lui ni à ses champs, mais de ne prendre conseil que de ses propres observations. L'étude attentive des mauvaises herbes qui viennent spontanément sur sa terre peut souvent lui être plus utile, sous ce rapport, que tous les manuels d'agriculture.

Les développements qui précèdent pourraient encore laisser dans l'esprit de certaines personnes étrangères aux

sciences naturelles et qui veulent qu'on leur prouve tout par l'argument irrésistible des chiffres, certain doute sur l'état des champs cultivés de l'Europe et sur la ruine vers laquelle marche notre agriculture par son système exclusif de fumier d'étable. Les relevés statistiques concernant les rendements en grains, relevés, qui ont été provoqués en partie par les gouvernements de l'Allemagne eux-mêmes, seront peut-être de nature à les convaincre.

Pour apprécier à sa juste valeur l'importance de ces relevés statistiques, dans la question qui nous occupe, il faut d'abord se faire une idée bien claire de ce qu'on entend par *récolte moyenne*. On désigne ainsi le rendement moyen, exprimé en chiffres, d'une ou de plusieurs terres ou bien de toutes les terres d'un pays ; et on l'obtient en additionnant les produits de toutes les terres pendant une série d'années, et en divisant la somme par le nombre d'années. C'est en procédant ainsi que chaque contrée arrive à connaître son rendement moyen qui permet d'apprécier les récoltes ultérieures. Et quand on parle d'une demi-récolte, de trois quarts de récolte ou d'une pleine récolte, on entend dire que le produit équivaut à la moitié ou aux trois quarts d'un rendement moyen ou à la moyenne elle-même.

Eu égard à l'état de nos champs de blé, la question se présente de la manière suivante : le chiffre qui désignait à une époque quelconque le rendement moyen s'est-il modifié et, dans l'affirmative, en quel sens ? Le rendement ou le chiffre est-il plus élevé qu'autrefois, est-il resté stationnaire ou a-t-il diminué ? Si le chiffre est plus élevé, il n'y a pas de doute que les rendements des champs se sont accrus ; s'il est resté stationnaire, ils sont les mêmes, et s'il est inférieur, on ne peut hésiter à en conclure que les terres déclinent.

Je choisis, dans ce but, les relevés statistiques des récoltes

de la Hesse rhénane, une des provinces les plus fertiles du grand-duché de Hesse, qui possède un excellent sol à froment et qui est habitée par une population laborieuse, active et, en général, assez instruite. (Communications statistiques sur la Hesse rhénane par F. Dael, docteur en droit et en économie politique et juge au tribunal de Mayence (Mayence, 1849.)

Ces relevés embrassent les années 1833 à 1847, en tout 15 années, et se rapportent par conséquent à l'époque où le guano n'était pas encore employé en Allemagne. L'usage de la poudre d'os y était encore très-borné et ne peut guère être pris en considération.

On considère ou l'on considérerait dans la Hesse rhénane le rendement moyen du froment comme équivalant à 5 $\frac{1}{2}$ fois la semence, ou 25,6 hectolitres par hectare.

En supposant que la récolte moyenne = 1, les rendements dans la Hesse rhénane ont été les suivants :

1833.	1834.	1835.	1836.	1837.	1838.	1839.	
0,85	0,78	0,88	0,72	0,88	0,73	0,61.	
1840.	1841.	1842.	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.
1,10	0,40	0,90	0,74	1,02	0,63	0,75	0,88.

D'où il résulte que la récolte moyenne de ces quinze années n'a pas dépassé les 0,79 des récoltes moyennes antérieures. (V. Append. L.)

Les terres à froment de la Hesse rhénane ont donc, en moyenne, perdu un peu plus du $\frac{1}{5}$ ^e de leur puissance productive.

Je sais tout ce qu'on peut opposer à ces chiffres, quant à l'exactitude des détails et à la fidélité de l'ensemble. Mais

s'il s'y trouve des inexactitudes, celui qui est sans prévention reconnaîtra qu'elles peuvent être tout aussi bien en plus qu'en moins, et qu'il serait assez singulier que toutes les estimations fussent inférieures à la réalité.

Il existe, d'ailleurs, une autre preuve simple, infaillible et irrécusable en faveur des conclusions auxquelles ces chiffres conduisent, c'est que la culture du froment diminue et que celle du seigle augmente, et qu'un grand nombre de champs emblavés autrefois en froment le sont maintenant en seigle.

Appréciée à sa valeur réelle, l'adoption graduelle du seigle prouve une diminution dans la qualité du sol. Le cultivateur ne se décide à cultiver le seigle sur une terre à froment, que quand celui-ci ne donne plus de récoltes rémunératrices.

Dans la Hesse rhénane, on estime la récolte moyenne de seigle à $4 \frac{1}{2}$ fois la semence, et l'on comprend qu'une terre à froment capable de livrer les $\frac{4}{5}$ d'une récolte de cette céréale soit encore en état de livrer une pleine récolte de seigle.

Le rendement moyen du seigle pendant les 15 années prémentionnées a été de 0,96, et s'accorde ainsi très-approximativement avec le rendement admis comme moyen.

L'épeautre a donné dans la même période les 0,79 du rendement moyen ; l'orge les 0,88 ; l'avoine les 0,88 ; les pois, les 0,67 ; mais les pommes de terre ont fourni les 0,98 ; et les choux et les racines les 0,85.

Les relevés statistiques de la Prusse et de la Bavière, dignes de la plus grande confiance, donnent le même résultat, et je ne doute nullement qu'en France et dans tous les pays, sans en excepter l'Angleterre, les rapports ne soient les mêmes. Ce sont là des indices qui témoignent de l'état des

terres cultivées, et qui doivent appeler l'attention sérieuse de tous les hommes qui s'intéressent quelque peu au bien-être public.

Il est de la plus haute importance de ne pas se faire illusion sur les dangers que ces symptômes prédisent aux populations. Lorsqu'un mal doit arriver, on ne le prévient pas en le niant ou parce qu'on manque d'yeux pour l'apercevoir.

Le devoir nous, c'est d'examiner et d'établir consciencieusement les symptômes, une fois la source du mal connue, le premier pas est fait, pour s'en débarrasser à jamais.

Stamp
M. en
184
184



VI

Guano.

Le guano du Pérou renferme généralement 33 à 34 pour cent de substances incombustibles, et 66 à 67 pour cent de substances volatiles (eau et ammoniaque) et combustibles. Ces dernières se composent, pour la plus grande partie, d'acide urique, d'acide oxalique, d'une matière brune de composition indéterminée, et de guanine. L'acide urique y entre parfois pour 13 pour cent, et, d'ordinaire l'acide oxalique pour 8 à 10 pour cent en poids. L'action que l'acide urique exerce sur la végétation n'est pas connue, et il n'est guère admissible que cette substance prenne une part marquée dans l'action du guano. Pour rendre compte de ses effets, il nous reste donc l'ammoniaque et les éléments incombustibles. L'analyse de deux échantillons de guano, faite dans

mon laboratoire par le Dr Mayer et Zöller, a donné le résultat suivant :

100 parties en poids de cendres de guano se composaient de :

Potasse .	1,56 à 2,03
Chaux.	34,0 à 37,0
Magnésie .	2,56 à 2,0
Acide phosphorique .	41,0 à 40,0

Si l'on compare la composition des cendres de guano avec celle des cendres de différentes semences, on remarque aussitôt que les éléments incombustibles du guano ne peuvent pas restituer complètement les éléments fixes enlevés au sol par les graines.

Cent parties en poids de cendres des semences suivantes, renferment :

	Froment.	Fèves et pois.	Colza.
Potasse.	20	40	24
Chaux	10	6	10
Magnésie.	12	6	10
Acide phosphorique .	35	36	36

Ce qui établit la différence principale entre le guano et les cendres des semences, c'est le défaut de potasse et de magnésie dans l'engrais.

La nécessité de la potasse pour la végétation, ainsi que la nécessité de la restituer aux terres qui n'en contiennent guère ou qui en sont épuisées, ne sont généralement pas contestées, mais l'importance de la magnésie pour la production de la semence n'est, en général, pas autant appréciée; il serait à désirer que des expériences particulières fussent faites à ce sujet. Les semences renferment une proportion plus forte de magnésie que la paille, ce qui annonce, indubitablement, qu'elle joue un rôle déterminé dans la fructification, rôle que l'on pourrait peut-être reconnaître

en examinant attentivement des semences d'une même variété de plante renfermant d'inégales quantités de magnésie. On sait que les semences des céréales, bien que contenant une même quantité d'azote, ne renferment pas toujours les mêmes combinaisons azotées, et il est possible que dans la formation des graines, la nature de ces dernières dépende de la présence de la chaux ou de la magnésie, de sorte que des modifications dans la proportion de ces deux terres alcalines donneraient lieu tantôt à des combinaisons azotées solubles (albumine et caséine), tantôt à des composés insolubles (gluten ou fibrine végétale). Il faudrait naturellement, en même temps, tenir compte de la quantité de potasse et de soude.

On attribue, en général, l'effet du guano à la forte proportion d'ammoniaque et d'autres matières riches en azote qu'il contient; mais des expériences exactes (dont il sera question plus loin), entreprises à ce sujet par le comité général de l'association agricole bavaroise, prouvent que, dans beaucoup de cas, l'application de cet engrais a augmenté considérablement les produits en grain et paille, tandis qu'une quantité équivalente d'azote, sous forme d'un sel ammoniacal, appliquée au même sol, la même année et à la même plante, n'a pas produit un rendement sensiblement plus élevé que celui d'une troisième parcelle de la même terre qui n'avait pas été fumée.

Il n'y a pas de doute que, dans beaucoup de cas, l'ammoniaque du guano ne puisse prendre part à la végétation, surtout à l'accroissement de la substance végétale; mais il n'en est pas moins certain que, dans maintes autres circonstances, l'effet du guano doit être attribué à ses autres éléments constituants.

Si l'on compare la cendre de guano avec la poudre d'os

calcinés, la différence n'est pas considérable. Cependant, si l'on emploie ces engrais en proportions telles qu'ils contiennent une égale quantité de phosphate terreux, ou que même la poudre d'os en renferme une quantité double ou quadruple, celle-ci ne produira pas le même effet que le guano. Il en est de même d'un mélange de poudre d'os et de sels ammoniacaux où l'on a introduit l'azote et l'acide phosphorique dans les mêmes proportions que dans le guano; bien que supérieur à la poudre d'os seule, il agit cependant autrement que le guano. La différence principale entre les deux engrais réside dans la rapidité de leur action. L'action du guano se fait sentir dès la première année, souvent même au bout de quelques semaines, et n'est presque plus apparente l'année suivante, tandis que celle de la poudre d'os est proportionnellement faible la première année, et augmente les années suivantes.

La cause de ce phénomène réside dans l'acide oxalique dont le guano du Pérou renferme fréquemment 8 à 10 p. c. Lorsqu'on lave le guano avec de l'eau, celle-ci dissout le sulfate, le phosphate et l'oxalate d'ammoniaque, et si l'on évapore l'extrait, le dernier sel cristallise en abondance. Mais si l'on se borne à humecter le guano, et qu'après l'avoir abandonné à lui-même, on en prenne de temps en temps une portion pour la faire digérer dans l'eau, on remarque que la quantité d'acide oxalique diminue et que celle de l'acide phosphorique augmente dans la dissolution, où, par l'intermédiaire du sulfate d'ammoniaque contenu dans le guano, l'acide oxalique et le phosphate de chaux forment de l'oxalate de chaux et du phosphate d'ammoniaque.

Sous ce rapport, le guano du Pérou est un mélange très-remarquable qu'il eût été difficile d'imaginer d'une manière

plus ingénieuse dans le but d'alimenter les plantes, car l'acide phosphorique qu'il contient ne se dissout que dans le sol humide, et s'y répand alors sous forme de phosphate de potasse, de soude et d'ammoniaque.

L'effet du guano peut donc être comparé avec beaucoup de raison à un mélange de superphosphate de chaux, d'ammoniaque et de sels de potasse, qui, en effet, dans certains cas, donne les mêmes résultats. Mais, dans les sols calcaires, le guano présente un avantage marqué, attendu qu'au contact du carbonate de chaux, le superphosphate de chaux se transforme immédiatement en phosphate neutre, qui, pour se répandre plus loin, réclame un autre dissolvant à l'endroit même où il s'est formé, tandis que le phosphate d'ammoniaque se répand dans la terre à peu près comme s'il ne s'y trouvait pas de carbonate calcaire. Le phosphate d'ammoniaque ($\text{PO}^5 + 3 \text{Az H}^4 \text{O}$) qui se forme quand on humecte le guano, perd à l'air un tiers de son ammoniaque. C'est pourquoi le guano parfaitement sec ne s'altère pas, tandis que celui qu'on humecte (d'une manière frauduleuse, pour en augmenter le poids) perd considérablement de son ammoniaque quand on ne l'emploie pas immédiatement.

Si, avant d'appliquer le guano au sol, on l'humecte avec de l'eau à laquelle on a ajouté un peu d'acide sulfurique, de manière à donner au mélange une légère réaction acide, la décomposition dont nous venons de parler, et qui met ordinairement des jours et des semaines à s'accomplir, se fait en quelques heures.

La raison pour laquelle le guano n'agit pas par un temps sec ne demande pas d'explication, car, en général, rien n'agit sans le secours de l'eau. Mais s'il reste également sans action par un temps pluvieux, cela dépend de ce que

l'acide oxalique est entraîné par l'eau de pluie sous forme de sel ammoniacal, et ne peut pas provoquer la dissolution d'une quantité correspondante d'acide phosphorique. Par le moyen simple et peu coûteux cité plus haut, on peut toujours prévenir cet inconvénient parce qu'on est sûr que dans le guano humecté avec l'acide sulfurique, tout l'acide phosphorique susceptible d'être rendu soluble par l'acide oxalique, passe à l'état de dissolution.

Comme la rapidité d'action d'une substance nutritive appliquée au sol sous forme d'engrais dépend essentiellement de la promptitude de sa diffusion dans le sol, et que celle-ci, d'un autre côté, est subordonnée à sa solubilité, on comprend facilement comment le guano surpasse, sous ces rapports, beaucoup d'autres engrais.

Quant à la certitude de son action, le guano ne peut pas être comparé au fumier d'étable, qui, par sa nature, doit agir dans tous les cas. En effet, par le fumier d'étable, la terre reçoit tous les éléments enlevés au sol dans le cours de l'assolement précédent, pas dans la même proportion, à la vérité, tandis que par le guano on ne lui fournit que quelques-uns de ces éléments. C'est pourquoi le guano ne peut pas remplacer le fumier d'étable. Mais comme, à une petite quantité de potasse près, il contient dans son acide phosphorique et son ammoniacque tous les éléments principaux des produits exportés sous forme de blé ou de viande, l'addition de guano au fumier d'étable en certaine proportion, peut rétablir sa composition et partant celle du champ.

Admettons, par exemple, qu'un hectare de terre ait été fumé avec 800 quintaux de fumier d'étable, qui, selon l'analyse de Völcker, contient 272 kilogr. de phosphates, et qu'à la fin de l'assolement il ait rendu la même quantité de fumier d'étable ayant la même composition, et que par les

grains et les produits animaux exportés il ait perdu 135 kilogrammes de phosphates; eh bien, sa puissance productive, en tant qu'elle dépendît des phosphates, resterait non-seulement la même, mais elle augmenterait si l'on ajoutait à la fumure du nouvel assolement 400 kilogr. de guano (avec 54 pour cent de phosphates).

Par le fumier d'étable le champ a reçu	272	kil. de phosphates.
Dans les produits exportés, il a perdu	135	» »
<hr/>		
Il est resté dans le sol arable	137	kil. de phosphates.
Dans le nouvel assolement, on a ajouté par 800 quint. de fumier d'étable	272	
Par l'addition du guano	135	» »
<hr/>		
Total :	544	kil. de phosphates.

Au commencement du nouvel assolement, le sol contiendrait, par conséquent, deux fois autant de phosphates qu'au début de l'assolement précédent.

Par conséquent, dans le cas où une terre reçoit par l'intermédiaire du fumier d'étable plus de phosphates qu'elle n'en perd par les récoltes, l'action du guano doit diminuer d'année en année et finir par être à peine sensible.

Mais il en est tout autrement quand on applique le guano à des terres qui ne récupèrent pas les phosphates qu'elles ont perdus par le fumier d'étable qu'on leur administre, et qui, peut-être, n'ont pas reçu d'autre engrais depuis un demi-siècle. Nous avons vu qu'en pareille circonstance, certains éléments des plantes fourragères et de la paille, notamment la silice et la potasse, s'accumulent constamment dans le sol, qui, en revanche, s'appauvrit de tous les éléments exportés avec le blé et la viande. Tous ces éléments réunis avaient produit la récolte, mais l'exportation de ceux qui s'étaient fixés dans la semence a enlevé leur efficacité à une partie correspondante des éléments de la paille et de la

substance herbacée. Dans de semblables sols, amplement pourvus de substances nutritives auxquelles il ne manquait, pour devenir actives, que les éléments du guano, celui-ci non-seulement rétablit les rendements, mais, parfois encore, il les augmente d'une manière remarquable.

Les surcroîts de produits obtenus par cet expédient, indépendamment des éléments du guano, ravissent naturellement au sol une partie de ses éléments nutritifs, et par l'application réitérée de cet engrais son action doit s'affaiblir en raison directe de la réduction qu'éprouvent ces derniers. L'action des engrais composés dépend rarement d'un seul élément, et comme le guano contient de l'ammoniaque et de l'acide phosphorique dont le concours mutuel est nécessaire, l'un ne pouvant agir sans l'autre, il en résulte que dans son emploi l'efficacité de l'acide phosphorique est assurée, parce que dans le plus proche voisinage des particules de cet acide les racines rencontrent en même temps des particules d'ammoniaque, et de même l'effet de l'ammoniaque est renforcé et assuré par la présence simultanée de l'acide phosphorique.

Dans un sol riche en ammoniaque, on obtiendra par le seul emploi des phosphates d'une égale solubilité le même effet que par le guano.

Dans le cas où les sels ammoniacaux restent sans effet tandis que le guano agit, on sera autorisé à attribuer cette efficacité principalement à l'acide phosphorique du guano. Dans le cas contraire, la conclusion ne serait pas également juste, parce que les sels ammoniacaux ont deux sortes d'effets ; ils peuvent dans certaines circonstances augmenter notablement les rendements sans que l'on puisse prétendre, avec assurance, que l'effet a été déterminé par l'action directe de l'ammoniaque. (V. page 86.)

L'effet du guano sur l'accroissement des récoltes suppose toujours dans le sol la présence d'une quantité suffisante de potasse et de silice; et sur un champ riche en potasse, en chaux et en magnésie, on peut, par la fumure de guano seul, obtenir une série de récoltes qui, comme les pommes de terre par exemple, empruntent surtout ces éléments au sol.

Les prairies et les champs de céréales donnent parfois pendant quelques années des rendements très-élevés par l'emploi du guano, mais en continuant son application, le sol finit par s'épuiser tellement en silice et en potasse qu'il perd souvent sa fertilité primitive pour longtemps et devient infécond. Cela ne veut pas dire qu'il n'existe pas un grand nombre de terres susceptibles de livrer, par l'emploi exclusif du guano, des récoltes élevées de céréales durant une longue série d'années, avant que cet état d'épuisement se manifeste; mais il doit arriver inévitablement et il est alors très-difficile de réparer le mal.

Dans 800 quintaux de fumier d'étable qui servent à engraisser un hectare de terre pour la durée d'une rotation, le sol reçoit (d'après l'analyse de Völcker) la même quantité de phosphates et d'azote que par l'emploi de 800 kilogr. de guano; autrement dit, 1 kilogr. de ce dernier en renferme autant que 50 kilogr. de fumier d'étable. Le guano renferme donc ces éléments nutritifs sous la forme la plus concentrée, et, par conséquent, on peut avec son aide, beaucoup mieux qu'avec le fumier d'étable, enrichir certaines places particulières du champ, ainsi qu'on le fait utilement quelquefois lorsque l'on met de l'engrais après l'ensemencement.

Dans certaines contrées, on mélange le guano avec du plâtre pour diminuer l'énergie de son action. Le plâtre divise le guano, de sorte que lorsqu'on l'épand sur le champ,

il se disperse davantage et chaque place en reçoit moins. Mais, en réalité, l'action chimique des sels ammoniacaux n'en est pas amoindrie. Le plâtre, mis en présence de l'acide oxalique et du phosphate, donne lieu à la formation de sulfate d'ammoniaque, de phosphate et d'oxalate de chaux. Le phosphate de chaux formé de cette manière constitue un précipité très-finement divisé, qui possède une forme très-convenable à l'absorption ; mais il n'y a qu'une très-petite partie d'acide phosphorique qui subisse cette transformation, et la disparition de l'acide oxalique suspend totalement sa diffusion.

Ce qui est beaucoup plus convenable, c'est d'humecter le guano avec de l'eau à laquelle on a ajouté un peu d'acide sulfurique, et de le mélanger, au bout de 24 heures, avec de la sciure de bois, avec du menu de tourbe ou du terreau, préférablement au plâtre, et de le répandre atténué de cette manière. Dans ce mélange, l'eau de pluie vient dissoudre le phosphate d'ammoniaque qui pénètre lentement dans le sol, et enrichit simultanément d'acide phosphorique et d'ammoniaque toutes les tranches du sol avec lesquelles la solution entre en contact. Si l'on ajoute du plâtre à la sciure de bois, au menu de tourbe, etc., il se produit une double décomposition et il se forme du phosphate de chaux extrêmement divisé et du sulfate d'ammoniaque, qui se séparent sous l'action de l'eau de pluie ; le sulfate d'ammoniaque soluble pénètre profondément dans le sol, emportant avec lui un peu de phosphate de chaux, tandis que la plus grande partie de celui-ci reste dans les couches superficielles.

Dans les sols pauvres en potasse, il est avantageux de mélanger des cendres de bois avec le guano acidulé par l'acide sulfurique, car le carbonate de potasse réagit sur

le phosphate d'ammoniaque et il se forme du carbonate d'ammoniaque et du phosphate de potasse, et celle-ci n'empêche nullement l'acide phosphorique de pénétrer dans le sol.

Les rendements obtenus dans les expériences saxonnes sur les champs fumés avec le guano, font clairement ressortir toutes les particularités de son action.

Fumure avec le guano.

	Cunnersdorf.	Mäusegast.	Kötitz.	Oberbobritzsch
Quantité de guano	379	411	411	616 livr.
1851. Seigle.				
Grains .	{ 1941	{ 2693	{ 1605	{ 2391
Paille	{ 5979	{ 5951	{ 4745	{ 5877
1852. Pommes de terre.	17904	17821	19040	13730
1855. Avoine.				
Grains	{ 2041	{ 1740	{ 1188	{ 1792
Paille.	{ 2873	{ 2223	{ 902	{ 2251
1854. Foin de trèfle rouge.	9280	6146	1256	5044
<i>Surcroûts des rendements par rapport à ceux obtenus sans fumure.</i>				
Quantité d'azote dans l'engrais.	49,3	53,4	53,4	80,1 "
Seigle.				
Grains .	{ 765	{ 455	{ 341	{ 938 "
Paille.	{ 3028	{ 1369	{ 1732	{ 2862 "
Pomm. de terre.	1237	925	463	3979
Avoine.				
Grains	{ 22	{ 451	{ 151	{ 264 "
Paille	{ 310	{ 383	{ 455	{ 439 "
Foin de trèfle.	136	63	161	4133 "

La comparaison des rendements obtenus par le guano et le fumier d'étable (*Voir* page 226) donne lieu aux considérations suivantes sur la nature des champs saxons :

A Cunnersdorf, en 1851, les pièces de terre fumées ont donné sur celle qui n'avait reçu aucun engrais, les excédants suivants :

	Grain.	Paille.	Rapport.
Par le fumier d'étable (180 quint.)	337 liv.	1745 liv.	= 1 : 5
Par le guano (379 liv.)	765 »	3028 »	= 1 : 3, 9.

Le champ de Cunnersdorf était naturellement riche en éléments que nous avons désignés par P (silice, potasse, magnésie, fer) et leur augmentation par le fumier accrut le rendement de paille au détriment du grain. Le fumier d'étable contenait trop peu d'éléments Gr (azote et acide phosphorique).

Le guano contenant principalement les éléments Gr, cela explique ses puissants effets qui ont donné un produit plus que double en grains, parce qu'il en est résulté une proportion plus juste dans le champ entre les éléments Gr et P.

A Mäusegast, les surcroîts de rendements furent :

	Grain.	Paille.	Rapport.
Par le fumier d'étable (194 quint.)	345 liv.	736 liv.	= 1 : 2, 1
Par le guano (411 liv.)	455 »	1369 »	= 1 : 3.

Ce champ plus riche en éléments Gr et P, contenait déjà un excédant d'éléments P. Les éléments Gr fournis par le guano constituèrent une fraction beaucoup plus petite de la masse totale contenue dans le champ, et eurent plus d'effet sur le rendement en paille que sur celui en grain.

Le guano produisit sur le champ de Cunnersdorf la même quantité de paille qu'à Mäusegast (5951 et 5979),

mais sur ce dernier champ, la récolte de grain fut de 752 livres plus élevée, parce qu'il était beaucoup plus riche en éléments Gr que celui de Cunnersdorf.

Surcroîts de rendements obtenus à Kötitz.

	Grain.	Paille.	Rapport.
Par le fumier d'étable (229 quint.)	352 liv.	1006 liv.	= 1 : 2, 8.
Par le guano (411 liv.)	341	1732 »	= 1 : 5.

L'effet du guano sur le rendement de paille est hors de toute proportion avec celui produit par le fumier d'étable, tandis qu'il a fourni un plus faible produit en grains. Evidemment, le champ a reçu avec le guano *un* élément que le fumier d'étable ne contenait qu'en bien moindre quantité, et qui a agi plus favorablement sur le développement de la paille. En fumant avec du superphosphate seul (à l'exclusion de l'ammoniaque) ou bien avec un sel ammoniacal (à l'exclusion de l'acide phosphorique), on aurait pu déterminer lequel des deux principes a produit l'inégalité.

Les surcroîts de rendements à Oberbobritsch furent :

	Grain.	Paille.	Rapport.
Par le fumier d'étable (314 quint.)	452 liv.	913 liv.	= 1 : 2.
Par le guano (616 liv.)	938	2862	= 1 : 3.

Comme la quantité de guano appliquée dépasse de moitié celle administrée dans les essais précédents, on ne peut pas comparer ce rendement avec les autres sous le rapport de la quotité. Ici encore l'analogie de cette terre avec celle de Mäusegast est remarquable; dans toutes deux, le fumier d'étable a produit le grain et la paille dans le rapport de 1 : 2 et le guano dans le rapport de 1 : 3.

En ce qui concerne la perméabilité du sol pour les éléments fertilisants solubles du guano, ces expériences donnent des résultats analogues à ceux fournis par le fumier d'étable. Les éléments solubles du guano n'eurent guère d'effet sur le rendement du trèfle ni à Cunnersdorf, ni à Kötitz, tandis qu'à Mäusegast et à Oberbobritzsch le produit s'accrut notablement.

La silice, qui donne à la tige et aux feuilles leur solidité et leur résistance, ne fait pas partie du guano; c'est pour ce motif que sur certaines terres pauvres en silice et fumées au guano, les céréales sont exposées à la verse, tandis que sur d'autres sols riches en silice on n'observe pas cet accident si redouté du cultivateur. On peut, dans certains sols, prévenir ce danger en chaulant avant d'appliquer le guano. Le mélange du guano avec du fumier d'étable est également utile sous ce rapport.

Si l'on calcule les surcroîts de rendement fournis par les céréales pendant les années 1851 et 1853, ainsi que ceux donnés par les pommes de terre et le trèfle, par 100 livres de guano, on obtient :

Cent livres de guano ont produit un surcroît de rendement de :

	Cunnersdorf.	Mäusegast.	Kötitz.	Oberbobritzsch.
1851 et 1853.				
Seigle etavoine.	1088	646	357	731 liv.
1852.				
Pomm. de terre.	326	225	112	646
1854. Trèfle.	36	137	39	670

Ces résultats démontrent qu'une même quantité de guano exerce sur les divers sols des effets tout aussi variables que le fumier d'étable, et qu'il est tout à fait impossible de juger par les rendements de la qualité ou de la quantité de l'engrais qu'il a fallu pour le produire. Le champ de Mäusegast a reçu la même quantité de guano que celui de Kötitz, et par conséquent les mêmes quantités d'azote et d'acide phosphorique, et cependant il a fourni un surcroît de rendement double en céréales et en pommes de terre, et plus que triple en trèfle.

Les résultats des expériences de Cünnersdorf et d'Oberbobritzsch démontrent, en outre, combien il est difficile d'établir, par les rendements, une comparaison entre l'effet des éléments d'un seul et même engrais. Le surcroît de rendement en céréales, pommes de terre et trèfle, obtenu à Cünnersdorf par 100 livres de guano, renfermait :

	Azote.	Potasse.	Acide phosph.	Chaux.
Surcroît de rendement :	9,2	16,4	3,5	3,6 liv.
Le guano contenait :	13,0	2,0	12,0	12,0
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
Différence en faveur de l'engrais	3,8	—	8,5	8,4 »
Id. du surcroît	—	14,1	—	—

Cent livres de guano produisirent à Oberbobritzsch un surcroît de rendement renfermant :

	Azote.	Potasse.	Acide phosphorique.	Chaux.
Surcroît de rendement	23,0	15,5	6,1	16,9 liv.
L'engrais contenait :	13,0	2,0	12,0	12,0 »
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
Différence en faveur de l'engrais	—	—	5,9	—
Id. du rendement	10,0	13,5	—	4,9

L'inégalité des effets du guano dans les deux séries d'expériences, est frappante.

A Cunnersdorf, la récolte contenait un tiers d'azote en moins ; à Oberbobritzsch, trois quarts d'azote en plus qu'il ne s'en trouvait dans l'engrais.

VII

Poudrette. Excréments humains.

Pour être véritables, les poudrettes du commerce devraient être constituées uniquement par les excréments humains; mais, en réalité, il n'en est pas ainsi, car elles n'en renferment qu'une quantité relativement faible. Il suffit, sous ce rapport, de faire remarquer que la poudrette de Montfaucon, rangée parmi les meilleures, renferme 28 p. c. de sable; que celle de Dresde en contient de 43 à 56 p. c., et celle de Francfort au delà de 50 pour cent. Une poudrette renfermant au delà de 3 pour cent d'acide phosphorique et autant d'ammoniaque, ne se rencontre pas dans le commerce. La disposition des latrines dans les habitations (au moins en Allemagne) ne permet pas d'éviter que l'on n'y jette du sable à recurer, et d'autres ordures qui

s'accroissent dans une maison. En outre, quand on vide les fosses après avoir enlevé le contenu liquide, on ajoute souvent à la matière pâteuse un corps solide poreux, du lignite ou du menu de tourbe, pour la rendre plus sèche et faciliter son extraction. Tous ces mélanges diminuent la proportion d'éléments nutritifs actifs et augmentent les frais de transport. La plupart du temps, les fosses dans lesquelles les excréments s'accroissent ne sont pas imperméables, de sorte que la plus grande partie de l'urine et de la matière liquide en général se perd par infiltration, donnant encore une fois lieu à la perte d'une grande partie des substances les plus précieuses, parmi lesquelles il faut ranger les sels de potasse et les phosphates solubles.

La grande valeur des excréments humains ressort des considérations suivantes :

Dans la forteresse de Rastadt et dans les casernes du grand-duché de Bade, on a disposé les sièges des lieux d'aisances de manière qu'ils communiquent immédiatement par de larges entonnoirs avec des tonneaux placés sur des chariots mobiles. De cette façon, tous les excréments, urine et fèces réunis, peuvent être recueillis sans la moindre perte. Dès que les tonneaux sont remplis, on emmène le chariot (*) et on le remplace par un autre.

(*) Le prix d'un de ces chariots est de 100 à 125 florins ; leur durée est à peu près de cinq ans. L'administration militaire de Bade y a consacré en 1856 et 1857 la somme de 4450 fl., qui ont été très-vite remboursés par la vente de l'engrais.

Les recettes réunies de toutes les casernes de Constance, de Fribourg, de Rastadt, de Carlsruhe, Bruchsal et Mannheim, avec un effectif moyen de 8000 hommes, se sont élevées en 1852 à 3415 fl. ; en 1853 à 3784 fl. ; en 1854 à 5309 fl. ; en 1855 à 4792 fl. ; en 1857 à 8017 fl. et en 1858 à 8155 fl., dont il faut déduire annuellement 600 à 700 fl. pour l'entretien des chariots. (*Journal de l'Association agricole de Bavière*, avril 1860, p. 180.)

La nourriture des soldats se compose en grande partie de pain, mais ils consomment aussi journallement une certaine quantité de viande et de légumes. Le corps d'un adulte n'augmente pas de poids, et il ne faut pas un bien grand effort d'esprit pour comprendre que les éléments minéraux du pain, de la viande ou des légumes, ainsi que tout l'azote de la nourriture, se retrouvent dans les excréments recueillis.

Pour la production d'une livre de blé, il faut que le sol livre exactement les éléments minéraux de cette livre de blé, et si nous appliquons ceux-ci à un sol convenable, il pourra donner, pendant un nombre d'années illimité, une livre de blé de plus qu'il n'eût été capable de fournir sans cette addition.

La ration journalière d'un soldat est de 2 livres de pain, et les excréments des différentes garnisons de 8000 hommes renferment les éléments minéraux et l'azote de 16000 livres de pain, qui, appliqués au sol, suffisent pour reproduire autant de blé qu'il en a fallu pour faire ces 16000 livres de pain.

Si l'on compte 1 1/2 livre de blé pour 2 livres de pain, on recueille donc annuellement dans le grand-duché de Bade, par les excréments des soldats, les éléments minéraux nécessaires pour la production de 43760 quintaux de blé.

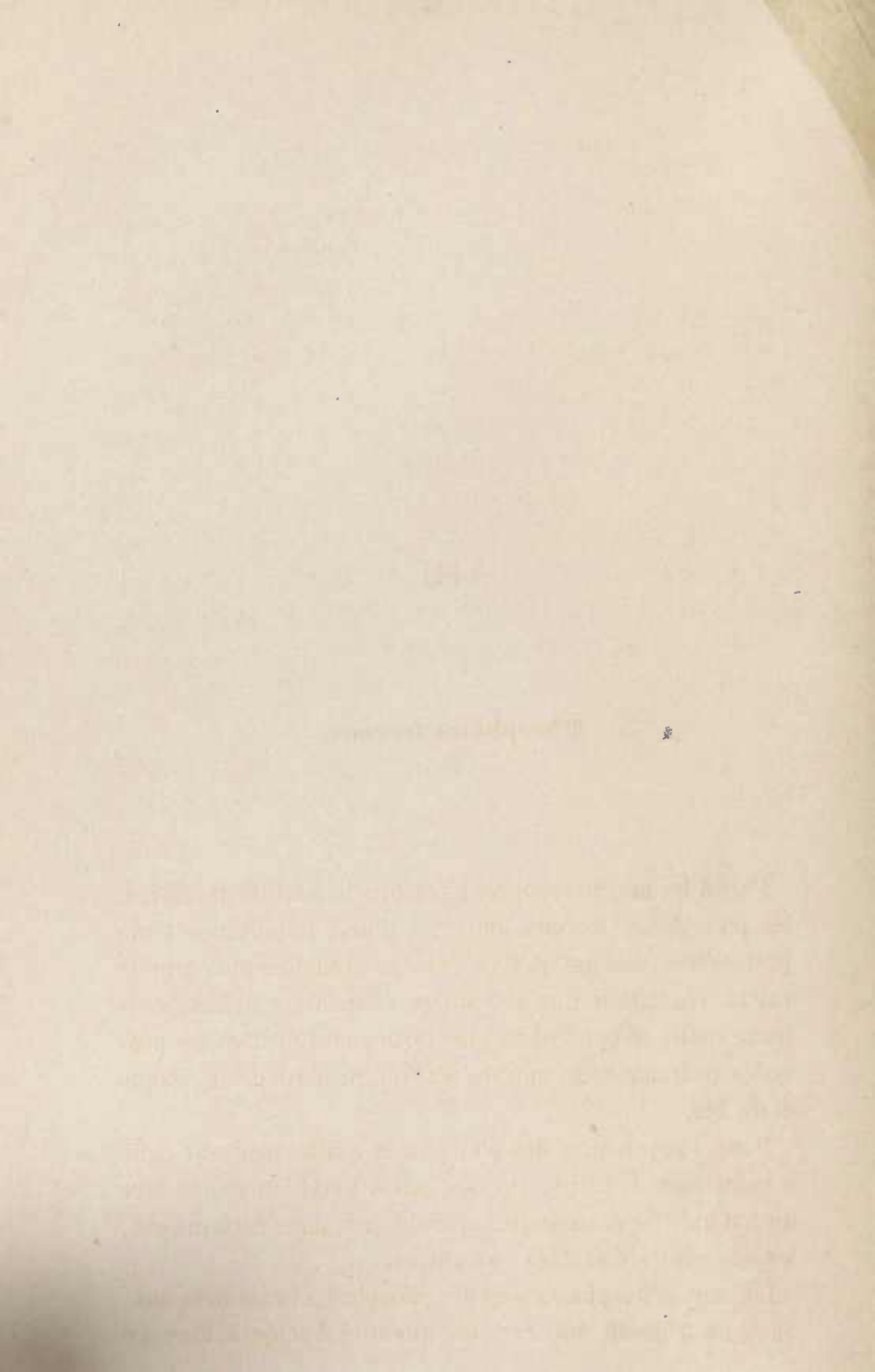
Les paysans des environs de Rastadt et des autres garnisons, après avoir reconnu l'effet puissant de ces excréments sur leurs champs de blé, payent maintenant pour chaque tonneau une certaine somme, qui va en augmentant chaque année, de sorte que non-seulement toutes les dépenses pour l'établissement et l'entretien des dispositions prises, sont largement couvertes, mais que l'administration militaire y trouve encore son profit.

Voici maintenant le résultat intéressant constaté dans ces contrées. En premier lieu, les déserts sablonneux situés surtout aux environs de Rastadt et de Carlsruhe se sont transformés en terres d'une grande fertilité, et si l'on songe que les paysans livrent tout le blé obtenu avec cet engrais à l'administration militaire de Rastadt, c'est qu'il s'est établi une véritable circulation qui permet de pourvoir annuellement de pain 8000 hommes de garnison, sans que les champs qui le livrent voient jamais diminuer leurs rendements, attendu que les conditions nécessaires à la production du blé se renouvellent sans cesse et restent toujours les mêmes (*).

Ce qui est dit ici des éléments du blé s'applique naturellement aussi à ceux de la viande et des légumes qui, ramenés sur les champs, peuvent y produire une seconde fois la viande et les légumes qui ont été consommés. Le rapport qui s'est établi entre les habitants des casernes de Bade et les terres qui leur livrent le pain, existe entre les habitants des villes et ceux des campagnes environnantes. S'il était possible de recueillir sans perte tous les excréments solides et liquides qui s'accumulent dans les villes, et de restituer à tous les cultivateurs du plat pays la part qu'ils ont livrée à la ville dans leurs denrées, la puissance productive de leurs terres pourrait se maintenir intacte pendant un temps infiniment long, et la provision de principes nutritifs qui

(*) Lorsque, dans le but d'empêcher les émanations et la mauvaise odeur des vidanges, on publia subitement à Carlsruhe l'ordre de les désinfecter avec le vitriol de fer, les paysans ne voulaient plus rien en donner, parce qu'ils croyaient que ces vidanges avaient perdu leur force. Mais l'expérience démontra que ce mélange ne fait aucun tort à l'engrais, car plus tard on paya les vidanges désinfectées aussi cher qu'autrefois. L'engrais recueilli dans les chariots à vidanges n'a pas besoin d'être désinfecté.

existe dans toute terre fertile, suffirait pour satisfaire entièrement aux besoins de la population croissante. Dans tous les cas, elle suffit encore actuellement, quoique bien peu d'agriculteurs s'efforcent de recouvrer par des importations convenables tout ce qu'ils exportent dans leurs produits. A la vérité, le temps viendra où ce gaspillage révélera sa gravité à ceux qui sont assez insensés pour croire que la restitution exigée par la loi naturelle ne s'applique pas à leurs terres ; les fils devront alors expier les fautes de leurs pères. En pareille matière, les mauvaises habitudes prévalent sur les prescriptions de la raison. Le paysan le plus ignorant sait que la pluie qui tombe sur son fumier ravit à son tas un grand nombre de brillants écus, et que ce qui empeste son habitation et les rues de son village ferait le plus grand bien à ses terres, mais il voit tout cela d'un œil indifférent, par la raison qu'il en a toujours été de même.



VIII

Phosphates terreux.

Parmi les moyens propres à rétablir la fertilité des terres, les phosphates terreux jouissent d'une importance toute particulière, non pas qu'ils aient une influence plus grande sur la végétation que les autres éléments nutritifs, mais parce qu'ils se perdent en plus forte quantité dans les procédés ordinaires de culture où l'on produit de la viande et du blé.

Dans l'acquisition des phosphates qui se trouvent dans le commerce, le cultivateur doit avant tout bien se pénétrer du but qu'il veut atteindre, attendu que, dans certains cas, les uns sont préférables aux autres.

Les superphosphates sont des phosphates ordinaires auxquels on a ajouté une certaine quantité d'acide sulfurique

pour convertir le sel calcaire neutre insoluble en sel acide soluble. Ils reçoivent quelquefois le nom de superphosphate guanisé, lorsqu'on y a ajouté un sel ammoniacal et un sel de potasse. Un bon superphosphate contient généralement 10 à 12 pour cent d'acide phosphorique soluble. Les superphosphates conviennent aux sols argileux, et généralement à tous ceux qui sont pauvres en chaux; ils fournissent de l'acide phosphorique aux couches supérieures, et leur effet sur les pommes de terre et sur les céréales y est égal à celui du guano du Pérou. Pour les racines et le colza qui tirent parti de l'acide sulfurique contenu dans le mélange, ils possèdent une valeur particulière. Dans les sols calcaires, l'acide phosphorique et l'acide sulfurique libres sont immédiatement neutralisés, et les superphosphates perdent ainsi de leur pouvoir de diffusion qui les rend si précieux pour d'autres espèces de terres.

La poudre d'os occupe le premier rang parmi les phosphates neutres. Lorsque les os sont soumis à l'action de la vapeur d'eau sous une forte pression, ils perdent leur durété, gonflent comme de la gélatine, deviennent mous et se laissent réduire très-facilement en poudre fine après la dessiccation. Sous cette forme, leur diffusion dans le sol est considérablement accélérée; ils se dissolvent dans l'eau en petite quantité, mais d'une manière évidente et sans le secours d'aucun dissolvant. Ce qui, en pareil cas, passe en dissolution, est une combinaison de gélatine et de phosphate de chaux qui n'est pas décomposée par la terre arable, et peut, pour cette raison, pénétrer dans les profondeurs du sol, propriété que le superphosphate ne possède pas. Dans la terre humide, la gélatine se transforme, au surplus, rapidement en composés ammoniacaux par la putréfaction, et le phosphate de chaux est ensuite retenu dans la couche

arable. La poudre d'os est le moyen le plus facile pour pourvoir les couches profondes du sol de phosphate de chaux, tandis que les superphosphates ne conviennent pas pour cet objet.

Les os privés de gélatine par la calcination, autrement dit, la cendre d'os, dans laquelle on peut aussi ranger le noir d'os des raffineries de sucre, doivent être réduits en poudre très-fine pour produire leur maximum d'effet. Leur diffusion rapide dans le sol exige le concours d'une substance en putréfaction qui fournit l'acide carbonique nécessaire à leur dissolution dans l'eau de pluie; c'est pourquoi il est très-bon de les mélanger sous forme de poudre au fumier d'étable et de les laisser fermenter. Parmi les phosphates que l'on rencontre dans le commerce, les guanos provenant des îles Baker et Jarvis se distinguent des autres par leur réaction acide et par leur plus grande solubilité. Ils ne contiennent que quelques pour cent de substance azotée, pas d'acide urique, et de faibles quantités d'acide nitrique, de potasse, de magnésie et d'ammoniaque. Le guano des îles Baker contient jusqu'à 80 pour cent, et celui des îles Jarvis, 33 à 34 pour cent de phosphate de chaux; ce dernier contient, en outre, 44 pour cent de plâtre. Sous le rapport de leur diffusion, ce sont ces guanos qui, à pulvérisation égale, parmi tous les phosphates neutres, ressemblent le plus à la poudre d'os. Leur composition permet, en outre, au cultivateur, d'accélérer et d'augmenter leur action s'il le veut, en les transformant très-facilement en superphosphates par l'addition d'acide sulfurique étendu (pour 100 kilogr. de guano Baker, 20 à 25 kilogr. d'acide sulfurique concentré, ou 30 à 40 kilogr. d'acide sulfurique du commerce).

L'influence des phosphates neutres cités sur les rende-

ments des terres est ordinairement plus faible la première année que les suivantes, attendu que leur diffusion exige un certain temps. L'état de pulvérisation plus ou moins fine, la porosité plus ou moins grande du sol, la présence dans celui-ci de matières en décomposition, ainsi que les façons mécaniques soignées, prennent une part essentielle à l'accélération ou au ralentissement de leur action. Dans tous les cas, celle-ci suppose dans le sol une certaine richesse en silice, en alcalis, potasse et soude.

La différence, sous le rapport de la rapidité et de la durée d'action, entre le guano et la poudre d'os, ressort des produits récoltés pendant les années 1847 à 1850 par H. Zencker à Kleinwolmsdorf, en Saxe. Les voici :

	POUDRE D'OS (822 livres).		GUANO (411 livres).	
	Grain.	Paille.	Grain.	Paille.
1847. Blé d'hiver.	2798	4831	2951	4711 liv.
1848. Orge.	2862	3510	2484	3201
1849. Vesces.	1591	5697	1095	4450
1850. Blé d'hiver	1351	2768	732	2481

Le rendement a été plus élevé la première année sur la pièce qui avait reçu le guano, mais il a diminué les années suivantes; le produit a été plus faible la première année sur la terre où l'on avait appliqué la poudre d'os, mais l'augmentation dans les années suivantes a été très-remarquable.

Les 411 livres de guano contenaient 53 livres d'azote, la récolte totale produite en renfermait 271 livres, donc plus de cinq fois autant; la poudre d'os n'en contenait que 37 livres et la récolte totale 342 livres, ou près de neuf fois au-

tant. En somme, la poudre d'os a livré dans la récolte 71 livres d'azote de plus que le guano. Il ne peut donc pas être question d'un rapport entre la quantité d'azote contenue dans l'engrais et dans les produits.

Dans les expériences saxonnes, les champs fumés avec la poudre d'os donnèrent les résultats suivants :

Fumure avec la poudre d'os.

	Cunnersdorf.	Kötitz.	Oberbobritzsch	Mäusegast.
Quantité de poudre d'os .	823	1233	1644	892 liv.
1851. Seigle.				
Grain	{ 1399	{ 1429	{ 2230	{ 1982
Paille	{ 4167	{ 3707	{ 5036	{ 4365
1852. Pommes de terre.	18250	19511	11488	19483
1855. Avoine.				
Grain	{ 2346	{ 1108	{ 1718	{ 1405
Paille	{ 3105	{ 1224	{ 1969	{ 1905
1854. Trèfle. (Foin).	10393	2186	7145	5639

Excédant sur les produits obtenus sans fumure.

1851. Seigle.				
Grain	{ 223	165	777	—
Paille	{ 1216	694	2021	—
1852. Pommes de terre.	1583	934	1737	2587 liv.
1855. Avoine.				
Grain.	327	—	190	116
Paille	542	—	157	65
1854. Trèfle.	1249	1091	6234	156

Le champ de Kötitz reçut une moitié de poudre d'os en plus que celui de Cunnersdorf, et, en somme, il donna moins de produits.

La fumure double employée à Oberbobritsch donna, en 1851, un excédant en grain triple de celui de Cunnersdorf, et une quantité de paille plus que double de celle du grain; mais à la troisième année le rendement de l'avoine en grain et en paille fut beaucoup plus considérable à Cunnersdorf qu'à Oberbobritsch.

Ce qu'il y a de plus remarquable, c'est l'augmentation des rendements du trèfle; et bien que la terre d'Oberbobritsch n'eût reçu qu'un quart de poudre d'os en plus que celle de Kötitz, elle donna cependant six fois autant de trèfle.

On s'aperçoit facilement que, dans les trois premières localités, les quantités de poudre d'os employées étaient comme 1 : 1 1/2 : 2; et il résulte de l'examen comparatif des surcroîts de rendement obtenus, que, pas plus que pour le fumier d'étable et le guano, il n'existe ici un rapport certain entre la valeur de l'excédant et la quantité d'engrais employée.

Surcroîts fournis par 100 livres de poudre d'os.

	Cunnersdorf.	Kötitz.	Oberbobritsch.
1851 et 1853.			
Seigle et avoine	280,8	40,1	191 livres.
1852.			
Pommes de terre	192	57	105
1854.			
Trèfle	152	96	380

IX

Poudre de tourteaux de colza.

Les résidus que laissent les semences de colza après qu'on en a exprimé l'huile grasse, sont très-riches en une matière azotée qui ressemble beaucoup au caséum du lait, et ils contiennent les mêmes éléments incombustibles ou minéraux que les cendres des semences. La cendre de la graine du colza renferme des phosphates, et sa composition diffère très-peu de celle de la graine du seigle. Les phosphates alcalins et le phosphate de magnésie y prédominent. On peut, sans s'exposer à commettre une bien grande erreur, admettre qu'en appliquant au sol 100 livres de farine de tourteaux, on lui donne une quantité d'éléments incombustibles équivalant à celle contenue dans 250 à 300 livres de semences de seigle.

La substance azotée du tourteau de colza est naturellement un peu soluble dans l'eau, mais elle le devient davantage quand elle commence à se putréfier. C'est pour cette raison que les éléments nutritifs qui s'y trouvent, se répandent plus facilement dans le sol que les éléments principaux du guano, de l'ammoniaque et de l'acide phosphorique, qui, immédiatement après leur dissolution, sont absorbés par les particules de terre avec lesquelles ils entrent en contact. Pour le tourteau de colza cela n'arrive que lorsque sa substance azotée s'est complètement décomposée et que son azote s'est transformé en ammoniaque. Au surplus, cette décomposition se fait assez rapidement, de sorte que l'effet du tourteau se produit dès la première année.

Par suite de la diffusion plus prompte de ses éléments dans le sol, le tourteau de colza exerce une action quelque peu supérieure à celle d'une quantité de guano renfermant une dose égale d'acide phosphorique.

Le tourteau de colza n'a pas une très-grande importance comme engrais, car il n'y a qu'un très-petit nombre de cultivateurs qui puissent donner cette destination à des quantités considérables. Au surplus, quand la valeur des tourteaux dans l'alimentation du bétail sera mieux connue et mieux appréciée, leur prix, en s'élevant, limitera davantage encore leur emploi comme engrais, mais on retrouvera dans les excréments des animaux qui s'en nourriront les éléments auxquels ils doivent leurs propriétés fertilisantes.

Dans les expériences saxonnes, la fumure avec la poudre de tourteaux de colza donna les résultats suivants :

Tourteaux de colza.

	Cunnersdorf.	Mäusegast.	Kötitz.	Oberbobritzse.
Engrais	1614	1855	1849	3288 liv.
1851. Seigle.				
Grain.	{ 1868	{ 2645	{ 1578	{ 1946
Paille	{ 5699	{ 5998	{ 4218	{ 4475
1852. Pommes de terre.	17374	18997	19165	10442
1855. Avoine.				
Grain	{ 2052	{ 1619	{ 1408	{ 1517
Paille	{ 2768	{ 2298	{ 1550	{ 1939
1854. Trèfle.	9143	6659	981	2105
<i>Excédant sur le produit obtenu sans fumure. (V. page 205.)</i>				
Quantité d'azote dans l'engrais.	78,9	88,8	89,0	157,8 liv.
1851. Seigle.				
Grain	{ 692	{ 407	{ 314	{ 493
Paille	{ 2748	{ 1416	{ 1205	{ 1460
1852. Pommes de terre.	707	2101	588	691
1855. Avoine.				
Grain.	{ 33	{ 330	{ 69	{ 0
Paille	{ 205	{ 458	{ 193	{ 127
1854. Foin de trèfle.	0	1121	0	1194

Ici encore, de même que pour les fumures avec le fumier d'étable, la poudre d'os et le guano, les expériences démontrent que sur aucun champ l'effet du tourteau n'a

pas permis de constater un rapport déterminé avec la quantité employée.

Surcroîts produits par 1000 livres de farine de tourteaux de colza.

	Cunnersdorf.	Mäusegast.	Kötitz.	Oberbobritzsch.
1851. Seigle. Grain et paille	2130	969	820	594 livr.
1853. Avoine. Grain et paille .	147	424	141	39
1852. Pommes de terre.	438	1132	318	210
1854. Foin de trèfle.	0	604	0	332

Sous le rapport de l'effet de l'azote contenu dans l'engrais, ces expériences offrent un grand intérêt. La comparaison des surcroîts de rendements obtenus à Oberbobritzsch, au moyen du guano et du tourteau de colza, nous donne le résultat suivant :

Oberbobritzsch.

	611 livres guano contenant 80 liv. azote et 74 acide phosph.	3288 livres tourteau contenant 157,8 liv. azote et 39,5 acide phosph.
1851 et 1853 Seigle et avoine.	4503 livres.	2069 livres.
1852. Pommes de terre	3979	691
1854. Foin de trèfle.	4133 "	1194

A Oberbobritzsch, une des parcelles reçut par le tourteau de colza une quantité d'azote double de celle donnée à

l'autre par le guano, et la différence entre les rendements est des plus remarquables.

Dans les deux expériences, le rapport entre l'azote de l'engrais était.	Guano.	:	Tourteau.
	1	:	2
Il était, au contraire, dans les rendements.			
1, de céréales, comme.	2	:	1
2, de pommes de terre, comme	5,7	:	1
3, de trèfle, comme .	3,4	:	1

L'azote du guano a donc agi sur les céréales quatre fois, sur les pommes de terre douze fois et sur le trèfle sept fois autant que l'azote contenu dans le tourteau.

Si l'on compare, au contraire, les excédants obtenus avec la quantité d'acide phosphorique contenu dans les deux engrais, on trouve qu'ils étaient plutôt en rapport avec ce dernier; toutefois, il n'y eut encore aucun rapport fixe.

Les résultats principaux obtenus dans les expériences établies à Cunnersdorf, à Mäusegast, à Kötitz et à Oberboitzsch sur quatre champs différents et pendant un assolement de quatre années, furent les suivants :

Les 48 récoltes fournies par les champs non fumés, ou fumés avec le guano, la poudre d'os et le tourteau de colza, livrèrent, dans le grain et la paille de seigle, dans les pommes de terre, dans le grain et la paille d'avoine et dans le trèfle :

Par la fumure avec

	la poudre d'os.	le guano.	le tourteau de colza.
Récolte totale en azote	1170 liv.	1139 liv.	1046 liv. az.
Les terres non fum. donnèrent.	910	910 "	910 "
Azote récolté en plus . .	260 "	229	136
Azote contenu dans l'engrais.	207	236	415
Différ. en faveur de la récolte.	53 "	"	"
en faveur de l'engrais.	" "	7 "	279 "

L'engrais le plus pauvre en azote (la poudre d'os) fournit le rendement absolu le plus élevé, et l'engrais le plus riche en azote (le tourteau de colza), le rendement le plus bas.

Pour 100 livres d'azote contenu dans l'engrais, l'azote récolté dans le surcroît fut de :

125 livres par la poudre d'os.
 97 » par le guano.
 32 » par le tourteau.

Quant à l'acide phosphorique, il donna les résultats suivants :

	Poudre d'os.	Guano.	Tourteau.	Non fumé.
Acide phosphorique dans la récolte.	361 liv.	362 liv.	338 liv.	292 liv.
L'engrais contenait.	4102 »	288 »	86 »	0 »
Le sol acquit	741 liv.			
perdit		74 liv.	252 liv.	292 liv.

X

Cendres de bois.

Nous avons déjà dit que les différentes plantes ligneuses renferment la potasse en proportions très-inégales. Les bois durs en contiennent ordinairement plus que les bois mous. La cendre de bois de hêtre abandonne à l'eau la moitié de sa potasse à l'état de carbonate, l'autre moitié reste unie à du carbonate de chaux avec lequel elle forme une combinaison que l'eau froide ne décompose que très-lentement. La cendre de bois de pin comme celle du tabac renferme ordinairement une grande quantité de chaux, au point que souvent l'eau froide ne parvient pas à en extraire du carbonate de potasse. Cependant l'action de l'eau finit par enlever complètement à ces cendres toute leur potasse, et comme il est facile de les enterrer profondément,

c'est, de toutes les combinaisons de potasse, celle qui convient le mieux pour fournir cet alcali aux couches profondes du sol arable. Quand on emploie des cendres qui abandonnent facilement leur potasse à l'eau, il est bon, avant de les enterrer, de les mélanger avec une terre qui absorbe la potasse et d'en ajouter jusqu'à ce que l'eau qu'on y verse ne bleuisse plus le papier réactif. Cette opération se fait le plus convenablement sur le champ même.

La cendre qui a été lessivée par l'eau, telle, par exemple, que le résidu de la fabrication de potasse, possède une grande valeur pour certains champs, non-seulement à cause de la potasse dont elle conserve toujours une partie, mais encore à cause du phosphate de chaux et de la silice soluble qu'elle renferme.

Comme les couches supérieures de nos champs de blé contiennent naturellement déjà un excédant de potasse par rapport aux autres éléments nutritifs, les cendres appliquées à la superficie exercent rarement un effet soutenu ; mais enterrées à une certaine profondeur, elles procurent le moyen d'obtenir d'une manière durable des récoltes de trèfle, de racines ou même de pommes de terre. Les fabricants de sucre intelligents emploient avec le plus grand avantage les résidus de la distillation de leurs mélasses, qui contiennent tous les sels de potasse des betteraves, à l'enrichissement de leurs champs, afin de leur restituer la potasse qui a été enlevée par cette culture.

XI

Ammoniaque et acide azotique.

En prenant la moyenne des observations faites avec soin par M. Bineau, pendant plusieurs années, sur la proportion d'ammoniaque et d'acide azotique renfermée dans l'eau de pluie en différents endroits de la France, on trouve qu'il tombe annuellement sur la surface d'un hectare, 27 kilogrammes d'ammoniaque = 22 kilogrammes d'azote, et 34 kilogrammes d'acide azotique = 5 kilogrammes d'azote, soit en tout 27 kilogrammes d'azote. Cela fait, pour un acre anglais, 21,9 livres, et pour un acker saxon, 30 livres. Ces chiffres s'accordent assez bien avec les observations de Boussingault et de Knop.

La quantité moyenne d'eau annuelle qui tombe dans les différentes contrées est extrêmement inégale et varie d'après la situation et l'élévation des lieux. Les recherches faites à cet égard ont établi que la proportion d'ammoniaque et d'acide azotique contenue dans les eaux udométriques est en raison inverse de leur abondance ; elles montrent

que ces substances s'y trouvent en plus grande quantité dans les pays où les pluies sont rares et peu abondantes que dans ceux où il pleut fréquemment. La rosée, d'après Bous-singault, serait plus riche en ammoniacque que l'eau de pluie ; d'après Knop, elle n'en contiendrait pas davantage. (Voir son Mémoire important dans le 8^e cahier des stations expérimentales de Saxe.) Mais les plantes ne reçoivent pas toute leur ammoniacque par l'intermédiaire de l'eau de pluie qui pénètre dans le sol et de la rosée ; elles en prennent encore directement dans l'atmosphère. Les expériences de Boussingault (Ann. de clim. et de phys., 3^e sér. t. LIII) ne permettent plus le moindre doute sur la présence constante de l'ammoniacque dans l'air. Dans un kilogramme des matières suivantes chauffées préalablement au rouge vif, il constata, après trois jours d'exposition à l'air sur une assiette de porcelaine, la présence :

Dans 1 kilogr. de sable quartzeux de	0,60 milligr. d'ammoniacque.
» 1 de cendre d'os	0,47 » »
1 » de charbon	2,9

On peut avec assez de certitude déterminer la dose d'ammoniacque et d'acide azotique qu'un champ reçoit annuellement par l'eau de pluie, mais on ne peut pas le faire pour la rosée qui humecte la plante, de même qu'il est impossible de préciser la quantité d'ammoniacque et d'acide azotique que la plante emprunte directement à l'air concurremment avec l'acide carbonique.

Sur le plateau élevé de l'Amérique centrale, où il ne pleut presque jamais, les plantes cultivées et sauvages ne reçoivent leur nourriture azotée que de l'air directement ou par la rosée, et l'on peut, sans craindre de beaucoup se tromper, admettre que les végétaux qui croissent sur nos champs cultivés

reçoivent de l'air et de la rosée tout autant d'ammoniaque et d'acide azotique que leur en procure l'eau de pluie. Une plaine de sable sur laquelle ne croît aucune plante reçoit par la pluie tout autant d'ammoniaque et d'acide azotique qu'une terre cultivée, mais celle-ci en reçoit davantage par les plantes et d'autant plus qu'elles sont plus riches en feuilles.

En admettant que, dans les expériences saxonnes, les céréales, les pommes de terre et le trèfle récoltés sur les terres non fumées, aient tiré tout leur azote du sol et n'en aient emprunté ni à l'air ni à la rosée, la balance, sous le rapport de la nourriture azotée, s'établit de la manière suivante, en maintenant bien entendu les suppositions établies page 238, à savoir que le $\frac{1}{10}$ des éléments azotés du trèfle et des pommes de terre ait été exporté sous forme de bétail :

Champ de Cunnersdorf.

		Production totale d'azote.	Azote perdu par l'exportation.	Azote reçu par la pluie.
1851.				
Grain de seigle	1176	23,4	22,4 livr.	
Paille de seigle .	2951	10,6	—	
1852.				
Pomm. de terre.	16667	69,8	6,9	
1853.				
Grain d'avoine	2019	30,9	30,0	
Paille d'avoine	2563	6,6	—	
1854.				
Foin de trèfle .	9144	202,1	20,2	
			79,5	120 livr.

Au commencement de la cinquième année le champ s'était par conséquent enrichi de 40 livres d'azote.

Champ de Mausegast.

	Azote perdu par l'exportation.	Azote reçu par la pluie.
1851. Seigle .	42,7 livres.	
1852. Pommes de terre	7,0 "	
1853. Orge.	22,2	
1854. Foin de trèfle	12,2 "	
	84,1 "	120 livres.

En 1855, la terres'était donc enrichie de 35,9 livres d'azote.

Il n'est pas nécessaire de prolonger ces calculs , car tous établissent que , même dans les circonstances les plus défavorables, un champ reçoit par la pluie seule une quantité de nourriture azotée supérieure et, dans tous les cas, jamais inférieure à celle qu'il perd dans la pratique ordinaire.

Ce fait est de nature à justifier l'assertion que la restitution de l'azote devrait tout aussi peu préoccuper le cultivateur que celle de l'acide carbonique. En effet, ces deux gaz ont pour origine les éléments de l'air où ils peuvent rentrer et ils sont, par conséquent, inséparables dans la circulation qui entretient la vie.

La présence de l'ammoniaque et de l'acide azotique dans l'eau de pluie nous indique qu'il existe une source d'azote qui, sans l'intervention des hommes, pourvoit les plantes de cette nourriture indispensable. Pour les autres éléments nutritifs qui, comme l'acide phosphorique, la potasse, etc.,

ne sont pas mobiles, il n'existe pas de sources naturelles préposées à leur restitution. Il était donc à supposer que dans la recherche des causes qui contribuent à réduire la puissance productive des terres cultivées, on aurait dû, avant tout, attribuer la diminution des produits aux éléments nutritifs fixes et non à ceux qui sont constamment en circulation, et cela avec d'autant plus de raison que l'on savait qu'une partie de ceux-ci retournent spontanément aux champs chaque année. Mais dans le développement d'une science il arrive, à chacune de ses périodes, que les opinions une fois adoptées se maintiennent encore, en vertu de leur ancienneté, pendant un certain temps, et il en est ainsi de celles qui attribuent à l'azote une importance capitale en agriculture.

Quand on observe un phénomène naturel et que l'on recherche les causes qui le produisent, on ne sait pas tout d'abord s'il est simple ou complexe, s'il est l'effet d'une ou de plusieurs causes, et parmi celles-ci on considère comme seules actives, celles seulement dont on a reconnu l'action *en premier lieu*. Il n'y a pas si longtemps que l'on croyait que toutes les conditions de la croissance résidaient dans la *semence seule*; on reconnut ensuite que l'eau et, après, que l'air y jouent également un rôle important. Plus tard, on attribua la part principale dans la fertilité du sol à certains débris organiques, et comme on reconnut ultérieurement que de toutes les matières employées comme engrais celles qui agissent avec le plus d'efficacité sont les excréments et les débris animaux, et que, finalement, l'analyse chimique vint démontrer que ces matières sont très-riches en azote, il n'y a pas lieu de s'étonner que l'on ait d'abord attribué à cet élément le seul rôle actif, et, plus tard, l'action principale dans tous les engrais.

Ce développement de la théorie était naturel et ne saurait être blâmé. Alors, on ignorait encore que les produits de l'incinération des végétaux, la potasse, la chaux, l'acide phosphorique jouent un rôle tout aussi important dans la vie des plantes que l'azote ; on ne savait même pas comment l'azote agit dans les combinaisons azotées. On s'en tenait tout simplement au fait que la corne, les ongles, le sang, les os, l'urine et les excréments solides des animaux et de l'homme exercent une influence incontestablement favorable, tandis que les substances ligneuses, la sciure de bois et autres matières semblables n'avaient pour ainsi dire aucune action. Puisqu'on attribuait l'effet des premiers à la présence de l'azote, l'inefficacité des secondes substances devait être due à l'absence ou au manque d'azote ; bref, tous les faits paraissaient s'accorder et s'expliquer en attribuant à cet élément l'action des engrais.

Si l'azote était la condition d'efficacité des engrais azotés, il en résultait que tous ne pouvaient pas posséder la même valeur pour le cultivateur, attendu qu'ils ne le contiennent pas en égale quantité ; ceux qui en renfermaient une forte proportion avaient évidemment une valeur supérieure à ceux qui en contiennent moins. La proportion d'azote était facile à déterminer par l'analyse chimique, et c'est ainsi qu'on en arriva, dans l'intérêt du cultivateur, à ranger les engrais d'après un certain ordre, et à assigner à chacun un chiffre indiquant sa valeur relative. Les engrais les plus riches en azote étant les plus précieux, occupaient le premier rang.

Dans la table des équivalents des engrais, on n'avait tenu compte ni de la forme sous laquelle l'azote s'y trouvait, ni des autres matières qui accompagnaient les combinaisons azotées. Il était parfaitement indifférent que la combinaison

azotée fût de la gélatine, de la corne ou de l'albumine, ou que ces matières se trouvassent ou non associées à des phosphates terreux ou alcalins. Le sang desséché, les ongles, les râpures de corne, les chiffons de laine, les os, les tourteaux de colza étaient des membres d'une seule et même série.

Comme sous le nom d'azote on ne comprenait pas une combinaison déterminée, il eût été alors tout à fait impossible de prouver que l'effet des engrais azotés était en rapport direct avec la quantité d'azote qu'ils contenaient.

L'introduction et l'application du guano du Pérou et du salpêtre du Chili vinrent donner à la théorie dite azotiste sa véritable confirmation. Aucun engrais n'égalait le guano sous le rapport de la richesse en azote, et il surpasse de même tous les autres par la rapidité et par la puissance de son action. En ce qui concerne cette puissance, elle s'accordait avec la théorie azotiste, car elle correspondait à sa grande richesse en azote, et l'analyse chimique expliquait ainsi suffisamment la rapidité de son effet. L'observation ayant appris que le guano agissait en général plus promptement sur l'augmentation des rendements que d'autres engrais d'une égale richesse en azote, cela indiquait clairement qu'il possédait dans un de ses éléments une qualité qui faisait défaut à d'autres ; cet élément, pensait-on, devait faire plus de bien aux plantes que d'autres combinaisons azotées.

La détermination de cet élément n'offrit pas de difficultés. L'analyse chimique démontra que le guano du Pérou était très-riche en sels ammoniacaux et qu'une moitié de son azote se composait d'ammoniaque. Mais l'ammoniaque était déjà connue pour être un aliment des plantes ; il ne paraissait donc plus y avoir la moindre difficulté à expliquer la

rapidité de l'action du guano. Le guano du Pérou renfermait dans son ammoniaque à l'état concentré, une des matières alimentaires les plus importantes des végétaux qui, répandue dans la terre, était immédiatement assimilable pour les plantes.

A partir de cette époque, on établit une distinction entre les engrais azotés : dans les uns l'azote était de digestion facile, dans les autres, de digestion difficile. On rangeait, parmi les engrais faciles à digérer, l'ammoniaque et l'acide azotique ; les engrais difficiles à digérer comprenaient les autres matières azotées, qui ne deviennent susceptibles de digestion et d'action que lorsque leur azote s'est converti en ammoniaque.

L'effet du guano sur l'augmentation des rendements de blé était incontestable ; la théorie admit comme un fait tout aussi indubitable que l'effet dépendait de son azote ; elle tenait, en outre, pour un fait certain que l'ammoniaque est la partie la plus active de l'azote dans le guano. Il en résultait la conséquence que l'action du guano pourrait être remplacée par une quantité correspondante d'un sel ammoniacal, et les adhérents de cette opinion, pour augmenter et accroître à volonté les rendements de leurs champs de blé, semblaient ne plus avoir besoin d'autre chose que de se procurer à un prix convenable la quantité nécessaire de sels ammoniacaux. L'*humus* seul manquait, pensait-on jadis, et alors on en vint à croire que l'*ammoniaque* seule faisait défaut.

Eu égard aux idées que l'on se faisait de l'importance de l'azote pour les végétaux, cette conclusion était un immense progrès. Tandis que l'on n'appliquait jadis au mot azote aucune idée exacte, elle était désormais clairement déterminée. Ce qui s'appelait antérieurement azote, fut appelé

ammoniaque, combinaison saisissable et pondérable que l'on pouvait séparer de toutes les autres matières qui font également partie des engrais azotés, et sur laquelle il était permis d'expérimenter pour vérifier l'exactitude de la théorie.

Si l'effet du guano correspondait à la quantité d'azote qu'il renferme, une quantité d'ammoniaque renfermant autant d'azote devait produire non-seulement le même effet, mais un effet supérieur, attendu que la moitié de l'azote du guano est de digestion difficile, tandis que l'ammoniaque est complètement assimilable.

Que dans une seule expérience il fût constaté que le guano avait eu un effet puissant, et qu'une quantité correspondante d'ammoniaque n'avait pas eu d'effet, ou n'avait produit qu'un effet moindre, cette expérience suffisait parfaitement pour réfuter l'idée que l'on avait de l'azote. En effet, si elle était exacte, l'ammoniaque devait agir dans tous les cas où le guano agissait, et cela tout à fait de la même manière. Les expériences les plus anciennes, entreprises dans ce but, sont celles de Schattenmann (Compt. rend., t. XVII).

Il fuma dix parcelles d'une grande pièce de blé avec du sel ammoniaque et du sulfate d'ammoniaque. Une parcelle de même grandeur fut laissée sans fumure. Les parcelles fumées reçurent par acre, l'une 162 kilogrammes les autres le double, le triple et le quadruple de cette quantité de chacun de ces sels.

Les sels ammoniacaux (dit Schattenmann, p. 1130) semblèrent exercer une influence remarquable sur le froment, car, déjà huit jours après leur application, la plante prit une couleur d'un vert très-foncé, signe certain d'une grande force de végétation.

Les rendements obtenus par la fumure ammoniacale furent les suivants :

Sels ammoniacaux reçus.		Rendement en kilogrammes.			
		Grain.	Paille.	Moins de grain.	Plus de paille.
(1)	4 acre. — aucun	1182	2867	—	—
(2)	1 162 kil. chlorhydrate	1138	3217	44	348
(3)	4 324 324 kil. 486 486 chlorh.				
	Moyenne.	878	3171	304	304
(4)	1 462 kil. sulfate.	1174	3078	8	211
(5)	4 324 » 324 kil. 486 648				
	Moyenne.	903	3248	279	381

Il est facile de voir que les espérances que la couleur vert foncé avait fait naître, ne se réalisèrent pas. Non-seulement les sels ammoniacaux n'exercèrent aucune influence sur l'augmentation du rendement en grains, mais, dans toutes les expériences, ils déterminèrent une diminution. Le rendement en paille subit seul une légère augmentation.

Les sels ammoniacaux n'avaient donc pas, dans ces divers cas, augmenté les rendements en grains, à l'inverse du guano qui, ordinairement, les accroît.

Cependant, on ne pouvait pas considérer ces essais comme des arguments décisifs contre l'action attribuée à l'ammoniaque, car on n'avait pas établi d'essai comparatif avec le guano. Il n'était pas impossible que, sur le même champ, le guano se fût comporté absolument de la même manière. Quelques années plus tard, Lawes et Gilbert publièrent une série de recherches qui semblaient confirmer l'action de l'ammoniaque ou plutôt des sels ammoniacaux. Elles avaient été instituées dans le but de prouver que les éléments combustibles du froment sont insuffisants pour augmenter la fertilité du sol, et que les rendements en grain et en paille sont plutôt en rapport avec la quantité d'ammoniaque qu'on lui applique; qu'en outre, les sels ammoniacaux sont seuls

aptes à accroître les produits, et que les engrais azotés sont surtout très-profitables au froment.

Mais les expériences de MM. Lawes et Gilbert ne confirment pas le moins du monde leur théorie ; ce qu'elles prouvent, c'est plutôt qu'ils n'avaient aucune idée de la manière dont on doit s'y prendre pour fournir une preuve.

Ils n'ont pas recherché si l'on pouvait, à l'aide des sels ammoniacaux seuls, obtenir sur leurs terres et d'une manière continue, des rendements plus élevés que sans fumure.

Ils n'ont pas cherché non plus à déterminer les produits que des parcelles d'égale étendue et fumées avec du superphosphate et des sels de potasse, fourniraient pendant un certain nombre d'années. Ils débutèrent en appliquant pour de longues années, à une parcelle de terre, les éléments du grain et de la paille, savoir 560 livres d'os traités par l'acide sulfurique et 220 livres de silicate de potasse. Les années suivantes, ils fumèrent cette terre avec des sels ammoniacaux, et c'est après avoir procédé de la sorte, qu'ils veulent nous persuader que les surcroîts de rendement ont été produits par les sels ammoniacaux *seuls*.

L'insuffisance des expériences de MM. Lawes et Gilbert apparaît peut-être d'une manière plus éclatante encore, si l'on formule d'une autre manière la question qu'ils prétendaient résoudre. Supposons qu'ils aient voulu prouver que les surcroîts de rendement fournis par un champ de froment fumé avec le guano, dépendent de l'action des sels ammoniacaux, et que les autres éléments de l'engrais n'y aient pris aucune part. S'ils avaient fait digérer du guano dans de l'eau, et qu'ils eussent fumé deux parcelles de terre, l'une avec le guano même, l'autre avec les *éléments solubles*

d'une égale quantité de guano, de deux choses l'une : ou les rendements eussent été égaux, ou ils eussent été inégaux. Si les rendements avaient été égaux, c'est qu'évidemment les *parties insolubles* du guano n'auraient produit aucun effet ; mais si le rendement de la parcelle fumée avec le guano avait été plus élevé, il était certain que les éléments insolubles (les éléments minéraux, ainsi que les appelleraient MM. Lawes et Gilbert) auraient pris une part au surcroît de rendement. La quotité de cette part aurait pu être déterminée peut-être, si l'on avait fumé une troisième parcelle avec les éléments insolubles, c'est-à-dire avec les résidus du lessivage d'une égale quantité de guano.

Mais si, au lieu de cet essai, les expérimentateurs, pour établir leur preuve, avaient lessivé le guano et avaient fumé une parcelle de terre avec ses éléments insolubles la première année, et les années suivantes avec les éléments solubles, et qu'ils voulussent prétendre que ces derniers, c'est-à-dire les sels ammoniacaux, ont *seuls* produit les surcroîts de rendement, et que ceux-ci sont plutôt en rapport avec les sels ammoniacaux qu'avec les éléments incombustibles, nous serions en droit de croire qu'ils ont cherché à nous induire en erreur ; car, en réalité, ils n'auraient pas fumé le champ avec les sels ammoniacaux *seuls*, mais avec *tous* les éléments du guano.

Ce que nous disons ici par rapport au guano, qui, ainsi que nous l'avons vu précédemment, agit comme un mélange de superphosphate, de potasse et de sels ammoniacaux, peut s'appliquer, mot pour mot, aux expériences de Lawes et Gilbert. En effet, la première année ces messieurs fumèrent leur champ avec une quantité d'acide phosphorique soluble, de potasse et de silice qui correspond approximativement à celle contenue dans 1750 livres de guano,

et, les années suivantes, ils ajoutèrent les sels ammoniacaux. Le sol arable lui-même était évidemment épuisé de nourriture azotée par les cultures précédentes, et, dans ces circonstances, il y aurait eu vraiment lieu de s'étonner si les éléments nutritifs du guano avaient produit un rendement tout aussi élevé, sans ammoniacque, qu'avec son concours.

Ces expériences sont remarquables pour l'histoire de l'agriculture, car elles montrent ce que l'on pouvait offrir aux cultivateurs à une époque où le défaut de principes exacts ne permettait pas encore à la critique scientifique de faire entendre sa voix.

La question de l'importance de l'ammoniacque et des sels ammoniacaux fit, en 1857 et 1858, de la part du comité général de l'association agricole de Bavière, l'objet d'une série d'expériences comparatives, entreprises sur le territoire de la commune de Bogenhausen. Établies dans le but de constater l'effet du guano et de différents sels ammoniacaux renfermant une égale quantité d'azote, ces expériences eurent des résultats décisifs.

Pour les faire, on choisit une terre argileuse totalement épuisée, qui avait porté, à la suite d'une fumure ordinaire avec du fumier d'étable, d'abord du seigle, puis deux récoltes d'avoine. On la divisa en 18 parcelles, ayant chacune une superficie de 1914 pieds carrés; quatre de ces parcelles furent fumées avec des sels ammoniacaux; une parcelle avec du guano, et une autre ne reçut aucun engrais.

Comme point de départ pour la dose d'engrais à employer, on admit que 336 livres de guano par journal bavarois (*)

(*) Journal bavarois = 3407,272 mètres carrés.

Acre anglais = 4046,750 id.

Hectare = 10000 id.

(400 livres par acre anglais ou environ 500 kilogr. par hectare) correspondaient à une pleine fumure de fumier d'étable; de sorte que la surface mentionnée en exigeait 20 livres.

Le bon guano du Pérou choisi pour cette expérience fut préalablement analysé, et l'on constata que 100 parties contenaient une quantité d'azote équivalant 15,39 parties d'ammoniaque. Généralement, dans le guano il n'y a que la moitié de l'azote qui s'y trouve à l'état d'ammoniaque; l'autre moitié y existe sous forme d'acide urique, de guanine, etc., combinaisons dont on ignore à peu près totalement l'action sur la croissance des plantes, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer. Mais on admit que, dans ces autres matières, l'azote était tout aussi efficace que dans l'ammoniaque, et c'est sur cette base que l'on calcula les doses de sels ammoniacaux, soumis aussi préalablement à l'analyse, afin de bien s'assurer de la proportion d'ammoniaque qu'ils contenaient. D'après ces recherches, les 20 livres de guano équivalaient à 1719 grammes d'ammoniaque, et chacune des quatre autres parcelles reçut exactement la même quantité d'ammoniaque sous forme de sels ammoniacaux.

Il est évident que si le guano produisait un surcroît, et si celui-ci était dû à son azote, chacune des autres parcelles, après avoir reçu *la même quantité d'azote*, devait se comporter absolument comme si elle avait également reçu 20 livres du même guano. Les résultats furent les suivants :

Essais comparatifs établis à Bogenhausen sur du guano et des sels ammoniacaux contenant une égale quantité d'azote :

Rendement de la récolte. 1857.

Fumure.	Orge.	
	Grain.	Paille.
5880 gr. carbonate d'ammoniaque.	6335	46205 grammes.
4200 » azotate »	8470	46730 »
6720 » phosphate	7280	47920
6720 » sulfate »	6912	48287 »
20 liv. de guano	17200	33320 ■
Sans fumure	6825	48375

Bien que chacune des quatre parcelles eût reçu la même quantité d'azote, il n'y eut pas deux rendements égaux. En somme, les rendements des parcelles fumées avec les sels ammoniacaux ne dépassèrent que de peu de chose, grains et paille réunis, celui de la parcelle privée de fumure. En revanche, la parcelle fumée avec le guano donna, pour une même quantité d'azote, 2 1/2 fois autant de grain et 80 pour cent de paille en plus que la moyenne obtenue sur les parcelles fumées avec les sels ammoniacaux.

Cette expérience fut répétée de la même manière dans la même commune, l'année suivante, sur du froment d'hiver. Le champ choisi avait reçu, six années auparavant, du fumier d'étable, et avait porté du seigle d'hiver, puis du trèfle et ensuite de l'avoine. Après le déchaumage de l'avoine, on donna deux labours ; le 12 septembre 1857, on sema et l'on hersa le même jour. Immédiatement après l'ensemencement, il tomba une douce pluie d'orage.

Le champ avait été divisé en 17 parcelles égales de 1900 pieds carrés chacune. Les parcelles étaient séparées les unes des autres par des sillons, et chacune fut enssemencée et hersée séparément. La quantité de guano était de 18,8 livres, et c'est d'après l'azote qu'il contenait, que l'on dosa les sels ammoniacaux, de manière que, comme

dans l'expérience précédente, chaque parcelle en reçut absolument la même quantité. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

EXPÉRIENCES DE BOGENHAUSEN.

Rendements de la récolte 1858.

FUMURE.	FROMENT D'HIVER.	
	Grain.	Paille.
Guano (18,8 livres). . .	32986 gram.	79160 gram.
Sulfate d'ammoniaque (11,8 livres).	19600 »	44440
Phosphate d'ammoniaque (11,9 liv.).	21520	38940
Carbonate d'ammoniaque (10,6 livres).	25040	57860 »
Azotate d'ammoniaque (7,1 livres)	27090	65100 »
Sans fumure.	18100 »	32986 »

Ces expériences démontrent, de la manière la plus évidente, combien est erronée l'opinion qui attribue l'action d'un engrais azoté extrêmement actif à l'azote qu'il renferme. L'azote prend bien certainement part à l'action de ces engrais, mais celle-ci n'est nullement en rapport avec la quantité d'azote.

Si l'ammoniaque ou les sels ammoniacaux augmentent les rendements d'une terre, cela dépend de la constitution du sol.

Chacun comprend ce que l'on entend ici par constitution du sol. L'ammoniaque ne peut engendrer dans le sol ni de la potasse, ni de l'acide phosphorique, ni de la silice, ni de la chaux, et si ces matières indispensables au développement du froment y font défaut, l'ammoniaque ne pourra pas produire le moindre effet. Et si dans les expériences de Schattenmann, ainsi que dans celles de Bogenhausen que

nous venons de citer, les sels ammoniacaux n'ont pas produit d'effet, cela ne provient pas de ce qu'ils sont par eux-mêmes inefficaces ; mais ils n'ont pas agi, parce que les conditions nécessaires à leur action manquaient. Lawes et Gilbert avaient fourni ces conditions à leur champ, et ont ainsi donné de l'efficacité à l'ammoniaque.

Kuhlmann, en recherchant l'action de l'ammoniaque sur les prairies, a obtenu des résultats semblables. Il fuma une parcelle de prairie avec du sulfate d'ammoniaque, et obtint un surcroît de rendement en foin comparativement à la parcelle non fumée, parce qu'une certaine quantité d'acide phosphorique, de potasse, etc., qui serait restée inactive sans le concours des sels ammoniacaux, acquit de cette manière le pouvoir d'agir ; et lorsqu'il eut ajouté au sel ammoniacal du phosphate de chaux, il en augmenta l'action à un degré extraordinaire.

EXPÉRIENCES DE M. KUHLMANN.

1844. Rendement en foin par hectare.

FUMURE.	RENDEMENT.	Excédant sur le rendement de la parcelle non fumée.
1) 250 kilog. sulfate d'ammoniaque.	5564 kil.	1744 kilog.
2) 333 kil. sel ammoniac avec phosphate de chaux.	9906 »	6086
3) parcelle non fumée.	3820 »	

Par le sulfate d'ammoniaque seul, M. Kuhlmann obtint un peu plus de la moitié de foin en sus que sur la parcelle non fumée ; en ajoutant du phosphate de chaux, il récolta presque trois fois autant.

Les partisans de la théorie qui accorde une importance prépondérante à l'azote contenu dans les engrais, ont attribué à une semblable cause la fertilité des terres.

En effet, dès que l'on admettait qu'un engrais ne peut agir qu'à la condition de fournir de l'azote au sol, celui-ci devait s'épuiser par la disparition de cet élément, de même qu'il devait récupérer sa fertilité par sa restitution. L'inégale fertilité des terres devait dépendre de leur richesse en azote, et celui qui en était le mieux pourvu devait être le plus fécond.

Cette opinion eut le même sort que la précédente, car ce qui était erroné pour les engrais, ne pouvait être vrai pour les terres.

Tout homme familiarisé avec l'analyse chimique sait que, de tous les éléments du sol, il n'en est pas un qui puisse être déterminé avec autant d'exactitude que l'azote; et c'est en se servant de la méthode ordinaire qu'à Weihenstephan et à Bogenhausen, on a déterminé l'azote contenu dans un sol épuisé sur une profondeur de 25 centimètres.

Le champ contenait par hectare :

<i>Bogenhausen.</i>	<i>Weihenstephan.</i>
5145 kilog.	5891 kilog.

En 1857, on cultiva, sur les deux champs, de l'orge d'été, et on obtint par hectare les rendements suivants :

	<i>Bogenhausen.</i>	<i>Weihenstephan.</i>
Grain.	413 kil.	160½ kil.
Paille.	1115 "	2580 "
	<hr/>	<hr/>
	1528 "	418½ "

Ainsi, quoique la quantité d'azote fût à peu près égale de part et d'autre, le champ de Weihenstephan livra près de quatre fois autant de grain et plus du double de paille que celui de Bogenhausen.

Ces expériences furent répétées en 1858 à Weihenstephan

sur du froment d'hiver et à Schleissheim sur du seigle d'hiver.

En voici le résultat :

PAR HECTARE.		TERRE	
Azote dosé sur une profondeur		<i>de Schleissheim. de Weihestephan.</i>	
de 25 centimètres.		2787 kil.	5801 kil.
Récolte	Grain	415 »	1699 »
	Paille	282,6 »	3030 »
		397,6	4729

Le rapport entre l'azote des deux champs était comme 1 : 2, et les rendements furent dans le rapport de 1 : 14.

En présence de ces faits, il ne peut être question d'aucune relation entre l'azote du sol et sa fertilité. Au surplus, cette opinion n'est plus admise ; car depuis que Kroker, en 1846, après avoir déterminé la quantité d'azote renfermée dans 22 espèces de terres provenant de contrées différentes, eut trouvé que, sur une profondeur de 25 centimètres, un sable stérile même contenait au delà de 100 fois, et d'autres terres arables cinq cents et jusqu'à mille fois plus d'azote qu'il n'en faut pour une pleine récolte, on a répété ces recherches dans tous les pays, et elles ont partout confirmé ces résultats.

Depuis lors, on a généralement reconnu que la grande majorité des terres cultivées sont beaucoup plus riches en azote qu'en acide phosphorique, et que la proportion d'azote qui servait d'échelle pour mesurer la valeur des engrais n'est nullement applicable à l'appréciation de la puissance productive des champs.

Il s'éleva de cette manière entre l'analyse chimique des divers engrais et celle du sol, une contradiction difficile à concilier. Dans le laboratoire, on pouvait, d'après la dose

d'azote qu'il contenait, calculer exactement la valeur d'un engrais; mais aussitôt qu'il était incorporé au sol, la détermination de l'azote que celui-ci contenait n'était d'aucune valeur pour l'appréciation de sa puissance productive.

Assurément, cette anomalie aurait dû faire naître des doutes sur la valeur de la théorie qui considérait l'azote comme l'agent efficace par excellence, théorie qui n'était, comme nous l'avons dit, étayée par aucune preuve. Mais ses défenseurs préférèrent la maintenir et cherchèrent à expliquer l'action du sol par des découvertes nouvelles et encore plus étranges. On s'était aperçu que si l'on donnait au sol, sous forme de guano, de salpêtre du Chili ou de fumier d'étable, une très-petite fraction de l'azote qu'il renferme lui-même, on augmentait en réalité les rendements, tandis que l'effet d'autres engrais privés d'azote sous forme d'ammoniaque ou d'acide azotique, se produisait au bout d'un espace de temps très-inégal. C'est ainsi, par exemple, que l'on avait vu que les râpures de corne, les chiffons de laine, etc., agissent très-lentement. On en conclut que l'azote se trouve dans le sol sous une forme tout aussi différente que dans les engrais; qu'une partie y existe sous forme d'ammoniaque ou d'acide azotique et constitue l'azote véritablement actif, tandis qu'une autre partie, sous une forme particulière dont on ne rendait aucun compte, n'agissait pas du tout.

D'après cette manière de voir, la puissance productive d'une terre ne serait pas en rapport avec sa provision d'azote, et ne pourrait être mesurée que par la quantité d'acide azotique et d'ammoniaque qu'elle contient. Comme les azotistes s'étaient habitués à se dispenser de toute preuve en faveur de leur théorie, la nouvelle interprétation qu'elle venait de recevoir ne fut naturellement pas non plus soumise

à l'épreuve de l'expérience. On croyait pouvoir la prouver de la manière suivante :

Quand l'azote contenu dans le grain et la paille récoltés sur une terre constituait six, quatre, trois ou deux pour cent de toute la quantité d'azote renfermée dans le sol, on en concluait que celui-ci était pourvu de six, quatre, trois ou deux pour cent d'azote actif, et que les 94, 96, 97 ou 98 pour cent d'azote s'y trouvaient à l'état inerte.

De cette manière, on déduisit la cause de l'effet (la présence de l'azote actif), de l'effet lui-même (l'azote dans les rendements). Si la provision d'azote avait fourni plus d'azote actif, on aurait obtenu des rendements plus grands; si l'on n'obtenait que de faibles rendements, c'est qu'il y avait pénurie d'azote actif. Et si au moyen du guano ou du fumier, on ajoutait de l'azote actif, les rendements devaient augmenter.

L'adoption de cette nouvelle mesure de la puissance productive du sol entraînait l'abandon de la méthode qui, jusque-là, avait servi à apprécier la valeur des engrais, car en attribuant à l'acide azotique et à l'ammoniaque seuls un rôle efficace dans le sol, et en le refusant à toutes les autres combinaisons azotées, évidemment, il ne pouvait plus être question de ranger les engrais azotés dépourvus d'ammoniaque et d'acide azotique dans la même catégorie que ces deux principes nutritifs.

Cependant, dans la table des équivalents, le sang desséché, les râpures de corne, la colle-forte, les principes azotés des tourteaux de colza, toutes matières ne renfermant ni acide azotique ni ammoniaque, occupaient un très-haut rang. Dans la plupart des cas, l'efficacité de ces engrais n'était nullement douteuse, mais il n'était pas possible de la déterminer par l'analyse. Quand on compare deux terres

dont l'une a été fumée avec des tourteaux en poudre, on constate que celle-ci donne des produits plus élevés, soit en blé, soit en plantes-racines, et cependant à l'analyse on n'y trouve pas plus d'ammoniaque que dans la pièce qui n'a pas reçu de tourteaux. On avait admis, il est vrai, que les principes azotés de ces engrais, l'albumine du sang, du tourteau, de la colle-forte se transformaient peu à peu en ammoniaque, et que c'était là ce qui les rendait actifs; mais on refusait tout naturellement aux combinaisons azotées, dites inactives, contenues dans le sol, cette faculté de fournir de l'ammoniaque ou de s'oxyder pour former de l'acide azotique.

On savait cependant bien que de deux terres inégalement riches en chaux, celle qui contient le plus de calcaire n'est pas toujours plus favorable au trèfle que l'autre. Il n'était alors venu à l'idée de personne que dans la terre la plus riche en calcaire, celui-ci pût s'y trouver sous deux états différents : l'un actif et l'autre inactif, et que la différence dans les produits du trèfle fût due à la chaux active.

On savait que la même quantité de poudre d'os appliquée à deux terres différentes, donne souvent des rendements inégaux, mais on ne s'imaginait pas que si l'engrais n'agissait pas, c'est qu'il était passé à l'état inactif.

On savait que toute matière en excès cesse d'agir sur les produits du sol, mais pour l'azote il devait en être autrement. On pensait que l'excédant d'azote devait agir, et que s'il n'agissait pas, on ne devait pas attribuer son inefficacité à la terre, mais bien à la nature des combinaisons azotées.

On reconnaît ainsi que la théorie qui, en agriculture, accorde à l'azote un rôle prépondérant, conduit à une confusion d'idées inouïe et absurde. Aucun de ses adeptes ne s'était donné la peine d'extraire du sol une de ces com-

binaisons azotées considérées comme inactives et d'en étudier les propriétés; on leur attribuait un mode d'action inexplicable, puisqu'on ne les connaissait pas elles-mêmes.

Les partisans de cette théorie, ignorant la nature de ces combinaisons azotées qui se trouvent dans le sol, voudraient nous persuader que personne n'en sait davantage. Cependant, pour tout homme qui possède quelques notions de chimie, il ne peut pas exister la moindre incertitude ou la moindre obscurité sur l'origine de l'azote dans le sol arable. Il provient soit de l'air qui le fournit à la terre par la pluie ou la rosée, soit de débris végétaux accumulés par les générations de plantes qui y sont mortes, ou de débris animaux que le sol contient ou que l'homme lui a incorporés sous forme d'excréments. Les excréments des animaux et de l'homme, et les cadavres enfouis dans le sol disparaissent au bout d'un certain nombre d'années et n'y laissent que leurs éléments combustibles. L'azote des parties combustibles se transforme en ammoniaque gazeuse qui se disperse dans la terre avoisinante. De puissants gisements de débris animaux appartenant à des races éteintes et enfouis dans les couches géologiques ou formant certains étages de la croûte solide de notre globe, témoignent de la vaste extension de la vie organique dans les temps antérieurs à l'époque actuelle; et ce sont les éléments azotés de ces êtres qui, transformés en ammoniaque et en acide azotique, jouent encore aujourd'hui un rôle actif dans l'économie du monde végétal et animal.

Si le moindre doute pouvait subsister à cet égard, il disparaîtrait devant les recherches de Schmid et d'Isidore Pierre (Compt. rend., t. XLIX, p. 711-715).

Schmid (V. Peters Acad. Bull., VIII, 161) analysa plusieurs échantillons de terre noire de Russie (tscherno-sem) du gou-

vernement d'Orel, parmi lesquels il s'en trouvait trois provenant du même champ, qu'il qualifie de sols « vierges, » de sorte que l'on peut admettre qu'ils n'avaient jamais été exploités par l'agriculture.

Ce tscherno-sem renfermait l'azote suivant :

Sous le gazon	0,99 pour cent.
Quatre werschok plus bas	0,45 »
Au dessus du sous-sol.	0,33 »

Si l'on estime le poids d'un décimètre cube de cette terre à 1100 grammes, le sol contenait, par hectare :

A 10 centimètres de profondeur	10890 kil. azote.
A 20 centimètres de profondeur	4950 »
A 30 centimètres de profondeur.	3630
	<hr/>
Donc sur une profondeur de 30 centim.	19470 »

Isidore Pierre ayant analysé un sol des environs de Caen, trouva qu'il contenait par hectare et sur une profondeur d'un mètre, 19620 kilogrammes d'azote répartis de la manière suivante :

Dans la 1 ^{re} couche de 25 centimètres de profondeur, le sol contenait	8360 kil.
Dans la 2 ^e couche de 25 à 50 centim.	» 4959 »
Dans la 3 ^e couche de 50 à 75 centim.	» 3479 »
Dans la 4 ^e couche de 75 à 100 centim.	» 2816
	<hr/>
	19614 »

Ce sont donc les couches supérieures ou le véritable sol arable (à 25 centim. de profondeur) qui, dans les deux expériences, se sont montrées les plus riches en azote ; dans les couches plus profondes, la quantité d'azote était moindre.

Une semblable répartition montre à l'évidence l'origine

de l'azote contenu dans la terre arable. En effet, si les couches supérieures auxquelles on enlève incessamment de l'azote par la culture, en contiennent plus que les couches profondes, il est évident que cet élément provient de l'atmosphère.

L'analyse des sols les plus variés, exécutée en divers pays, démontre qu'il n'existe guère de terre à froment fertile qui, par hectare et sur une profondeur de 25 centimètres, ne contienne au moins 5000 à 6000 kilogr. d'azote, et en comparant cette quantité à celle que les récoltes enlèvent au sol, on s'aperçoit aisément que celles-ci ne s'emparent que d'une fraction minime de la provision, et que de tous les éléments nutritifs, l'azote est celui qui doit s'épuiser le moins rapidement.

Les expériences de Mayer (Résultats d'expériences de culture et de chimie agricole, Munich, 1^{er} Cah., p. 129 allem.) prouvent que l'action de la terre arable sur les alcalis en dissolution aqueuse ne donne aucune indication sur la nature des combinaisons azotées qui s'y trouvent. On avait supposé que tout l'azote qui existe dans la terre sous forme d'ammoniaque, pouvait en être séparé par la distillation avec des alcalis caustiques, et que la partie d'azote non séparée ne pouvait pas être de l'ammoniaque. Mayer a prouvé l'inexactitude de cette hypothèse. Il a d'abord trouvé que certaines terres, riches en éléments humeux, retenaient encore, après une ébullition de quatre heures, ce qui équivaut à une digestion dans l'eau bouillante pendant le même temps, une quantité considérable d'ammoniaque. Les terres qui ont servi à ces expériences étaient : 1^o du terreau pris dans le creux d'un tronc d'arbre ; 2^o de la terre de jardin riche en matières organiques, prise dans le jardin botanique ; 3^o une forte terre argileuse de Bogenhausen.

1 million de milligrammes (1 kilogr.) a retenu, après avoir été soumis à l'action de l'eau bouillante :

	1. Terreau.	2. Terre de jardin.	3. Terre argileuse.
Milligr. d'ammoniaque.	7308	4538	1576

Quand, après avoir saturé une terre arable d'ammoniaque, soit en la traitant par une faible dissolution d'ammoniaque pure, soit en l'exposant dans un espace rempli d'ammoniaque gazeuse ou en la plaçant au-dessus de carbonate d'ammoniaque, on la fait sécher et qu'on l'expose à l'air pendant quinze jours, toute l'ammoniaque qui n'est pas fixée à la terre s'échappe; on peut, du reste, extraire également cette ammoniaque par un lessivage prolongé avec l'eau froide. En soumettant ensuite ces terres saturées, dont l'analyse a exactement déterminé l'ammoniaque, à la distillation avec une lessive de soude, on observe qu'une quantité notable de l'ammoniaque absorbée ne peut pas être séparée par ce moyen. Dans ce qui va suivre, A exprime les quantités d'ammoniaque absorbées par les différentes terres à la température ordinaire, B les quantités d'ammoniaque que ces terres ont retenues après avoir été soumises pendant 12 à 15 heures dans le bain-marie, à l'influence d'une lessive de soude.

	Un million de milligrammes de terre			
	de la Havane — de Schleissheim — de Bogenhausen — argileuse.			
A. Ammoniaque.	5520	3900	3240	2600
B. Ammoniaque.	920	970	590	470

La faculté de retenir, dans ces circonstances, une certaine quantité de l'ammoniaque absorbée, est donc, comme on voit, très-inégale. La terre de la Havane (un sol calcaire maigre) retint un sixième, le sol de Schleissheim un quart,

la terre de Bogenhausen un tiers de l'ammoniaque absorbée (*).

On s'explique ainsi pourquoi, en exposant une terre arable saturée d'ammoniaque pendant plusieurs heures à une forte chaleur avec une lessive de soude, on n'obtient qu'une partie de l'ammoniaque, et c'est peut-être plutôt l'action prolongée de l'eau à une température élevée que l'affinité chimique de la soude, qui sépare peu à peu l'ammoniaque sous forme de gaz de sa liaison avec la terre. Il n'arrive effectivement dans cette opération jamais de limite où le dégagement d'ammoniaque cesse; même après avoir chauffé pendant 25 heures consécutives au bain-marie, le liquide distillé possède encore une réaction alcaline.

Les terres arables mentionnées plus haut, dans leur état naturel, réagissent sur une lessive de soude en ébullition, absolument comme si elles étaient en partie saturées d'ammoniaque. Dans ce qui suit, A exprime la quantité totale d'ammoniaque qui a été obtenue de différentes terres par

(*) Cette particularité ne doit pas étonner; elle ne prouve qu'une chose, c'est que l'ammoniaque est renfermée dans la terre en partie sous une tout autre forme que celle de sel. Les sels ammoniacaux sont des combinaisons d'ammonium qui se décomposent avec la plus grande facilité à l'aide des alcalis, des terres alcalines et des oxydes métalliques, l'alcali venant se substituer à l'oxyde d'ammonium ou bien l'ammonium étant remplacé par un autre métal. Mais nous n'avons aucune raison de croire que l'ammoniaque attirée physiquement par la terre arable poreuse cède sa place à un autre corps, et puisse être mise en liberté par celui-ci qui ne possède pas une attraction plus forte.

Le carbonate de chaux n'exerce à froid presque aucune action sur le sulfate d'ammoniaque; mais dans une terre arable contenant du carbonate de chaux, le sel ammoniacal est complètement décomposé et la chaux remplace l'ammoniaque; toutefois, celle-ci ne devient pas libre, elle contracte une autre combinaison sur laquelle la chaux n'a pas d'action.

la calcination avec de la chaux sodée, B les quantités d'ammoniaque que l'on a pu séparer en chauffant pendant 12 à 25 heures avec une lessive de soude.

	Un million de milligrammes de terre			
	de la Havane	— de Schleissheim	— de Bogenhausen	— argileuse.
A. Ammoniaque.	2640	4880	4060	2850 mill.
B. Ammoniaque.	510	1270	850	830

Ces chiffres donnent lieu à quelques remarques intéressantes. Ils montrent, entre autres, qu'un tiers, un quart ou un cinquième de tout l'azote contenu dans le sol, peut en être séparé sous forme d'ammoniaque, et, dans cette opération, ce qui passe même après une distillation de 25 heures, conserve encore une réaction alcaline.

Par conséquent, puisque en chauffant pendant 5 à 6 heures avec une lessive de soude, une terre qui a été artificiellement saturée d'ammoniaque, on obtient un tiers, un quart ou un sixième de l'ammoniaque absorbée, et que l'on n'a aucune raison de croire que la portion restante ait changé de nature et ne soit plus de l'ammoniaque, il est évident que si l'on soumet à la même opération une terre à l'état naturel et qu'elle donne également une partie de son azote sous forme d'ammoniaque, on ne peut pas en conclure que l'azote que l'on ne parvient pas à lui enlever à l'état d'ammoniaque par la distillation, ne s'y trouve pas sous forme d'ammoniaque.

Bien que ces expériences ne prouvent pas que tout l'azote contenu dans le sol s'y trouve sous forme d'ammoniaque (puisque, d'ailleurs, une partie y existe déjà à l'état d'acide azotique), il n'y a cependant pas non plus de preuve du contraire.

Au reste, pour la question dont il s'agit ici, la preuve dans

le sens le plus strict ne nous est pas nécessaire; il doit nous suffire de prouver que l'azote contenu dans le sol se comporte absolument comme celui contenu dans le fumier d'étable. Or en distillant celui-ci au moyen des alcalis, on ne parvient non plus à séparer qu'une faible quantité de l'azote qu'il renferme; la plus forte proportion ne peut être enlevée qu'à l'aide des agents décomposants.

D'après l'analyse de Völcker, 800 quintaux de fumier d'étable frais renferment :

	1854. Novembre.	1855. Avril.
Azote	514 livr.	712 livr.
Ammoniaque { libre.	27,2	74,4 »
à l'état de sels.	70,4 »	
	97,6	

En comparant ces chiffres à ceux qui, dans les terres de Schleissheim et de Bogenhausen, représentent l'ammoniaque que l'on en a extraite et la totalité de l'azote qu'elles contenaient, on trouvera que 800 quintaux de terre arable renfermaient :

	Terre de Schleissheim.	Terre de Bogenhausen.
Azote.	321,6 livres.	267,2 livres.
Ammoniaque à extraire	401,6 »	68,0 »

On comprend bien que si deux terres qui ne sont pas particulièrement riches en azote, renferment autant d'ammoniaque qu'un poids égal de fumier d'étable, l'infertilité de la terre de Schleissheim serait tout à fait inexplicable, s'il était vrai que le fumier d'étable ne dût son efficacité qu'à l'ammoniaque seule.

Nous admettons que toute la quantité d'azote contenue dans le fumier d'étable prend une certaine part à son efficacité, et comme les éléments azotés accumulés dans le sol arable sont identiques par leur origine aux matières qui consti-

tuent les engrais, il est impossible d'attribuer aux premiers une action qui n'appartiendrait pas également aux autres.

Il est de fait que les combinaisons azotées renfermées dans le sol n'exercent, fréquemment, aucun effet sur l'augmentation des récoltes, tandis que celles qui se trouvent dans les engrais possèdent une action incontestablement favorable. Il faut, par conséquent, que les effets des combinaisons azotées contenues dans l'engrais soient déterminés par des causes qui n'existent pas dans le sol, et il est évident que l'on peut communiquer à celles du sol la même efficacité, si l'on a soin de faire agir les causes qui ont déterminé l'action des engrais.

Si nous examinons, par exemple, les rendements livrés sans fumure par les deux terres de Schleissheim dont nous avons parlé pages 159 et 162, et si nous les comparons à la quantité d'azote qui y était contenue, nous trouverons le résultat suivant :

Quantité d'azote par hectare sur une profondeur de 25 centimètres.		RENDEMENT.	
		Grain.	Paille.
Dans le champ I (p. 163) 1858.	2787 kilogr.	415	282 kil.
Dans le champ II (p. 160) 1837.	4752 »	644	1656 »

Ceux qui sont d'avis que c'est à l'azote qu'il faut attribuer les rendements des terres, apprécieraient les résultats de ces deux expériences à peu près de la manière suivante :

L'azote contenu dans les deux champs était comme .	400 : 160
Les rendements en grain comme.	400 : 560

Si les rendements sont en rapport avec la quantité d'azote actif que le sol renferme, il en résulte que non-seulement le champ II contenait plus d'azote que le champ I, mais encore qu'il en possédait une quantité relativement

plus forte à l'état actif. Si le rendement en grain du champ I (= 115 kil.) correspondait à la fraction active de la quantité totale d'azote (= 2787 kilogr.), le champ II, en supposant que le rapport entre l'azote actif et non actif fût le même de part et d'autre, aurait dû livrer 257 kilogr. de grain (2787 kil. azote : 115 kil. grain = 4752 kil. azote : 257 kil. grain). Cependant, le champ II a produit deux fois et demie autant de grain que l'autre, et la quantité d'azote actif a dû se trouver dans le même rapport.

Mais cette explication, si simple en elle-même, est en opposition avec le fait que ces deux champs, après avoir été fumés avec du superphosphate (préparé avec des phosphorites), fournirent dans les mêmes années les rendements suivants (Voir pages 160 et 163) :

RENDEMENT PAR HECTARE.

	Grain.	Paille.
1858. Le champ I fumé avec du superphosphate de chaux.	654	1341 kil.
1857. Le champ II fumé avec du superphosphate de chaux.	4301	3813 »

En ajoutant trois principes nutritifs : l'acide sulfurique, l'acide phosphorique et la chaux, et sans augmenter aucunement la quantité d'azote, on récolta donc sur le champ I, renfermant 2787 kil. d'azote, autant de grain que le champ II, contenant 4752 kilogr. d'azote, en avait donné sans fumure. Il y avait, par conséquent, tout autant d'azote actif dans le premier que dans le second, mais il lui manquait certaines autres matières, dont la présence était indispensable pour que l'azote pût produire de l'effet; sa puissance d'action ne s'est manifestée que lorsqu'on les lui a données. De même, l'influence favorable exercée par le superphosphate sur le champ II, est venue démontrer que le rendement de la pièce non fumée ne correspondait pas non plus à son azote actif,

attendu que par l'application de l'engrais, le rendement a plus que doublé. Et lorsque sur le champ I on eut ajouté au superphosphate 137 kil. de sel de cuisine et 755 kil. de sulfate de soude, on obtint une nouvelle augmentation, savoir 700 kil. de grain et 1550 kil. de paille; il y a donc eu là encore une quantité plus considérable d'azote, en apparence inactif, qui a été mise en activité.

Le cultivateur intelligent qui réfléchit sur des questions de cette nature, acquerra bientôt la conviction qu'il peut exister une différence essentielle entre les observations pratiques ou sa propre expérience, et les opinions de l'école qui cherche à les expliquer. Quand la pratique avance que l'on peut rétablir ou augmenter, dans tel ou tel cas, les récoltes à l'aide du fumier d'étable, du guano, de la poudre d'os, personne n'oserait prétendre que ces faits ne méritent aucune confiance et sont incertains. Mais c'est à ces faits que doivent se borner les observations du praticien; il n'a pas pu constater que c'est l'ammoniaque du fumier d'étable ou du guano, ou l'azote du salpêtre du Chili qui accroissent les produits du sol; tout cela lui a été suggéré par des personnes qui ne le savaient pas mieux que lui-même.

Il est certainement une chose étrange que l'on ne rencontre dans aucune industrie, ni dans aucun art, c'est que le cultivateur nourrit dans la plupart des cas des opinions et des idées, dont l'exactitude ne lui est garantie par aucune preuve; il semblerait même que tout désir de vérification lui fasse défaut. On ne comprend pas qu'il accepte comme preuves, des faits observés non sur son propre sol, mais dans d'autres contrées, et qui sont tout au moins douteux pour ses terres.

Si, sur mille cultivateurs, un seul s'était décidé, dans ces dix dernières années, à faire sur son propre champ, avec

l'ammoniaque ou des sels ammoniacaux, des essais pour vérifier si, en réalité, cet engrais est préférable à tous les autres pour accroître les rendements du blé ainsi qu'on le prétendait, tous les autres seraient arrivés rapidement et facilement à une connaissance exacte de la valeur de cet engrais.

La simple réflexion nous dit qu'aucun élément nutritif ne peut, isolément, agir sur la croissance des plantes, et que pour servir à l'alimentation, il doit être associé à d'autres, et cela aurait dû convaincre le cultivateur que l'azote ne fait pas exception, et qu'en conséquence, on ne saurait apprécier la valeur d'un engrais par sa richesse en azote, à moins de supposer que celui-ci puisse développer son action dans toutes les circonstances, et que l'argent dépensé pour son acquisition garantisse, en tout temps, une récolte équivalente.

Mais, si le simple bon sens dit au cultivateur qu'une semblable hypothèse est dénuée de fondement, et qu'il n'a qu'à ouvrir les yeux pour se convaincre par les faits que l'ammoniaque se trouve dans le cas de tous les autres éléments nutritifs, il doit finir par comprendre que la grande quantité d'azote contenue dans son sol n'est pas inactive par suite d'un état particulier, mais que, semblable à l'acide phosphorique, à la potasse, à la chaux, à la magnésie, à la silice et au fer, cet élément reste sans effet, lorsque l'une des conditions qui le rendent assimilable, manque dans la terre.

Si les produits que fournissent les terres ne sont pas en rapport avec leur richesse en azote, il n'est pas permis d'en conclure que la plus forte part s'y trouve sous une forme impropre à l'alimentation. Pour qu'un semblable rapport pût s'observer, il faudrait que toutes les terres fussent éga-

lement pourvues de tous les autres éléments nécessaires au développement des plantes, et qu'elles offrissent partout la même constitution géologique et mécanique. Mais il n'en est pas ainsi : Il n'existe pas sur notre globe deux pays où les terres soient complètement identiques.

Cette opinion doit donc être répudiée d'une manière absolue, non-seulement parce qu'elle est fautive en thèse générale, et que dans aucun cas elle n'a jamais été démontrée, mais encore parce qu'elle est de nature à exercer une fâcheuse influence sur la pratique agricole. Imbu de l'idée qu'il est impossible de communiquer à la provision d'azote que son sol recèle, l'efficacité qui lui manque, le cultivateur ne songe pas même à tenter un essai. Convaincu d'avance qu'il ne réussira pas à dérober à la terre le trésor qu'elle possède, il l'y laisse enfoui.

L'examen attentif des résultats obtenus depuis des siècles par la grande culture sur de vastes contrées, ainsi que des faits pratiques incontestables, témoignent de l'existence probable d'une source d'azote qui permet aux terres cultivées de récupérer annuellement, et sans le concours du cultivateur, une partie et, pendant la durée d'un assolement, la totalité de l'azote qui leur a été enlevé par les récoltes. Tous les autres éléments nutritifs, quelque grande qu'en soit la provision renfermée dans le sol, peuvent s'épuiser, attendu qu'ils n'y reviennent pas spontanément, mais la terre ne s'épuise jamais d'azote. N'est-ce donc pas enfreindre toutes les lois de la logique que d'attribuer dans tous les cas, et sans examen plus approfondi, l'épuisement d'un sol à une perte d'azote.

N'est-il pas évident qu'à défaut de la raison, l'intérêt bien entendu du cultivateur lui commande de faire tous ses efforts et de tenter tous les moyens pour s'éclairer à cet égard,

et se rendre compte de la quantité d'azote que l'atmosphère restitue annuellement à ses terres. En effet, une fois en possession de cette connaissance, il lui sera facile d'organiser sa culture de la manière la plus profitable. S'il acquiert la certitude que l'azote enlevé à son sol dans le cours d'une rotation, lui est restitué intégralement par les sources naturelles, cela l'amènera assurément à rechercher quels sont les moyens les plus propres à employer pour maintenir, à l'aide de la provision accumulée dans son fumier, son exploitation dans un état prospère, sans s'imposer aucune dépense pour acquérir la nourriture azotée nécessaire à ses plantes.

Mais si, au contraire il apprend que l'atmosphère ne restitue à ses terres qu'une partie de ce qui leur a été enlevé, et s'il connaît exactement l'importance du prélèvement, il pourra, s'il le trouve avantageux, y pourvoir avec connaissance de cause et avec toute l'économie possible ; ou bien, il pourra combiner ses exportations de manière qu'elles ne soient jamais supérieures à l'apport que lui fournissent les sources naturelles.

C'est au prix de revient des produits que l'on mesure la valeur de tous les progrès de l'industrie, et il n'est pas un homme qui donnera le nom d'amélioration à un procédé pratique dont l'application fournit des résultats qui ne couvrent pas les frais de production. Si le prix du guano dépasse certaines limites, et que les produits que l'on en obtient ne sont pas en rapport avec le capital et le travail dépensés, il est tout naturel que l'on en abandonne l'emploi.

Aussi aurait-on pu, depuis longtemps, s'apercevoir en agriculture que l'obligation d'employer l'ammoniaque pour augmenter les produits du blé, implique cette autre question, à savoir : Si, d'une manière générale, on peut,

par cet emploi, arriver pratiquement à un résultat avantageux.

Quelques considérations suffiront pour convaincre le cultivateur habitué à la réflexion, que si l'accroissement de la production dépendait de l'augmentation de la nourriture azotée dans le sol, il faudrait, *à priori*, renoncer à toute amélioration. Pour ma part, je crois que le progrès n'est possible et réalisable qu'à la condition de se borner au capital d'azote que le cultivateur peut accumuler sur son propre sol, et d'exclure, autant que possible, toute acquisition de nourriture azotée.

Toutes les expériences de Lawes ont abouti à ce résultat moyen : *qu'une livre de sel ammoniacal contenu dans l'engrais pouvait produire deux livres de grain de froment.*

Encore ne faut-il pas oublier que ce résultat a été obtenu sur une terre qui avait pu livrer par acre, sans aucune fumure et pendant sept années consécutives, 1125 livres de grain et 1756 livres de paille (par année); et que de plus, toutes les pièces de terre fumées avec les sels ammoniacaux avaient également reçu des phosphates et du silicate de potasse (*).

En moyenne, M. Lawes fuma ses terres avec 3 quintaux de sels ammoniacaux, et il y récolta moitié plus de grain que sur la pièce non fumée.

Supposons donc que le surcroît de rendement obtenu ait été dû exclusivement aux sels ammoniacaux; que tous les champs soient inépuisables en acide phosphorique, en po-

(*) Lawes dit à cet égard que pour chaque bushel de grains de froment (= 64 à 65 livres = 1 livre d'azote) que l'on veut obtenir au delà de ce que le champ fournit naturellement, il faut 5 livres d'ammoniaque (= 16 livres sel ammoniac ou 20 livres sulfate d'ammoniaque) : au surplus, il ajoute que le surcroît désiré n'a pas été dépassé dans une seule expérience.

tasse, en chaux, etc., et que, conséquemment, l'emploi continué des sels ammoniacaux ne puisse pas entraîner l'épuisement du sol, et calculons combien il faudrait de quintaux de sels ammoniacaux dans le royaume de Saxe, pour augmenter de moitié les produits que les champs y livrent sans fumure. Voici ce que l'on constate : Le royaume de Saxe comprenait, en 1843, 1,344,474 acker (1 acker saxon = 0,553 hectare) de terre arable (à l'exclusion des vignobles, des jardins et des prairies). En supposant que chaque acker puisse livrer tous les deux ans une récolte de blé, et réclame une fumure de quatre quintaux d'un sel ammoniacal, il faudrait annuellement au royaume de Saxe 2,688,958 quintaux de sels ammoniacaux (= 134,447 tonnes).

Pour peu que l'on possède des notions sur la fabrication des produits chimiques et que l'on sache quelle est la matière première (déchets animaux et eaux de gaz) qui sert à les fabriquer, on s'apercevra aussitôt que toutes les fabriques d'Angleterre, de France et d'Allemagne réunies, ne sont pas en état de produire le quart seulement des sels ammoniacaux qu'il faudrait à un pays relativement très-petit pour augmenter sa production dans la proportion indiquée.

Il est facile de calculer combien il faudrait de sels ammoniacaux, si on les répartissait uniformément sur les États germaniques de l'Autriche, offrant une surface de 11 millions de joch (1 joch = 1,422 acre angl. = 0,576 hectare), sur la Prusse avec ses 33 millions de morgen ou journaux (1 journal = 0,631 acre angl. = 0,255 hectare), et sur la Bavière avec 9 millions de journaux (1 journal = 0,842 acre angl.). Alors même que l'on quadruplerait la production des sels ammoniacaux, on ne pourrait pas exercer une influence sensible sur les rendements.

En Europe, c'est le guano du Pérou qui, largement cal-

culé, contient 6 pour cent d'ammoniaque, qui fournit cette substance au meilleur marché.

En admettant que, pendant des siècles encore, les pays agricoles de l'Europe qui font surtout usage du guano (je range ici l'Angleterre, la France, la Hollande, la Prusse et les Etats allemands, sans l'Autriche, avec 120 millions d'habitants), puissent recevoir annuellement 6 millions de quintaux (= 300,000 tonnes à 20 quintaux) de guano du Pérou, renfermant 360,000 quintaux d'ammoniaque, et qu'avec 5 livres d'ammoniaque on puisse produire 65 livres de blé ou ses équivalents de plus que ce que l'on obtient avec les moyens ordinaires, le surcroît de blé obtenu suffirait tout juste pour donner aux habitants, *pendant deux jours de l'année, un supplément de blé de deux livres par jour et par tête.*

Si l'on estime en moyenne l'alimentation d'un homme à 2 livres de blé ou équivalents de blé par jour, cela fait pour une année 730 livres. D'après la supposition que nous venons de faire, les 36 millions de livres d'ammoniaque produiraient 13 fois autant ou 468 millions de livres de blé ou ses équivalents, au moyen desquels on pourrait nourrir, pendant une année, 641,000 hommes.

En admettant que la population de l'Angleterre et du pays de Galles n'augmente que de 1 pour cent par an, cela fait annuellement un accroissement de 200,000 hommes, et par conséquent, en trois ans, 600,000 hommes. Dans ce cas, les équivalents de blé que nous avons supposé pouvoir être produits à l'aide des 6 millions de quintaux de guano importés, ne suffiraient que pendant quelques années pour nourrir le surcroît de population de l'Angleterre et du pays de Galles.

Et que se passerait-il en Angleterre, qu'arriverait-il en

Europe, si, après six ou neuf années, nous en étions réduits à importer l'ammoniaque pour alimenter une population sans cesse croissante? Pourrions-nous dans six ans importer 12 millions de quintaux de guano, et dans neuf ans en importer 18 millions ?

Nous savons de la manière la plus positive que la source d'ammoniaque alimentée par le guano sera épuisée dans peu d'années, et que nous n'avons pas la perspective de découvrir de nouveaux gisements plus riches. Nous savons que non-seulement en Angleterre, mais dans toute l'Europe, la population s'accroît de plus de 1 pour cent annuellement, et nous n'ignorons pas qu'à mesure que la population augmente aux Etats-Unis, en Hongrie, etc., l'exportation du blé de ces pays doit aller en diminuant. Toutes ces considérations sont assurément de nature à nous faire renoncer au vain espoir d'augmenter les produits d'un pays par l'importation de l'ammoniaque.

En Allemagne, la livre de froment coûte en ce moment 15 centimes, et la livre de sulfate d'ammoniaque 33 centimes. Admettons qu'en ajoutant une livre de ce sel à nos engrais ordinaires, nous puissions produire deux livres de grain de froment en plus, et nous constaterons que, pour un franc en argent, le cultivateur allemand obtiendrait pour 90 centimes de grain. Ce rapport entre la dépense et la recette est tellement bien connu dans la pratique, que jusqu'à ce jour les sels ammoniacaux n'ont trouvé d'application nulle part. Et si certains fabricants d'engrais ajoutent une faible quantité de sels ammoniacaux à leurs produits, ils le font uniquement parce que les cultivateurs les préfèrent ainsi, sans pouvoir le moins du monde expliquer l'utilité qu'ils en attendent. Cette prévention disparaîtra insensiblement d'elle-même, lorsqu'ils auront appris à employer rationnel-

lement la nourriture qui afflue spontanément sur leurs champs.

La grande richesse du sol en azote, l'accroissement de celui-ci dans les terres cultivées, les analyses de l'eau de pluie et de l'air, ainsi que tous les faits de la grande culture indiquent que, même dans la culture la plus intensive, le sol ne s'appauvrit pas en azote, et qu'en conséquence cet élément est soumis à une circulation semblable à celle du carbone, qui permet au cultivateur de l'accumuler dans le sol.

L'action extraordinaire exercée par le superphosphate sur l'augmentation des récoltes de blé, de racines et de trèfle, en Allemagne, à peu près partout où cet engrais non azoté a été appliqué, l'heureux effet des guanos des îles Baker et Jarvis (*) nouvellement introduits, et qui ne contiennent pas non plus d'ammoniaque, les bons résultats que l'on obtient avec la chaux, les sels de potasse, le plâtre, etc., prouvent à la dernière évidence qu'il s'est opéré dans le sol une accumulation de nourriture azotée, dont l'origine était, il y a peu de temps, encore enveloppée d'obscurité.

Nous avons des raisons suffisantes pour admettre une restitution partielle de la nourriture azotée par la pluie, mais une augmentation eût été inexplicable, car elle supposait une production d'ammoniaque et d'acide azotique aux dépens de l'azote de l'air, production pour laquelle il

(*) D'après une communication insérée dans le journal officiel de l'association agricole de Saxe (1^{er} mars 1862), on avait obtenu les rendements suivants par acker :

ENGRAIS EMPLOYÉ.	FROMENT.	
	Grain.	Paille.
3 quintaux guano Jarvis	2244	4273 livres.
3 » guano Baker	2929	5022 »
6 » poudre d'os cuite à la vapeur.	3015	4755 »
Sans fumure.	1955	3702

n'existait aucun fait à l'appui. Tout récemment cette source d'augmentation de la nourriture azotée des plantes a été découverte par Schönbein et le problème résolu de la manière la plus inattendue.

Dans ses recherches sur l'oxygène, Schönbein trouva que les vapeurs blanches émises par un morceau de phosphore humide n'étaient pas, comme on l'avait admis jusqu'alors, de l'acide phosphoreux, mais bien de *l'azotite d'ammoniaque*. J'ai eu personnellement l'occasion de me convaincre du fait lors d'une conférence, accompagnée de manipulations, donnée à Munich par M. Schönbein, dans le courant de l'été de 1860. Il est dès lors probable que, dans ce phénomène, l'azote de l'air se combine, par une espèce d'induction, avec trois équivalents d'eau, pour former d'un côté de l'acide azoteux et, de l'autre, de l'ammoniaque, de même que l'azotite d'ammoniaque se transforme, sous l'influence d'une température élevée, en eau et en azote. Ce qu'il y a de plus remarquable dans ce phénomène, c'est que l'azotite d'ammoniaque se forme dans des circonstances que l'on supposerait devoir contrarier sa formation; mais la formation de l'hyperoxyde d'hydrogène, qui se décompose si facilement par la chaleur et qui a lieu pourtant pendant l'oxydation lente de l'éther, toujours accompagnée d'un fort dégagement de chaleur est un fait non moins certain et tout aussi inexpliqué jusqu'à ce jour.

La formation d'azotite d'ammoniaque pendant cette oxydation lente permet de croire qu'elle se produit à la surface du globe partout où l'oxygène contracte une combinaison, et qu'en conséquence le même phénomène qui convertit le carbone en acide carbonique est une source de nourriture azotée qui se renouvelle incessamment.

Bientôt après, Kolbe (Ann. de chim. et de pharm., v. CXIX,

p. 176) démontra que lorsqu'on dirige une flamme d'hydrogène dans le col ouvert d'un ballon rempli d'oxygène, celui-ci se remplit de vapeurs rouges d'acide azoteux (*).

Boussingault observa, en outre, que l'eau obtenue par la combustion du gaz d'éclairage dans l'usine à gaz de Lenoir, contenait de l'ammoniaque et de l'acide azotique. Récemment, Böttger dans le rapport annuel de la Société de physique de Francfort s/Mein (séance du 2 novembre 1861), a annoncé que, d'après ses expériences, ce n'est pas seulement pendant la combustion de l'hydrogène à l'air, mais encore pendant celle de toutes les matières hydrocarbonées, qu'il se forme toujours, indépendamment de l'acide carbonique, une certaine quantité d'azotite d'ammoniaque. Presque en même temps que cette note, je reçus de M. Schönbein une lettre particulière où il me faisait part de résultats entièrement identiques et obtenus de la même manière, de sorte qu'il ne peut plus exister de doute sur l'exactitude du phénomène.

Ces faits incontestables devraient engager le praticien qui fait des efforts sérieux pour améliorer ses cultures, à s'assurer une bonne fois de l'action de l'azote contenu dans ses engrais. Tant qu'il ne sera pas convaincu que l'atmosphère et la pluie fournissent à ses terres la nourriture azotée que les plantes qu'il cultive réclament, on ne peut pas exiger de lui qu'il renonce à acheter de l'ammoniaque. En affirmant que le cultivateur peut donner à ses terres un maximum de fertilité sans importer des matières azotées, on ne prétend nullement qu'il doive renoncer au fumier d'étable; on suppose, au contraire, sa production, et c'est sur elle que s'appuie cette manière de voir.

(*) La formation d'acide azoteux dans les expériences eudiométriques était déjà connue antérieurement.

Pour rétablir ou augmenter la puissance productive des terres épuisées par la culture du blé, il faut qu'elles reçoivent un excédant des différents principes nutritifs nécessaires aux céréales, et par conséquent aussi de nourriture azotée, mais l'un ne doit pas se trouver en proportion plus forte que les autres. En suivant un assolement convenable, c'est-à-dire en combinant d'une manière intelligente ses cultures fourragères et céréales, en conservant soigneusement l'ammoniaque dans son fumier et en prenant des précautions pour qu'il ne s'en perde pas inutilement, le cultivateur doit être à même de pourvoir constamment le sol arable d'un excédant de nourriture azotée suffisant pour correspondre à la proportion des autres éléments nutritifs qui y sont en réserve, et l'atmosphère lui restituera ainsi chaque année ce qu'il exporte dans les produits.

La nourriture azotée que l'atmosphère et la pluie fournissent suffit, dans son ensemble, pour toutes ses cultures; seulement pour un grand nombre de plantes, elle n'arrive pas assez vite. Certains végétaux, pour donner leur maximum de rendement, exigent plus d'azote que l'air et la pluie ne peuvent leur en procurer pendant la durée de leur croissance, et c'est dans l'intention d'accroître les produits du blé, que le cultivateur a recours aux plantes fourragères. Celles-ci, en effet, peuvent prospérer sans le secours des engrais riches en azote; elles recueillent dans le sol et empruntent à l'atmosphère de l'ammoniaque qu'elles transforment en éléments plastiques. En nourrissant les chevaux, les moutons et son bétail avec des racines, du foin de trèfle, le cultivateur récupère, sous forme d'ammoniaque et de produits riches en azote dans les excréments solides et liquides, l'azote de ses fourrages, et il y trouve un appoint d'engrais très-azoté, ou d'azote pour ses terres à blé.

Certaines plantes, dont les feuilles et les racines ne prennent pas un grand développement et dont la période de végétation est courte, exigent que le cultivateur leur donne sous forme d'engrais *une quantité* d'éléments nutritifs d'autant plus grande qu'elles ont moins *de temps* pour les emprunter aux sources naturelles.

En ce qui concerne l'accumulation de la nourriture azotée dans les couches supérieures du sol au moyen du fumier d'étable, accumulation particulièrement importante pour les céréales, on reconnaît facilement qu'elle dépend essentiellement de la réussite des plantes fourragères.

Champs non fumés dans les expériences saxonnes.

	Azote contenu dans le produit total.	Azote perdu par l'exportation.	Azote reçu par le fumier d'étable.	Rendements en foin de trèfle.
1851-1854.	Livres.	Livres.	Livres.	Livres.
Cunnersdorf.	342,4	79,5	263,6	9144
Mäusegast.	279,5	84,1	175,0	5538
Kötitz . . .	160,9	54,8	106,1	1095
Oberbobritzsch .	127,7	57,2	70,5	911

Il est facile de remarquer que les quantités d'azote enlevées au champ, et qui ont pu lui être restituées sous forme de fumier d'étable correspondaient, sinon d'une manière exacte, au moins d'une façon assez remarquable aux rendements en foin de trèfle, et, assurément, le cultivateur qui emploie les procédés convenables pour assurer la réussite de ses plantes fourragères, se ménage en même temps les moyens d'enrichir la couche arable de la nourriture azotée, réclamée par ses céréales.

Cela ne veut pas dire que tous les cultivateurs doivent complètement et absolument renoncer à l'acquisition des matières ammoniacales, car la constitution des terres est extrêmement variable, et bien que l'on puisse prétendre que l'immense majorité n'exige aucune restitution de nourriture azotée, cela ne s'applique pas à toutes indistinctement. Dans un sol riche en chaux et en matières humeuses, les phénomènes de décomposition qui se passent dans la couche arable, transforment une partie de l'ammoniaque unie à la terre en acide azotique que la terre ne retient pas, et qui pénètre sous forme de sel de chaux ou de magnésie dans les couches profondes. Dans certaines circonstances, cette perte peut être supérieure à la quantité livrée par l'atmosphère, et pour de tels sols l'emploi de l'ammoniaque sera toujours utile. Il en est de même de certaines terres restées incultes pendant de longues années, et où, sous l'influence des mêmes causes, l'excédant d'azote qui devait nécessairement s'y trouver autrefois, a été insensiblement consommé. Une fumure avec des engrais très-azotés, appliquée à de pareilles terres avant de recommencer à les cultiver, produira d'excellents effets, tandis que plus tard cette application deviendra inutile.

C'est à l'aspect que les jeunes semis présentent, dans les expériences comparatives faites sur les engrais, qu'il faut attribuer la faveur dont les engrais riches en azote jouissent auprès des cultivateurs. Les céréales qui croissent sur des terres fumées avec du guano ou du salpêtre du Chili, se distinguent de toutes les autres par leur couleur d'un vert foncé, ainsi que par le nombre et l'ampleur de leurs feuilles; mais, en général, la récolte ne répond pas aux espérances que ce luxe de végétation avait fait naître. Sur un sol trop riche en matières azotées, le premier développement des

plantes affecte une luxuriance à peu près semblable à celle que nous montrent les végétaux cultivés sur couche. Mais les tiges et les feuilles sont molles, car, dans leur croissance précipitée, elles n'ont pas eu le temps d'absorber en quantité suffisante les matières qui, comme la silice et la chaux, donnent à leurs organes la solidité nécessaire pour résister aux influences extérieures susceptibles de nuire à leurs fonctions. Les tiges n'acquièrent ni la roideur, ni la force désirables, et elles versent très-facilement, surtout sur les sols calcaires.

Cet inconvénient se remarque surtout sur la pomme de terre. Lorsqu'elle croît sur un sol trop riche en nourriture azotée, un abaissement subit de température ou bien un temps pluvieux suffisent pour provoquer la maladie des pommes de terre, tandis que sur une terre voisine, fumée tout bonnement avec des cendres, elle n'en montre pas de traces. Parmi les innombrables expériences que les cultivateurs ont faites dans ces derniers temps en vue d'améliorer leurs terres, on n'en trouvera pas une seule qui ait été entreprise dans le but de s'éclairer sur la constitution de leur sol ou sur l'exactitude des opinions et des idées qu'ils ont adoptées. La raison de l'indifférence qu'ils manifestent à l'égard des recherches qui sont de nature à éclairer leurs opinions, c'est que, dans leur pratique, ils ne sont pas guidés par des idées, mais par des faits, absolument comme les artisans; aussi s'inquiètent-ils fort peu que la théorie, ou ce qu'ils appellent ainsi, soit juste ou fausse, car ce n'est pas elle qui dirige leurs actions.

Des milliers de cultivateurs qui ne possèdent pas la moindre idée de la nutrition des plantes ou de la composition des engrais, emploient le guano, la poudre d'os ou d'autres engrais avec le même succès et la même habileté

que d'autres auxquels ces connaissances sont familières, mais qui n'en retirent aucun avantage, parce que ce n'est pas là le véritable savoir. L'analyse chimique des engrais, par exemple, sert beaucoup plus pour contrôler leur pureté et leur valeur commerciale, que pour apprécier leur action sur les terres.

En Angleterre, la poudre d'os a été employée et hautement estimée comme engrais pendant un demi-siècle, sans que l'on eût seulement une idée de l'agent qui déterminait son action. Et lorsque, plus tard, on attribua, mais à tort, son activité à la gélatine azotée qu'elle renfermait, cette opinion n'exerça pas la moindre influence sur son emploi.

Le cultivateur fumait son champ avec de la poudre d'os, non pas à cause de l'azote qu'elle contenait, mais parce qu'il voulait avoir des rendements plus élevés en blé et en fourrage, et parce qu'il avait appris qu'il ne pouvait pas les espérer sans faire usage de cet engrais.

Pour faire de l'agriculture basée sur la simple connaissance de faits que l'on ne comprend pas ou bien sur la spoliation, il ne faut qu'une intelligence médiocre ; du moment qu'il possède la tradition des faits, l'homme le plus ignorant est doué de l'aptitude requise. Mais pour la pratiquer d'une manière rationnelle, et pour obtenir constamment de la terre, avec la plus grande économie d'argent et de travail, les produits les plus élevés qu'elle puisse fournir sans s'épuiser, il faut, plus que dans toute autre profession, des connaissances étendues, des observations et des expériences nombreuses. En effet, le cultivateur qui raisonne, ne doit pas seulement être familiarisé avec les faits que possède le praticien qui ne sait ni lire, ni écrire ; il faut qu'il sache les apprécier à leur juste valeur, qu'il connaisse les motifs de ses opérations et l'influence que celles-ci exercent sur ses

terres. Il faut que par les phénomènes que lui révèle la pratique, il sache interpréter le langage de ses champs. Enfin, il doit être un homme complet et non pas une moitié d'homme, n'ayant pas plus conscience de ses actes que le chat qui sait avec beaucoup d'habileté et d'adresse, retirer d'une pièce d'eau des petits poissons dorés (*).

(*) Si dans les écrits de quelques agriculteurs reconnus bons praticiens, on compare leurs opinions théoriques avec la pratique que leur propre expérience leur fait envisager comme la meilleure, on tombe souvent sur des contradictions extraordinaires.

C'est ainsi que Walz (communications de Hohenheim, 3^e cah. 1837), combat les principes suivants :

« 1^o Que l'enlèvement des éléments du sol par les récoltes, sans restitution, doit être, dans un temps plus ou moins rapproché, suivi d'une infertilité durable.

» 2^o Que pour conserver à un sol sa fertilité d'une manière durable, il faut lui restituer, au bout d'un temps plus ou moins long, les éléments qu'on lui a enlevés, c'est-à-dire qu'il faut rétablir sa composition.

Il croit que, de nos jours, ces deux principes ne peuvent s'appliquer qu'aux plus mauvaises espèces de terres, qui, dès l'origine, réclamaient un supplément d'éléments nutritifs.

On devrait croire, d'après cela, que dans « l'application de la théorie à la pratique » (page 117), il ne doit guère se soucier de restituer au sol quoi que ce soit, mais on s'aperçoit qu'il n'est nullement d'accord avec sa doctrine, si l'on consulte son écrit. En effet, il apprécie à leur juste valeur la restitution de la potasse, de la chaux, de la magnésie, de l'acide phosphorique, ainsi que l'emploi du plâtre, du guano, de la poudre d'os, de la marne et du fumier d'étable, et il énonce (page 141) le principe suivant, « que le cultivateur, pour maintenir le sol dans un état de fertilité croissante, ne devrait aliéner dans ses produits que ce que l'atmosphère fournit et ce que la désagrégation annuelle ajoute au sol en éléments nutritifs assimilables. Il dit en outre : si le cultivateur se bornait, par exemple, à fabriquer de la bière, de l'eau-de-vie, du sucre, de l'amidon, de la dextrine, du vinaigre, etc.; s'il ne vendait, en fait de produits animaux, que le beurre, en employant le lait de beurre comme nourriture; s'il n'entretenait comme laitières que des bêtes adultes, sans faire de l'élevage, et s'il conservait de cette ma-

nière tous les phosphates dans son exploitation, il conserverait dans son capital fumier, non-seulement tous les éléments, mais il l'augmenterait encore par la désagrégation annuelle qu'éprouve la terre, à moins qu'il ne préférât vendre ces derniers sous forme de produits (page 142).

Ainsi donc, d'après le principe capital de son enseignement pratique, en opposition complète avec sa doctrine théorique, il faut, pour obtenir des récoltes uniformes, veiller soigneusement au maintien ou au rétablissement de la composition du sol.

Ce praticien montre que ses opinions sont complètement inapplicables dans la pratique, et que les principes scientifiques qu'il combat sont précisément ceux qui le guident à son insu. La véritable pratique et la science pure sont toujours d'accord, et, en pareille matière, il ne peut y avoir de contestation qu'entre deux personnes dont l'une ne comprend pas l'autre. Le manque de précision dans la manière de rendre les idées, le vague et l'équivoque dans l'expression, sont presque toujours la cause de ces malentendus.

L'opinion exprimée par Rosenberg-Lipinski (Agric. prat., vol. II, Breslau 1862), *qu'aucune espèce de plante n'épuise en réalité le magasin de la terre* (page 738), et *que la plante restitue directement et indirectement au sol plus qu'elle ne lui avait enlevé* (page 740), se trouve rectifiée à la page 742, en ces termes :

« Si donc le cultivateur ne veille pas pour ses plantes, et s'il n'a pas soin de restituer au magasin *essentiel* où elles s'approvisionnent, le *sol*, en temps opportun et en quantité suffisante, les aliments exportés, il ne peut pas reprocher aux espèces qu'il cultive de donner des produits moins élevés, car c'est à *lui exclusivement* que ce résultat doit être attribué. Il dit, en outre, à la page 740 : « Ce n'est que sur les terres dépouillées de leurs éléments et où les lois naturelles qui président à l'alimentation des plantes ont reçu de graves atteintes, que le misérable aspect de la Flore sauvage porte l'empreinte de l'épuisement du sol. »

XII

Sel de cuisine. — Azotate de soude. — Sels ammoniacaux. — Plâtre.

Ces sels sont fréquemment employés comme engrais, en agriculture, avec un succès remarquable; et tant que l'on considère l'acide azotique, la soude, l'ammoniaque, l'acide sulfurique et la chaux comme des principes nutritifs, leur effet s'explique aisément. Mais ces engrais possèdent encore d'autres propriétés particulières, en vertu desquelles elles fortifient l'action de la charrue et des façons mécaniques, ainsi que celle de l'atmosphère sur les qualités du sol. Cette influence, bien que certaine, n'est pas toujours très-claire pour nous.

Lorsque l'emploi du sel de cuisine seul parvient à augmenter les produits d'un sol, ou bien lorsque l'action des sels ammoniacaux et du salpêtre du Chili s'accroît par une

addition de sel de cuisine, nous avons toutes raisons de croire que l'effet de ces trois sels dépend principalement de la faculté qu'ils possèdent de disperser les éléments nutritifs contenus dans le sol et de les rendre assimilables. Les premières expériences dignes de confiance qui aient été faites à ce sujet, sont celles de F. Kuhlmann (Ann. de chim., 3^e série, t. XX, p. 279). En 1845 et 1846, il fuma une prairie naturelle avec du sel ammoniac, du sulfate d'ammoniaque et du sel de cuisine, et il récolta les quantités de foin suivantes :

1845 et 1846.	Rendement de foin par hectare.	
Sans fumure.	11263 kilog.	Surcroît.
Sel ammoniac 200 kilog. chaque année.	14964 »	3700 kilog.
Sel ammoniac 200 » »	} 16950	5687
Sel de cuisine 200 » »		

Rendement d'une autre prairie.

1846.	Rendement de foin par hectare.	
Sans fumure.	3323 kilog.	Surcroît.
Sulfate d'ammoniaque 200 kilogr.	5856 »	2533 kilog.
Sulfate d'ammoniaque 200 kilogr	} 6496 »	3173 »
Sel de cuisine 133 kilogr		

Pour ce qui concerne l'action du sel de cuisine sur les plantes céréales, le comité général de la Société d'agriculture de Bavière a établi, en 1857 et 1858, une série d'expériences à Bogenhausen et à Weihenstephan. De deux parcelles de terre, l'une fut fumée avec un sel ammoniacal, l'autre avec la même quantité de sel ammoniacal et une addition de 3080 grammes de sel de cuisine. Ces expériences ayant été décrites, page 327, il suffira d'indiquer ici les rendements des récoltes obtenues avec les sels am-

moniacaux seuls et avec ceux-ci concurremment avec le sel de cuisine.

Bogehausen 1857.

FUMURE.

Orge.	Sel ammoniacal.		Sel ammoniacal et sel de cuisine.	
	Grain.	Paille.	Grain.	Paille.
Parcelle I. . .	6355	46205	44550	27020 gram.
Parcelle II	8470	46730	46510	36645
Parcelle III.	7280	47920	9887	24832
Parcelle IV.	6912	48287	11130	27969

Bogehausen. 1858. (Page 528).

FUMURE.

Froment d'hiver.	Grain.	Paille.	Grain.	Paille.
Parcelle I.	19600	41440	29904	61040 gram.
Parcelle II	21520	38940	31696	71960
Parcelle III.	25040	57860	31416	74984
Parcelle IV.	27090	65100	34832	74684

Dans ces deux séries d'expériences, les rendements, tant en grain qu'en paille, s'accrurent notablement par l'addition du sel de cuisine; et je crois inutile de faire remarquer de nouveau que cet accroissement eût été impossible s'il ne s'était pas trouvé dans le sol une certaine quantité d'acide phosphorique, de silice, de potasse, etc., susceptible de devenir actifs, mais qui n'auraient pas agi sans la présence du sel de cuisine qu'il a suffi d'ajouter pour les rendre efficaces.

Une semblable série d'expériences a été entreprise par la même société, à Weihestephan, au moyen des azotates, à l'effet de rechercher les produits que l'on peut obtenir avec ces sels seuls et avec addition de sel de cuisine. Les rendements sont calculés par hectare.

Weihenstephan. 1857. Orge d'été.

	I. — Sans fumure.	II. — Salpêtre du Chili.	III. — Salpêtre du Chili et sel de cuisine.	IV. — Salpêtre ordinaire.	V. — Salpêtre et sel de cuisine.	VI. — Guano.
Quantité d'engrais.	—	402	402-1379	473	473-1379	473 k.
A. { Grain.	1604	2576	2366	2064	2313	1922
{ Paille.	2580	4378	4352	4219	4766	3300
<i>1858. Froment d'hiver.</i>						
Même quant. d'engr.						
B. { Grain.	1699	1804	2211	2248	2323	2366
{ Paille.	3030	3954	4151	4404	4454	5091

Ces expériences sont remarquables en ce sens qu'elles semblent indiquer les cas où les nitrates seuls ou combinés avec le sel de cuisine, exercent une action favorable sur l'augmentation des récoltes.

Les terres de Weihenstephan sont particulièrement propres à la culture de l'orge. Le champ A avait porté des racines en 1854, après avoir reçu une fumure ordinaire de 600 quintaux de fumier d'étable par hectare, en 1855, des pois, et en 1856 du froment. Il devait être laissé en jachère pendant un an, et soumis ensuite à une nouvelle rotation. Le champ B avait, au contraire, déjà produit quatre récoltes avant qu'on n'y établît l'expérience; savoir : du colza, du froment, du trèfle et de l'avoine. Il était donc proportionnellement plus épuisé que le champ A, car l'avoine et le trèfle lui avaient enlevé beaucoup plus d'éléments nutritifs nécessaires à la céréale suivante (le froment).

C'est ainsi que paraît s'expliquer le singulier fait qu'en

1857, les nitrates ont exercé une action beaucoup plus favorable que le guano, quoique par celui-ci le champ eût reçu tout autant d'azote, et en outre de l'acide phosphorique et de la potasse. La terre était encore suffisamment pourvue d'éléments nutritifs pour satisfaire aux besoins d'une bonne récolte d'orge; et pour qu'elle pût livrer aux plantes autant et même plus d'éléments qu'elles n'en trouvèrent sur le champ fumé avec du guano qui, cependant, était plus riche, il ne fallait qu'une répartition plus uniforme des matières alibiles. Cette modification fut provoquée par les nitrates et le sel de cuisine.

Une influence, dont il faut tenir compte dans les résultats de ces expériences, est le fait établi par le Dr Zöller, que la soude prend une certaine part dans le développement de la semence d'orge. Les azotates employés n'ont évidemment pas agi seulement comme agents de diffusion pour les autres principes nutritifs, mais la soude et l'acide azotique ont contribué au rendement de la récolte. Dans la quatrième expérience, le champ reçut tout autant d'acide nitrique que dans la seconde, mais la base combinée était de la potasse et non de la soude. L'addition du sel de cuisine dans la cinquième expérience, a occasionné un accroissement notable dans le rendement. Du reste, dans la cinquième comme dans la troisième expérience, la quantité de sel employée était évidemment trop grande, et cet excès a eu pour effet de rendre la récolte inférieure à celle obtenue au moyen du salpêtre du Chili seul.

En 1858, sur la terre la plus épuisée, le produit obtenu par l'emploi du guano a dépassé en grain et surtout en paille, tous les autres rendements. Cette parcelle était évidemment moins bien pourvue de principes nutritifs, et leur diffusion a produit moins d'effet que l'augmentation qu'ils

ont éprouvée par l'emploi du guano. L'addition de sel de cuisine a, du reste, également augmenté le rendement du froment.

L'effet de la potasse sur le froment est aussi évident que celui de la soude sur l'orge.

Quant à l'influence du sel de cuisine et des sels de soude en général, l'analyse des plantes-racines et des pommes de terre d'une part, et des légumes et de l'herbe des prairies de l'autre, montre que les cendres des premières renferment une quantité notable de soude, tandis que les autres sont relativement plus riches en chlorures potassiques et sodiques. L'herbe d'une prairie fumée avec du sel de cuisine est plus recherchée par les animaux, qui la préfèrent à tout autre, de sorte que l'emploi de cette substance comme engrais mérite encore de fixer l'attention sous ce rapport.

Une partie des effets de l'azotate de soude, du sel de cuisine et des sels ammoniacaux, en tant qu'ils se bornent à la diffusion d'autres éléments nutritifs dans le sol, peuvent également être atteints par des façons mécaniques et une culture soignées, de sorte que l'influence que ces sels exercent sur les produits sont un indice de l'état du champ dont on doit faire grand cas. Sur une terre bien traitée, ils exerceront toujours une influence beaucoup moins favorable que sur une terre mal cultivée, bien entendu quand les autres propriétés du sol sont identiques.

Plâtre. Parmi les recherches récentes concernant l'influence du plâtre sur le trèfle (*), celles du D^r Pincus, à

(*) Dans le journal parfaitement rédigé de la société d'agriculture de la Prusse rhénane, on trouve dans les nos 9 et 10, septembre et octobre 1861, page 357, la note suivante sur l'aptitude extraordinaire d'une terre pour le trèfle :

« A Rohn, commune d'Antweiler, district d'Aldenau (terrain volcanique

Insterburg, sont extrêmement importantes tant à cause de leur exécution soignée qu'en raison des conclusions qui s'y rattachent. A sa demande, M. Rosenfeld entreprit l'expérience suivante sur un champ de trèfle situé dans les environs de Lenkeningen et promettant une bonne récolte : On choisit au mois de mai, alors que les plantes avaient une hauteur d'environ trois centimètres, trois parcelles, chacune d'environ un journal, qui paraissaient également bien fournies. On laissa la parcelle du milieu sans fumure, et sur l'une des deux autres, on répandit du plâtre et du sel amer ou sulfate de magnésie sur la troisième, à raison d'un quintal par journal.

Ce champ de trèfle était dans le meilleur état de culture et un des plus fertiles de la contrée; il avait donné l'été précédent une abondante récolte de seigle.

Entre la parcelle non plâtrée et les deux autres, on de l'Eifel), le métayer Kirfeld ensemença en esparcette, il y a 25 ans, une parcelle de terre sur laquelle se trouvent beaucoup de fragments de coquillages. Cette terre porta durant dix ans de bonnes récoltes de foin et d'abondantes récoltes de regain, mais, à partir de ce moment, il se montra beaucoup d'herbes parmi le sainfoin. Pour les détruire, Kirfeld fit herser fortement son champ au printemps, en long et en large, avec des herses de fer, et il y fit semer 8 livres de semences de trèfle rouge. Ce trèfle vint parfaitement bien avec l'esparcette et donna, pendant 3 ans, deux pleines coupes chaque année. A la fin de la troisième année, le champ fut hersé de nouveau, et l'on y sema de nouveau 8 livres de semences de trèfle rouge. Il s'ensuivit encore une fois, pendant trois ans, 2 coupes d'un mélange excellent d'esparcette et de trèfle rouge. La même opération fut répétée encore deux fois avec le même succès, de façon qu'en ce moment, le champ porte des légumineuses depuis 22 ans, ayant fourni pendant les 10 premières années de l'esparcette pure, et les 12 années suivantes, du trèfle rouge avec de l'esparcette. »

Il serait intéressant de posséder une analyse fidèle de ce sol, où l'on tiendrait compte de son pouvoir absorbant pour la potasse et le phosphate de chaux.

constata bientôt une différence sensible dans la couleur et la croissance du trèfle. Sur la parcelle plâtrée, les plantes étaient plus foncées et plus hautes. La différence fut surtout remarquable à l'époque de la floraison, qui se manifesta 4 à 5 jours plus tôt sur la parcelle non plâtrée, de manière que sur la parcelle plâtrée on n'apercevait que quelques rares fleurs, tandis que tout autour le champ en était couvert. Quand les parcelles plâtrées furent également en fleur, on faucha le trèfle (24 mai).

On mesura une verge de chacune des parcelles en expérience; on faucha le trèfle à part, et on en constata le poids.

Récolte calculée par journal prussien ().*

Foin de trèfle.	
Sans engrais.	21,6 quintaux.
Avec le plâtre .	30,6 »
Avec le sel amer.	32,4 »

Un examen attentif du foin de trèfle fit découvrir que le surcroît de rendement obtenu sur les parcelles sulfatées ne s'était pas réparti uniformément sur toutes les parties de la plante, mais en particulier sur les tiges, en ce sens que dans 100 parties de trèfle avec fumure, il y avait plus de tiges, moins de feuilles et encore moins de fleurs que dans 100 parties de trèfle non fumé. Voici le résultat constaté :

		FUMURE.			
		Sans fumure.	Plâtre.	Sel amer.	
100 parties foin de trèfle.	}	Fleurs .	17,15	11,72	12,16
		Feuilles	27,45	26,22	25,28
		Tiges	35,40	61,62	63,00

(*) Journal prussien = 2553 1/4 mètres carrés.

Verge carrée = 14,185 mètres carrés.

ou bien :

		Fleurs.	Feuilles.	Tiges.
Foin de trèfle	Sans fumure .	47,15	27,45	55,40
	Avec plâtre.	41,72	26,22	61,62
	Avec sel amer	42,16	25,28	63,00

De ce rapport entre les divers organes de la plante de trèfle, on peut conclure que sous l'influence des sulfates, il s'est établi une augmentation très-considérable des cellules ligneuses, ou si l'on veut un allongement des tiges aux dépens des feuilles et des fleurs. La proportion relative entre les fleurs, les feuilles et les tiges était la suivante :

		Fleurs	:	Feuilles	:	Tiges.
Foin de trèfle	Sans fumure .	100	:	160	:	323
	Avec plâtre.	100	:	224	:	526
	Avec sel amer	100	:	208	:	518

D'après la loi du développement symétrique des plantes, on peut, sans se tromper, conclure que le développement de la racine a marché de pair avec celui de la tige, et comme l'augmentation de masse chez une plante est en rapport direct avec la surface qui absorbe la nourriture, on s'explique que les parcelles fumées aient donné non-seulement une plus grande masse de tiges, mais encore une plus grande quantité de feuilles et de fleurs que la parcelle non fumée. En calculant par journal, on avait récolté :

FUMURE.			
	Sans fumure.	Plâtre.	Sel amer.
Fleurs.	370,5	358,5	394,0 livres.
Feuilles .	592,9	773,7	849,5 »
Tiges	4196,6	4927,8	4996,5 »
	2160,0	3060,0	3240,0 »

Les éléments minéraux des cendres ont augmenté dans

le même rapport que les surcroits de rendements; il n'y a de différence très-sensible que pour l'acide phosphorique et l'acide sulfurique, dont les quantités absolues et relatives ont été plus fortes dans les produits récoltés sur les parcelles sulfatées.

La cendre du foin de trèfle desséché à l'air a fourni :

	Sans fumure.	Avec plâtre.	Avec sel amer.
Pour cent	6,95	7,96	7,94
Dans la récolte totale	450,	243,	257, livr.
Dont : { Acide sulfurique	2,	8,	6,
{ Acide phosphorique.	41,95	21,55	21,82

L'application du plâtre a entravé le développement des fleurs et par conséquent aussi celui des semences, et l'on comprend que si, par ce moyen, on peut recueillir sur une surface donnée un plus fort rendement en feuilles et en tiges, cela ne peut pas s'appliquer à la production de la graine. En effet, si les fleurs, les feuilles et les tiges s'étaient développées sur les parcelles qui avaient reçu du plâtre et du sulfate de magnésie dans le même rapport que sur la parcelle non plâtrée, on aurait dû récolter sur les premières au delà de 600 livres de fleurs par journal. Pourtant, malgré l'augmentation énorme dans le poids des tiges et celle assez notable dans le poids des feuilles, nous ne constatons pas de majoration dans les fleurs, et par conséquent il n'y en aurait pas eu dans les semences (Pincus). Ces expériences, conduites d'une manière exemplaire, confirment la règle générale que dans le cas où les circonstances extérieures favorisent et avantagent particulièrement le développement de certains organes, cela ne peut se faire, si les qualités du sol restent les mêmes, qu'au détriment des autres, et que dans le trèfle, comme dans les céréales, il y a réduction dans la production des semences quand le rendement de la paille

augmente. (Voir, pour les détails de ces expériences, l'appendice M).

Puisque dans les expériences que nous venons de décrire, la substitution de la magnésie à la chaux a donné lieu à une augmentation des produits du trèfle, on pourrait bien avec quelque certitude en conclure que dans les cas où le plâtre agit favorablement sur le trèfle, il ne faut pas en rechercher la cause dans la chaux qu'il contient. Cependant, on remarque fréquemment que certains champs ne donnent de bonnes récoltes de trèfle qu'après avoir été fumés abondamment avec de la chaux hydratée. On sait, en outre, que le plâtrage agit souvent favorablement sur le trèfle, même dans les terres calcaires, et, comme on connaît aujourd'hui la propriété de la terre arable d'absorber de l'ammoniaque dans l'air et dans l'eau de pluie, et de la fixer à un degré aussi élevé et plus élevé qu'un sel calcaire, il ne reste que l'acide sulfurique pour expliquer l'action du plâtre.

Mais les expériences démontrent que les rendements obtenus par l'emploi des sulfates ne sont pas en rapport avec l'acide sulfurique administré de cette manière.

Les quantités d'acide sulfurique contenues dans les sulfates employés s'élevaient, d'après l'analyse, à 30,12 livres pour le sulfate de magnésie et à 44,18 livres pour le plâtre; elles s'y trouvaient donc dans le rapport de 6 à 8. Les quantités d'acide sulfurique dans les récoltes de trèfle obtenues par le plâtre et le sulfate de magnésie, étaient comme 6 : 8. La cendre du trèfle récolté sur la parcelle plâtrée contenait 8 livres, et celle du trèfle qui avait reçu du sulfate de magnésie, 6 livres d'acide sulfurique. La plante de trèfle rencontra donc sur la parcelle plâtrée une plus grande quantité d'acide sulfurique que sur l'autre et en absorba davantage, et précisément dans la proportion de l'excédant. Mais ce surcroît

d'absorption n'a pas augmenté le produit, car sur la parcelle qui avait reçu le sulfate de magnésie et, par conséquent, moins d'acide sulfurique, le rendement en substance végétale fut de 8 pour cent plus élevé.

Ces considérations sont de nature à faire comprendre que nous ne connaissons que très-imparfaitement l'action du plâtre, et qu'avant de pouvoir l'interpréter, il faudra probablement encore des observations nombreuses et exactes.

Lorsque l'on croyait que les végétaux empruntent leur nourriture à une dissolution, on ne pouvait, nécessairement, dans les recherches ayant pour objet de déterminer l'action d'un sel soluble sur la croissance des plantes, ne tenir compte que de ses éléments. Mais nous savons aujourd'hui que dans tous les phénomènes de nutrition végétale, la terre joue un rôle, à elle propre, et, conséquemment, il ne serait peut-être pas impossible de trouver la cause de l'effet du plâtre dans l'action qu'il exerce sur la terre et que, réciproquement, celle-ci exerce sur le plâtre. J'ai fait une série d'expériences pour rechercher les modifications que subit l'eau de plâtre (c'est-à-dire une dissolution aqueuse et saturée de plâtre) au contact de différentes terres arables. J'ai obtenu des résultats très-remarquables, et je les rapporte ici, sans oser cependant en tirer des conclusions.

C'est ainsi que l'eau de plâtre a subi, au contact de toutes les terres que j'ai employées, une décomposition telle que, contrairement aux affinités ordinaires, une partie de la chaux s'est séparée de l'acide sulfurique, et a été remplacée par de la magnésie et de la potasse.

Les expériences furent faites de la manière suivante : On mélangea 300 grammes de chaque terre avec un litre d'eau pure, puis 300 grammes de la même terre avec de l'eau de plâtre, et au bout de 24 heures, le liquide filtré fut

analysé afin d'y rechercher la magnésie. L'eau distillée pure enleva à toutes les terres de l'acide sulfurique et du chlore, des traces d'acide phosphorique, ainsi que de la chaux, de la magnésie et de la potasse, le plus souvent en quantités indéterminables. Les alcalis, aussi bien que la chaux et la magnésie, paraissent se dissoudre à la faveur des matières organiques, car les résidus secs noircissaient quand on les chauffait, et le résultat de la calcination faisait effervescence au contact des acides.

Magnésie enlevée à 500 grammes de terre par litre de liquide.

	EAU DISTILLÉE.	EAU DE PLATRE.
	Milligr. de magnésie.	Milligr. de magnésie.
Terre de Bogenhausen.	30,2	70,6
Terre de Schleissheim.	31,6	87,8
Sous-sol de Bogenhausen .	12,2	84,2
Terre du jardin botanique.	45,4	168,6
Terre de Bogenhausen n° I (*).	26,6	101,6
Terre de Bogenhausen n° II.	38,2	98,0
Terre de Schornhof	8,6	63,4
Terre d'un champ de coton (Alabama)	1,9	3,8

Ces chiffres démontrent que le plâtrage provoque la dissolution et la diffusion de la magnésie contenue dans le sol, et si c'est réellement à cette cause qu'il faut attribuer son influence sur le trèfle, l'accroissement de la quantité de magnésie mise à la disposition de cette plante, en tant que provoqué par un sel de chaux, constitue certainement un

(*) Une terre où l'on sait par expérience que l'emploi du plâtre augmente les rendements de trèfle.

Le n° I n'avait pas encore reçu du plâtre, tandis que le n° II avait déjà été plâtré.

des faits les plus extraordinaires que nous connaissions. Dans une expérience spéciale, faite dans le but d'éclairer cette question, on constata qu'en mélangeant la terre arable avec du sulfate de chaux, il y a réellement substitution de la magnésie à la chaux, c'est-à-dire qu'une certaine quantité de chaux abandonne l'acide sulfurique qui emprunte à la terre une quantité équivalente de magnésie. Dans un litre d'eau de plâtre mis en contact avec 300 grammes de terre provenant d'un sol à froment, on constata la présence des quantités suivantes de magnésie et de chaux :

<i>L'eau de plâtre pure contenait par litre.</i>	<i>Après avoir été mise en contact avec la terre.</i>
Acide sulfurique. 1,170	1,180 gramm.
Chaux . 0,820	0,736 "
Magnésie. —	0,074 "

Il paraît du reste que, sous l'influence du plâtre, il y a, indépendamment de la magnésie, une certaine quantité de potasse qui se dissout également. En effet, en faisant agir de l'eau pure et l'eau de plâtre sur 1000 grammes de terre à froment, on obtint les résultats suivants :

3 litres d'eau pure	3 litres d'eau de plâtre
absorbèrent :	
Potasse. 24,3 millig.	43,6 grammes.

On voit que l'action du plâtre est très-complexe et qu'il est en état de déterminer la diffusion tant de la magnésie que de la potasse. Ce qui est certain et ce qu'il importe de noter provisoirement, c'est que le plâtre exerce sur la terre elle-même, une action chimique qui s'étend à toute profondeur, et qu'en vertu des changements chimiques et mécani-

ques que les particules de terre subissent sous son influence, certains principes nutritifs qui, auparavant, n'étaient pas assimilables, le deviennent et sont accessibles au trèfle.

Habituellement, on s'adresse à la composition des plantes pour expliquer l'action d'un engrais, mais, à mon avis, ce moyen de contrôle n'est pas toujours exact. En effet, la composition des semences, du grain de froment, par exemple, est tellement constante, qu'il est tout à fait impossible de tirer de leur analyse une conclusion relative à la richesse ou à la pauvreté en acide phosphorique, azote, potasse, etc., du sol qui les a produites. La richesse ou la pauvreté d'une terre en éléments nutritifs, influe sur le nombre et le poids des semences, mais non sur la proportion relative des éléments qui entrent dans leur constitution. C'est ainsi, par exemple, que Pincus trouva un peu plus de magnésie dans le trèfle non sulfaté que dans celui récolté sur les terres qui avaient reçu des sulfates; toutefois, la récolte totale fournie par ces dernières contenait une quantité beaucoup plus forte de magnésie, ainsi qu'on peut le voir par les résultats suivants :

Magnésie contenue dans le trèfle venu :

	Sans fumure.	Avec plâtre.	Sel amer.
Dans 100 de cendre de foin de trèfle.	5,87	5,47	5,27
Dans la récolte totale .	8,8	13,29	13,54 liv.

Des variations dans les proportions de potasse, de chaux, de magnésie, s'observent fréquemment dans toutes les plantes, telles que le tabac, la vigne et le trèfle, où la chaux peut être remplacée par la potasse ou bien celle-ci par la chaux. Mais, en pareil cas, à un accroissement de l'un de ces éléments, comme la chaux, correspond toujours une réduction d'un autre élément, la potasse, par exemple, et *vice versa*.

Si le plâtre possède la propriété de produire la diffusion de la potasse dans le sol, et que la magnésie en soit privée, il est à présumer que le trèfle plâtré renferme plus de potasse que celui qui a reçu du sulfate de magnésie. Voici les résultats établis par les analyses de Pincus :

Potasse et chaux contenues dans les cendres du trèfle ayant reçu :

		Du plâtre.	Du sulf. de magnésie.
Sur 100 livres de cendre	{ Potasse	35,37	32,91
	{ Chaux .	49,17	20,66
Dans toute la cendre	{ Potasse	85,90	84,60
	{ Chaux	46,60	53,20

Ces chiffres montrent qu'en réalité la quantité de potasse a été plus forte et celle de chaux plus faible dans le trèfle plâtré que dans la récolte cependant plus considérable, obtenue sur la terre qui avait reçu du sulfate de magnésie.

Dans le dernier cas, la potasse avait évidemment été remplacée par la chaux; de même que dans le trèfle plâtré, la potasse s'était substituée à une certaine quantité de chaux.

Parmi les expériences superficielles et négligées qui abondent en agriculture, une expérience aussi soignée et aussi sévère que celle de Pincus apparaît comme une verte oasis au milieu d'un désert stérile, et elle est bien propre à montrer combien il reste encore à découvrir pour arriver à l'intelligence complète des phénomènes qui intéressent la nutrition des plantes et qui ont leur siège dans le sol. (Recherches et expériences de chimie agricole et de chimie, exécutées à la station expérimentale de chimie et de physique agricoles à Insterburg par le Dr Pincus. Gumbinnen, 1861.)

Chaux. Je n'ai malheureusement jamais eu l'occasion

d'examiner un sol sur lequel le chaulage exerce une influence favorable, attendu qu'on n'en trouve ni dans les environs de Giessen, ni dans ceux de Munich. Les expériences entreprises en 1845 et 1846 par Kuhlmann sur les prairies, semblent démontrer que l'utilité de la chaux consiste essentiellement dans des modifications qu'elle imprime à la constitution du sol, modifications que je ne puis détailler ici, attendu que les indications exactes sur la nature du sol manquent. Voici les résultats obtenus :

Récolte de foin par hectare.

FUMURE DES PRAIRIES.	1845 et 1846.		Différence avec la prairie non fumée.
Avec 300 k. chaux éteinte par année.	44263	+	3000 kilog.
Avec 500 k. craie.	40706	—	557
Sans fumure	41263	—	—

On peut bien admettre ici que si la chaux avait agi sur le développement des plantes des prairies en sa qualité de principe nutritif, le carbonate de chaux aurait dû livrer un rendement plutôt supérieur, et dans tous les cas pas inférieur à celui de la prairie non fumée. Mais nous constatons l'inverse. Le carbonate de chaux qui ne pouvait se répandre dans le sol qu'après avoir été dissous par l'acide carbonique, fut nuisible, tandis la chaux vive agit, au contraire, favorablement.

Parmi les expériences saxonnes si fréquemment citées, il s'en trouve deux qui sont assez significatives pour mériter ici une mention. L'une fut faite par M. Traeger, à Oberbobritzsch, l'autre par M. Traeger, à Friedersdorf. Chez ce dernier, il manque une expérience comparative qui permettrait de constater la différence entre les rendements de la

parcelle chaulée et de celle qui n'avait rien reçu. C'est pourquoi je comparerai, comme compensation, le résultat constaté sur la terre chaulée de Friedersdorf, à celui obtenu sur une parcelle de même étendue, fumée avec de la poudre d'os.

Expérience d'Oberbobritzsch.

Fumure avec environ 110 quintaux de chaux éteinte.

Rendement par acker.	Sans fumure.		Avec chaux.	
	Grain.	Paille.	Grain.	Paille.
1851. Seigle.	1453	3015	1812	3773 livr.
1853. Avoine . . .	1528	1812	1748	2320 »
1852. Pommes de terre .	9751	—	11021	—
1854. Foin de trèfle.	911	—	2942	—

Expérience à Friedersdorf.

Fumure avec la même quantité de chaux que ci-dessus.

Rendement par acker.	Fumure avec 1644 livres poudre d'os.		Fumure avec chaux.	
	Grain.	Paille.	Grain.	Paille.
1851. Seigle.	990	3273	1012	3188 liv.
1853. Avoine .	1250	2226	1352	2280 »
1852. Pommes de terre.	8994	—	12357	—
1854. Foin de trèfle.	4614	—	4438	—

En 1854, le guano produisit sur le champ d'Oberbobritzsch un rendement de trèfle plus élevé que la chaux et sur le champ de Friedersdorf, au contraire, un rendement inférieur. 616 livres de guano produisirent à Friedersdorf 2737 livres, et à Oberbobritzsch 5044 livres de foin de trèfle.

Des expériences, où j'ai mis de l'eau de chaux en contact avec différentes terres, ont démontré que la terre arable

possède pour la chaux un pouvoir absorbant analogue à celui qu'elle manifeste pour la potasse et pour l'ammoniaque. La terre fut mélangée avec de l'eau de chaux, puis laissée en repos jusqu'à ce que toute espèce de réaction eût disparu; alors on ajouta au mélange une nouvelle quantité d'eau de chaux, jusqu'à ce que le liquide offrît d'une manière durable une réaction faiblement, mais franchement alcaline.

Expériences sur la quantité de chaux enlevée à l'eau de chaux par différentes terres arables.

	Grammes de chaux absorbée.	Gram. d'eau de chaux employée.
1 litre = 1 décimètre cube terre de Bogenhausen	2,824	2259
1 litre terre de Schleisheim.	2,397	1917
1 litre terre du jardin botanique.	3,000	2400
1 litre sous-sol Bogenhausen.	3,288	2630
1 litre sol à froment de Bogenhausen	2,471	1976
1 litre du même champ après trèfle.	2,471	1976
1 litre poudre de tourbe.	6,301	5040

L'examen plus détaillé des modifications que la terre a subies par l'absorption de la chaux, surtout par rapport à la silice et à la potasse qui peuvent être devenues solubles, n'est pas encore terminé.

APPENDICES

APPENDICE A.

(Page 22.)

Analyse de feuilles du hêtre à différentes époques de sa croissance.

(Dr ZOELLER.)

Le hêtre (*fagus sylvatica*) dont provenaient les feuilles analysées, se trouve au jardin botanique de Munich. Les feuilles désignées dans la 1^{re} période, furent cueillies de l'arbre le 16 mai 1861 et étaient de quatre dimensions différentes. Les plus petites feuilles *a* venaient de sortir des bourgeons, tandis que les feuilles *d* correspondaient, pour la grandeur, à des feuilles complètement développées. Par rapport à leur développement, *a* et *d* différaient de 4 jours. Les deux autres qualités de feuilles, *b* et *c* étaient intermédiaires, pour la grandeur, entre *a* et *d*. Les feuilles de la 1^{re} période étaient très-tendres, et leur couleur d'un vert jaunâtre.

Les cueillettes de feuilles suivantes se firent au 18 juillet

(II^e période) et au 15 octobre 1861 (III^e période). Les feuilles de chacune de ces périodes correspondaient, pour la grandeur et la densité de leur texture; les feuilles de juillet étaient d'un vert foncé et celles d'octobre un peu plus claires.

Les feuilles de la IV^e période provenaient du même sujet, mais elles furent cueillies à la fin de novembre 1860; elles s'étaient fanées sur l'arbre, et étaient parfaitement sèches.

100 parties de feuilles de hêtre fraîches renfermaient :

	PÉRIODE. I.				II.	III.
	a.	b.	c.	d.		
Substance sèche .	30,29	22,04	21,53	21,52	44,13	43,23
Eau.	69,71	77,96	78,47	78,46	55,87	56,77

1000 feuilles fraîches renfermaient en grammes :

Substance sèche .	10,01	15,90	32,63	60,00	116,16	147,53
Eau. :	22,61	57,26	118,91	218,31	147,04	154,33
Poids total des 1000 feuilles	32,62	73,16	151,54	278,31	263,20	271,86

Produits de l'incinération

de 100 parties de feuilles

sèches

4,65	5,40	5,82	5,76	7,57	10,15
------	------	------	------	------	-------

Les feuilles de la IV^e période, dans leur état de dessiccation naturelle, renfermaient 11,89 pour cent d'eau; la cendre des feuilles desséchées s'élevait à 8,70 pour cent.

La cendre de la I^{re} période, soumise à l'analyse, fut préparée avec un nombre égal de chacune des feuilles *b*, *c* et *d*.

Composition de 100 parties de cendres de feuilles.

	I. Période 16 mai 1861.	II. Période 18 juill. 1861.	III. Période. 14 oct. 1861.	IV. Période fin nov. 1860.
Soude	2,30	2,34	1,01	(*)
Potasse	29,95	10,72	4,85	0,99
Magnésie .	3,10	3,52	2,79	7,13
Chaux	9,83	26,46	34,05	34,13
Oxyde de fer .	0,59	0,91	0,94	1,10
Acide phosph.	24,21	5,18	3,48	1,95
Acide sulfur	—(*)	—(*)	—(*)	4,98
Acide silicique	1,19	13,37	20,68	24,37
Acide carbon. et mat. indét.	28,33	37,50	32,20	25,35
Total .	100,00	100,00	100,00	100,00

(*) N'a pas été déterminé.

Analyse de la cendre du marronnier sauvage et du noyer.

(E. STAFFEL.)

(Annales de Chimie et de Pharmacie, vol. LXXVI, page 379.)

	MARRONNIER d'Inde.		NOYER.	
	Printemps.	Automne.	Printemps.	Automne.
Humidité dans 100 parties de substance fraîche desséchée à 100° c.	82,09	56,27	82,15	63,31
Cendre pour 100 parties de substance fraîche.	1,376	3,288	1,092	2,570
Cendre pour 100 parties de substance sèche.	7,69	7,52	7,719	7,005
100 parties de cendres se composaient de				
Potasse	46,38	14,17	42,04	25,48
Chaux .	13,17	40,48	26,86	53,65
Magnésie	5,15	7,78	4,55	9,83
Alumine.	0,41	0,51	0,18	0,06
Oxyde de fer	1,63	4,69	0,42	0,52
Acide sulfurique	2,45	1,69	2,58	2,65
Acide silicique	1,76	13,91	1,21	2,02
Acide phosphorique.	24,40	8,22	21,12	4,04
Chlorure de potassium	4,65	8,55	1,04	1,73
Total	100,00	100,00	100,00	99,98

Analyse de cendres de tiges d'asperge pendant la floraison, et après la floraison avec les fruits. (Dr ZOELLER.)

	I. TIGES pendant la floraison.	II. TIGES D'AUTOMNE avec des fruits mûrs.
Eau contenue dans 100 parties de substance fraîche séchée à 100° c.	84,34	59,23
Cendres dans 100 parties de substance fraîche.	0,946	4,13
Cendres dans 100 parties de substance sèche .	6,050	10,13
Composition de 100 parties de cendres.		
Soude.	5,11	5,25
Potasse .	34,40	11,77
Magnésie .	4,69	3,61
Chaux.	9,07	24,05
Oxyde de fer	0,52	0,94
Acide phosphorique	12,54	7,33
Acide silicique . . .	1,85	9,68
Éléments indéterminés.	51,82	37,37
Total	100,00	100,00

Les plantes analysées provenaient du jardin botanique de Munich. Les tiges d'asperge en fleurs ont été coupées rez terre, le 20 juin 1861, et les tiges d'automne furent coupées de la même manière le 28 octobre et fournies par la même plante.

APPENDICE B.

(Page 32.)

Sur la matière amyliacée contenue dans le tronc du palmier.

La quantité de fécule contenue dans un seul et même tronc de palmier varie extrêmement selon son âge et selon qu'on l'examine à l'époque de la floraison ou de la fructification.

La production s'accroît quelquefois rapidement, non-seulement à l'intérieur des cellules, mais encore aux dépens du tissu cellulaire lui-même. C'est ainsi que l'on voit quelquefois au printemps le collet de la racine du *sabal mexicana* rempli de farine blanche, non-seulement à l'intérieur des cellules, mais encore à l'extérieur.

Mais ce phénomène est particulièrement remarquable dans les palmiers de sagou de l'Inde orientale (Metroxylon). Là, on peut constater clairement que le développement de la fécule se fait périodiquement, et qu'il est en relation organique avec le développement des fleurs et des fruits. On peut, par conséquent, dire avec les Malais, qu'ils ont des périodes de gestation. C'est précisément à ces moments-là que l'arbre produit la plus grande quantité de fécule dans son intérieur, et l'accumule pour ainsi dire à titre de provision organique, pour la liquéfier plus tard, et former de nouvelles parties ligneuses, des fleurs et des fruits. Ce que nous venons de dire s'applique surtout au Metroxylon Rumphii, Mart. (*Sagus genuina* Rumph.). Cet arbre, véritable laboratoire chimique pour la préparation de l'amidon, est monocarpe, c'est-à-dire qu'il ne fleurit et ne fructifie qu'une seule fois et périt ensuite, après avoir atteint une hauteur de 7 à 8 mètres. Le tronc cylindrique, et dont le diamètre a plus de 50 centimètres, se com-

pose à la périphérie, et sur une épaisseur de 4 à 5 centimètres, d'un bois blanchâtre et tendre ; mais, à l'intérieur, il est rempli d'un tissu cellulaire et de fibres entre-croisées dont les cellules sont pleines de grains de féoule. Celle-ci augmente quand le tronc pousse de longues épines à sa partie supérieure et à la partie inférieure des gaines de feuilles. Quand ces armes sont tombées et que les feuilles paraissent recouvertes d'un cerele blanc, comme si on les avait saupoudrées de poussière de chaux, c'est alors que commence à se former la plus grande quantité de féoule. Les Malais nomment cette période *Maaputih*, ce qui signifie que l'arbre devient blanc. Bientôt après, il se forme au sommet du tronc une braetée qui se développe plus tard comme une immense ramure de cerf, recouverte d'abord de milliers de fleurs et ensuite de fruits sphériques revêtus d'une carapace, et quand cette braetée a atteint la longueur d'un pied, l'époque est arrivée où le Malais dit que l'arbre est en état de gestation, *Saga bonting*. Une faible partie de féoule se décompose déjà pour servir à la formation des cellules ligneuses dans la braetée. Enfin, arrive l'époque que le Malais appelle *Majang Bara*, c'est-à-dire le *jeune apparaît*. La braetée a atteint alors au sommet de l'arbre une longueur d'un mètre, mais les gaines d'où les inflorescences doivent sortir ne sont pas encore ouvertes. L'arbre peut déjà avoir parcouru ces trois périodes sans avoir subi une perte très-notable en féoule. Mais, quand la dernière période, *Batsja Bang*, c'est-à-dire *la pousse se ramifie*, est arrivée, et que la braetée entière a acquis une longueur de 1,80 à 5 mètres, et mesure à peu près 5 mètres de circonférence, la plus grande partie de la féoule est déjà employée à former d'épaisses fibres ligneuses, et cette conversion est encore plus abondante dans les deux dernières périodes, la floraison (*Siriboa*) et la fructification (*Bahoa*). En ce moment, il n'existe plus du tout de féoule. Un arbre sain produit de 400 à 800 livres de féoule, mais le sagou qu'on en prépare n'arrive pas

dans le commerce européen ; il est consommé dans le pays. L'espèce de palmier qui fournit principalement le sagou employé en Europe, provient du *Metroxylon læve* Mart. de Malacca, dont les troncs sauvages fournissent de 4 à 5 1/2 piekols de sagou, tandis que ceux qui sont cultivés dans les jardins n'en donnent que 2 ou 3.

(Voir, *von Martius, Historia naturalis palmarum*, t. I, p. 91).

APPENDICE C.

(Page 62.)

(*Vegetable Statics, London, 1727.*)

Les expériences de Hales sur le mécanisme de la circulation dans les végétaux pourront toujours servir de modèles, comme méthodes d'investigation ; elles méritent de figurer dans tout traité de physiologie végétale.

Au commencement de son ouvrage, Hales décrit les expériences qu'il a faites sur des branches pourvues de leurs feuilles, sur des plantes coupées, et sur des végétaux pourvus de leurs racines, dans le but de constater l'influence exercée par l'évaporation sur le mouvement de la sève.

Il démontre l'influence exercée par la pression d'une colonne d'eau, avec ou sans le concours de l'évaporation, par l'expérience suivante :

Il adapta et fixa hermétiquement un tube de sept pieds de long à l'extrémité d'une branche enlevée à un pommier et pourvue de ses petits rameaux et de ses feuilles, après quoi il renversa la branche dans un vase plein d'eau, et remplit le tube du même liquide. L'eau fut poussée dans la branche par la pression de la

colonne liquide, et, en deux jours, l'eau baissa de 14 1/2 pouces dans le tube.

Le troisième jour, il tira la branche de l'eau, l'abandonna à l'évaporation à l'air libre, et l'eau du tube baissa de 27 pouces en 12 heures.

Pour comparer la force avec laquelle l'eau est chassée à travers les vaisseaux du corps ligneux par la pression seule ou par celle-ci associée à l'évaporation, Hales fit communiquer une branche de pommier pourvue de feuilles, longue de 6 pieds et exposée à l'air, avec un tube de 9 pieds qui fut rempli d'eau. Par suite de la pression de la colonne d'eau et de l'évaporation qui se faisait à la surface des feuilles et des rameaux, l'eau du tube (XI^e expérience) baissa, en une heure, de 36 pouces. Il fit ensuite la section de la branche à 13 pouces au-dessous du tube, et plaça la partie coupée, avec feuilles et rameaux, debout dans un vase plein d'eau. Cette partie absorba, en 30 heures, 18 onces d'eau, tandis que le morceau de branche de 13 pouces adapté au tube ne laissa pénétrer que six onces d'eau, et cela sous la pression d'une colonne d'eau de sept pieds.

Dans trois autres expériences, Hales démontre que les vaisseaux capillaires d'une plante, en communication avec les racines intactes, se remplissent d'eau avec facilité par attraction capillaire, mais sans posséder la force de déterminer l'écoulement du suc et de le faire affluer dans un tube qu'on y adapte. Il en conclut que le mouvement des sucs est exclusivement provoqué par la surface qui évapore; il démontre qu'il part également du tronc, des branches, des feuilles, des fleurs et des fruits, et que l'effet de l'évaporation est en rapport avec la température et l'état hygrométrique de l'air. Quand l'air est humide, l'absorption est faible, et les jours de pluie elle est nulle.

Le second chapitre de sa statique débute par l'introduction suivante :

« On a vu dans le premier chapitre quelle grande quantité de liquide les plantes absorbent et évaporent ; dans celui-ci, je me propose de démontrer avec quelle force ces phénomènes s'accomplissent.

» Comme les plantes sont privées de cet instrument puissant qui, par ses dilatations et ses contractions alternatives, force, chez les animaux, le sang à se mouvoir dans les artères et les veines, la nature les a dédommagées en les pourvoyant d'autres auxiliaires qui leur permettent d'attirer, de soulever et de faire circuler le sue qui les vivifie. »

Dans sa XXI^e expérience, il déterra une des racines principales d'un poirier en pleine végétation jusqu'à une profondeur de deux pieds et demi, et après en avoir coupé l'extrémité, il adapta à la partie de la racine adhérente au tronc un tube rempli d'eau, dont il fit plonger l'extrémité dans le mercure. Ce tube de verre représentait le prolongement de la racine.

Par suite de l'évaporation éprouvée par la surface de l'arbre, la racine absorba l'eau du tube avec une telle force, qu'en six minutes le mercure s'y éleva de 8 pouces (ce qui correspond à une colonne d'eau de 9 pieds de hauteur).

Cette force est approximativement la même que celle avec laquelle se meut le sang dans l'artère crurale du cheval. « J'ai déterminé, dit Hales, dans son expérience XXXVI, la pression du sang chez différents animaux. A cet effet, je les fixai sur le dos, sur une table, et, au moyen de deux petits tubes de cuivre, je fis communiquer l'artère crurale, là où elle entre dans la cuisse, avec un tube de 10 pieds de longueur et d'un calibre intérieur de 1/8 pouce ; le sang d'un cheval s'éleva dans ce tube à 8 pieds 3 pouces, celui d'un autre cheval à 8 pieds 9 pouces, celui d'un chien à 6 pieds et demi, etc. »

Hales démontra, par des expériences spéciales, que la puissance d'absorption qu'il avait constatée dans les racines, était

également propre au tronc, à chaque branche, à chaque feuille et au fruit; enfin que chaque partie de la surface de l'arbre en est pourvue; que la circulation des liquides des racines vers les branches et vers les feuilles continue, même lorsque le tronc est entièrement dépouillé d'écorce et d'aubier sur une partie quelconque, et que cette force n'agit pas seulement des racines vers les branches, mais encore des branches vers les racines.

Il conclut de ces expériences qu'il existe dans la plante une force d'attraction puissante dont le siège réside dans chacun des organes.

Nous savons aujourd'hui que ce n'est pas cette force d'attraction qui fit monter l'eau et le mercure dans les tubes de Hales, et ses expériences prouvent que, dans les plantes, la force d'absorption déployée par chaque feuille, par chaque fibre radicale et due à l'évaporation, est soutenue par une force extérieure puissante qui n'est autre que la pression atmosphérique.

L'évaporation dont les surfaces végétales sont le siège, occasionne dans l'intérieur des organes un vide qui détermine l'absorption de l'eau extérieure ainsi que des gaz qu'elle tient en dissolution. Et c'est assurément à la pression extérieure, ainsi qu'à la capillarité, qu'il faut attribuer la distribution et le mouvement des liquides dans les plantes.

Les expériences de Hales fournissent des preuves éclatantes de l'influence exercée par la pression sur l'absorption des gaz par les surfaces végétales. Dans son expérience XXII, Hales dit : « La hauteur à laquelle le mercure monta dans le tube n'indique pas exactement la force avec laquelle l'eau a été absorbée. En effet, pendant que l'absorption s'accomplit, on aperçoit sur l'aire de la section des racines, branches ou tronc, des bulles d'air qui ne peuvent s'échapper qu'en prenant la place de l'eau. L'élévation du mercure ne correspondait donc qu'à l'excédant de l'eau sur l'air absorbé. Si la quantité d'air sorti avait été égale à la quantité

d'eau absorbée, le mercure n'aurait pas monté du tout. Il est donc évident que si, expérimentant sur 12 volumes d'eau, les plantes en absorbent 9 et qu'elles éliminent en même temps trois volumes d'air, le mercure dans son ascension ne pourra occuper que la place de 6 volumes d'eau. »

Lorsque dans ces expériences la racine, le tronc ou une branche avaient été blessés en un point quelconque par la section d'un bourgeon, d'une fibre radicale ou de petites branches, la faculté d'absorption des autres parties diminuait d'une façon sensible, parce que l'air qui pénétrait par les parties lésées égalisait plus facilement la différence de pression. C'est au moment où les sections étaient fraîches que l'absorption était la plus énergique; mais celle-ci diminuait peu à peu d'intensité et, au bout de quelques jours, elle n'était pas plus forte que sur le reste de la surface des plantes.

Hales conclut de ces expériences que c'est l'évaporation qui contribue le plus puissamment à pourvoir la plante de nourriture. Et si l'évaporation vient à être troublée ou suspendue, de quelque manière que ce soit, les plantes deviennent malades ou dépérissent.

Quand, durant les étés très-chauds, le sol est incapable de fournir aux racines l'humidité qui, pendant le jour, s'évapore par les feuilles et la surface des plantes, et que celles-ci ou l'une de leurs ramifications se dessèchent, le mouvement cesse dans ces parties et la capillarité seule est impuissante à y rétablir l'activité primitive. L'évaporation est la condition essentielle de leur vie; c'est elle qui entretient le mouvement des liquides et qui détermine les changements incessants qu'ils éprouvent.

Si l'on compare, dit Hales, la surface des racines d'une plante avec la surface extérieure, on voit aussitôt pourquoi il faut diminuer le nombre de branches d'un arbre que l'on veut transplanter. Supposons que pour la transplantation il faille cou-

per la moitié des racines, comme on le fait ordinairement; l'arbre ne peut plus alors puiser que la moitié de la nourriture qu'il absorbait auparavant; et il faut que la surface d'évaporation extérieure soit mise en rapport avec la surface d'absorption souterraine, c'est-à-dire qu'elle soit diminuée.

Hales démontre l'influence de la suppression de l'évaporation par les observations suivantes faites sur des plantes de houblon.

« Le sol d'un journal de terre, où croissent 9000 plantes de houblon, doit être en état de leur fournir par l'intermédiaire des racines, au mois de juillet et dans les 12 heures de la journée, 56,000 onces d'eau, car c'est là la quantité d'eau qu'elles perdent pendant ce temps par l'exhalation et qu'elles exigent pour rester bien portantes.

» Tant que l'air est favorable, la quantité d'eau évaporée ne diminue pas; mais quand un temps humide, pluvieux se prolonge, sans qu'il survienne par intervalles des jours de soleil et de sécheresse, la transpiration nécessaire au bien-être et à la conservation de la plante, est supprimée. Le sue qui ne circule pas obstrue les canaux, se gâte, et il se forme des moisissures.

» Ce cas s'est manifesté en 1725, pendant une pluie continue qui a duré 10 à 12 jours. Cette pluie commença le 15 juillet, après une sécheresse de quatre mois. Les feuilles et les fruits des plus belles et des plus fortes plantes de houblon furent atteints de moisissure. Les plantes les plus faibles échappèrent au mal, parce qu'elles étaient moins développées, tandis que les plantes les plus robustes, dont le parenchyme des feuilles avait déjà acquis une grande densité, ne purent évaporer l'excès d'eau qu'elles avaient absorbée.

» Après une aussi longue sécheresse, la pluie trouva la terre tellement échauffée que les herbes y poussaient aussi vite que sur une couche de fumier, et les pommes grossirent avec une telle

rapidité que leur chair resta extraordinairement molle et qu'elles pourrirent en quantité telle que cela ne s'était jamais vu de mémoire d'homme.

» Les planteurs de houblon savent que lorsque la moisissure s'est emparée d'une partie d'un champ, elle augmente et s'étend dans toutes les directions. Les mauvaises herbes même qui croissent parmi le houblon en sont également attaquées, probablement parce que les sporules des moisissures qui croissent et mûrissent très-vite, se répandent sur toute la surface du champ, où elles se multiplient et l'infectent quelquefois pendant plusieurs années.

» J'ai vu, rapporte Hales, au mois de juillet, les vrilles des plantes de houblon totalement brûlées d'un bout à l'autre par un seul rayon ardent de soleil, et cela après une pluie violente. Dans de pareils moments, on voit souvent à l'œil nu et mieux encore qu'avec des télescopes de réflexion, s'élever des vapeurs en masse tellement considérable que les objets paraissent obscurs et tremblants. Sur tout le champ, il n'y avait pas une veine du sol qui fût sèche. C'est pourquoi on doit attribuer le mal à des vapeurs échauffées, plus abondantes au milieu que sur les côtés du champ; ces vapeurs constituaient là où elles étaient plus fréquentes un milieu plus dense, et par conséquent plus chaud que sur les côtés.

» Les jardiniers de Londres font souvent des expériences semblables lorsque après des nuits froides, ils n'aèrent pas les cloches dont ils recouvrent leurs plantes de choux-fleurs, pour laisser évaporer l'eau. En effet, l'humidité ne peut se disperser sous l'influence de la chaleur solaire; elle est retenue sous la cloche, où elle forme une vapeur dense, transparente, qui grille et fait mourir la plante. »

Ces observations, traduites en notre langage d'aujourd'hui, montrent avec quelle exactitude et avec quelle précision,

Hales a déterminé l'influence de l'évaporation sur la vie des plantes.

Après l'évaporation, ce qui influe le plus sur le développement et le bien-être des plantes, c'est l'apport de nourriture et d'humidité, apport qui est réglé par un certain état de température et de sécheresse de l'atmosphère. La puissance d'absorption des plantes et la circulation de la sève dépendent de l'évaporation, et la quantité de nourriture nécessaire à leur activité est en rapport avec la quantité d'humidité qui s'est échappée par évaporation en un temps donné. Quand la plante a absorbé un maximum d'humidité et qu'une température basse ou un temps pluvieux prolongé suppriment l'évaporation, l'apport de nourriture et la nutrition cessent. Les suc occasionnent des obstructions, s'altèrent, et se métamorphosent au point que leurs éléments constituent un sol propre au développement des végétaux microscopiques. Quand, après de chaudes journées, il tombe une pluie à laquelle succède un temps chaud et calme, et que les diverses parties des plantes sont entourées d'un air saturé d'humidité, l'évaporation cesse et les végétaux succombent sous l'ardeur du soleil. (*Voir Liebig : Recherches sur quelques causes de la circulation des liquides dans l'organisme animal. Brunswick 1848.*)

APPENDICE D.

(Page 101 et suivantes.)

Analyse d'eaux de drainage, de lysimètres, de rivière et de marais.

1. — EAUX DE DRAINAGE.

Thomas Way constata dans l'eau de drainage fournie par sept terres différentes, les éléments suivants (Journ. of the royal agric. Soc., vol. XVII, 155) :

	GRAINS EN 1 GALLON = 70000 GRAINS.						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Fotasse.	traces.	traces.	0,02	0,05	traces.	0,22	traces.
Soude	1,00	2,17	2,26	0,87	1,42	1,40	3,20
Chaux	4,85	7,19	6,05	2,26	2,52	5,82	13,00
Magnésie.	0,68	2,32	2,48	0,41	0,21	0,93	2,50
Oxyde de fer et alumine	0,40	0,05	0,10	—	1,30	0,35	0,50
Acide silicique .	0,95	0,45	0,55	1,20	1,80	0,65	0,85
Chlore	0,70	1,10	1,27	0,81	1,26	1,21	2,62
Acide sulfurique.	1,65	5,15	4,40	1,71	1,29	3,12	9,51
Acide phosphoriqu.	traces.	0,12	traces.	traces.	0,08	0,06	0,12
Ammoniaque .	0,018	0,018	0,018	0,012	0,018	0,018	0,006

Le Dr Kroecker, dans ses analyses d'eaux de drainage de Proskau, est arrivé à des résultats tout à fait semblables (V. Rapport ann. de Liebig et Kopp, 1855, p. 742.)

COMPOSITION.	DANS 1000 PARTIES D'EAU DE DRAINAGE					
	<i>a.</i>	<i>b.</i>	<i>c.</i>	<i>d.</i>	<i>e.</i>	<i>f.</i> (*)
Substance organique.	0,25	0,24	0,16	0,06	0,63	0,56
Carbonate de chaux	0,84	0,84	1,27	0,79	0,71	0,84
Sulfate de chaux .	2,08	2,10	1,14	0,17	0,77	0,72
Nitrate de chaux .	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02
Carbonate de magnésie.	0,70	0,69	0,47	0,27	0,27	0,16
Carb. d'oxydule de fer	0,04	0,04	0,04	0,02	0,02	0,01
Potasse .	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,06
Soude. .	0,11	0,15	0,13	0,10	0,05	0,04
Chlorure de sodium	0,08	0,08	0,07	0,03	0,01	0,01
Silice .	0,07	0,07	0,06	0,05	0,06	0,05
Somme des éléments	4,21	4,25	3,37	1,53	2,58	2,47

2. — EAU DE LYSIMÈTRES.

L'eau de lysimètres est de l'eau atmosphérique recueillie après avoir traversé différentes espèces de terres dans des appareils appropriés, nommés lysimètres.

L'analyse chimique a été effectuée sur les eaux provenant de quatre séries d'expériences, et exécutée par le Dr Zoeller.

(*) *a.* Eau de drainage d'un sol, recueillie le 1^{er} avril 1853 — *b.* La même, recueillie, après avoir traversé le 1^{er} mai 1853, après une pluie de 218 pouces cubes par pied carré. — *c.* Eau de drainage du sol précédent, mélangée avec celle d'une terre argileuse humeuse, dont le sous-sol était une glaise calcaire, recueillie le 1^{er} octobre 1853. — *d.* Eau de drainage d'un autre sol, recueillie en octobre 1853. — *e.* Eau qui s'écoulait des rigoles d'un sol argileux compacte au commencement de juin. — *f.* Eau semblable prise vers le milieu du mois d'août, chaque fois après une forte pluie battante.

I. — Série d'expériences de 1857.

Les eaux analysées proviennent de cinq sols. Ce sont les quantités d'eau atmosphérique qui ont passé du 7 avril au 7 octobre 1857 à travers un volume de terre d'un pied carré de surface et de

	I.	II.	III.	IV.	V.
Quantité d'eau qui a traversé le sol cent. cubes.	9845	18575	18148	19790	12302
Résidu de cette eau à 100° centigr.	4,651	4,730	5,291	6,040	3,686
Cendre du résidu solide	3,127	3,285	3,545	4,245	2,610
Potasse .	0,064	0,044	0,037	0,108	0,047
Soude .	0,070	0,104	0,135	0,470	0,074
Chaux.	1,436	1,070	1,285	1,354	1,136
Magnésie .	0,203	0,165	0,024	0,058	0,063
Oxyde de fer .	0,013	0,119	0,150	0,114	0,053
Chlore.	0,566	0,177	0,379	0,781	0,434
Acide phosphorique	0,022	traces.	traces.	traces.	traces.
Acide sulfurique	0,172	0,504	0,515	0,580	0,412
Silice . . .	0,103	0,210	0,317	0,188	0,115
Argile et sable	0,089	0,074	0,112	0,045	0,047
Total.	2,738	3,467	2,954	3,698	2,381
A décompter l'équival. d'oxygène correspondant au chlore .	0,127	0,040	0,085	0,176	0,095
Reste	2,611	2,427	2,869	3,522	2,286
Perte par calcination et acide carbonique .	2,040	2,303	2,422	2,518	1,400
Total.	4,651	4,730	5,291	6,040	3,686

6 pouces de profondeur. I, d'une terre calcaire fumée et portant de l'orge; II, d'une terre argileuse non fumée, également ensemencée; III, d'une terre argileuse non fumée et non ensemencée; IV, d'un sol argileux fumé et non planté; V, d'une terre argileuse fumée et plantée. La fumure de I, IV et V se fit chaque fois avec 2 livres de fumier de vache sans paille.

Un million de litres d'eau qui ont traversé une couche de 6 pouces (15 centimètres) de sols de la nature indiquée, renferment en grammes :

	I.	II.	III.	IV.	V.
Résidu solide par une dessiccation à 100° cent. gramm.	472,32	254,64	292,64	305,20	291,50
Cendres contenues dans le résidu.	317,62	176,74	194,78	214,50	212,16
Potasse .	6,50	2,37	2,03	5,46	3,82
Soude.	7,41	5,60	7,43	23,74	6,02
Chaux.	145,86	57,60	70,80	68,41	92,34
Magnésie	20,52	8,88	1,32	2,93	5,12
Oxyde de fer	1,32	6,35	8,26	5,76	4,30
Chlore.	57,49	9,52	20,87	39,46	35,27
Acide phosphorique	2,23	—	—	—	—
Acide sulfurique	17,47	27,13	27,82	29,50	33,49
Silice soluble .	10,46	11,35	17,46	9,50	9,34

II. — Série d'expériences de 1858.

Les eaux analysées proviennent de six sols. Elles ont été fournies par la pluie tombée du 10 mai au 1^{er} novembre 1858 sur un pied carré de terre, et recueillie après avoir filtré à travers une couche de 12 pouces d'épaisseur (30 centimètres). Le sol était constitué

par une terre d'alluvion ordinaire non fumée des plaines de l'Isaar.
On avait planté des pommes de terre sur quelques parcelles en

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Quantité d'eau qui a traversé le sol. cent. cub.	29185	25007	28138	17466	16520	30850
Résidu solide à 100° centigr. en grammes	8,985	8,214	14,198	7,681	4,864	8,001
Cendre du résidu	6,591	6,094	12,292	5,533	3,704	6,192
Soude	0,250	0,245	3,290	1,255	0,301	0,233
Potasse. .	0,075	0,066	0,034	0,035	0,032	0,029
Magnésie.	0,432	0,443	0,454	0,264	0,382	0,374
Chaux	2,416	2,467	2,356	1,792	1,378	2,645
Oxyde de fer.	0,115	0,083	0,104	0,083	0,096	0,117
Chlore	0,227	0,237	3,925	0,177	0,317	0,238
Acide phosphorique .	réact.	réact.	0,009	réact.	0,007	0,015
Acide azotique.	—	—	—	3,267	—	—
Acide sulfurique.	0,132	0,147	0,118	0,182	0,197	0,666
Silice.	0,266	0,301	0,384	0,303	0,226	0,224
Sable.	0,155	0,237	0,155	0,105	0,062	0,083
Somme .	4,068	4,226	10,829	7,463	2,998	4,644
A déduire l'équival. d'oxyg. correspondant au chlore.	0,051	0,053	0,884	0,039	0,071	0,053
Reste .	4,017	4,163	9,945	7,424	2,927	4,591
Perte par la calcination et acide carbonique	4,968	4,051	4,253	0,257	1,937	3,410
Somme .	8,985	8,214	14,198	7,671	4,864	8,001

expérience : I, sans fumure et sans plantes ; II, sans fumure et plantée ; III, fumé avec 10 grammes de sel de cuisine et planté ; IV, fumé avec 10 grammes de salpêtre du Chili et planté ; V, fumé avec 10 grammes de guano et planté ; VI, fumure : phosphorites traités par l'acide chlorhydrique (?) et maintenus à l'état pulvérulent, planté.

Un million de litres d'eau ayant filtré à travers une couche de 10 pouces d'épaisseur des sols préindiqués, renfermaient :

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Résidu solide séché à 100° cent. gram.	307,86	328,46	504,58	439,76	294,42	259,35
Cendre de ce résidu.	225,83	243,69	436,84	374,04	224,21	200,71
Soude	8,56	9,79	416,92	71,85	18,22	7,55
Potasse.	2,56	2,63	1,20	2,00	1,93	0,94
Magnésie.	14,80	17,71	16,13	15,11	23,18	12,12
Chaux	82,78	98,65	83,73	102,59	83,41	85,73
Oxyde de fer.	3,94	3,31	3,69	4,75	5,81	3,79
Chlore	7,77	9,47	139,49	10,13	19,18	7,71
Acide phosphorique.	—	—	0,31	—	0,42	0,48
Acide azotique	—	—	—	187,04	—	—
Acide sulfurique .	4,52	5,87	4,19	10,42	11,09	21,59
Silice .	9,11	12,03	13,64	17,34	13,68	7,26

III. — Série d'expériences de 1859.

Les eaux analysées provenaient de six sols. Elles ont été fournies par l'eau de pluie tombée du 20 mars au 16 novembre sur un

piec carré de terre et recueillie après avoir traversé une couche de 12 pouces (50 centimètres) de profondeur. Le sol était du terrain

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Quant. d'eau qui a traversé le sol, cent.cub.	20201	14487	20348	17491	23205	22488
Résidu solide de cette eau à 100° cent. . gr.	4,5631	11,4272	15,1967	13,6805	20,784	5,5878
Cend. du résidu solide.	3,192	8,861	13,644	10,681	17,668	4,614
Soude .	0,044	0,069	0,083	0,030	0,085	0,038
Potasse	0,024	0,166	0,205	0,231	0,244	0,112
Magnésie	0,253	0,302	0,296	0,285	0,320	01,117
Chaux .	1,530	3,483	5,360	4,838	7,112	1,963
Oxyde de fer	0,072	0,057	0,072	0,084	0,088	0,053
Chlore.	0,035	0,080	0,202	0,132	0,283	0,127
Acide phosphorique.	traces.	traces.	traces.	traces.	traces.	traces.
Acide sulfurique	0,289	0,205	6,527	2,104	9,124	1,524
Acide azotique	1,125	5,913	1,301	5,248	1,401	1,390
Silice	0,178	0,271	0,208	0,230	0,280	0,269
Sable	0,044	0,021	0,036	0,025	0,056	0,097
Somme.	3,594	10,567	14,290	13,207	18,993	4,690
A déduire l'équivalent d'oxygène correspondant au chlore .	0,007	0,018	0,045	0,029	0,063	0,028
Reste	3,587	10,549	14,245	13,178	18,930	4,662
Perte par la calcination et acide carbonique. .	0,9761	0,8782	0,9517	0,5025	1,854	0,9258
Somme	4,5631	11,4372	15,1967	13,6805	20,784	5,5878

Un million de litres d'eau, après avoir traversé une couche de 30 centimètres de terre, dont la qualité vient d'être décrite, renfermaient :

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Résidu solide séché à 100° cent. grammes.	225,38	788,78	746,84	782,14	895,66	248,48
Cendres de ce résidu .	158,00	614,64	670,52	610,65	761,36	205,17
Soude	2,17	4,76	4,07	4,71	3,66	1,68
Potasse	1,18	11,45	10,07	13,20	10,51	4,98
Magnésie.	12,52	20,84	14,54	16,29	13,79	5,20
Chaux	75,73	240,42	263,41	276,59	306,48	87,29
Oxyde de fer.	3,56	3,93	3,53	4,80	3,79	2,35
Chlore .	1,73	5,52	9,92	7,54	12,19	5,64
Acide sulfurique.	14,30	14,15	320,76	120,29	393,19	23,30
Acide azotique.	55,69	408,15	63,93	300,04	60,37	61,76
Silice	8,81	18,70	10,32	13,14	12,06	11,96

IV. — Série d'expériences de 1859 à 1860.

Cette série n'est que la continuation directe de la troisième. Les eaux qui ont servi à cette analyse ont passé par les mêmes sols que les eaux obtenues dans la troisième série d'expériences. Cette quatrième série d'expériences dura du 16 novembre 1859 au 12 avril 1860.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Quantité d'eau qui a traversé le sol c. c.	13500	12332	13760	13150	15232	14850
Résidu solide séché à 100° cent. grm.	2,424	2,205	2,860	2,640	3,172	2,691
Cend. du résidu solide.	2,071	1,682	2,395	2,086	2,599	2,220
Soude	0,021	0,024	0,028	0,022	0,028	0,019
Potasse	traces.	0,008	0,012	0,009	0,015	0,015
Magnésie.	0,065	0,058	0,069	0,074	0,070	0,063
Chaux	0,770	0,859	1,016	0,938	0,952	1,037
Oxyde de fer.	0,061	0,066	0,097	0,075	0,135	0,049
Chlore	0,140	0,042	0,093	0,068	0,091	0,084
Acide phosphorique.	traces.	traces.	traces.	traces.	traces.	traces.
Acide azotique.	0,025	0,101	0,043	0,077	0,029	0,046
Acide sulfurique.	0,119	0,099	0,487	0,474	0,527	0,185
Silice et sable (*).	0,170	0,144	0,118	0,153	0,123	0,136
Somme.	1,371	1,401	1,963	1,890	1,970	1,654
A déduire pour un équivalent d'oxyg. corresp. au chlore	0,024	0,009	0,020	0,015	0,020	0,018
Reste	1,347	1,392	1,943	1,875	1,950	1,636
Perte par la calcination et acide carbon.	1,077	0,813	0,917	0,765	1,222	0,955
Somme.	2,424	2,205	2,860	2,640	3,172	2,691

(*) Quantité de sable très-insignifiante.

Un million de litres d'eau, après avoir traversé une couche de 25 centimètres d'épaisseur des sols préindiqués, renfermaient :

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Résidu solide séché à 100° centig. gr.	179,56	178,80	207,71	200,81	208,24	181,21
Cendres contenues.	153,47	136,39	174,07	158,69	170,62	149,49
Soude	1,56	1,94	2,04	1,73	1,83	1,27
Potasse.	—	0,64	0,92	0,69	0,98	1,01
Magnésie.	4,86	4,70	5,02	5,56	4,59	4,24
Chaux	57,04	69,49	73,87	71,39	62,50	71,17
Oxyde de fer.	4,52	5,35	7,06	5,73	8,86	3,29
Chlore	10,43	3,40	6,76	5,21	5,97	5,65
Acide azotique.	1,91	8,19	3,17	5,91	1,90	3,09
Acide sulfurique.	8,86	8,02	35,45	36,08	34,59	12,45
Silice avec un peu de sable.	12,60	11,67	8,60	11,65	8,01	9,15

Comparez Ann. de Chimie et de Pharmacie, vol. 107, page 27; Résultats d'expériences agric., etc., de la station expérimentale de Munich, II^e cahier, p. 65 et III^e cahier, p. 82.

3. — ANALYSES D'EAUX DE RIVIÈRES.

	WITTSTEIN.				H. S. JOHNSON.					
	EAU DE L'ORE.		EAU DE L'ISAR.		EAU DU REGEN.		EAU DE L'ITZ.		EAU DU LAC RACHEL.	
	Sur 1000 grammes d'eau.	Sur 100 grammes de résid. solides.	Sur 1000 grammes d'eau.	Sur 100 grammes de résid. solides.	Sur 1000 grammes d'eau.	Sur 100 grammes de résid. solides.	Sur 1000 grammes d'eau.	Sur 100 grammes de résid. solides.	Sur 1000 grammes d'eau.	Sur 100 grammes de résid. solides.
Chlorure de sodium .	0,00125	0,800	0,00163	0,723	0,0025	3,07	0,0059	6,52	0,0015	2,14
Chlorure de potassium.	0,00198	1,267	0,00413	1,832	0,0058 ¹	7,13	0,0043 ¹	7,75	0,0061	8,73 ¹
Potasse.	0,01282	8,205	0,00569	2,524	0,0096	41,80	0,0058	46,41	0,0123	17,59
Chaux.	0,00463	2,963	0,07830	34,737	0,0154	48,94	0,0092	10,17	0,0010	1,43
Magnésie.	0,00165	1,056	0,01574	6,982	0,0026	3,19	0,0029	3,21	—	—
Alumine.	0,00017	0,108	0,00030	0,133	0,0018 ²	2,21	0,0052 ²	3,75 ²	0,0012 ²	1,72 ²
Oxyde de fer. . .	0,00037	0,237	0,02788	12,368	0,0009	1,10	0,0027	2,97	0,0012	1,72
Acide sulfurique. .	0,00182	1,165	0,00026	0,415	0,0020	2,46	traces.	traces.	—	traces.
Acide phosphorique	0,00525	3,360	0,00232	1,039	traces.	traces.	traces.	traces.	traces.	traces.
Acide silicique. .	0,01131	7,238	0,04855	21,981	0,0072	8,90	0,0095	10,50	0,0025	3,58
Subst. organique.	0,41500	73,601	0,03962	17,576	0,0335 ³	41,20 ³	0,0450 ³	49,72 ³	0,041 ³	63,09
Total du résidu solide	0,15625	100,000	0,22542	100,000	0,0813	100,00	0,0905	100,00	0,0699	100,00
Total des subst. inorg.	0,04725	—	0,18580	—	0,0478	—	0,0455	—	0,0258	—

(1) Soude. — (2) Substance insoluble, sable. — (3) Matière organique, acide carbonique. (Johnson, Ann. de Chim. et de Pharm. vol. XCV, p. 226.)

Analyse des cendres de plantes de l'Ohe et de l'Isar.(D^r WITTSTEIN.)

	FONTINALIS ANTIPYRETICA (*)	
	de l'Ohe.	de l'Isar.
Chlorure de sodium	0,346	0,834
Potasse .	0,460	2,325
Soude .	1,745	
Chaux.	2,755	18,150
Magnésie	1,133	5,498
Alumine	9,272	1,616
Oxyde de fer .	17,039	9,910
Oxyde d'oxydule de manganèse	4,555	0,850
Acide sulfurique .	1,648	2,827
Acide phosphorique	traces.	5,962
Acide silicique .	61,000	51,494
Acide carbonique.	—	—
Somme	99,953	99,466

(*) La grande différence de composition des cendres d'une seule et même plante provient, d'après M. le professeur Naegeli, moins peut-être d'une différence dans la composition de l'eau, que d'une différence d'âge et, peut-être, plus encore de plantes étrangères nichées dans la mousse.

4. — EAU DE MARAIS DES ENVIRONS DE SCHLEISSHEIM.
(D^r WITTSTEIN.)

Composition quantitative de l'eau.

	Dans 1000 grammes d'eau.	Dans 100 grammes de mat. solides.
Chlorure de sodium.	0,00280	1,401
Potasse . . .	0,00022	0,086
Soude.	0,00551	2,167
Chaux.	0,05266	20,723
Magnésie	0,00921	3,627
Alumine	0,00029	0,114
Oxyde de fer	0,00197	0,775
Acide sulfurique .	0,00372	1,466
Acide phosphorique	0,00002	0,008
Acide silicique	0,00039	0,271
Acide carbonique.	0,03943	15,595
Substance organique .	0,13771	54,067
Total du résidu solide	0,25423	100,000
Total des substances incombustibles.	0,11652	

APPENDICE E.

(Page 113.)

Dans les expériences où l'on se propose de faire végéter des plantes terrestres dans les dissolutions aqueuses de leurs princi-

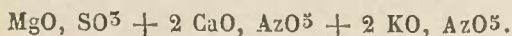
pes nutritifs, il importe de veiller à la réaction alcaline que ces solutions acquièrent sous l'influence de la végétation, car les plantes terrestres y périssent infailliblement. On doit donc avoir soin, dans des expériences de cette nature, de maintenir les solutions dans un état neutre (ou très-légèrement alcalin), ou bien encore dans un état de faible acidité. Pour satisfaire à cette condition, Knop transvasait de temps en temps ses plantes dans des solutions fraîches. Stohmann les plaçait, au commencement, dans des solutions faiblement acides; plus tard, il les transvasait dans des solutions fraîches, ou bien il enlevait la réaction alcaline en y ajoutant chaque fois un acide libre.

Cette réaction alcaline que subissent les dissolutions sous l'influence des plantes qui y végètent, ainsi que son effet nuisible sur la croissance des plantes, ont été observés par Knop et Stohmann.

Les renseignements qui suivent se rapportent aux expériences de Knop et Stohmann sur la végétation de la plante de maïs dans des dissolutions aqueuses.

I. — *Expériences de Knop.*

Knop prit pour base de ses expériences des observations qu'il avait recueillies antérieurement sur la végétation de l'orge et du cresson (V. Gazette centrale de Chimie, 1861 p. 564). D'après ces observations, les graminées n'exigent pour leur croissance que la solution normale A, qui renferme du sulfate de magnésie, de l'azotate de chaux et de l'azotate de potasse dans la proportion suivante :



Dans cette solution, on dilue du phosphate de fer, et l'on y fait dissoudre du phosphate de potasse selon le besoin. Pour corres-

pondre à la quantité indiquée, la solution normale A contenait en grammes :

	Dans 100 cent. cubes.	Dans 500 c. c.	Dans 600 c. c.
Acide azotique.	0,2160	1,0800	1,2960
Acide sulfurique	0,0495	0,2475	0,2970
Chaux	0,0584	0,3420	0,4104
Magnésie.	0,0233	0,1165	0,1398
Potasse.	0,0940	0,4700	0,5640
	0,4512	2,2560	2,7072

Dans la première période, on avait fait usage d'une dissolution plus étendue, et c'est pour ce motif que l'on en consomma 600 cent. cubes, tandis que dans toutes les autres périodes, on en mesura exactement 500, et c'est à cette quantité qu'on ajoutait le phosphate de potasse aux doses indiquées. De cette manière, les mélanges possédaient dans les cinq périodes la composition totale suivante. La potasse ajoutée sous forme de KO,PO^5 ainsi que celle ajoutée sous forme de KO,AzO^5 , sont indiquées à part et réunies par une parenthèse.

Période I.	12 cent. cub.	solution de KO,PO^5 (*)	600 c. c.	sol. norm. A.
Période II.	10	» KO,PO^5 ,	500	»
Période III-IV	20	» KO,PO^5 ,	500	»
Période V.	30	» KO,PO^5 ,	500	»

(*) 10-cent. cub. contenaient exactement 1 décigramme KO,PO^5 .

Ces solutions renferment en grammes :

	I. Période.	II. Période.	III et IV. Période.	V. Période.
Acide azotique.	1,2960	1,0800	1,0800	1,0800
Acide sulfurique.	0,2970	0,2475	0,2475	0,2475
Acide phosphorique .	0,0750	0,0625	0,1250	0,1875
Chaux	0,4104	0,3420	0,3420	0,3420
Magnésie .	0,1398	0,1165	0,1165	0,1165
Potasse.	0,5640	0,4700	0,4700	0,4700
	0,0490	0,0408	0,0816	0,1254
Total .	2,8312	2,3593	2,4626	2,5659

Dans chaque mélange, à l'exception de celui de la période V, on dilua, en outre, 1 décigramme de phosphate de fer.

Pour ce qui concerne la durée de ces périodes, elle a été irrégulière, car elle a été déterminée par les conditions météorologiques; mais elle a été normale en ce sens que chaque période a été limitée au moment où la plante avait évaporé une quantité déterminée d'eau par les feuilles, le plus souvent un litre. Ce qui restait alors de la dissolution où les racines étaient plongées, était soutiré pour être soumis à l'analyse, et le vase rempli d'une nouvelle dissolution.

Dans ce qui suit, les résultats des analyses ont été réunis en tableaux, avec indication de la manière dont l'expérience avait été disposée. Relativement aux données analytiques qui y sont consignées sous A, B, C, il faut remarquer que dans la première rangée, marquée A, on a indiqué chaque fois les quantités totales des divers acides et des divers sels que la plante a reçues dans la période correspondante, que la seconde rangée B indique les

quantités de bases et d'acides que l'analyse a retrouvées dans le restant de la solution, et que la troisième rangée C marque les différences entre A et B, c'est-à-dire les quantités de bases et d'acides absorbés par les plantes. Enfin on a encore indiqué les rapports des bases entre elles et celui entre la magnésic et l'acide sulfurique (calculé pour la colonne A); les quotients expriment donc les proportions dans lesquelles ces matières ont été données aux plantes au commencement de la période. En même temps, on a énoncé sous la rubrique « absorbés » les mêmes rapports, calculés pour la colonne C, pour montrer dans quelle proportion la plante a choisi ces matières, si tant est qu'elle ait la faculté de choisir la quantité.

*Aperçu des principes nutritifs donnés à la plante de maïs
et consommés par elle.*

I. Période. Commencement : le 12 mai; fin le 12 juin. La plante avait au commencement un poids vif de 8 grammes (*); elle avait 6 feuilles, possédant 264 centimètres carrés de surface. Eau évaporée durant la période = 1 litre. Cette période se partage en trois parties ou temps, où l'on donna d'abord à la plante des solutions étendues, et où les mélanges se composèrent comme suit :

	I. Temps.	II. Temps.	III. Temps.
Dissolution de KO_3PO_5 .	2 cent. c.	4 cent. c.	6 cent. c.
Solution normale.	400 »	200	300
Eau distillée .	498 »	93	— —
Total de liquide.	200 cent. c.	300 cent. c.	303 cent. c.
Phosphate de fer.	0,1 gram.	0,1 gram.	0,1 gram.

(*) On avait fait germer le maïs au mois d'avril dans du sable lavé; les jeunes plantes avaient au 12 mai le poids indiqué (8 gram); desséchées, elles ne contenaient guère plus de substance sèche que la semence.

Au fur et à mesure que les dissolutions étaient absorbées par la plante, on ajoutait les quantités d'eau distillée suivantes :

- I. Temps = 80 centimètres cubes.
 II. Temps = 350 »
 III. Temps = 570 »

1000 cent. cub. = 1 litre.

Les résidus de chaque temps étaient = 300 cent. cub. et furent analysés tous les trois réunis.

	A.	B.	C.
Acide azotique .	1,2960		
Acide sulfurique	0,2970	0,1240	0,1730
Acide phosphorique	0,0750	0,0000	0,0750
Chaux .	0,4104	0,1480	0,2624
Magnésie .	0,1398	0,0640	0,0758
Potasse	0,6131	0,2280	0,3851
	2,8313	0,5640	0,9713

Au moyen de la colonne A, on peut calculer les proportions des diverses matières données à la plante, et la colonne C permet de reconnaître dans quelles proportions elle les a absorbées.

$$\text{Livré.} \quad \frac{\text{CaO}}{\text{MgO}} = 2,9; \quad \frac{\text{KO}}{\text{CaO}} = 1,5; \quad \frac{\text{SO}^5}{\text{MgO}} = 2,1.$$

$$\text{Absorbé.} \quad \frac{\text{CaO}}{\text{MgO}} = 3,4; \quad \frac{\text{KO}}{\text{CaO}} = 1,5; \quad \frac{\text{SO}^5}{\text{MgO}} = 2,2.$$

II^e période. Commencement : le 12 juillet ; fin : le 20 juillet. Poids de la plante au commencement = 65 grammes ; 9 feuilles d'une surface de 648 centimètres carrés. Eau évaporée durant la période = 1 litre ; la plante reçoit 0,1 gramme de phosphate de fer, que l'on applique sur les racines ; elles-ci prennent une couleur de rouille.

	A.	B.	C.
Acide azotique .	1,0800	?	?
Acide sulfurique .	0,2475	0,1704	0,0771
Acide phosphorique .	0,0625	0,0000	0,0625
Chaux .	0,3420	0,1912	0,1508
Magnésie	0,1165	0,0860	0,0305
Potasse .	0,5110	0,3120	0,1990
Total .	2,3595	0,7596	0,5199

Rapports des bases et des acides entre eux :

$$\text{Livré.} \quad \frac{\text{CaO}}{\text{MgO}} = 2,9; \quad \frac{\text{KO}}{\text{CaO}} = 1,5; \quad \frac{\text{SO}^3}{\text{MgO}} = 2,1.$$

$$\text{Absorbé} \quad \frac{\text{CaO}}{\text{MgO}} = 5,0; \quad \frac{\text{KO}}{\text{CaO}} = 1,3; \quad \frac{\text{SO}^3}{\text{MgO}} = 2,5.$$

III^e période. Commencement : 20 juillet ; fin : 27 juillet. Poids de la plante au commencement de la période = 75 grammes ; 11 feuilles d'une surface de 720 centimètres carrés ; eau évaporée = 1 litre ; on a ajouté à la solution 0,1 gramme phosphate de fer ; elle est bien garnie de racines.

Cette période diffère de la précédente en ce qu'on a donné une quantité double de phosphate de potasse.

	A.	B.	C.
Acide azotique .	1,0800	?	?
Acide sulfurique .	0,2475	0,1716	0,0759
Acide phosphorique .	0,1250	0,0000	0,1250
Chaux .	0,3420	0,1440	0,1980
Magnésie .	0,1165	0,0860	0,0305
Potasse .	0,5518	0,2160	0,3358
	2,4628	0,6176	0,7652

Rapports des bases et des acides entre eux :

Livré .	$\frac{\text{CaO}}{\text{MgO}} = 2,9;$	$\frac{\text{KO}}{\text{CaO}} = 1,5;$	$\frac{\text{SO}^3}{\text{MgO}} = 2,1$
	$\frac{\text{CaO}}{\text{MgO}} = 6,1;$	$\frac{\text{KO}}{\text{CaO}} = 1,7;$	$\frac{\text{SO}^3}{\text{MgO}} = 2,4.$

IV^e période. Commencement : 27 juillet ; fin : 1^{er} août. Poids initial = 147 grammes ; — 11 feuilles d'une étendue de 1160 centimètres carrés ; eau évaporée = 1 litre. Ajouté à la solution 0,1 gramme phosphate de fer ; les racines prennent une couleur jaune rouille plus prononcée. La plante reçoit une quantité de phosphate de potasse double de celle reçue dans la seconde période.

	A.	B.	C.
Acide azotique .	1,0800	?	
Acide sulfurique .	0,2475	0,1374	0,1101
Acide phosphorique .	0,1250	0,0000	0,1250
Chaux .	0,3420	0,1188	0,2232
Magnésie .	0,1165	0,0719	0,0446
Potasse .	0,5518	0,1236	0,4222
Total .	2,4628	0,4617	0,9211

Rapports des bases et des acides entre eux :

$$\text{Livré} \quad \frac{\text{CaO}}{\text{MgO}} = 2,9; \quad \frac{\text{KO}}{\text{CaO}} = 1,6; \quad \frac{\text{SO}^3}{\text{MgO}} = 2,1.$$

$$\text{Absorbé.} \quad \frac{\text{CaO}}{\text{MgO}} = 5,0; \quad \frac{\text{KO}}{\text{CaO}} = 1,8; \quad \frac{\text{SO}^3}{\text{MgO}} = 2,3.$$

Pour pouvoir déterminer jusqu'à quel point on peut dans ces cultures artificielles imiter la nature, on planta en même temps au milieu du mois de mai, le même maïs au jardin. Les plantes en terre étaient à peu près exposées aux mêmes conditions atmosphériques que la plante en expérience. Au premier août, une plante de jardin, appartenant exactement à la même période de développement que la plante en expérience, était également pourvue de 15 feuilles et montrait supérieurement des fleurs mâles; elle pesait 1260 grammes, par conséquent sept fois autant que la plante élevée artificiellement. La tige de la plante de jardin avait, depuis le nœud le plus bas de la tige jusqu'à l'extrémité de la fleur qui sortait de sa gaine, une hauteur de 150 centimètres; elle était par conséquent trois fois aussi haute que la plante en expérience.

5^e période. Commencement : 1^{er} août; fin : 10 août. Poids initial = 175 grammes; la tige de 52 centimètres de hauteur. Au milieu de la période, la plante est garnie de 15 grandes feuilles d'une belle couleur verte et d'une surface de 1420 centimètres carrés.

Durant cette période, il y eut une quantité double d'eau évaporée, c'est-à-dire 2 litres, et comme les anciennes racines étaient visiblement d'une couleur jaune de rouille, la plante ne reçut plus de phosphate de fer, mais du phosphate de potasse en quantité triple de celle donnée pendant la seconde période.

Le 6 et le 7 août, la fleur mâle, composée de sept épis distincts,

sortit entièrement de la gaine, et la tige assez forte avait alors une hauteur de 70 centimètres. Le 7 août, une fleur femelle parfaite apparut. Le 9, les anthères commencent à se couvrir de poussière.

	A.	B.	C.
Acide azotique	1,0800		
Acide sulfurique .	0,2475	0,1640	0,0835
Acide phosphorique .	0,1875	0,0020	0,1855
Chaux .	0,3420	0,1236	0,2184
Magnésie .	0,1165	0,0790	0,0370
Potasse .	0,5927	0,1894	0,4033
Total.	2,5662	0,5580	0,9277

Rapports des bases et des alcalis entre eux :

$$\text{Livré} \quad \frac{\text{CaO}}{\text{MgO}} = 2,9; \quad \frac{\text{KO}}{\text{CaO}} = 1,7; \quad \frac{\text{SO}^5}{\text{MgO}} = 2,1.$$

$$\text{Absorbé.} \quad \frac{\text{CaO}}{\text{MgO}} = 5,9; \quad \frac{\text{KO}}{\text{CaO}} = 1,8; \quad \frac{\text{SO}^3}{\text{MgO}} = 2,3.$$

Comme des expériences antérieures avaient démontré que le maïs déplanté à l'époque de la floraison peut mûrir ses graines quand on le place tout bonnement dans de l'eau de fontaine, et qu'en faisant la somme des sels reçus par la plante en expérience et en les comparant au poids acquis pendant les quatre premières périodes, on trouva qu'elle avait largement reçu autant de sels que la plante normale des champs, on la plaça dans l'eau distillée.

VI^e période. Commencement : 10 août ; fin : 16 août. Poids

initial : 255 grammes ; 15 feuilles parfaitement développées présentent une surface de 2640 centimètres carrés. Eau évaporée = 2 litres.

Le 10 août, les anthères ont perdu presque totalement leur pollen. La tige s'allonge rapidement et, le 12, elle mesure, à partir du liège, qui la soutient sur l'eau, jusqu'au sommet de la fleur, un mètre de hauteur. Le 13, apparut une seconde fleur femelle, qui fut enveloppée de papier pour la soustraire à la fécondation.

Le 16 août, la plante mesurait 110 centimètres et ne prit plus d'accroissement ultérieurement. L'épi fécondé avait, dès le 16 août, une longueur de 20 centimètres, et offrait à sa base un diamètre de 4 centimètres.

L'eau fut soutirée le 16 août.

On y retrouva :			On n'y retrouva pas :	
grammes	0,016	potasse.	d'acide sulfurique (un trouble	
»	0,008	chaux.	douteux avec le chlorure de	
»	0,001	acide phosphorique.	barium), de magnésie, de fer,	
			ni de silice.	

Puisque la solution ne renfermait pas de silice, il en résulte que, dans le courant de 8 ou 15 jours, le vase en verre n'abandonne rien à l'eau par désagrégation.

VII^e période. Commencement : 16 août ; fin : 4 septembre.

La plante pèse	le 16 août	280 grammes.
A 9 heures du matin	le 29	316 »
A 9 heures du soir	le 22	320 »
» » »	le 28	330 »
» » »	le 1 ^{er} sept.	327 »
» » »	le 4 »	317

A partir du 1^{er} septembre, le poids commença à aller en décroissant, attendu que les feuilles se desséchèrent, et comme ces

réductions sont naturelles, on ne pesa plus; les feuilles se flétrissent.

La plante a évaporé durant cette période 5 1/2 litres d'eau.

*Afin de reconnaître avec certitude les sels qui sont restitués à l'eau par endosmose, la plante fut, durant cette période, mise dans un vase contenant 1 1/2 litre d'eau, et l'on en ajouta tous les jours de manière à conserver le même niveau au liquide, sauf à la fin de l'expérience où on laissa absorber l'eau jusqu'à ce que le vase n'en contint plus qu'un litre.

Dans ce litre d'eau, on retrouva :

0^{gr.},031 de chaux existant dans la solution sous forme de carbonate et 0^{gr.},007 de magnésic, également sous forme de carbonate. En faisant évaporer le liquide et en traitant ensuite le résidu par l'eau, ces deux sels y restèrent insolubles, et l'on rencontra les matières suivantes dans la dissolution :

Grammes	0,020	chaux	} indépendamment d'une matière organique réductible par la li- queur cupro-potassique (*).
»	0,0003	acide phosphorique	
	0.0034	potasse	

Dans cette dernière solution, il ne se trouvait trace ni de fer, ni d'acide sulfurique, ni de magnésic.

Ces analyses démontrent que, pour les graminées, la dissolution doit contenir les principes nutritifs dans les proportions suivantes :



(Comparez : *Gazette centrale de Chimie* 1861, p. 465, 564 et 9,45).

(*) Dans toutes les périodes, les plantes éliminèrent des substances organiques, mais principalement dans les dernières.

II. — *Expériences de Stohmann.*

Les principaux résultats fournis par les expériences faites par Stohmann en particulier, concordent avec ceux obtenus par Knop. D'après ces expériences, si, au mois de mai, après avoir fait germer la graine de maïs dans l'eau, on place la jeune plante, dès qu'elle est pourvue de ses racines, dans une dissolution renfermant les principes nutritifs dans la proportion où ils se trouvent dans les cendres, elle peut y croître et s'y développer. Il faut seulement avoir soin d'y ajouter de l'azotate d'ammoniaque en quantité suffisante pour qu'il s'y trouve 2 parties d'azote pour une partie d'acide phosphorique, et étendre assez la dissolution d'eau distillée pour qu'elle ne contienne que 5 pour mille de parties solides.

Il faut, en outre, placer les plantes dans un endroit où elles soient exposées au soleil, remplacer journellement l'eau distillée qui est enlevée par l'évaporation des feuilles, et s'assurer fréquemment de la réaction de la dissolution. Cette réaction doit toujours être faiblement acide, et il importe de la conserver telle en ajoutant de temps en temps quelques gouttes d'acide phosphorique. En observant ces prescriptions et sans se préoccuper aucunement de fournir artificiellement de l'acide carbonique, par le seul concours de celui qui se trouve dans l'atmosphère, on obtient des plantes parfaitement développées et qui, dans des circonstances favorables, atteignent même une hauteur de sept pieds (*).

Les expériences de Stohmann se sont encore étendues plus loin. Il a recherché l'influence que la privation de l'un ou l'autre élément nutritif pouvait exercer sur le développement de la plante de maïs, et, sous ce rapport, ses résultats diffèrent de ceux de Knop. Tandis que dans les expériences de ce dernier, la plante de

(*) D'après Knop, les plantes de maïs qui vivent dans une solution aqueuse, exhale constamment de l'acide carbonique par leurs racines.

mais s'est développée complètement sans silice, sans soude et sans ammoniacque, Stohmann, dans les siennes, fit toujours usage de silice, et il trouva, en outre, que les plantes ne se développaient qu'incomplètement s'il les privait totalement d'ammoniacque et même de soude.

Quand Stohmann privait entièrement les plantes d'ammoniacque et qu'il la remplaçait par de l'acide azotique, elles se développaient fort bien dans les 10 ou 12 premiers jours, mais à partir de ce moment elles prenaient une teinte d'un vert jaunâtre-clair et la végétation marchait lentement. Et si, un mois après, il ajoutait un peu d'ammoniacque (azotate ou acétate), les plantes mouraient rapidement. Dans le cas où cette addition n'avait pas lieu, les plantes ne périssaient pas, mais elles conservaient leur teinte chlorotique et restaient stationnaires (*).

Dans l'expérience où la soude faisait défaut, on constata que la plante de maïs pouvait s'en passer dans le commencement, mais qu'en l'excluant complètement, la végétation ne tardait pas à se ralentir.

L'azotate de chaux de la solution normale fut, dans une autre expérience, remplacé par un même équivalent d'azotate de magnésie et, au bout de très-peu de temps, la plante de maïs en souffrit considérablement, et ne développa qu'un petit nombre de maigres feuilles. Mais en ajoutant un peu d'azotate de chaux, on provoqua les changements les plus remarquables. Déjà cinq heures après, la végétation, qui était restée à peu près stationnaire pendant environ quatre semaines, se réveilla subitement et, ensuite, elle marcha parfaitement. Une autre plante qui n'avait pas reçu la même addition d'azotate de chaux, resta stationnaire, et il ne fut pas question de croissance. La plante de maïs exige donc de la chaux dès le début de sa croissance.

(*) Comparez Chem. Centralblatt, 1862, p. 257.

Dans une expérience où l'on avait remplacé la magnésie par de l'azotate de chaux, on constata des résultats semblables à ceux obtenus par la privation de chaux. La végétation fut également très-chétive, et la magnésie ajoutée sous forme d'azotate eut les mêmes effets bienfaisants; seulement, ils ne se manifestèrent pas aussi promptement qu'avec la chaux.

La privation complète d'acide azotique entrava également le développement de la plante de maïs. Il est vrai que, dans cette expérience, les alcalis et les terres alcalines avaient été livrés à l'état de sulfates et de chlorures, et que le chlore et l'acide sulfurique ne trouvent qu'un emploi limité dans l'organisme végétal. La même observation s'applique à l'expérience sans azote.

Ainsi donc, d'après ces expériences, l'absence d'un principe nutritif empêcherait le développement des plantes, et la substitution complète d'un élément nutritif à un autre, qui lui est analogue, serait impossible. Il n'en est peut-être pas tout à fait de même, lorsque la substitution mutuelle des principes analogues n'est que partielle, et Stohmann se propose d'examiner également cette question.

Les éléments nutritifs furent administrés sous la forme suivante (*) :

L'acide silicique fut toujours donné sous forme de silicate de potasse et ce qui manquait encore de potasse sous forme de salpêtre. Dans la série (5), où le salpêtre se trouve exclu, il fut remplacé par le sulfate de potasse.

L'acide phosphorique entra dans la solution sous forme de phosphate de soude $2 \text{NaO} \cdot \text{HO} \cdot \text{PO}^5 + 24 \text{HO}$. Dans la cinquième

(*) Pour amener toutes les matières à dissolution et supprimer la réaction alcaline, on ajouta, quand la dissolution fut suffisamment étendue d'eau, d'abord de l'acide chlorhydrique étendu plus tard de l'acide phosphorique, et cela goutte par goutte jusqu'à ce qu'un bon papier de tournesol commençât à rougir faiblement.

série, où la soude est exclue, il entra comme sel de potasse 2 KO. HO. PO^5 dont on avait fait une solution concentrée d'une contenance déterminée en potasse et en acide phosphorique. Comme le phosphate de soude contient plus de soude que la cendre n'en exige, il se trouvait dans les séries 1 à 7 un excès de cette base; plus tard, on diminua en conséquence le phosphate de soude, et l'on augmenta le sel de potasse.

L'acide sulfurique fut donné sous forme de sulfate de magnésie, sauf dans la série 7, où l'on fit usage de sulfate d'ammoniaque, et où l'on suppléa à l'insuffisance de magnésie par de l'azotate de magnésie.

L'oxyde de fer fut donné sous forme de chlorure de fer sublimé pur. La chaux sous forme de nitrate, et de chlorure de calcium, dans la série 5; l'ammoniaque sous forme d'azotate, de sulfate et de chlorhydrate.

Il était impossible d'éviter l'emploi d'un excès plus ou moins grand de l'un ou l'autre des principes nutritifs, et surtout de chlore et de soude. Le tableau suivant indique jusqu'où ces déviations ont été poussées :

SÉRIES D'EXPÉRIENCES.

ÉLÉMENTS NUTRITIFS.	Composition désirée.	SÉRIES D'EXPÉRIENCES.					7. Sans magnésie.
		1. Normale.	2. Sans ammo- niaque.	3. Sans acide azotique.	4. Sans azote.	5. Sans soude.	
Potasse.	35,9	52,0	35,9	35,9	35,9	35,9	35,9
Soude.	1,0	8,0	8,0	8,0	—	1,0	1,0
Chaux	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	—	19,2
Magnésie.	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	13,7	—
Oxyde de fer.	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Acide sulfurique.	5,2	5,2	26,9	26,9	5,2	5,2	5,2
Chlore	1,3	3,1	66,5	16,8	3,1	3,1	3,1
Acide phosphorique.	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1
Acide silicique.	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5
Azote.	18,2	18,2	18,2	—	18,2	18,2	18,2

APERÇU DU POIDS DES RÉCOLTES.

Série d'ex- periences.	Plante.	Partie de la plante.	Subst. sèche en grammes.	Élém. minéraux en grammes.	Élém. minéraux pour 100 gr. de subst. sèche.	Substance or- ganique, en grammes	Rapport entre le poids de la sem. et le poids de la récolte après déduct. des élém. min.	
I.	du jardin.	Racines	10,36					
		Tige	52,39	15,24	11,4			
		Feuilles	42,39					
		Gaine foliacée des épis.	28,51					
		Graines	190,14	3,42	1,8			
		3 épis	22,66	0,54	2,4			
		Plante entière	346,45	19,20	5,5		327,25	1 : 3147
		Racines	3,92					
		Tige	9,67					
		Feuilles	11,79	3,97	13,1			
II.	du jardin.	Racines	4,91					
		Gaine foliacée des épis.	34,09	0,82	2,4			
		Epis garnis des graines.	64,38	4,79	7,5		59,59	1 : 573
		Plante entière	27,36	4,35	15,9			
		Paille	4,24	0,14	3,4			
		Epis	24,57	0,56	2,3			
		Graines	56,17	5,05	8,9		51,12	1 : 491
		Plante entière	55,52	5,94	10,7		49,58	1 : 477
		Plante entière	62,44	6,49	10,4		55,95	1 : 538
		Plante entière	1,19					
III.	du jardin.	Plante entière	2,39	0,54	22,8		1,85	1 : 18
		Plante entière	0,204					
		Racines	0,45					
		Tige et feuille	1,03	0,10	22,8			
		Plante entière	1,48	0,17	16,7			
		Plante entière	10,90	0,27	18,2		1,21	1 : 12
		Plante entière	39,48	0,92	8,5		9,98	1 : 96
		Plante entière	49,63	5,57	14,1		33,91	1 : 326
		Plante entière	32,31	5,21	10,5		44,42	1 : 427
		Plante entière	0,30	3,36	10,4		28,95	1 : 278
V.	du jardin.	Plante entière	84,30	8,22	9,75		76,08	1 : 731
		Plante entière	0,82	0,18	21,4		0,64	1 : 6
		Plante entière	6,01	0,82	13,7		5,19	1 : 50
		Plante entière						
		Plante entière						
		Plante entière						
		Plante entière						
		Plante entière						
		Plante entière						
		Plante entière						
VII.	du jardin.	Racines	10,36					
		Tige	52,39	15,24	11,4			
		Feuilles	42,39					
		Gaine foliacée des épis.	28,51					
		Graines	190,14	3,42	1,8			
		3 épis	22,66	0,54	2,4			
		Plante entière	346,45	19,20	5,5		327,25	1 : 3147
		Racines	3,92					
		Tige	9,67					
		Feuilles	11,79	3,97	13,1			

Observations sur le tableau du poids des récoltes.

I. Les plantes A, B, C et D, ont végété dans des solutions normales. Les plantes A et B y furent placées le 1^{er} juillet, et la plante A fut récoltée parfaitement mûre le 10 septembre. Elle mesurait, de l'attache de la racine au sommet, 202 centimètres.

La plante de la terre du jardin avec laquelle elle fut comparée, était de grandeur moyenne. — La plante B, récoltée le 27 septembre, était parfaitement développée et haute de 127 centimètres. — Les plantes C et D furent placées dans la solution normale le 10 juin; elles n'atteignirent pas leur développement entier et furent récoltées le 28 octobre.

II. Commencement de l'expérience dans les solutions sans ammoniacque, le 10 juin. A et B reçurent, le 12 juillet, une addition de 0,2 gr. d'azotate d'ammoniacque; le 25 juillet, elles furent placées dans une solution fraîche avec addition de 0,2 gr. d'acétate d'ammoniacque, et elles périrent le 31 juillet. — Les plantes C et D reçurent, le 4 août, une solution normale qui avait été neutralisée avec de l'acide phosphorique. C périt le 9 août; D se releva un peu, mais resta chétive jusqu'à la récolte, qui eut lieu le 27 septembre.

III. Série d'expériences sans acide azotique. Commencement : 10 juin, dépérissement rapide des plantes; le 1^{er} juillet A et B avaient déjà péri.

IV. Série d'expériences sans azote. Commencement le 10 juin. Dans la première semaine, croissance magnifique, mais, déjà dans la seconde, temps d'arrêt. A a vécu jusqu'à la récolte, le 27 septembre. Hauteur : 13 centimètres; longueur des racines 82 centimètres. — Les plantes C et D reçurent, le 11 juillet, chacune 2 décigrammes d'azotate d'ammoniacque, et le 17 juillet une seconde dose pareille. L'influence de ces sels s'est promptement mani-

festée. Le 4 août, C et D reçurent de la solution normale. Récolte de la plante C le 27 septembre. Hauteur : 75 centimètres. La plante D était encore parfaitement bien portante le 15 novembre (récolte); sa hauteur était de 120 centimètres.

V. Série d'expériences sans *soude*. Commencement le 10 juin. Au début, végétation très-active, mais fin de juillet, les plantes restèrent en retard. Le 4 août, elles reçurent de la solution normale. Deux périrent, mais A et B continuèrent à se développer. Récolte de la plante A le 50 octobre, ainsi que de la plante B. Hauteur de A : 205 centimètres; B rabougie.

VI. Série d'expériences sans *chaux*. Commencement le 10 juin. La plante A avait atteint, le 17 juillet, une hauteur de 2 centimètres; sa croissance ne faisait pas de progrès. B reçut, le 1^{er} juillet, un décigramme de chaux sous forme d'azotate, et le 4 août, de la solution normale. Croissance vigoureuse. Elle possédait, le 15 novembre, quatre tiges d'une hauteur respective de 107, 95, 75 et 70 centimètres, garnies de feuilles et de 8 épis fortement développés.

VII. Série d'expériences sans *magnésie*. Commencement : le 10 juin. Les plantes se comportèrent comme dans la VI^e série. A fut récoltée lorsqu'on s'aperçut qu'elle ne faisait aucun progrès dans sa végétation. B et C reçurent, le 17 juillet, 1 décigramme de magnésie et, le 4 août, de la solution normale. Récolte le 27 septembre. Hauteur de B = 25 centimètres, de C = 42 centimètres. Toutes deux possédaient des fleurs mâles, mais dépourvues de pollen, et il n'existait pas de fleurs femelles.

En comparant ses plantes mises en expérience avec celles qui s'étaient développées dans la terre, tant sous le rapport du poids de la récolte que sous celui des éléments minéraux contenus dans les cendres, Stohmann conclut de ses expériences qu'il n'est, à la vérité, pas impossible de transformer une plante de maïs en une plante aquatique, mais qu'elle ne peut pas croître

normalement dans les dissolutions aqueuses de ses éléments nutritifs.

Il résulterait en outre avec certitude de ces expériences que le sol joue un certain rôle dans l'alimentation des plantes — absorption des alcalis — et que les plantes doivent concourir par une action propre à l'absorption des principes nutritifs.

(Comparez : Journal d'agriculture de Henneberg, 1862, p. 1 et Annales de Chimie et de Pharmac., t. CXXI, p. 285.)

APPENDICE F.

(Page 117 et s.)

Expériences sur l'absorption des terres.

Dans les expériences qui suivent, on mit un certain volume de terre en contact avec des dissolutions qui renfermaient des quantités équivalentes d'alcalis et de chaux. 1 litre de dissolution contenait 1,566 gramme de potasse, 0,955 de chaux et 0,366 d'oxyde d'ammonium. Si l'absorption devait être attribuée exclusivement à une action chimique, la terre aurait exigé, pour en être saturée, un volume égal de chaque dissolution.

ESPÈCES DE TERRES.	QUANTITÉS D'ALCALIS ET DE CHAUX ABSORBÉS							
	(KO.CO ²) KO.		(KO.SiO ²) KO.		CaO.		AzH ⁴ O.	
	C.C.	Gr.	C.C.	Gr.	C.C.	Gr.	C.C.	Gr.
Terre de Bogenhausen (qui avait servi aux expériences antérieures sur l'absorption.	—	—	2588	4 053	2259	2 824	1976	2,453
Terre de Schleissheim (qui a servi aux expériences antérieures sur l'absorption.	—	—	1917	3,003	1917	2,397	1412	1,752
Terre du jardin botanique.	—	—	2400	3,758	2400	3 000	1600	1,985
Sous-sol de Bogenhausen .	5260	8,237	2630	4,119	2630	3,288	1644	2,040
Terre de Bogenhausen n. I, (sol à froment, v. p. 375).	2540	3,977	1694	2,653	1976	2,471	1412	1,752
Terre de Bogenhausen n. II, (sol de trèfle, x. p. 375).	2540	3,977	1694	2 653	1976	2,471	1412	1,752
Poudre de tourbe.	5040	7,892	3800	5,951	5040	6,301	3360	4,169
Terre de Schorn .	4298	6,731	3064	4,798	3064	3,830	2553	3,168
Sol à coton d'Alabama.								
N. I.	4465	6,992	2442	3 824	1674	2 093	1116	1,385
N. II	6184	9,684	2526	3,956	1895	2,369	1263	1,567
N. III.	5139	8,054	2524	3,954	2286	2,858	1714	2,127
N. IV	6316	9,890	2790	4,368	1895	2,369	1263	1,567
N. V,	3600	5,637	1800	2 819	1800	2 20	—	—
N. VI .	7210	11,292	2394	3,750	2394	2,994	1263	1,567
N. VII	7447	11 663	3026	4,739	2394	2,994	1894	2,350
N. VIII.	6816	10,674	2632	4,121	2632	3,290	1526	1,849
N. IX .	3976	6,226	2439	3,819	2174	2,775	1756	2,179
N. X.	4308	6,746	2102	5,293	1846	2,308	1231	1,527
N. XI .	3290	5,135	2158	3,379	2395	2,994	1632	2,025

Afin de s'assurer si la différence remarquable observée entre la puissance d'absorption pour l'ammoniaque de la terre de Schorn d'une part, et des sols à coton d'autre part, dépendait d'une dif-

férence dans leur contenance en ammoniacque, on fit l'analyse de ces terres pour déterminer leur richesse en azote, et l'on constata :

Dans la terre de Schörn.	0,298 p. c. Az = 0,362 p. c. AzH ³ .
Dans le sol à coton n° II	0,223 p. c. Az = 0,277 p. c. AzH ³ .
Dans le sol à coton n° IV.	0,192 p. c. Az = 0,234 p. c. AzH ³ .

Mis pendant un temps assez long en contact avec la dissolution de KO SiO² les sols à coton nos VIII et IX neutralisèrent totalement la réaction acide d'une quantité de dissolution double de leur volume.

Expériences sur la végétation des haricots dans la tourbe pulvérisée.

Pour compléter la description des expériences que nous avons décrites p. 117, nous donnons ci-joint les résultats de la récolte totale :

Substance sèche des plantes de haricot en grammes.

	1. Pot entièrement saturé.	2. Pot saturé a demi.	3. Pot saturé au quart.	4. Pot tourbe pure.
Semences .	93,240	66,127	50,463	7,069 gr.
Gousses .	25,948	18,393	13,8655	2,631
Feuilles .	19,420	15,797	12,477	1,979
Tiges	26,007	20,107	15,710	5,676
Racines .	58,399	36,368	25,411	3,063
Poids total .	223,014	156,792	117,719	20,418

Ces chiffres viennent confirmer entièrement les conclusions que nous avons tirées des poids des semences seules. En prenant pour unité la récolte obtenue sur la tourbe pure, les poids des diverses récoltes sont entre eux comme 1 : 5,7 : 7,7 : 10,9.

Ou bien en représentant par 2 le poids de la récolte obtenue sur la tourbe saturée au quart, et en y comparant les récoltes fournies par la tourbe saturée à demi et la tourbe entièrement saturée, on trouve que les récoltes sont entre elles comme 2 : 2,7 : 3,8.

En défalquant des divers rendements le poids de la récolte fournie par la tourbe pure, et en représentant par 2 l'excédant obtenu sur la tourbe saturée au quart, il se trouve avec les excédants fournis par la tourbe saturée à demi et celle saturée entièrement dans le rapport suivant : 2 : 2,8 : 4,2.

APPENDICE H.

(Page 257.)

Extrait du rapport au ministre de l'agriculture à Berlin sur l'agriculture du Japon (), par le Dr H. MARON, membre de l'expédition prussienne dans l'Asie orientale.*

SECTION I. — Sol et fumure.

L'empire insulaire du Japon s'étend entre le 50° et le 45° degré latitude Nord, et par les températures moyennes et la répartition de la chaleur, il offre les différents climats qui se partagent la

(*) Le lecteur familiarisé avec l'agriculture flamande sera frappé des analogies qu'elle présente avec celle du Japon. (Note du traducteur.)

région comprise entre l'Allemagne centrale et l'Italie septentrionale. On y voit souvent un palmier tropical incomplètement développé à côté du sapin du Nord, et le riz et le cotonnier à côté du sarrasin et de l'orge. Partout, sur les chaînes de montagnes qui partagent le pays comme un réseau à fines mailles, prédomine le pin, qui donne au paysage ce caractère propre aux contrées septentrionales, et que le voyageur du Nord aperçoit avec tant de bonheur quand il aborde sur ces rivages après avoir quitté le soleil ardent et la végétation luxuriante des tropiques. Dans les vallées, au contraire, règne un climat méridional avec le riz, le coton, l'igname et les batates. Mais de la montagne à la vallée, du pin au cotonnier, les transitions sont ménagées de la façon la plus gracieuse par des chemins creux, entourés de lauriers, de myrtes, de eypres, de thuyas et surtout de camélias à l'aspect huileux, le tout formant un mélange de couleurs ravissantes.

Le terrain est d'origine volcanique et la surface appartient au tuf et au diluvium. Toutes les chaînes de montagnes se composent d'une argile brune, extrêmement fine, mais pas très-grasse. Le sol des vallées, au contraire, consiste, avec très-peu de variations, en une terre de jardin noire, meuble et dont la profondeur atteint quelquefois 12 et 15 pieds, ainsi que j'ai eu l'occasion de m'en assurer en examinant des travaux de terrassement; à cette profondeur, elle est naturellement un peu plus consistante. Sous elle repose, sans doute, une couche d'argile imperméable; et de même que les couches argileuses des montagnes forment, grâce à des pluies abondantes et fréquentes, de nombreuses sources que l'on trouve partout sous la main, et que l'on peut, sans grand art et sans peine, employer aux irrigations, de même l'imperméabilité du sol de la vallée permet de le transformer à volonté, partout, en un marais tel que l'exige la culture du riz, par exemple.

La richesse actuelle du sol est-elle exclusivement le produit

artificiel d'une culture qui remonte à plusieurs milliers d'années, ou bien cette richesse existait-elle primitivement, et est-elle qui a donné naissance à l'amour que le peuple montre pour le travail du sol? Ce sont là des questions que l'on peut résoudre de différentes manières. Néanmoins, il est certain qu'un climat doux et des eaux d'irrigation abondantes et chargées d'un limon argileux sont des conditions propices à une culture perfectionnée et qui doivent en simplifier l'adoption.

Un peuple laborieux, adroit et sobre, a su tirer parti de ces éléments avec sagacité et intelligence, et a fait de la pratique de l'agriculture une industrie vraiment nationale. Il a reconnu les procédés au moyen desquels on peut maintenir l'agriculture au plus haut degré de perfection, quoique cependant elle soit abandonnée aux paysans et aux ouvriers, que la profession d'agriculteur occupe le sixième rang, (c'est-à-dire l'avant-dernier dans la société japonaise, et qu'aucun noble ne s'occupe de cette industrie. Il n'existe aucun établissement d'instruction spéciale, aucune association, aucune académie, et il n'y a pas de presse périodique pour répandre les connaissances agricoles. Le fils s'instruit tout bonnement chez son père, qui en sait tout autant que ses aïeux, et comme il travaille identiquement de la même manière que les cultivateurs des autres parties de l'empire, peu importe chez qui ou en quel endroit il fasse ses études. Cette modeste somme de connaissances, éprouvée par l'expérience de tant de siècles qu'elle doit être considérée comme du savoir positif, ne peut, en aucun cas, faire défaut à l'élève et constitue, pour ainsi dire, un patrimoine inaliénable.

Je dois avouer que, dans certains moments, j'éprouvais un sentiment de confusion profonde, quand, en présence de notions aussi simples, appliquées avec tant d'assurance et sans soulever la moindre contestation, je songeais à ma patrie. Nous nous qualifions de peuple civilisé, de peuple instruit; chez nous, les plus hautes

intelligences se vouent à l'agriculture; partout, il s'établit des associations, des académies, des laboratoires de chimie, des fermes expérimentales, dans le but d'étendre et de propager la science. Et pourtant, chose étonnante! malgré tout cela, nous en sommes encore à discuter avec violence et souvent avec passion sur les bases scientifiques les plus élémentaires et les plus simples de l'agriculture, et les explorateurs consciencieux doivent avouer que la somme de leurs connaissances positives et indiscutables se réduit à infiniment peu de chose. Et chose non moins étrange, le peu que nous savons trouve rarement bon accueil dans la pratique en grand.

Parmi les grandes questions encore brûlantes chez nous, mais depuis longtemps résolues ici par une expérience de milliers d'années, je dois mentionner en premier lieu, à cause de son importance, celle de la *fumure*. Pour l'agriculteur instruit du vieux monde, qui s'est involontairement habitué à considérer comme l'idéal et le type d'une culture vraiment rationnelle, celle de l'Angleterre avec ses prairies, sa culture fourragère, ses troupeaux de bêtes d'engrais, et, malgré tout cela, avec sa consommation énorme de guano, de poudre d'os et de tourteaux de colza, — pour cet agriculteur, rien au monde ne doit être plus surprenant que de voir un pays se trouver dans un état de culture beaucoup plus perfectionné, — sans prairies ni culture fourragère, sans une seule tête de bétail, ni de trait, ni de rente, et sans la moindre importation de guano, de poudre d'os, de salpêtre ou de tourteaux. Ce pays, c'est le Japon.

Je ne puis me rappeler sans sourire, qu'à mon passage en Angleterre, un des eoryphées de l'agriculture de ce pays chercha, en me montrant son bétail, à m'inculquer d'un ton magistral le principe suivant, qui, selon lui, était le *nec plus ultra* de la sagesse : Beaucoup de fourrages, beaucoup de bétail; beaucoup de bétail, beaucoup d'engrais; beaucoup d'engrais, beaucoup de grains.

Le Japon ne connaît pas cet aphorisme et s'en tient exclusivement à ce principe incontestable : Que si l'on ne continue de fumer, la production ne saurait se soutenir. Le Japonais sait que la nature (et il entend par là l'air et la pluie) rend à la terre une faible partie de ce qu'il lui enlève, et qu'il doit lui restituer le reste. Le moyen de restitution importe peu pour le moment. Que les produits de la terre doivent d'abord traverser le corps humain avant de lui être rendus, c'est ce qu'il considère comme un mal nécessaire, au point de vue de la valeur de l'engrais, car il sait que ce passage est inséparable de certaines pertes. La nécessité d'un intermédiaire, comme le bétail, est une chose qu'il ne comprend pas. Quel travail dispendieux cela ne lui occasionnerait-il pas, s'il devait d'abord faire consommer les produits du sol par un bétail qu'il est si difficile et si coûteux d'élever, et ensuite combien les pertes ne seraient-elles pas plus fortes ! N'est-il pas beaucoup plus simple de consommer le grain soi-même et de faire soi-même le fumier ?

Loin de moi cependant la pensée de me servir de ces extrêmes, pour condamner la forme prise par notre agriculture et proclamer le mérite de celle du Japon. Ce sont les circonstances qui ont amené l'agriculture japonaise où elle se trouve aujourd'hui, et c'est assurément à la religion qu'elle doit le caractère qui la distingue. En effet, il est défendu aux Japonais de manger de la viande ; elle est interdite aux adeptes des deux sectes principales, aux Sintoïstes aussi bien qu'aux Bouddhistes. Et comme la religion leur défend non-seulement l'usage de la viande, mais encore généralement de tout ce qui provient des animaux (lait, beurre, fromage), l'un des grands objets de l'entretien du bétail n'existe pas pour eux. Le mouton lui-même, entretenu exclusivement pour sa laine, sans qu'on tire parti de sa viande, ne pourrait produire une rente ; c'est une opinion, au surplus, à laquelle on paraît insensiblement se rallier même en Allemagne.

Une seconde cause qui dispense les Japonais de l'entretien du bétail, c'est le peu d'étendue des exploitations, que l'on ne doit pas cependant confondre avec le morcellement de la propriété foncière. Toute la terre appartient au prince et aux grands du pays, qui l'ont donnée en fiefs et arrière-fiefs à la noblesse inférieure. Mais comme les nobles ne peuvent pas pratiquer l'agriculture, ils louent leurs fiefs par parcelles, et les locations se transmettent même souvent par succession. La répartition et le démembrement actuels paraissent exister depuis des temps immémoriaux, et la délimitation primitive des parcelles a probablement été déterminée par la situation naturelle ou le cours d'une rivière. L'étendue des parcelles qui constituent une exploitation isolée varie à peu près entre 2 et 5 journaux. Et comme cette surface est encore souvent coupée par des fossés d'irrigation et d'écoulement, on trouve rarement un bloc de terre assez grand pour pouvoir y employer avantageusement un animal de trait.

Toutes ces circonstances sont essentiellement différentes des nôtres. Nous croyons ne pas pouvoir conserver nos forêts sans consommer de la viande en abondance, et, cependant, nous avons constamment devant nous l'exemple de nos travailleurs qui ont tout au moins autant que nous besoin de vigueur et sont, pour la plupart, des Bouddhistes involontaires. Les diverses propriétés sont encore trop étendues pour pouvoir songer à exécuter tous les travaux à la main, sans compter que le rapport entre le taux des salaires et le prix des produits ne permettrait que rarement une culture intensive. Mais que la fécondité du sol dans le monde entier soit en rapport direct avec la division du sol, c'est là un fait dont la réalité et l'importance deviennent surtout évidentes, quand on se transporte de l'Allemagne du Nord au Japon, en passant par l'Angleterre.

Le seul producteur de fumier au Japon, c'est par conséquent l'homme; et il ne peut y avoir de doute que l'on n'y consacre

les plus grands soins à la conservation, à la préparation et à l'emploi des excréments humains. Comme le procédé, dans son ensemble, présente des éléments d'instruction pour nous, je crois qu'il est de mon devoir, au risque même de blesser les sentiments esthétiques, de le faire connaître avec le plus de détails possible.

Le Japonais ne construit pas comme nous ses latrines dans le coin le plus éloigné de la cour, avec une ouverture à la partie postérieure librement exposée à la pluie et au vent, mais il en fait une partie essentielle et fermée de sa maison. Comme il ne possède généralement pas l'idée de ce qu'on nomme une chaise, le cabinet, ordinairement très-proprement arrangé et souvent tapissé ou laqué, est totalement dépourvu du siège qui est habituellement en usage chez nous. Un simple trou rectangulaire, et placé transversalement en face de la porte d'entrée, est destiné à mener les excréments dans un espace situé plus bas. Le Japonais se place en travers de cette ouverture, et la prend entre ses jambes et fonctionne dans une position accroupie, avec la plus grande propreté. Chaque fois que j'examinais ce cabinet, même dans les habitations des gens les plus pauvres et des plus petits paysans, j'y ai toujours constaté une parfaite propreté. Il me semble qu'il y a quelque utilité pratique dans ce mode de construction. Nous bâtissons au-dessus des fumiers ou derrière les granges des lieux d'aisances pour les sujets et les journaliers, et nous les garnissons de sièges avec des ouvertures rondes; mais, dans le cas même où l'on n'y adapte qu'une simple barre transversale, j'ai vu par trop souvent que toute la latrine ressemble, au bout de peu de jours, plutôt à un trou à pore qu'à un lieu d'aisances pour l'homme, et cela tout bonnement parce que nos travailleurs ont également une préférence marquée, peut-être naturelle, pour la position accroupie. La construction des latrines japonaises prouve que l'on peut venir en aide à ces gens.

Sous l'ouverture se trouve un vase pour recueillir les

exeréments; c'est ordinairement un seau en bois d'une grandeur correspondante à l'ouverture et possédant des oreilles saillantes, à travers lesquelles on peut faire passer des barres pour le transport; ou bien ce sont des pots de terre à anses, pour lesquels l'argile du pays fournit une excellente matière première. Dans quelques cas rares, et dans les villes seulement, j'ai trouvé dans le fond de ce vase ou bien aussi mélangée par couches, un peu de balle de grain ou de la paille grossièrement hachée, procédé qui, si je ne me trompe, a été également recommandé chez nous depuis quelque temps. Aussitôt que ce vase domestique est plein, on l'enlève et on l'évacue dans un des réservoirs à engrais plus grands. Ces réservoirs plus spacieux sont établis soit sur les champs mêmes, soit dans la cour, et consistent en grands tonneaux enfoncés dans le sol presque jusqu'au bord ou en d'énormes vases de terre d'une contenance de 8 à 12 pieds cubes. Ce sont là les véritables préparateurs du fumier, car celui-ci y subit le traitement suivant : Les exeréments sont tout simplement étendus avec de l'eau sans aucune autre addition, et cela jusqu'à ce que, par une trituration parfaite, toute la masse se soit convertie en une pâte finement divisée et parfaitement liée. Quand il pleut, on recouvre la fosse au moyen d'un toit mobile qui se trouve à côté, et quand le temps est clair, on l'expose au soleil et au vent. Les parties solides de la pâte se déposent peu à peu, fermentent et l'eau s'évapore. Pendant ce temps, la latrine de la maison s'est de nouveau remplie, on y ajoute de l'eau, on triture le tout et on le traite absolument comme la première fois. On continue ainsi jusqu'à ce que la fosse soit pleine; alors, après le dernier appoint et une nouvelle trituration parfaite, on le laisse reposer, selon la saison, pendant 2 ou 3 semaines, ou bien jusqu'à ce qu'on en ait besoin, *mais jamais on n'emploie cet engrais à l'état frais.*

TOUT CE PROCÉDÉ DÉMONTRE QUE LE JAPONAIS N'EST PAS DU TOUT

UN PARTISAN DE LA THÉORIE DE L'AZOTE ET QU'IL SE PRÉOCCUPE EXCLUSIVEMENT DES ÉLÉMENTS SOLIDES DE L'ENGRAIS. *Il livre sans souci l'ammoniaque à la décomposition par le soleil et à l'évaporation par le vent, mais il garantit d'autant plus soigneusement les éléments solides contre le lessivage et l'écoulement.*

Mais, comme le cultivateur doit payer la rente de ses terres à son bailleur ou à son seigneur, non pas en argent, mais en nature, savoir en tant pour cent de ses produits, il arrive, par une réflexion parfaitement logique, à cette idée que le produit de sa latrine domestique serait insuffisant pour empêcher l'épuisement insensible de son sol, malgré sa grande richesse, et quoique le ruisseau ou le canal le plus rapproché lui apporte indubitablement avec ses eaux des principes fertilisants. Aussi, partout où son petit champ touche à des chemins, à des sentiers ou à des routes, il place sur les bords des tonnes ou des pots, que les voyageurs sont instamment priés d'utiliser. Ce qui prouve combien cette valeur économique du fumier est comprise par les classes les plus élevées de la société comme par les plus infimes, c'est que dans le grand nombre de pérégrinations que j'ai faites dans les vallées les plus éloignées, dans les métairies et dans les cabanes des plus pauvres gens, je n'ai jamais rencontré nulle part, pas même dans le coin le plus caché, une trace seulement d'un excrément humain par terre. Chez nous, à la campagne, on les trouve par centaines tout à côté des lieux d'aisances et dans tous les coins de la cour. — Je n'ai pas besoin d'expliquer que cet engrais abandonné par des voyageurs bienveillants subit absolument le même traitement que l'engrais de famille.

Cependant, les excréments ne sont pas le seul engrais employé dans la culture, car on y associe d'autres matières qui n'ont pas été enlevées au sol, et qui représentent ainsi une importation auxiliaire de matières fertilisantes. Dans tous les fleuves, ruisseaux et canaux et, notamment, dans les nombreuses petites baies que la

mer forme, fourmillent d'innombrables poissons comestibles, dont la consommation est permise et dont le Japonais fait un large usage. Les poissons, les écrevisses, les mollusques se consomment en abondance, et fournissent, finalement, une contribution extérieure aux latrines, et par conséquent aux champs.

Le cultivateur japonais prépare aussi des *composts*. Comme il ne possède pas de bétail, et ne peut, par conséquent, pas utiliser sa paille et ses déehets en les faisant passer par le corps des animaux, il doit employer cette partie des produits de son sol « sans qu'elle ait été animalisée. » Toutes les méthodes en usage ont essentiellement pour objet la concentration des matières. La paille hachée, les balles en excès, les excréments des animaux de bât ramassés sur la route, le collet et les feuilles des plantes racines, les pelures des ignames et des batates, et tous les déehets éventuels de la maison sont mélangés soigneusement avec un peu de terre de gazon, disposés en forme de petits silos, puis humectés et recouverts d'un toit de paille. Assez souvent, j'ai encore trouvé, dans ce tas de compost, des écailles de mollusques et des coquilles d'escargots que la plupart des ruisseaux renferment en abondance, et qu'on peut se procurer à discrétion à proximité du rivage de la mer. De temps en temps, on humecte et on retourne le tas, et la putréfaction s'y déclare rapidement sous l'influence puissante des rayons solaires. J'ai souvent vu aussi que lorsque la paille était abondante ou lorsqu'on devait se servir du fumier avant sa décomposition, on employait le procédé infiniment plus expéditif de le réduire par le feu au lieu de le laisser fermenter.

La masse étant alors à moitié brûlée et carbonisée, pouvait être employée immédiatement, et, partout, j'ai remarqué que l'on répandait toujours cet engrais en même temps que la semence.

Je pense que cette manière de traiter les engrais est également une preuve que le cultivateur japonais fait peu de cas des

combinaisons azotées, et qu'avant de les employer il s'efforce de détruire soigneusement toutes les substances organiques qu'ils contiennent. Cela est, du reste, en parfaite harmonie avec le but du Japonais, qui veut que son engrais fasse son effet le plus rapidement possible.

Pour atteindre ce résultat, il emploie, indépendamment de la préparation du fumier que nous venons de décrire, les deux moyens suivants :

1° Il emploie de préférence les engrais à l'état liquide, et c'est toujours sous cette forme qu'il applique les excréments humains qui constituent son principal engrais.

2° Il fume chaque plante isolément : c'est le seul moyen qu'il connaisse.

Quand il veut ensemercer son champ, il ouvre, ainsi que nous le verrons plus loin, des sillons où il dépose la graine à la main; il recouvre ensuite celle-ci d'une mince couche de compost finement divisé, et il termine en l'arrosant au moyen d'excréments humains étendus d'une très-grande quantité d'eau. Cette dilution se fait dans des tonneaux portatifs qui servent à conduire l'engrais des réservoirs principaux aux terres que l'on ensemece. C'est par ce procédé que l'on obtient le mélange le plus parfait et le plus uniforme, parce que ce n'est que de cette manière qu'on peut obtenir un mélange uniforme et bien travaillé. La fermentation complète (la maturité) que l'engrais a subie, permet de le mettre sans danger en contact immédiat avec la semence; il peut ainsi agir aussitôt que les racines font leur apparition, et venir puissamment en aide à la première petite radicule qui pousse.

Peut-être ce procédé n'est-il pas encore entièrement applicable chez nous. Toutefois, il est certain que nous pouvons accepter avec confiance quelques enseignements de ces vieux praticiens, et en présence du succès manifeste qui sanctionne leurs prati-

ques, nous devrions nous efforcer de les adapter à notre manière de faire, en leur faisant subir quelques modifications. Tout au moins, nous devrions admettre partout comme principes :

1° La concentration aussi grande que possible des engrais, attendu qu'elle doit amener une notable économie dans les frais. (Quand j'ai indiqué que le cultivateur japonais ne se soucie guère des combinaisons azotées, cela ne prouve pas le moins du monde qu'il ne ferait *encore mieux*, s'il pouvait en même temps fixer l'azote. Si l'on peut trouver, ce dont je doute, un procédé plus pratique, un procédé qui réalise les deux avantages, tant mieux. Mais avant de rechercher le meilleur, prenons ce qui est bon.)

2° La fumure isolée de chaque plante, qui, à la vérité, suppose la culture en lignes.

3° L'emploi des engrais liquides, non pas au moyen des procédés extravagants que l'on a cherché à appliquer en Angleterre, mais sur une échelle appropriée à nos conditions (*).

Comme remarque finale, je tirerai parti de cette observation que :

4° *Le Japonais ne cultive jamais un produit sans engrais.*

Il ne donne à chaque semis ou à chaque plante que tout juste la quantité d'engrais qu'il lui faut pour son développement complet. *Il ne se préoccupe nullement d'enrichir son sol pour l'avenir.* Il ne demande qu'une chose, c'est d'obtenir de chaque semis une récolte abondante. Combien de fois n'entend-on pas dire chez nous que l'on préfère tel engrais à tel autre, parce que son action est plus soutenue; et, avec toutes nos sages précautions pour l'avenir, nous restons loin derrière les Japonais, qui paraissent ne se soucier que de la récolte prochaine. Comme

(*) L'auteur renvoie ici à un rapport qu'il a adressé d'Angleterre, et qui est consigné dans les Annales de l'agriculture de Prusse, vol. XXXVIII, p. 417 et suivantes.

ils fument pour chaque culture et que l'idée de jachère, telle que nous la comprenons, leur est totalement inconnue, ils doivent répartir leur production annuelle d'engrais sur toute la surface de leur champ ; ce qui ne leur est possible qu'à l'aide du semis en lignes et de la fumure isolée.

Le fumier long et pailleux que nous éparpillons sur toute la surface de nos champs, forme un contraste criant avec le procédé rationnel qu'ils emploient.

J'ajouterai encore que, dans les villes, l'engrais ne subit aucune espèce de préparation ayant pour objet de le transformer en guano ou en poudrette. Tel qu'il est, il sort soir et matin des villes pour y revenir au bout de peu de temps sous forme de fèves ou de carottes. Le matin, de bonne heure, des milliers de barques surchargées de seaux de cette précieuse matière, parcourent les canaux des villes, et vont distribuer ce produit bien-faisant au loin dans l'intérieur du pays. Il existe un véritable service postal pour ces engrais avec ses départs et ses arrivées réguliers, et, assurément, il faut un certain courage pour diriger un tel transport. Le soir on rencontre de longues files de coolies qui, le matin, ont amené en ville les produits de leurs terres, et retournent dans les champs, chargés de deux seaux d'engrais, non pas sous forme solide et consistante, mais à l'état où il se trouve naturellement dans une bonne latrine. Des caravanes de chevaux de bât, qui sont venus de 80 à 100 lieues dans l'intérieur amener dans la capitale les produits de diverses fabrications (de la soie, de l'huile, des objets laqués, etc.) retournent chargés de corbeilles ou de seaux contenant des matières fécales, qui, en ce cas, sont à l'état solide.

Nous voyons ici l'image la plus grandiose d'une circulation complète des forces naturelles ; rien n'est perdu, et tous les éléments se prêtent une aide mutuelle.

Je ne puis me défendre ici de jeter un regard sur nos procédés

et d'établir un parallèle. Dans nos grandes exploitations nous vendons une partie de la force du sol sous forme de blé, de racines ou de tubercules, mais les chariots qui ont emmené ces produits vers les villes ou vers les fabriques, ne ramènent rien en retour ; — un anneau de la chaîne s'est brisé. Une autre partie est consommée par de grands troupeaux ; ici encore une partie considérable s'en va dans le monde sous forme de bétail gras, de lait, de beurre ou de laine et n'est pas restituée ; — c'est un deuxième anneau de la chaîne qui s'est rompu. Une troisième mais faible partie est consommée par nous-mêmes et par nos ouvriers. Cette partie, au moins, pourrait nous profiter en entier, si nous savions l'utiliser avec plus de soins et d'intelligence, à la manière japonaise. Ou bien quelqu'un prétendrait-il sérieusement que dans nos exploitations, l'engrais des latrines jouit de quelque importance ? Je pense que sur une propriété de mille journaux, les excréments humains sont insuffisants pour engraisser un demi-journal. Et, de cette manière, avec l'organisation actuelle de nos fermes, il ne nous reste des forces enlevées aux terres par les récoltes que ce que le bétail nous laisse sous forme de fumier ; — et cette portion est, assurément, bien faible, quand nous considérons combien elle est volumineuse, mais combien était concentrée celle que nous avons vendue sous forme de grains, de lait et de laine.

On m'objectera qu'alors il est assez singulier que ce soit précisément le système qui consiste à entretenir beaucoup de bétail, qui contribue à faire mettre les terres en culture et à les rendre productives. Je ne nie pas le fait, mais il s'agit de l'interpréter. Avant tout, il faut se faire une idée bien nette de ce qu'on entend par « culture. » Si l'on entend par là la faculté du sol de produire des rendements élevés d'une manière soutenue, c'est-à-dire à titre d'intérêts du capital qu'il représente, je nie que nos terres (à peu d'exceptions près, peut-être) soient véritablement en culture. Par

des façons mécaniques convenables et par une méthode particulière de fumure, nous les avons mises dans un état qui rend toute la force du sol disponible, et nous fournit, par conséquent, momentanément des rendements élevés. Mais ce ne sont pas les intérêts de la force du sol que nous recueillons, c'est le capital lui-même. C'est à tort que nous nommons cela de la culture. La méthode particulière de fumure dont je viens de parler consiste à incorporer dans la terre autant de combinaisons azotées que possible.

Il est vrai de dire que l'ammoniaque et ses associés sont indubitablement d'excellents cultivateurs; ils savent réveiller les forces du sol qui étaient engourdies. Mais l'ammoniaque n'est finalement autre chose qu'un banquier qui nous donne complaisamment septante-cinq centimes en échange d'un franc, et comme maintenant nous dépensons assez vite les écus, c'est pourquoi, chez nous, ceux qui aiment et défendent le banquier, sont aussi nombreux.

Voilà la grande différence entre la culture européenne et celle du Japon. Celle d'Europe est une culture fictive, et l'erreur apparaîtra au bout d'un temps plus ou moins long; celle du Japon, au contraire, est une culture effective et réelle. Comme le Japonais sait qu'il doit vivre des intérêts, son premier soin est de veiller à ne pas diminuer le capital. Il ne donne d'une main que quand il sait pouvoir prendre de l'autre, et il n'enlève jamais à son sol plus qu'il ne lui donne; il ne force rien par de grands apports de combinaisons azotées.

Aussi, en général, les champs du Japon n'offrent pas cet aspect éblouissant de richesse qu'ils présentent quelquefois chez nous. On n'y voit pas des forêts impénétrables de paille de 6 à 8 pieds de hauteur, ni des raves de 100 livres contenant 99 livres d'eau. Il n'y a rien d'extravagant dans l'aspect des récoltes japonaises; *mais ce qui les distingue avantagusement des nôtres, c'est leur*

régularité et leur uniformité depuis des milliers d'années. Il n'y a que la moyenne qui soit une véritable rente.

Si l'on désire encore une autre preuve de la supériorité et de la richesse de la culture japonaise, on la trouvera dans ce fait : que ce pays, d'une étendue égale à celle de la Grande-Bretagne, et où l'on doit admettre que le sol montagneux et souvent rocailleux ne peut être livré à la culture que sur la moitié de son étendue, possède non-seulement une population plus nombreuse que l'Angleterre, mais encore qu'il peut la nourrir. Et, tandis que l'Angleterre est, comme tout le monde sait, tributaire de l'étranger pour des millions, le Japon, depuis que ses ports sont ouverts, exporte annuellement des quantités assez considérables de denrées alimentaires.

SECTION II. — *Travail du sol.*

Cultivez profondément : telle est la devise de la littérature du jour, et l'on peut dire qu'au moins le principe a généralement été sanctionné par l'expérience. La seule restriction que l'on oppose à la culture profonde, c'est que son adoption exige de fortes quantités d'engrais. Mais les partisans les plus enthousiastes de cette théorie ne peuvent que difficilement se faire une idée de la perfection à laquelle la culture profonde est arrivée au Japon, et de l'extension qu'elle y a prise.

Semblable au tailleur qui d'une pièce d'étoffe coupe à volonté un manteau, un gilet, un habit ou un pantalon, le Japonais façonne et utilise à volonté le morceau de terre qu'il cultive. Aujourd'hui, le sol est couvert de froment, et, huit jours après la récolte, la moitié de la pièce de terre a été convertie en un marais où l'homme enfonce jusqu'au genou en y plantant du riz, tandis

que, tout à côté, l'autre moitié, transformée en une espèce de parterre large et sec et élevée de 2 pieds ou 2 1/2 pieds au-dessus du champ de riz, est ensemencée en coton, en batates et en sarrasin. Quelquefois aussi, le parterre forme un carré au milieu du champ, et le champ de riz lui sert de ceinture, et comme celui-ci doit être entièrement recouvert d'eau, il est à présumer que le nivellement en a été fait avec le plus grand soin et avec l'aide du niveau d'eau.

Tout ce travail a été exécuté dans ce court espace de temps par le cultivateur et sa petite famille. La possibilité d'exécuter une pareille besogne en aussi peu de temps, est une preuve que le sol est meuble à une grande profondeur, même après une récolte; et puisque le cultivateur l'entreprend, sans se soucier de l'effet qu'il exercera sur la récolte future, c'est une preuve que le sol est riche à une grande profondeur. Ce n'est que quand l'ameublement et la richesse sont ainsi associés, qu'il peut être question d'une culture profonde.

Ce tableau n'est nullement imaginaire ou de pure fantaisie; il n'est que la reproduction fidèle de nombreux faits observés. En admettant que le sol où croît le riz soit remué à 1 pied ou 1 1/2 pied de profondeur, si l'on ajoute à cette profondeur la moitié de la hauteur du parterre en relief, c'est-à-dire 1 pied ou 1 1/4 pied, on trouve que la terre est ameublie sur une épaisseur de 2 à 3 pieds.

Ce procédé, qui consiste à convertir à volonté le champ en parterre élevé ou en marécage, n'est plus actuellement, à la vérité, que la preuve de l'existence de la culture profonde, mais il est tout aussi évident qu'autrefois il en fut le moyen. Si pour approfondir la couche arable, on veut toujours attendre que l'on ait un excédant de fumier, il est à prévoir que cette amélioration fera très-peu de progrès chez nous. C'est un fait bien connu que l'on ne peut pas apprendre à nager sans entrer dans l'eau.

L'introduction et le maintien de la culture profonde au Japon ont été soutenus par l'usage répandu, de temps immémorial, de cultiver toutes les plantes en lignes. Il y a longtemps que l'on enseigne les avantages de ce procédé, et parmi ceux que l'on assigne aux plantes sarclées, dans tous les ouvrages, on signale toujours l'approfondissement du sol qu'entraîne leur introduction dans les assolements. Dans tous les cas, cette pratique est, aujourd'hui, généralement adoptée par nos jardiniers.

Je n'ai pleinement compris la valeur et l'importance de ce procédé qu'en le voyant appliquer au Japon de la manière la plus parfaite et de différentes façons. Les semis en lignes n'ont pas encore acquis d'importance capitale dans notre système d'économie rurale; nous les envisageons toujours à un point de vue *exclusif*, et ils n'ont de valeur pour nous que pour certaines plantes qui entrent dans nos cultures. Le Japonais, au contraire, a érigé cette méthode en système de culture, et, avec son aide, il s'est complètement affranchi de ces assolements qui, chez nous, sont obligatoires, ainsi que de la culture par soles. Il est ainsi devenu le maître réel de son champ. Il a non-seulement converti le « l'un après l'autre » en le « l'un à côté de l'autre, » mais il a encore développé au plus haut degré la culture mélangée, qui paraît également vouloir s'introduire chez nous, et il l'a débarrassée de toute confusion en donnant à ses plantes une distribution régulière au moyen du semis en lignes.

Prenons un exemple pour montrer comment le Japonais traite son champ. Nous sommes à la mi-octobre, et, en ce moment, le sol est occupé par le sarrasin seul, semé en lignes espacées de 24 à 26 pouces. Mais, déjà au printemps, après la récolte du froment, les allées avaient étéensemencées en navets qui eux-mêmes sont enlevés de sorte qu'en ce moment l'espace réservé entre les lignes est travaillé à la houe aussi profondément que l'instrument peut pénétrer. Une partie de la terre

fraîche des allées est amassée contre les plantes du sarrasin qui est en pleine fleur, et l'on ouvre ainsi des sillons où l'on sème du colza ou des pois gris d'hiver que l'on sème suivant la méthode usuelle, après quoi on recouvre simultanément la semence et l'engrais de manière à égaliser la surface du sol. Quand le colza ou les pois ont atteint la hauteur d'un à deux pouces, le sarrasin est arrivé à maturité et on le récolte. Quelques jours après, l'emplacement qu'il occupait est remué, nettoyé et ensemené en froment et en carottes d'hiver. Ainsi se suivent les récoltes, rangées par rangées, durant toute l'année. On ne se préoccupe pas de la culture antérieure : le choix des cultures est réglé d'après la provision d'engrais, la saison et les besoins de l'économie. Lorsque les engrais manquent, on laisse les intervalles compris entre les lignes en jachère, jusqu'à ce que l'on en ait recueilli une quantité suffisante pour cultiver le reste.

Ce système présente le grand avantage de permettre l'emploi de l'engrais en tout temps, de sorte que le capital engagé sous cette forme ne reste jamais improductif; en outre, et c'est là, sans doute, le point le plus important, il écarte les tours de force en mettant la récolte, et, par conséquent, la force du sol, directement en rapport avec l'engrais disponible : en d'autres termes, la recette et la dépense de la terre se balancent constamment.

J'ai vu à proximité de grandes villes comme Jeddou, dans des vallées extrêmement fertiles et dans les champs situés le long des grandes routes, pratiquer ce système de la manière la plus intensive, récoltes sur récoltes, engrais sur engrais. Ici, la terre produisait plus que ne pouvaient consommer ceux qui la faisaient valoir, mais la grande ville et les latrines des routes donnaient lieu à une importation d'engrais qui devait, dans tous les cas, contrebalancer l'exportation des produits. J'ai également vu des exploitations éloignées des grandes routes, installées à grande peine sur de petits plateaux élevés, et dont la culture datait

évidemment de moins longtemps. Comme le Japonais n'aime pas à s'établir sur les hauteurs, mais préfère toujours planter son habitation dans la vallée, la conduite du fumier y est plus difficile et il ne faut pas compter sur l'apport des voyageurs et des villes. Parfois, ici, j'ai trouvé des terres couvertes d'une seule espèce de plante, mais toujours disposée en lignes suffisamment espacées pour pouvoir placer une autre récolte dans les allées. Ce procédé permet de travailler convenablement, et à différentes reprises, les intervalles destinés au prochain semis, et, en outre, d'amasser graduellement autour des plantes qui occupent le sol un volume de terre beaucoup plus considérable que celui dont on pourrait les faire jouir par tout autre moyen. Ainsi, sur une terre défrichée les plantes n'occupent que la moitié de la surface du sol (juste ce que l'on peut fumer); néanmoins, par suite du grand intervalle ménagé entre les lignes, la récolte y est toujours plus abondante que si l'on avait divisé le terrain en deux parts, dont l'une eût été laissée en jachère. Mais, l'accroissement dans la production des engrais, ou les importations du dehors permettent d'ensemencer peu à peu les espaces libres et de rapprocher les lignes, de sorte qu'au bout d'un certain temps, il n'y a plus que le tiers, puis le quart seulement de la surface qui soit improductif; enfin la mise en culture est achevée quand, durant toute l'année, le champ est couvert de plantes et les lignes sont aussi rapprochées que possible.

Que ce procédé ressemble peu au nôtre. Quand nous défrichons un morceau de terre et que nous le cultivons pour la première fois, nous commençons par lui demander 3 à 4 récoltes, sans lui donner aucune espèce de fumier. Ce n'est que lorsque le sol est complètement épuisé que nous fumons. *Le Japonais ne cultive pas du tout s'il n'a pas un peu de fumier à donner à la terre, et, alors même, sur ce terrain défriché, il ne cultive qu'autant que l'engrais le lui permet.* Ce procédé rationnel nous révèle une intel-

ligence profonde de ce que doit être une agriculture pour produire des intérêts soutenus. Il n'y a pas d'exemple qui puisse démontrer d'une manière plus évidente et plus élatante la différence qui existe entre la manière de voir des Européens et des Japonais. Nous abattons une parcelle de forêt, et, après l'avoir dérodée, nous vendons le bois, et puis la force du sol, en trois récoltes de céréales enlevées sans fumure, à moins que nous n'ayons favorisé l'épuisement du sol au moyen d'une petite quantité de guano.

Le résultat auquel nous arrivons en procédant de la sorte, c'est que nous sommes obligés de disséminer sur une surface beaucoup plus étendue l'engrais que nous produisons ! Quand le Japonais défriche un morceau de terre vierge et pourvue de toute sa force primitive, l'idée de la spolier est, assurément, fort éloignée de son esprit. Bien décidé d'abord à maintenir l'équilibre entre la récolte et l'engrais, ou entre la recette et la dépense, il veille à la conservation de la force du sol, et c'est là tout ce que lui ou tout autre cultivateur intelligent peut demander. (Annales de l'agriculture de Prusse, cahier de janvier 1862.)

Chine.

(Page 257.)

Lors du recensement opéré sous Kien-loong, avant l'ambassade de lord Macartney, dans la 38^e année de son règne (correspondant à l'année 1795), ce prince adressa une proclamation à son empire, dans laquelle toutes les classes de la population et toutes les professions étaient invitées à rivaliser d'efforts pour conserver aux terres leur fertilité, et chercher à en augmenter les produits. En considérant l'accroissement pris par la population depuis la conquête, il craignait de la voir se développer plus rapidement que les moyens de subsistance, et il voyait arriver

l'avenir avec inquiétude. Car, ajoutait-il, le pays ne s'agrandit pas, tandis que le peuple à la nourriture duquel il faut pourvoir, s'accroît si rapidement. (Davis, *The Chinese*. London 1840, p. 351.)

APPENDICE J.

(Page 256.)

« Quelles peuvent donc être les causes qui, de nos jours, amènent l'insuffisance des subsistances dans tout le pays, et comment se fait-il qu'en temps de paix, une livre de viande coûte autant qu'un mouton entier en pleine guerre? » Ainsi s'exprime Herrera dans son livre sur l'agriculture de l'Espagne, qui parut en 1598, année de la mort de Philippe II. « Ce n'est pas un excès de population, continue-t-il, qui en est la cause, car j'ai traversé de vastes étendues désertes, désertes non pas parce que la nature leur refuse ses dons, mais parce qu'elles ne sont pas cultivées, et là où, autrefois, mille Mores vivaient en pleine prospérité, cinq cents chrétiens trouvent à peine aujourd'hui de quoi subvenir à leur existence. »

« Une autre raison que l'on invoque, c'est l'importation de l'or des Indes. Parce que nous avons plus d'or dans le pays qu'autrefois, on s'imagine qu'il est devenu plus commun et que l'on doit en déboursier davantage. On oublie que ce n'est pas de la surabondance d'or, mais du manque de matières alimentaires que nous souffrons. Je rappellerai, en outre, que, déjà avant la découverte de l'Amérique, nos pièces d'or étaient cotées au-dessous de leur valeur nominale, de sorte que, de tout temps, il y a eu des brocanteurs qui vivaient du change des monnaies. »

Serait-ce donc la terre qui se repose? demande-t-on, à bout

d'arguments. La terre n'a besoin que du repos que lui procure le sommeil hivernal, et, depuis un âge d'homme, les pluies d'hiver n'ont pas manqué de venir la restaurer et la pourvoir de force pour la pousse de la jeune semence. Mais pour quelle cause la terre, qui paye les soins du cultivateur intelligent en lui rendant 25 fois la semence de froment et 40 fois celle de l'orge, ne veut-elle plus nous nourrir? Le mulet en est la cause, pense Herrera.

L'élevage du mulet s'est introduit vers le milieu du treizième siècle, et c'est de cette époque que date le commencement de la dévastation de l'Espagne. Le mulet ne possède pas assez de force pour labourer profondément. Or le labour profond est indispensable au sol espagnol, car il faut que l'humidité puisse y pénétrer et s'accumuler dans le sous-sol, afin que le froment puisse y développer des racines suffisamment longues pour être à l'abri de l'ardeur du soleil. Par conséquent, depuis que le mulet a expulsé le bœuf des champs, le sol de l'Espagne a dû perdre de sa fertilité. De même que le taureau est le symbole de la fertilité, le mulet serait celui de l'infécondité.—Ainsi s'exprime Herrera. (Tableaux de l'Espagne, par le barⁿ V. Thienen-Alderflycht. Berlin, p. 252.)

APPENDICE K.

(Page 266.)

Nous voudrions recommander à tous les ethnographes et aux voyageurs qui explorent les diverses parties du monde, de vouloir bien, avant tout, recueillir les renseignements nécessaires pour résoudre, d'une manière précise, la question suivante : Comment se présente, sur des sols différents et sous des climats variés, pendant plusieurs années consécutives et sur des terres non

fumées, le rendement annuel des céréales et des autres plantes cultivées? Depuis longtemps, nous nous sommes attaché à recueillir sur ce sujet des documents certains, provenant de différents pays et, notamment, de la zone tropicale, et leur étude approfondie semble venir contredire partout cette vieille erreur très-répandue, que dans des conditions climatériques très-favorables, sous la zone tropicale, par exemple, un sol est inépuisable par la culture, là même où l'homme ne lui restitue pas les éléments minéraux enlevés par les récoltes. Même dans les pays les plus favorisés de la zone équatoriale, sur les terres volcaniques les plus fertiles, telles que nous en offre le vieux pays des Incas, sur les plateaux élevés de Quito, d'Imbambura, de Riobamba, de Cuenca, etc., le sol s'est partout épuisé par une série longtemps prolongée de récoltes, là où l'on n'a pas été à même de profiter, par l'irrigation, du limon charrié par les ruisseaux des Andes.

La lave vomie par les volcans, en s'écoulant le long des flancs des montagnes où elle s'est solidifiée, a formé des espèces de digues qui s'étendent fort loin (lodozales) et qui favorisent considérablement l'emploi des eaux. Celles-ci servent à restituer au sol les principes nutritifs minéraux enlevés par un grand nombre de récoltes, comme ailleurs le guano et le fumier d'étable. Il en est de même en Perse, dans la plupart des provinces, particulièrement dans l'Aserbeidshan et dans une grande partie de l'Arménie et de l'Asie Mineure, où les canaux d'irrigation que l'on y a construits partout, ont plutôt pour but d'amener dans les champs de la vallée les éléments minéraux qui ont été enlevés des montagnes, lors de la fonte des neiges, que de donner de l'humidité au sol. Cette espèce de fumure artificielle par irrigation est encore en usage dans des contrées où les eaux atmosphériques ne font pas défaut. Elle remplace le fumier d'étable, absolument comme le limon du Nil en Egypte. Là où l'on ne restitue

pas au sol les éléments enlevés par des récoltes continues, soit au moyen des excréments animaux, soit à l'aide des substances minérales fournies par l'irrigation, comme, par exemple, en certains endroits des grands plateaux de Taeunga et d'Ambato (de l'État d'Écuador de l'Amérique du Sud), le sol est sur le point d'être complètement épuisé. Malgré les variations fréquentes de pluie et de soleil, l'orge, par exemple, n'y rend pas le second ou le troisième grain. D'après des renseignements exacts que nous avons recueillis, les haciendas les plus fertiles de San Salvador et de Chiriqui dans l'Amérique centrale, avec leur sol trachytique extrêmement fertile, meuble et riche en potasse et en silice, ne peuvent pas montrer un champ de maïs où cette céréale ait pu être cultivée pendant trente ans sans que les récoltes n'y aient considérablement diminué : ce qui réfute suffisamment les anciennes assertions erronées d'après lesquelles le sol des pays tropicaux devait être inépuisable.

Sur la côte occidentale du Pérou, les contrées les plus stériles sont celles où l'on n'arrose pas le sol desséché au moyen des eaux fournies par les ruisseaux des Andes, et qui charrient des matières minérales qu'elles ont entraînées en parcourant le versant des montagnes. Partout où cette pratique, favorisée par les dispositions du terrain, se rencontre, tant sur les côtes que dans l'intérieur du Pérou et de la Bolivie, partout le sol est aussi fertile que dans l'intérieur des pays élevés d'Écuador, de la Nouvelle Grenade et de Guatemala. Mais l'eau, par elle-même, n'est pas douée de la propriété d'entretenir la fertilité des terres pendant de longues années; de même que dans le delta du Nil en Egypte, elle doit son efficacité au limon qu'elle contient, qui est fourni par les roches désagrégées des Andes, et dont les éléments se répandent sur les champs à un état de division extrême ou en dissolution au moyen de petits canaux d'irrigation. Le grand plateau élevé de Taeungar, par exemple,

dont le sol stérile est formé de pierre ponce, et qui est situé à proximité de l'équateur où, pendant neuf mois de l'année, il tombe presque tous les jours des averses, ne peut tirer aucun profit de l'eau de pluie pure. Les eaux des ruisseaux limoneux des Andes seules, et non les eaux atmosphériques, exercent une action fertilisante. Au Pérou, le guano produit des effets plus soutenus qu'en Angleterre, et il faut surtout attribuer cette différence à ce que les champs péruviens reçoivent de la potasse en abondance par les matières limoneuses fournies par les éléments trachytiques, riches en feldspath de la chaîne des Andes. Semblable au Löss fertile que l'on rencontre au pied des Alpes bavaïses et suisses, et qui provient des grandes alluvions des temps antéhistoriques, cet engrais minéral naturel offre la plus grande valeur pour les pays des Andes de l'Amérique du Sud. C'est un fait remarquable que les anciens peuples agriculteurs de l'Amérique soient arrivés à restituer à leur sol les éléments de fécondité par des moyens analogues à ceux qui, dans des conditions de terrain semblables, sont également en usage dans les pays montagneux de l'Asie Mineure, de l'Arménie, de la Grèce, de la Perse occidentale, ainsi que dans la Mésopotamie du Nord (Mossoul) et, si je ne me trompe, aujourd'hui encore dans le Thibet. Le Kur, l'Euphrate, l'Araxe, le Tigre charrient, au printemps, une eau aussi trouble, c'est-à-dire aussi limoneuse que celle du Nil, et semblable à celle de la rivière Herirud dans la Perse orientale, qui est absorbée en totalité par les champs et les jardins. Une vieille expérience a, sans doute, appris aux habitants de ces anciens pays de culture à restituer à leurs champs, sous cette forme, les éléments incombustibles que leur ont enlevés les récoltes exportées dans les grandes villes. (Prof. Dr Moritz Wagner, supplément à la Gazette d'Augsbourg du 5 février 1862, n° 56, et du 22 juin 1862, n° 173.)

APPENDICE L.

(Page 274.)

Sur la récolte de l'année 1862 et sa signification.

Il résulte de la publication faite par le ministère de l'agriculture du rendement des récoltes dans la monarchie prussienne pendant l'année 1862 (Gazette de Cologne du 11 décembre), que cette fois encore, pour la plupart des produits, on n'a pas atteint une pleine récolte moyenne, et, cependant, dans les céréales agricoles, la récolte moyenne est estimée plus haut que celle des dix dernières années. Si l'on compare la récolte de 1862, pour tout le royaume, avec la moyenne des récoltes des dix dernières années, on trouve que celle-ci est dépassée par le froment de 1 pour cent, par l'orge de 11 pour cent, par l'avoine de 17 pour cent, par les pois de 23 pour cent, par les pommes de terre de 10 pour cent, mais que la récolte de seigle de 1862 équivalait tout juste à la moyenne. L'année 1862 a, par conséquent, été une des plus fertiles des dix dernières années. En fruits, elle a pour ainsi dire été trop généreuse, et le moût, qui cependant n'a pas été recueilli partout en très-grande abondance, promet un vin de bonne qualité.

J'ai cité les termes du rapport. Quelle conclusion nous reste-t-il à en tirer? Pendant l'année 1862, la température a été aussi favorable qu'elle pouvait l'être; l'hiver n'a pas été rude et le printemps a été fort chaud; en été, il y a eu, à la vérité, pendant peu de temps, des vents froids du nord-ouest, mais l'automne nous a ramené de nouveau un temps magnifique. Le temps froid et contraire qui a régné pendant quelque temps en été n'a pas nuï aux récoltes.

Les fleurs se sont parfaitement développées, aucune céréale n'a versé, et, cependant, dans son ensemble, la récolte n'a pas atteint une récolte normale. Ce résultat n'étant pas dû aux influences météorologiques, doit donc dépendre de la terre. Sans aucun doute, cette diminution dans les rendements des récoltes provient exclusivement de l'épuisement croissant du sol en éléments minéraux. La génération actuelle ne se rappelle pas avoir été témoin d'une pleine récolte et elle n'en verra plus. Dans le rapport, il est dit que l'on taxe la récolte normale plus haut que la moyenne des dix dernières années. On s'aperçoit donc que l'on doit diminuer l'étalon, et que l'ancienne récolte normale est devenue une fiction. L'année 1862 a dépassé la moyenne des dix dernières années dans tous ses produits ; la meilleure année des dix n'atteint pas encore une récolte normale. Pour ne pas comparer nos récoltes à un produit fictif, nous devons abaisser la récolte normale pour tous les produits. C'est là un résultat saisissable pour tout le monde. Le ministère de l'agriculture, au lieu de nous faire le triste récit de la diminution de la force de notre sol, comme si cela était tout naturel, devrait rechercher les moyens propres à faire cesser une pareille situation. Tout le pays est aujourd'hui classé d'après la qualité de son sol, dans le but de régulariser l'impôt foncier. Que les taxations faites soient aujourd'hui aussi justes qu'elles peuvent l'être dans une espèce d'expertise faite en courant, elles seront mensongères dans 20 ans, si la pratique agricole continue à procéder comme elle le fait aujourd'hui. La richesse du sol diminuera constamment, et la terre qui se trouve à présent dans la première classe sera reléguée dans la seconde au bout de dix ans, mais l'impôt restera le même. Le sol de la dernière classe sera épuisé le premier et finira, insensiblement, par devenir impropre à la culture. C'est ainsi qu'on a délaissé déjà des centaines de journaux de misérables terres, parce qu'elles ne payaient pas les frais de culture. Qui fumera une

misérable terre avec de l'acide phosphorique et de la potasse, et où est le sol qui peut toujours porter sans qu'on le fuine?

Certaines personnes ont prétendu que, depuis l'organisation des associations agricoles, les terres ne donnaient plus les pleines récoltes qu'elles fournissaient jadis. Il y a dans cette assertion quelque malveillance ; mais il y a aussi un peu de vrai. Il est impossible que les récoltes n'aillent pas en s'affaiblissant peu à peu, et ce résultat ne peut être mis à la charge des associations agricoles. Mais que, dans ces associations, l'un excite l'autre par ses succès ; que chacun soit initié à toutes les finesses du métier ; que chacun apprenne à connaître les instruments propres à changer la superposition des tranches qui forment la couche arable ; que chacun soit mis au courant de l'assolement le plus favorable pour ne pas laisser au sol un seul mois de repos ; en un mot, qu'on y apprenne tous les procédés et toutes les manœuvres nécessaires pour enlever au sol, sous forme de froment ou de pommes de terre, le dernier granule d'acide phosphorique et de potasse, c'est là un fait incontestable, et, en ce sens, les associations agricoles hâtent l'épuisement du sol. Mais elles répandent aussi la lumière, et, par là, elles sont utiles. Malheureusement, nous n'aimons pas une lumière qui met nos fautes à jour, qui nous montre que nous ne sommes pas aussi riches que nous le croyons, et qui nous apprend qu'il n'existe pas de sol inépuisable. On doit malheureusement souvent se dire, après les recommandations les plus pressantes : j'ai ébranlé l'air, et voilà tout.

Toutes les substances plastiques (les éléments du sang), dont la production est en rapport intime avec la contenance du sol en acide phosphorique, sont devenues plus chères. La viande, le lait, les œufs ont presque doublé de prix dans les dix dernières années, et, avec le lait, le beurre qui n'est pourtant pas un élément plastique. Tandis que, dans son ensemble, la population n'a augmenté que de $1/16$ à $1/12$, les prix des éléments du sang ont dou-

blé. Le premier fait n'explique pas suffisamment le second. Les cultivateurs les plus intelligents ont reconnu le mal, et y portent remède autant qu'ils le peuvent. Mais qu'est-ce que cela en présence de la grande majorité? Si tous procédaient de la même manière, les engrais artificiels ne suffiraient pas et augmenteraient de prix. Les os que nous donnons à nos champs sous forme de farine ne peuvent pas les enrichir, car ils en proviennent. L'importation du guano est une bagatelle en présence de la perte que notre mode d'exploitation inflige aux éléments minéraux. Au surplus, le guano est pauvre en éléments minéraux et beaucoup trop cher pour la proportion qu'il en contient. Le sujet est trop vaste pour que nous puissions parler ici des moyens de combattre le mal. C'est aux associations agricoles qu'incombe la tâche de lui vouer toute leur attention et de faire des propositions convenables.

Nous avons simplement voulu faire remarquer que la publication du rapport sur les récoltes de cette année est une preuve irrécusable que les craintes de Liebig ne sont pas dénuées de fondement, et, pour le moment, nous prenons acte de ce fait : que sur dix années la meilleure n'a pas seulement donné un produit équivalent à la moyenne normale des années antérieures.

Dr MOUR.

De l'état des terres dans l'Italie du Nord. — Extrait d'une lettre de M. le professeur E. Desor de Neuchâtel.

(Page 272.)

Ma surprise fut grande en quittant le territoire de Varèse (où j'avais fait des recherches sur les constructions des pilotis), quand

je vis dans le sud de la Toscane et dans les environs de Perugia, les champs de blé moitié moins bien fournis et moitié moins hauts que dans la Lombardie. Cela peut dépendre, en partie, du sol froid constitué par l'argile pliocène qui est la formation la plus répandue. Le sable pliocène qui alterne avec elle n'est pas non plus très-favorable. Mais combien ne fus-je pas étonné, quand je rencontrai la même pauvreté dans les larges vallées d'alluvion des environs d'Assisi ! On ne peut pas s'imaginer des conditions plus propices à la culture que celles qui se rencontrent dans la vallée du Pô et près d'Assisi. Au lieu d'argile et de sable, on trouve ici un sol magnifique, bien meuble, et, malgré cela, les champs de froment présentaient un triste aspect. Lorsque j'exprimai mon étonnement à mon compagnon de voyage, le comte Meneconi, il m'apprit que ce n'était pas l'usage de fumer les champs. Le peu de fumier dont les paysans disposent, est exclusivement consacré aux champs de maïs. Il n'est donc pas étonnant que ces superbes terres ne donnent, en moyenne, que quatre fois la semence. Et si la culture du froment y est encore possible, il faut l'attribuer à l'extrême sobriété du campagnard, et à l'avilissement des salaires, avilissement tel que la journée d'un homme se paye tout au plus 80 centimes.

APPENDICE M. — ANALYSES DE TRÉFLE DU D^r PINCUS. (Pag. 369.)

100 parties de foin desséché à l'air renfermaient pour les différentes fumures :

	SANS FUMURE.			AVEC DU SULFATE DE MAGNÉSIE.			AVEC DU PLÂTRE.					
	Tiges.	Feuilles.	Fleurs.	Plante entière.	Tiges.	Feuilles.	Fleurs.	Plante entière.	Tiges.	Feuilles.	Fleurs.	Plante entière.
Eau.	12,25	13,04	15,05	12,95	13,00	14,45	12,12	13,27	11,85	10,70	12,24	11,50
Fibre végétale.	39,55	15,07	16,36	28,85	39,47	12,53	17,08	29,70	38,75	13,73	16,96	29,87
Éléments minéraux.	5,05	11,16	6,32	6,95	6,75	10,97	7,47	7,94	6,65	11,45	7,45	7,96
Substance protéique	10,15	22,08	17,59	14,70	11,42	24,37	19,59	15,81	12,34	28,74	20,57	17,45
Hydrates de carbone.	33,00	38,65	44,68	36,55	29,36	37,63	43,74	33,28	30,41	35,58	42,78	33,12
Total des substances nutritives	100,00	100,00	100,00	100,00	100,08	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Rapport entre les matières protéiques et les hydrates de carbone. Pr. : HC.	43,15	60,73	62,27	51,25	40,78	62,00	63,33	49,09	42,75	64,12	63,35	50,57
	1 : 3,25	1 : 1,75	1 : 2,54	1 : 2,46	1 : 2,57	1 : 1,54	1 : 2,23	1 : 2,10	1 : 2,46	1 : 1,23	1 : 2,08	1 : 1,90

Éléments des cendres. — 100 parties de cendres contenaient :

	Trèfle sans fumure.	Trèfle sur sulfate de ma- gnésie.	Trèfle sur plâtre.
Chlore.	1,93	1,22	1,73
Acide carbonique.	21,43	21,75	19,17
Acide sulfurique	1,33	2,36	3,29
Acide phosphorique	7,97	8,49	8,87
Acide silicique . . .	2,67	2,55	3,08
Potasse	33,58	32,91	35,37
Soude	2,12	3,03	2,73
Chaux .	21,71	20,66	19,17
Magnésie	5,87	5,27	5,47
Oxyde de fer.	0,94	1,22	0,94
Total.	99,55	99,46	99,82

Cendres privées de leur acide carbonique.

	Trèfle sans fumure.	Trèfle sur sulfate de magnésie.	Trèfle sur plâtre.
Chlore.	2,46	1,56	2,14
Acide sulfurique .	1,69	3,02	4,07
Acide phosphorique	10,14	10,85	10,97
Acide silicique	3,40	3,26	3,81
Potasse .	42,73	42,05	43,77
Soude .	2,70	3,87	3,37
Chaux .	27,62	26,40	23,72
Magnésic	7,47	6,74	6,77
Oxyde de fer	1,20	1,56	1,16
Total.	99,41	99,31	99,78

APPENDICE N.

Expériences sur la végétation des pommes de terre (1863) faites par M. le professeur NÆGELI et M. le Dr ZOELLER.

Ces expériences avaient pour but de rechercher comment se comporterait durant sa croissance une plante qui, comme la pomme de terre, exige, pour se développer, des alcalis et des terres alcalines en grande quantité, si on la plaçait dans des sols contenant ces matières nutritives en proportions inégales.

Ces expériences furent organisées au jardin botanique de Munich, absolument de la même manière que les expériences sur les haricots décrites page 117 et suiv., dans trois caisses remplies de tourbe grossièrement moulue et enterrées en plein air. Chaque caisse avait une longueur de 150 centimètres sur une largeur de 50, et 45 centimètres de profondeur, et contenait 720 litres de tourbe pesant 258 kilogrammes. Les caisses II et III avaient été fumées; la troisième I ne contenait que de la tourbe pure. A la tourbe de la caisse II, on avait ajouté 865 gr. de phosphate d'ammoniaque, 585 gr. de sulfate d'ammoniaque et 578 gr. de carbonate d'ammoniaque.

A la tourbe de la caisse III, on avait ajouté : 600 gr. de phosphate de soude, 250 gr. de phosphate de potasse, 790 gr. de carbonate de potasse et 500 gr. de plâtre.

Ces engrais furent mélangés avec la tourbe de la manière la plus soignée et la plus intime, et la proportion en avait été fixée de manière à saturer la tourbe à demi. En procédant ainsi on pouvait être sûr que l'eau d'arrosage ne dissoudrait pas les matières fertilisantes en quantité notable, et ne les entraînerait pas

à une profondeur suffisante pour les mettre hors de l'atteinte des plantes de pommes de terre.

Le 9 mai, on planta dans chaque caisse 9 tubercules à une profondeur de 20 centimètres. Les tubercules avaient à peu près tous le même poids; ils pesaient 36,8 gr. en moyenne, de sorte que les 9 tubercules pesaient 331 gr. La tourbe ne provenait pas de Schleissheim, comme celle qui avait servi aux expériences sur les haricots, mais d'un marais situé sur les hauteurs de Haspelmoor, près de Rosenheim. Des essais de culture qui y avaient été faits, avaient démontré que l'orge y venait parfaitement bien. Chaque grain y poussait 3 ou 4 jets qui portaient des épis pleins et livraient une récolte équivalant à celle d'un très-bon sol à orge. Au surplus, la composition chimique de la cendre de cette tourbe nous explique suffisamment ce résultat (*).

(*) Analyse de la tourbe de Haspelmoor :

400 parties de tourbe séchée à l'air, renfermaient :

Eau	17,26	
Éléments combustibles et volatils	72,15	
Azote		2,46
Cendres	10,59	
	<hr/>	
Total	100,00	

400 parties de cendres se composaient de :

Soude.	0,22
Potasse.	1,04
Magnésie .	0,90
Chaux	10,45
Oxyde de fer } et alumine }	21,23
Chlore.	0,37
Acide phosphorique.	2,07
Acide sulfurique .	1,14
Acide silicique	21,18
Sable, argile, acide carbon. etc.	44,40
	<hr/>
Total	100,00

La tourbe avait donné par l'incinération 10,59 pour cent de cendres, et, par conséquent, chaque caisse renfermait 25,2 kilogrammes d'éléments minéraux.

La tourbe des trois caisses renfermait donc les éléments suivants, exprimés en millièmes :

	Caisse I.	Caisse II. Éléments en plus que caisse I.	Caisse III. Éléments en plus que caisse I.
Acide phosphorique .	2,20	1,96	93
Potasse .	1,10	—	2,83
Soude .	0,23	—	0,44
Chaux .	11,08	—	0,63
Chlore.	0,39	—	—
Acide silicique	22,45	—	—
Acide sulfurique	1 21	0,98	0,98
Magnésie	0,95	—	—
Oxyde de fer et alumine.	26 40	—	—
Azote	24,60	—	—
Ammoniaque .	—	1,83	—

Le développement des plantes de pommes de terre fut très-inégal dans les trois caisses.

Dans la caisse contenant la tourbe crue et dans la caisse III, qui n'avait pas reçu d'ammoniaque, les germes apparurent le 10 juin ; dans la caisse-II, ils ne se montrèrent que 5 jours plus tard.

Dans la caisse III, la végétation dépassa rapidement celle des deux autres caisses. Au commencement de juillet, les plantes de la caisse III, comparées aux autres, offraient une force et une hauteur à peu près doubles. Vers la fin de la végétation, les

pommes de terre de la caisse II, fumées avec l'ammoniaque, offraient une fane tout aussi opulente que celles de la caisse III. Dans cette dernière caisse, les feuilles et les tiges offraient une teinte plus claire, d'un vert plus jaunâtre que dans les deux autres.

Le 5 juillet, les plantes furent buttées; le 9 août, les boutons à fleurs se montrèrent sur les plantes de la caisse II, et, quatre jours plus tard, sur celles de la caisse III.

Vers la fin de septembre, les tiges commencèrent à se flétrir, et, le 3 octobre, on procéda à l'arrachage. Le pesage des tubercules et des fanes donna les résultats suivants :

TUBERCULES.

	Caisse I. Tourbe pure.	Caisse II. Tourbe avec am. (V. plus haut.)	Caisse III. Tourbe sans amm. (V plus haut.)
En grammes.	2520	3062	7201 gram.
Rapport	100 :	121 :	285
Poids des tubercules de semence = 1	7,6	9,7	21,7

FANES.

	Caisse I.	Caisse II.	Caisse III.
En grammes.	1837	3535	2870 gramm.
Rapport .	100 :	192 :	156

Rapportée à l'hectare, la récolte des tubercules s'élèverait :

	Caisse I.	Caisse II.	Caisse III.
à.	14000	17011	40006 kilogr.

La terre contenue dans la caisse III offrait donc une composition extrêmement avantageuse, car elle a donné un produit

supérieur à celui que l'on recueille sur les meilleurs sols dont, rarement, le maximum de rendement dépasse 22500 kilogr. de tubereules.

En réduisant les rendements en tubereules et en fanes à l'état sec, les rapports se modifient légèrement. D'après la détermination de l'eau que contenaient la fane et les tubereules, on a récolté :

FANES.		TUBERCULES.	
	Substance sèche.	Eau.	
I.	462,36	1374,64 ; gr.	386,27
II.	716,22	2818,78 ;	696,3
III.	672,85	2197,15 ;	1427,24
			5773,76
	Sur cent parties.		Sur cent parties.
I.	25,17	74,83 ; »	15,34
II.	20,53	79,42 ; »	22,74
III.	25,45	76,55 ;	19,82
			84,66 »
			77,26 »
			80,18 »

On pourrait tirer une loi simple des chiffres qui expriment les quantités d'eau et de substance sèche contenues dans les feuilles et les tubereules, mais elle ne peut être sanctionnée que par des expériences ultérieures. Dans les expériences ci-dessus, ces substances se sont présentées dans un rapport inverse. A la fane riche en substance sèche des caisses I et III, correspondaient des tubereules très-aqueux; et les plantes de la caisse II, dont la fane était plus riche en eau, ont donné des tubereules plus riches en substance végétale.

Nous avons déjà fait observer que notre tourbe non fumée représente un bon sol à orge (au moins pour une récolte), et le mode de croissance des pommes de terre ainsi que la récolte de tubereules, prouvent qu'elle est également très-profitable à cette plante, puisqu'elle a fourni un produit qui équivaut aux deux tiers de ce que l'on obtient dans la culture ordinaire d'un sol de la meilleure qualité.

Ces faits démontrent donc que cette tourbe contenait les éléments nutritifs nécessaires à l'orge et à la pomme de terre en quantité suffisante et dans un état de diffusion qui a permis à la céréale de prendre son complet développement, et à la solanée de fournir un rendement moyen. Toutefois, les éléments nutritifs absorbés par ces plantes ne se trouvaient pas uniformément mais irrégulièrement répartis dans la tourbe, et l'on peut ainsi s'expliquer l'influence exercée par l'ammoniaque, l'acide sulfurique et l'acide phosphorique ajoutés à la tourbe de la caisse II, sur l'accroissement du rendement en tubercules et en fanes.

Pour apprécier cette influence, il faut prendre comme terme de comparaison une terre arable ordinaire, où les éléments nutritifs sont toujours inégalement répartis. Dans une pareille terre, les particules d'acide phosphorique, de potasse, de chaux, de magnésic, de silice, etc., sont distribuées de telle façon qu'en certains endroits les fibres radiculaires trouvent, dans la proportion exigée par la plante, tous les éléments qui leur sont nécessaires; tandis qu'en beaucoup d'autres points, les matières nutritives ne sont pas convenablement associées. C'est ainsi qu'à certaines places, le phosphate de chaux n'est pas accompagné de potasse, de magnésic et de silice, et qu'ailleurs, où l'acide phosphorique manque, on trouve des alcalis, des terres alcalines et de la silice. On conçoit que dans une pareille terre, des engrais de nature tout à fait différente puissent cependant provoquer un accroissement dans les produits.

Si, par exemple, on applique à un semblable sol des cendres de bois, il est des places qui se trouveront pourvues d'un excès de potasse, et celle-ci ne produira pas d'effet, tandis que sur d'autres points elle pourvoira à une insuffisance réelle, et, en s'unissant à l'acide phosphorique et à d'autres éléments qui s'y trouvent, et qui, sans son aide, fussent restés inactifs. Elle les rendra efficaces; il en résultera une augmentation de produits. On

peut en dire autant des phosphates. Partout où l'acide phosphorique existe en quantité suffisante, ils ne produiront aucun effet, mais dans tous les endroits où les autres éléments ne sont pas associés à l'acide phosphorique, celui-ci les mettra en activité, de sorte que l'application des phosphates aura également pour résultat un accroissement des récoltes.

Si, dans un sol parfaitement homogène, qui, du reste, ne se rencontre pas dans la nature, l'emploi de l'acide phosphorique augmente les produits, l'application des alcalis et des terres alcalines ne saurait produire le même résultat. En effet, l'efficacité de l'acide phosphorique doit être attribuée à la présence d'un excès des autres éléments dans les différentes parties du sol, excès auquel l'acide phosphorique a communiqué l'activité. Dans une semblable terre, l'application des éléments inefficaces ne saurait avoir pour conséquence un accroissement dans les rendements.

Le sol tourbeux de chaque caisse contient 277 grammes de potasse, et sur une surface égale à celle de nos caisses, 4,8 mètres carrés, une pleine récolte d'orge aurait enlevé 9 grammes de potasse (donc $\frac{1}{30}$). Cette quantité suffirait à peu près pour fournir l'alcali nécessaire aux deux tiers d'une pleine récolte de pommes de terre, fanes et tubercules, sur la même étendue. La potasse se trouvait dans la tourbe en quantité moitié moindre que l'acide phosphorique, mais celui-ci y était inégalement réparti, car son accroissement a fourni un rendement en tubercules supérieur de 21 pour cent à celui obtenu dans la tourbe pure, et un rendement en fanes supérieur de 92 pour cent.

Notre tourbe contenait dix fois autant de chaux et presque autant de magnésie que de potasse. La fane des pommes de terre est riche en chaux et en magnésie et pauvre en potasse, car 100 grammes de ses cendres ne renferment que 60 grammes de terres alcalines et 4 grammes de potasse. Les tubercules, au

contraire, sont riches en potasse et pauvres en terres alcalines ; leurs cendres renferment près de 86 pour cent d'alcalis et de sels alcalins solubles, et 14 pour cent seulement de terres alcalines.

Les pommes de terre obtenues dans la tourbe pure, offraient le rapport suivant entre le poids des tubercules et celui des fanes :

	Tubercules.	Fanes.
Caisse I. (tourbe pure)	10	7,2
Et dans la caisse II. (sels ammoniacaux et acide phosphorique).	10	41.

Dans la caisse II, on récolta 542 grammes de tubercules et 1,698 grammes de fanes *de plus* que dans la tourbe pure. Dans ce surcroît, le rapport était donc comme :

Tubercules.	Fanes.
10	31.

La fumure au moyen de l'acide phosphorique et des sels ammoniacaux, avait indubitablement communiqué de l'efficacité à certaines quantités de chaux, de magnésie et de potasse, qui étaient inactives auparavant ; mais le manque de potasse s'opposa au développement uniforme des tubercules, et l'excès de chaux et de magnésie favorisa la formation des fanes. Ainsi s'explique l'énorme augmentation des fanes et le faible accroissement des tubercules sous l'influence de la fumure. Mais la végétation de la pomme de terre marcha tout différemment dans la caisse III, où la tourbe avait reçu des alcalis, de la chaux et de l'acide phosphorique, et où l'on avait par conséquent augmenté la quantité de potasse et complètement exclu l'ammoniaque. Bien que la tourbe n'eût reçu que la moitié de l'acide phosphorique ajouté à la caisse II, l'addition de potasse dont la quantité ne constituait que $\frac{3}{10}$ pour cent de la masse du sol, détermina cependant un

tout autre rapport entre le rendement des tubereules et celui des fanes.

Ensoustrayant de la récolte de la caisse III, celle obtenue dans la tourbe pure, le surcroît en faveur de la première est de 1058 grammes de fanes et de 4681 grammes de tubercules. Le rapport entre les tubercules et les fanes a conséquemment été :

	Tubercules.	:	Fanes.
Dans toute la récolte	10	:	4
Dans le surcroît.	10	:	2.

Ces résultats, ainsi que les expériences sur les haricots rapportées plus haut, me paraissent très-propres à nous renseigner sur le mode de végétation de nos plantes cultivées, sur leur développement uniforme ou irrégulier, et à nous frayer le chemin qui nous mènera dans l'avenir à une intelligence plus parfaite de ces plénomènes.

Toutes les expériences instituées jusqu'ici pour rechercher l'action des divers éléments nutritifs, ont généralement donné fort peu de résultats, par la raison que l'on opérait sur des sols d'une composition inconnue et, que, de cette manière, il était difficile et souvent impossible d'apprécier la part qu'avaient prise au résultat les éléments nutritifs qui se trouvaient antérieurement dans le sol.

Pour parvenir à reconnaître exactement l'influence exercée par l'augmentation ou la diminution, l'insuffisance ou l'excès des divers principes nutritifs contenus dans le sol, sur les rendements en général, ainsi que sur l'impulsion qui dirige l'activité vitale vers la production de la paille et du grain, des feuilles, des racines et des tubereules, je pense qu'il faut faire des expériences au moyen de différentes plantes cultivées dans *des terres d'une composition connue*. On comprend que si cette influence était parfaitement bien déterminée, le cultivateur pourrait, à l'aide du ren-

dement de ses terres et de la proportion observée entre le grain et la paille, ou entre les fanes et les racines, apprécier la constitution du sol d'une manière beaucoup plus précise qu'il n'a pu le faire jusqu'aujourd'hui, et il lui serait, en même temps, beaucoup plus facile de choisir les engrais convenables pour accroître les rendements dans le sens qui lui paraîtrait le plus favorable.

Les résultats acquis établissent, à mon avis, que, dans le cas où la terre est pourvue d'azote d'une façon ordinaire, on peut, sans aucun préjudice pour la récolte, exclure totalement l'ammoniac de l'engrais destiné aux pommes de terre; et que l'addition des phosphates dans un sol riche en chaux, de même que celle des cendres dans une terre pauvre en potasse mais suffisamment pourvue d'acide phosphorique, sont des conditions indispensables pour accroître le rendement en tubercules.

Il est vrai que, dans ce cas, la théorie suppose que toutes les conditions sont remplies, et ces expériences n'étaient pas nécessaires pour établir ce principe : Que pour obtenir un maximum de rendement en pommes de terre, tous les éléments nutritifs de cette plante doivent se trouver dans le sol en quantité et en proportion convenables; ce qui constitue leur valeur, c'est qu'elles nous donnent une idée exacte de l'influence plus ou moins puissante que le manque ou la surabondance d'un principe est capable d'exercer sur la direction du travail organique. Elles démontrent, en outre, et c'est ce que la théorie n'avait pas prévu, que l'on peut, dans les circonstances les plus favorables, obtenir des rendements de pommes de terre supérieurs à ceux que l'on a obtenus jusqu'à ce jour dans les meilleures terres, et cela sans faire usage d'ammoniac, l'élément principal du fumier animal.

Mais ce que ces expériences ont indubitablement présenté de plus remarquable, c'est que six semaines après la récolte, on s'aperçut que les tubercules provenant de la tourbe pure de la caisse I et de celle qui avait reçu de l'acide phosphorique et des

sels ammoniacaux de la caisse II, furent atteintes de la maladie des pommes de terre, tandis que ceux provenant de la caisse III n'en présentèrent pas de trace. C'est là bien certainement une observation qui est de nature à jeter le plus grand jour sur les causes de la maladie des pommes de terre. Dans ces expériences, toutes les circonstances extérieures qui ont agi sur les plantes ont été parfaitement identiques ; il n'y a eu de différence que dans la composition du sol, dans sa richesse en éléments nutritifs. Les conditions qui favorisèrent la croissance normale et qui augmentèrent le rendement, furent aussi celles qui préservèrent la plante de la maladie.

FIN

TABLE ANALYTIQUE
DES
MATIÈRES DU SECOND VOLUME.

I. — La plante.

(Page 5.)

Conditions chimiques et physiques de la vie de la plante. — Le premier développement de la plante se fait aux dépens de la nourriture de réserve. — Conditions du développement de l'embryon; humidité et oxygène; effets de ces agents sur les phénomènes de la germination. — Qualité de la semence; son influence sur le développement des organes d'absorption et sur la production de variétés; influence du sol et du climat sous ce rapport. — Développement de la racine; sa connaissance importante pour la culture; enracinement des diverses plantes. — Comparaison du travail vital dans les plantes annuelles, bisannuelles et vivaces. — Croissance de la plante d'asperge comme exemple d'une plante vivace; accumulation de nourriture de réserve dans les organes

souterrains; emploi de celle-ci; herbes des prairies, essences ligneuses. — Croissance des plantes bisannuelles; la plante de turneps; expériences d'Anderson. — Croissance des plantes annuelles; plantes d'été; le tabac; le blé d'hiver: analogie de son développement avec celui des plantes bisannuelles; l'avoine, recherches d'Arendt; expérience de Knop sur une plante de maïs en fleur. — Le protoplasma (formateur du tissu cellulaire); conditions de sa production; expériences de Boussingault; le travail organique de la plante a pour but la formation du protoplasma. L'absorption des principes nutritifs par les plantes n'est pas un simple phénomène d'osmose; les plantes marines; les lentilles d'eau; les plantes terrestres; les expériences de Hales sur l'évaporation par les feuilles et l'absorption par les racines. — La faculté de la plante d'éviter l'absorption de certaines matières n'est pas absolue; Forehammer, Knop. — Action des racines des plantes terrestres et aquatiques sur les solutions salines; de Saussure, Schlossberger; action des plantes terrestres sur des solutions salines dans le sol. — Rôle des éléments minéraux qui se rencontrent constamment dans la même espèce végétale; fer, manganèse, iode et combinaisons de chlore. — Absorption par la plante des matériaux qui se trouvent dans le milieu ambiant; influence des besoins intérieurs de la plante; action de la racine dans ce but.

II. — Le sol.

(Pages 71.)

Le sol renferme les aliments des plantes. — Sol inerte (sous-sol) et sol cultivé (couche arable); transformation du sous-sol en couche arable. — Pouvoir de la couche arable de soutenir à l'eau pure ou chargée d'acide carbonique les éléments nutritifs des plantes (pouvoir d'absorption); pouvoir semblable du charbon; ce phénomène est un acte d'attraction de surface; dans l'attraction des éléments nutritifs il s'opère fréquemment encore dans le sol une décomposition chimique; ana-

logie de la couche arable dans ses effets généraux avec le charbon d'os. — Toutes les terres arables sont douées du pouvoir absorbant, mais à des degrés différents. — Mode de diffusion des éléments nutritifs dans le sol ; leur combinaison physique et chimique. — Seuls, les éléments nutritifs liés physiquement sont susceptibles d'être directement absorbés par les plantes ; ils sont rendus solubles par la racine des plantes. — Faculté nutritive du sol ; d'où elle dépend. — Ce qui se passe dans un sol épuisé, pendant la jachère. — Comment les éléments nutritifs liés chimiquement dans le sol acquièrent la forme qui les rend susceptibles d'être absorbés. — Influence de l'atmosphère et du climat, des matières organiques en décomposition, des agents chimiques. — Diffusion de l'acide phosphorique, de la silice ; part que prennent à ce phénomène les matières organiques. — Action de la chaux. — Absorption des matières nutritives dans le sol par les extrémités radiculaires ; comment elle s'opère. — Façons mécaniques du sol ; leur effet sur la croissance des plantes ; action mécanique exercée par des agents chimiques. — Succession des cultures ; son influence sur la nature du sol ; effets du drainage. — Les plantes ne prennent pas leur nourriture dans une solution qui circule dans le sol ; analyse des eaux de drainage, de lysimètres, de sources et de rivières ; eau de marais, sa contenance en éléments organiques ; l'eau de source de Brückenau renferme des acides gras volatils. — Les éléments nutritifs que contiennent les eaux naturelles varient d'après la nature des sols qu'elles traversent. — Limon et boue de marécage comme engrais ; explication de leurs effets. — Procédés au moyen desquels les plantes puisent leur nourriture dans le sol ; expériences de végétation avec des plantes dans des dissolutions aqueuses de leurs éléments nutritifs ; les mêmes expériences dans des sols qui renfermaient les éléments nutritifs des plantes à l'état de combinaison physique. — Connexité des lois naturelles. — Rendement moyen ; quantité d'éléments nutritifs assimilables que le sol doit contenir pour produire un rendement moyen ; importance de la surface qu'occupent les éléments nutritifs dans le sol ; influence de la surface des racines. — Quantité de principes nutritifs nécessaires à une surface dé-

terminée de racine pour produire une récolte de froment ou de seigle. — Différence entre la fertilité et la puissance productive d'un sol. — Surface de la racine; moyen de l'estimer. — Conversion du sol à seigle en sol à froment. — Quantité d'éléments nutritifs nécessaires à cette fin; un tel projet n'est pas exécutable en pratique. — L'immobilité des principes nutritifs dans le sol et les expériences agricoles. — Rendement maximum réel et idéal d'un champ. — Mise en activité des principes nutritifs combinés chimiquement. — L'efficacité d'un engrais appliqué sur un sol dépend de la composition de celui-ci. — Proportion impropre des éléments nutritifs dans le sol; son action sur les diverses cultures; moyen de rétablir la proportion exacte.

III. — Action du sol sur les matières nutritives contenues dans les engrais.

(Page 143)

Engrais; définition; leurs effets sur les plantes comme principes nutritifs et comme améliorateurs du sol. — Effets des engrais dans des sols dont le pouvoir d'absorption est différent. — Chaque sol arable possède un pouvoir d'absorption particulier; la diffusion des principes nutritifs est en rapport inverse du pouvoir d'absorption; moyens de diminuer ce dernier. — Chiffres d'absorption, définition; inégaux dans différentes terres; leur connaissance est importante en agriculture. — Terre saturée de principes nutritifs; action de l'eau sur elle. — Quantité d'éléments nutritifs nécessaire pour saturer une terre. — Les plantes n'exigent pas pour leur croissance une terre saturée. — Comment le cultivateur procède quand il fume ses terres; il fume pour ainsi dire avec de la terre saturée. — Importance d'une répartition uniforme des éléments nutritifs dans un engrais; fumier d'étable frais ou décomposé, compost; importance du menu de tourbe dans la préparation des engrais. — Quantité d'éléments nutritifs contenus dans des terres non fumées et leur puissance productive; l'application d'en-

grais produit un accroissement de rendement en apparence disproportionné; expériences qui s'y rapportent; explication; composition du sol et son pouvoir d'absorption en présence des besoins des plantes qu'on veut y cultiver; la couche arable et le sous-sol; manière de travailler et de fumer le sol en conséquence. — Le sol épuisé pour le trèfle; expériences de Lawes et de Gilbert; leurs conclusions: ce qu'elles valent.

IV. — Le fumier d'étable.

(Page 179)

La fertilité des champs dépend de la somme de principes nutritifs qui s'y trouvent à l'état assimilable, mais sa durée dépend de la somme de tous ceux dont la terre est pourvue. — Épuisement du sol au point de vue chimique et agricole. — Épuisement du sol par la culture; son cours normal; modifications dans son cours, quand certains principes combinés chimiquement changent de forme et passent à l'état de combinaison physique; modifications par restitution partielle des principes nutritifs enlevés. — Marche de l'épuisement dans divers procédés de culture. — Culture des céréales; récolte du grain, en abandonnant la paille au champ; conséquences; intercalation des cultures de trèfle et de pommes de terre; effets de la restitution partielle ou totale des éléments de la récolte de trèfle ou de pommes de terre. — Division des champs; accumulation dans le champ de froment des éléments obtenus dans le champ de trèfle et de pommes de terre; la fertilité en est accrue. — La culture des plantes fourragères tire en partie ses principes nutritifs du sous-sol; revenant aux champs, la conséquence en est un accroissement de puissance productive de la couche arable. — Connexité normale entre la culture des céréales et celle des plantes fourragères; son influence sur la fertilité des champs. — L'épuisement du sol cesse par la restitution des éléments du sol qui lui ont été enlevés; les excréments des hommes et des animaux les renferment; c'est pourquoi le cultivateur les applique à ses champs.

V. — Le système de culture basé sur la production du fumier.

(Page 203.)

Questions à résoudre. — Les expériences de Reuning; leur importance. — Rendements des terres non fumées. — Influence sur le rendement de la culture précédente; de l'emplacement du champ et des conditions climatiques. — Tout champ possède une puissance productive propre. — Rendements élevés; ce qui les détermine; combien ils durent. — Densité des éléments nutritifs, ce que l'on entend par là. — La densité des éléments nutritifs contenus dans le sol est en rapport avec le rendement; elle est très-faible dans un sol épuisé. — Rendements des champs en grains et en paille; influence qu'exercent sur la prédominance de l'un ou de l'autre, d'une part, la proportion de la nourriture assimilable contenue dans le sol; d'autre part, les conditions extérieures qui agissent sur la croissance de la plante. — Addition d'éléments nutritifs; ses effets. — Rendements des champs saxons en pommes de terre, avoine et trèfle; déductions qu'on peut en tirer relativement à la nature de ces champs. — Rendements des champs fumés avec le fumier d'étable. Excédants sur les rendements des champs non fumés; on ne peut pas les prévoir d'après la quantité de fumier d'étable appliquée. — Rétablissement de la puissance productive de champs épuisés, par l'augmentation du principe nutritif qui se trouve en minimum dans le sol; avantage du fumier d'étable sous ce rapport; explication des résultats. — L'effet d'un engrais sur une terre n'augmente plus au delà d'une certaine limite; expériences. — Les quantités de fumier d'étable que l'on obtient dans la pratique et que l'on applique aux terres; de quoi elles dépendent. — Système économique, rationnel. — Profondeur à laquelle pénètrent les aliments des plantes; elle dépend du pouvoir d'absorption du sol; les champs saxons sous ce rapport; nécessité de tenir compte du pouvoir d'absorption dans la fumure. — Modifications que subit le sol dans sa composition par l'emploi continu du fumier d'étable; les diverses périodes de ce système; sa fin. — Exemple: les champs ayant servi aux

expériences saxonnes présentent les divers états où ils sont arrivés par suite du système de culture basé sur la production du fumier d'étable. — Invasion des mauvaises herbes sur un champ; causes; remèdes. — Ce que l'histoire de l'agriculture enseigne. — Période dans laquelle se trouve celle d'Europe. — Rendements actuels des champs; comparaison avec ceux d'autrefois; conclusions. — La durée des rendements est dominée par une loi naturelle. — Loi de la restitution; infractions constatées. — Agriculture du temps de Charlemagne. — Culture du blé dans le Palatinat rhénan. — Champs de blé dans la vallée du Nil et dans le bassin du Gange; la nature veille à la restitution. — L'agriculture pratique et la loi de la restitution. — Les relevés statistiques concernant les rendements moyens nous renseignent sur l'état des champs de céréales.

VI. — Guano.

(Page 277.)

Composition; celle-ci comparée à la composition des cendres de semences; sa pauvreté en potasse; son action. — Guano et poudre d'os; analogie de leurs éléments efficaces. — Le guano agit plus rapidement que la poudre d'os, ou que la poudre d'os associée à des sels ammoniacaux; cause. — Acide oxalique contenu dans le guano; il a pour effet de rendre l'acide phosphorique du guano soluble. — Guano du Pérou; résultats de son emploi dans la culture des céréales. — Le guano humide subit une perte en ammoniaque. — Humectation du guano avec de l'eau renfermant de l'acide sulfurique; ses effets. — Inefficacité du guano par un temps sec, ainsi que par un temps très-humide. — Rapidité de l'action de l'engrais; d'où dépend cette action. — Guano et fumier d'étable; comparaison de leur efficacité; effet qu'ils exercent quand ils sont associés en certaines proportions. — Fumure de guano sur un sol riche en ammoniaque. — L'accroissement des rendements par le guano; conditions exigées. — Epuisement des champs par l'emploi continu du guano. — Mélange de guano et de plâtre

avec de l'acide sulfurique. — Les expériences saxonnes; résultats obtenus sur les champs fumés avec le guano.

VII. — Poudrette. Excréments humains.

(Page 293.)

Poudrette; ce qu'on entend par là; elle contient, relativement à son poids, une faible quantité d'éléments nutritifs pour les plantes. — Excréments humains; leur valeur. — Disposition des latrines dans la caserne de Rastatt; quantité recueillie; importance pour les champs des environs. — La désinfection par le vitriol de fer ne nuit pas à l'effet des excréments. — Les excréments des villes et des campagnes.

VIII. — Phosphates terreux.

(Page 299.)

La grande valeur des phosphates pour l'agriculture. — Les phosphates du commerce; comment le cultivateur doit les choisir selon le but à atteindre et la nature de son sol. — La rapidité et la durée d'action des phosphates neutres et des superphosphates. — Résultats obtenus par les phosphates dans les expériences saxonnes.

IX. — Poudre de tourteaux de colza.

(Page 305.)

Ce qu'on entend par là; composition; elle possède une diffusibilité relativement assez grande dans le sol. — Son importance comme engrais est insignifiante. — Expériences saxonnes avec la poudre de tourteaux; conclusions.

X. — Cendres de bois.

(Page 311.)

Éléments nutritifs qu'elles contiennent. — La cendre de bois de hêtre n'abandonne facilement à l'eau que la moitié de sa potasse. — Mélange de la cendre avec de la terre; avantages de cette pratique. — Cendre lessivée; sa valeur. — Comment on pratique la fumure au moyen des cendres.

XI. — Ammoniaque et acide azotique.

(Page 313.)

Sources où les plantes puisent leur nourriture azotée. — L'ammoniaque et l'acide azotique contenus dans les précipités atmosphériques; Bineau, Boussingault, Knop. — Ammoniaque contenue dans l'air. — Nourriture azotée; quantité que les précipités atmosphériques fournissent au sol dans le courant d'une année; celui-ci en reçoit plus qu'il n'en perd par les récoltes. — Causes ordinaires de la diminution de la puissance productive d'un champ. — Classement des engrais d'après leur teneur en azote; azote de digestion facile et de digestion difficile; la théorie azotiste: l'azote seul manque au sol; son analogie avec la théorie de l'humus. — Expériences de fumure avec des composés ammoniacaux, de Schattenmann, de Lawes et de Gilbert; de l'association agricole à Munich; de Kuhlmann. — L'effet des engrais n'est pas en rapport avec l'azote qu'ils contiennent. — La fertilité des champs est indépendante de leur teneur en azote; expériences. — Richesse du sol arable en azote; recherches de Schmid et d'Isidore Pierre; la couche arable est le plus riche en azote. — Forme sous laquelle l'azote se trouve dans le sol; expériences de Mayer. — Action des alcalis sur le sol et sur le fumier d'étable. — L'azote contenu dans le sol sous une forme en apparence inactive acquiert de l'efficacité quand on ajoute au sol les éléments miné-

raux qui lui manquaient. — Le progrès agricole est impossible, si la fertilité des champs dépend de la fumure artificielle avec des composés ammoniacaux; résultats obtenus par Lawes au moyen de cette fumure. — La fertilité des champs sous la dépendance de la fumure ammoniacale artificielle, en présence des équivalents de blé qu'on en obtient et de l'accroissement des populations. — Voie naturelle d'augmentation de la nourriture azotée des plantes; production d'azotite d'ammoniac que dans les oxydations qui se font à l'air, d'après Schönbein. Excédant de principes nutritifs qu'il faut aux champs pour venir fertiles pour les céréales. — Comment le cultivateur peut couvrir cet excédant nécessaire aux céréales au moyen des substances naturelles. — Dans les expériences saxonnnes, l'apport d'azote par le fumier d'étable était en rapport avec les rendements du trèfle. — Perte en nourriture azotée que le sol calcaire éprouve par la putréfaction; utilité de l'application d'ammoniac sur de pareils terrains. — Influence de la nourriture azotée sur l'aspect des jeunes plantes; sur les plantes de pommes de terre. — Pratique empirique et rationnelle.

XII. — Sel de cuisine. Azotate de soude. Sels ammoniacaux. Plâtre. Chaux.

(Page 363.)

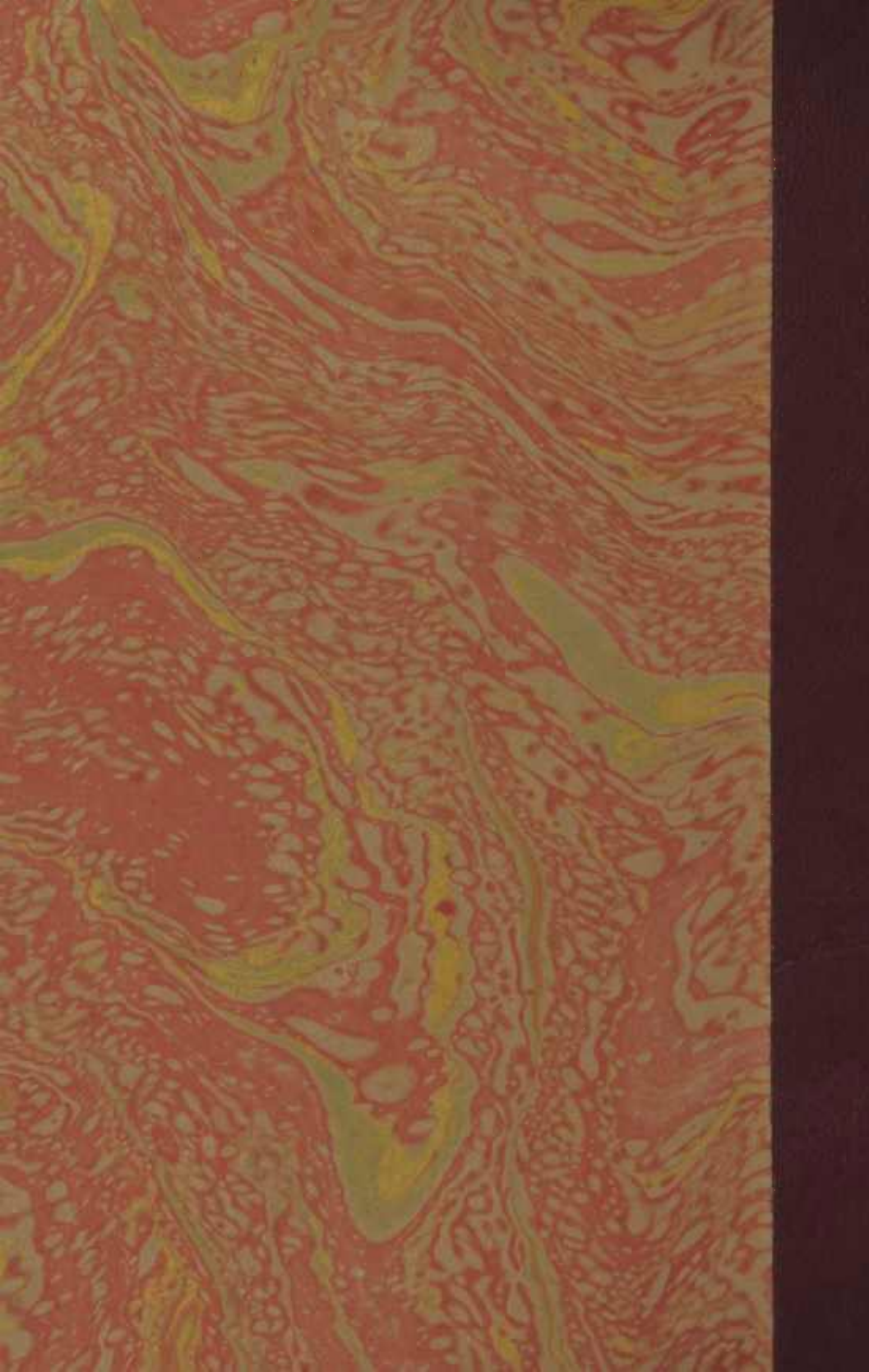
Effet de ces substances comme principes nutritifs; leur influence sur la nature du sol. — Expériences de Kuhlmann avec le sel de cuisine, l'azotate de soude et les sels ammoniacaux; expériences de fumure avec ces mêmes substances en Bavière; conclusions; ces sels sont des aliments; ils modifient le sol chimiquement; ils effectuent la diffusion des principes nutritifs dans le sol, et communiquent à ceux-ci une forme qui les rend assimilables par les plantes. — Expériences de fumure du trèfle avec du plâtre et du sulfate de magnésie, d'après Pincus; diminution des fleurs, et augmentation des tiges et des feuilles des plantes de trèfle par l'emploi des sulfates; les rendements ne sont pas en rapport avec les doses d'acide sulfurique employées. — La cause de l'effet du plâtre n'est pas encore démontrée; on pourra peut-

être arriver à la reconnaître par l'étude de l'action de l'eau de plâtre sur de la terre provenant du champ qui porte le trèfle; l'eau de plâtre opère la diffusion de la potasse et de la magnésie dans le sol.— L'efficacité des engrais ne s'explique pas par la composition des plantes qui se sont développées sous leur action. — Composition de la cendre du trèfle fumé avec les différents engrais. — Effet de la chaux; expériences de Kuhlmann et de Traeger; action de l'eau de chaux sur de la terre
le.

Appendices.

(Page 383.)

Feuilles de hêtre et plante d'asperge; la composition de leurs cendres à différentes époques de leur croissance, page.	385
La matière amyloïde contenue dans les troncs de palmier. page	388
Mécanisme de la circulation dans les végétaux, page.	390
Analyse d'eaux de drainage de lysinières, de rivière et de marais, page.	398
La <i>fontinalis antipyretica</i> de deux rivières différentes, composition des cendres, page.	409
Expériences sur la végétation de la plante de maïs dans les dissolutions aqueuses de ses principes nutritifs, page.	410
Expériences sur l'absorption des terres, page	450
Expériences sur la végétation des haricots dans de la tourbe pure et préparée, page.	452
L'agriculture du Japon, page	455
Documents de la Chine, page	455
Causes de l'épuisement du sol d'après Herrera, page.	454
Les champs cultivés des zones tropicales; leur épuisement; leur fumure, page	455
Sur la récolte de l'année 1862 et sur sa signification, page.	459
De l'état des terres dans l'Italie du Nord.	» 462
Analyses de trèfle, par Pincus, page	464
Expériences sur la végétation des pommes de terre, par Nägeli et Zöeller, page.	466



ORIENTAÇÕES PARA O USO

Esta é uma cópia digital de um documento (ou parte dele) que pertence a um dos acervos que fazem parte da Biblioteca Digital de Obras Raras e Especiais da USP. Trata-se de uma referência a um documento original. Neste sentido, procuramos manter a integridade e a autenticidade da fonte, não realizando alterações no ambiente digital – com exceção de ajustes de cor, contraste e definição.

1. Você apenas deve utilizar esta obra para fins não comerciais. Os livros, textos e imagens que publicamos na Biblioteca Digital de Obras Raras e Especiais da USP são de domínio público, no entanto, é proibido o uso comercial das nossas imagens.

2. Atribuição. Quando utilizar este documento em outro contexto, você deve dar crédito ao autor (ou autores), à Biblioteca Digital de Obras Raras e Especiais da USP e ao acervo original, da forma como aparece na ficha catalográfica (metadados) do repositório digital. Pedimos que você não republique este conteúdo na rede mundial de computadores (internet) sem a nossa expressa autorização.

3. Direitos do autor. No Brasil, os direitos do autor são regulados pela Lei n.º 9.610, de 19 de Fevereiro de 1998. Os direitos do autor estão também respaldados na Convenção de Berna, de 1971. Sabemos das dificuldades existentes para a verificação se uma obra realmente encontra-se em domínio público. Neste sentido, se você acreditar que algum documento publicado na Biblioteca Digital de Obras Raras e Especiais da USP esteja violando direitos autorais de tradução, versão, exibição, reprodução ou quaisquer outros, solicitamos que nos informe imediatamente (dtsibi@usp.br).