

On a prétendu, à une certaine époque, que c'était pour assurer au froment la quantité considérable de phosphates qu'il exige, qu'on faisait précéder sa culture par celle de racines ou de tubercules, par des légumineux, plantes que l'on supposait renfermer une bien moins forte proportion de ces sels. On peut se convaincre, en consultant le tableau des substances minérales enlevées au sol que cette raison n'était aucunement fondée. Par exemple, les fèves et les haricots demandent 22 et 15 kil. d'acide phosphorique à un hectare de terre; la pomme de terre et la betterave prennent à la même surface environ 12 à 14 kil. du même acide, précisément ce qui se trouve dans une récolte de froment. Le trèfle est tout aussi riche en phosphates que les gerbes de la céréale à laquelle il succède; et cette dose élevée d'acide phosphorique, emprunté au sol, ne diminue en rien la dose non moins forte qui entrera dans le froment venant après la prairie artificielle. Au reste, on comprend très-bien que si la terre renferme au delà de la quantité de substances minérales nécessaire à la totalité des cultures de la rotation, il devient indifférent que les récoltes puisent dans le sol, selon tel ou tel ordre; et c'est évidemment par des raisons toutes différentes que ces cultures se succèdent d'après les règles généralement adoptées. Il convient, par exemple, d'ouvrir une rotation par une plante sarclée que l'on sème au printemps, et qui suit par conséquent, dans notre assolement, l'avoine de la rotation précédente; c'est déjà un avantage que de pouvoir

accumuler et transporter les fumiers durant l'hiver. D'ailleurs, l'ordre est tout à fait à la convenance du cultivateur, et il y a des localités où, pour des raisons particulières, les récoltes se succèdent d'un tout autre mode. Une partie des produits récoltés retourne, comme nous l'avons vu, au fumier, après avoir servi à l'alimentation des animaux annexés à la ferme. Les matières inorganiques de cette réserve de la récolte seront donc restituées à la terre d'où elles sont sorties, déduction faite de la fraction assimilée dans l'organisme du bétail. Enfin, la totalité du froment et une certaine quantité de chair seront exportés, et, avec ces produits marchands, une dose assez forte de matières inorganiques sortira de l'établissement. Ainsi, dans l'assolement de cinq ans, que j'ai décrit, le minimum d'exportation des substances salines enlevées à un hectare de terrain, est représenté par 30 kil. d'acide phosphorique et par 40 à 50 kil. d'alcali : c'est autant de perdu pour les fumiers; et comme, en définitive, on retrouve à la fin de la rotation une quantité égale et à peu près semblable à celle dont on disposait au commencement, il faut bien que les pertes en substances minérales soient comblées par une provenance du dehors, si le sol n'est pas fourni naturellement de ces matières.

Dès mes premières recherches sur les assolements (1), j'ai rappelé que dans la culture des produits exportables, il devient indispensable de tenir

(1) Mémoire communiqué à l'Académie, en 1838.

mètre d'épaisseur en pèsera 200. Si, maintenant, l'analyse a indiqué dans la terre 0,0005 d'acide phosphorique, on aura pour l'acide contenu dans un hectare, 2,000 kilog., 3,000 kilog., 4,000 kilog., 5,000 kilog., selon qu'on prendra pour épaisseur de la tranche 2, 3, 4 ou 5 décimètres. Il est d'ailleurs impossible d'assigner la limite de la profondeur à laquelle s'arrêtent les racines; en outre, comme les principes actifs du sol ne pénètrent dans la plante qu'alors qu'ils sont dissous, on conçoit que, dans un terrain imbibé d'humidité, ils doivent arriver de points fort distants, par l'effet de la diffusion qui a lieu au sein des liquides. Il est encore une raison pour ne pas attacher trop d'importance à la connaissance de ces principes: c'est qu'elle n'implique pas leur aptitude à l'assimilation. J'ai déjà fait remarquer que l'on commettait une erreur grave, en calculant par un dosage d'azote, le nombre de kilogrammes d'ammoniaque contenus dans un champ. On ferait une erreur du même ordre, si, s'appuyant sur des résultats de laboratoire, on recherchait la quantité d'acide phosphorique ou de potasse disponible, assimilable dans un hectare de terre. Ce serait supposer que toutes les matières organiques, toutes les substances minérales que l'analyse décèle, sont dans le sol au même état que dans le fumier. Or s'il en était ainsi, l'intervention des engrais deviendrait inutile; car il est bien peu d'hectares de terres arables dans lesquels il n'existe pas, chimiquement parlant, quelques milliers de kilogrammes de matière organique azotée, de phosphates, de

potasse, etc. Cependant, pour la plupart, ces terres, malgré leur richesse, deviendraient bientôt improductives si elles n'étaient pas fumées. Le plus petit nombre sont celles qui, suffisamment dotées d'agents fertilisants, n'exigent pas le concours du fumier. J'ai eu l'occasion de citer des contrées où l'on rencontre des sols aussi favorisés.

Afin de montrer combien les principes utiles aux plantes varient dans leurs proportions, je présenterai les résultats extrêmes fournis par quarante-deux analyses de terres arables faites en Allemagne. Dans 100 de terre desséchée :

	Maximum.	Minimum.
Azote.....	0,590	0,005
Chlore.....	0,210	0,002
Acide sulfurique....	1,615	0,002
Acide phosphorique.	0,830	0,004
Potasse.....	3,825	0,120
Soude.....	1,400	0,038

En présence de ces nombres, on conclut immédiatement que les substances dont ils expriment la proportion, ne doivent pas être entièrement à l'état assimilable. Un sol renfermant près de 4 p. 0/0 de potasse n'est cultivable qu'à la condition que la plus grande partie de cet alcali soit engagée dans une combinaison inerte. Ainsi, une terre formée d'éléments feldspathiques, pourrait se trouver plus riche encore en potasse, et cependant être considérablement améliorée par les cendres de bois, dans lesquelles la totalité de l'alcali est disponible pour le végétal. On

appliquerait le même raisonnement à l'azote, aux sulfates, aux phosphates.

L'excès des matières minérales introduites dans les terres, sur celles exportées avec les récoltes, excès qui doit constamment se présenter quand on agit prudemment, fait qu'au bout d'un certain laps d'années ces matières, en s'accumulant dans le sol, s'ajoutent aux substances organiques. C'est alors que, même dans les localités les plus désavantageusement situées pour l'achat des engrais, on peut se livrer temporairement à la culture si épuisante des plantes industrielles et, par cela même, ramener un sol enrichi à son état normal de fertilité.

En résumant les principaux points précédemment examinés, on voit que, sous le rapport de la matière organique, les systèmes de culture qui, en empruntant le plus à l'atmosphère, laissent d'abondants résidus dans la terre, constituent les assolements les plus productifs. Par rapport à la matière inorganique, l'assolement, pour être avantageux, pour avoir un succès durable, doit être tel, que les récoltes exportées ne privent pas les fumiers de la quantité constante de substances minérales qu'ils doivent contenir. Une récolte qui enlève à la terre une proportion considérable d'un des éléments minéraux, ne saurait être reproduite plusieurs fois dans le cours d'une rotation, roulant sur une dose déterminée d'engrais, à moins que, par l'effet du temps, cet élément minéral ait été accumulé dans le terrain. Une sole de trèfle perd, par exemple, 84 kilog. d'alcali par hectare. Si le fourrage

récolté est consommé sur place, la plus grande partie de la potasse et de la soude retournera aux fumiers en passant par le bétail, et, en définitive, les terres du domaine récupéreront ces alcalis presque en totalité. Il en sera tout autrement si ce fourrage est porté au marché; et c'est peut-être à ces trop fréquentes exportations des produits de la prairie artificielle qu'il faut attribuer la non-éussite du trèfle qu'on remarque aujourd'hui dans des sols qui, pendant longtemps, en ont donné en abondance. Aussi a-t-on reconnu qu'un moyen de rendre à ces terres leur faculté reproductrice, c'est de leur appliquer des amendements alcalins. Si, dans cette circonstance, le carbonate de soude agissait aussi favorablement que le carbonate de potasse, ou les cendres de bois, ce sel de soude, malgré sa valeur commerciale, recevrait probablement une utile application. Cet essai mérite d'être tenté.

Les amendements calcaires favorisent naturellement le développement des plantes dans la constitution desquelles il entre des sels de chaux; mais à ce sujet il y a une distinction capitale à établir. Un sol pourrait renfermer dans sa composition 15 à 20 p. 100 de chaux, sans que pour cela il pût se passer d'un amendement calcaire; il suffirait que cette chaux s'y trouvât sous tout autre état que sous celui de carbonate, comme elle peut exister, par exemple, dans les débris de pyroxène, de mica, de serpentine, etc. Un semblable terrain, bien que contenant une proportion de chaux très-élevée, exigerait néanmoins du plâtre pour la prairie artificielle, du calcaire pour les

froments et les avoines. Ainsi, ce n'est pas assez qu'une terre compte la chaux au nombre de ses éléments pour qu'on soit dispensé de la plâtrer ou de la chauler : il faut de plus que cette chaux s'y trouve à l'état de carbonate.

Le gypse porte surtout l'élément calcaire dans les plantes. C'est là du moins ce que j'ai cherché à démontrer en m'appuyant, d'une part, sur l'analyse des cendres, et de l'autre sur cette considération, que le carbonate de chaux très-divisé, tel que celui des cendres de bois, agit d'un mode tout aussi efficace sur la prairie artificielle. Enfin, je crois avoir rendu extrêmement vraisemblable que, dans nombre de circonstances, le calcaire introduit dans le sol est moins utile par la chaux qu'il apporte à la récolte, que par l'action particulière qu'il exerce sur les sels ammoniacaux fixes des engrais, en les transformant successivement, lentement, et pour ainsi dire à proportion des besoins, en carbonate d'ammoniaque, dans les conditions les plus favorables aux plantes : la terre est seulement humectée ; elle n'est pas complètement imbibée d'eau ; elle est poreuse et reste perméable à l'air. Des observations nouvelles enseigneront probablement l'utilité de ces vapeurs ammoniacales que le calcaire développe dans l'atmosphère confinée où fonctionnent les racines. Au reste, on refuserait difficilement ce rôle au carbonate de chaux, dans le marnage ou le chaulage des terres destinées à porter des céréales, quand on connaît combien est minime la quantité de chaux absorbée

par ces cultures. J'ajouterai que si, réellement, le plâtre favorise la végétation du trèfle, de la luzerne, du sainfoin, en leur fournissant l'élément calcaire, il ne manquerait pas d'exercer une action tout aussi favorable sur le froment et sur l'avoine, si ces plantes avaient les mêmes exigences. Les expériences que j'ai rapportées prouvent qu'il n'en est rien, et les résultats de ces expériences se trouvent en quelque sorte corroborés par les données de l'analyse. Comparons, en effet, les diverses quantités de chaux empruntées au sol par le trèfle et les céréales :

	kil.
Sur un hectare, la récolte de trèfle enlève.....	76,3 de chaux.
La récolte de froment : par le grain.. 0,8	} 17,5
par la paille.. 16,7	
La récolte d'avoine : par le grain.. 1,6	} 7,0
par la paille.. 5,4	

Il semble donc que si le marnage et le chaulage des soles à céréales n'avaient d'autre but que celui d'apporter les faibles quantités de chaux nécessaires à ces cultures, la pratique ne justifierait pas l'emploi des doses énormes de carbonate calcaire qu'elle prodigue à la terre par ces opérations ; il est vrai, j'ai déjà eu l'occasion de le faire remarquer, que la marne et la chaux apportent presque toujours avec elles de l'alcali et des phosphates.

De ce qui précède, il paraît résulter que dans les cas les plus fréquents, lorsqu'il s'agit de terres arables ne possédant pas une richesse propre suffisante pour dispenser de l'emploi des engrais, il ne peut pas

y avoir de culture durable sans une annexe de prairie. En un mot, et en raisonnant toujours dans la supposition où le sol ne renferme pas une suffisante dose d'éléments inorganiques, il faut qu'une partie du domaine donne des récoltes sans consommer de fumier, afin de remplacer dans les engrais les sels alcalins et terreux constamment éliminés par les cultures successives. Les terres arrosées et enrichies par les rivières sont les seules qui permettent, sans s'épuiser jamais, une exportation totale et continue de leurs récoltes. Tels sont les champs fertilisés par le limon du Nil (1), et l'on se ferait difficilement une idée des prodigieuses quantités d'acide phosphorique, de magnésie, de potasse qui ont accompagné le blé exporté de l'Égypte.

L'irrigation est, sans aucun doute, le moyen le plus efficace pour augmenter la fertilité du sol, par les fourrages qu'elle fait naître, et par les engrais, conséquence de cette production. Les plantes concentrent

(1) Un habile chimiste, M. Lassaigue, a fait dernièrement l'analyse du limon du Nil; en voici les résultats :

Silice.....	42,5
Alumine.....	24,3
Oxyde de fer.....	13,6
Carbonate de chaux.....	3,9
Carbonate de magnésie.....	1,2
Magnésie.....	1,0
Acide ulmique et matières azotées..	2,8
Eau.....	10,7

	100,0

les éléments, soit minéraux, soit organiques, que les eaux contiennent quelquefois en proportions tellement minimes qu'ils échappent à l'analyse la plus délicate, de même qu'elles absorbent et modifient des principes aériformes dont l'atmosphère ne contient quelquefois pas même un dix millième. C'est ainsi que les végétaux rassemblent et organisent la matière dissoute dans les eaux, disséminée dans la terre et dans l'air, afin d'en faciliter l'assimilation aux animaux.

en prairies une forte fraction du domaine, et j'ai cité comme un cas extrême l'assolement triennal avec jachère fumée. C'est effectivement par la prairie que les terres arables recouvrent les principes que lui enlève l'exportation. Ce point, que j'ai admis alors en raisonnant par analogie, trouve une complète démonstration dans les résultats de l'analyse.

J'ai examiné, en vue de cette question, les cendres du foin de nos prairies de *Durrenbach*, irriguées par la *Sauer*. Les analyses ont été faites sur des cendres fournies par les récoltes de 1841 et 1842 :

	I.	II.	III.	Moyenne.	
Acides	carbonique.	9,0	5,5	»	7,3
	phosphorique..	5,3	5,3	5,5	5,4
	sulfurique.....	2,4	2,9	»	2,7
Chlore.....	2,3	2,8	»	2,6	
Chaux.....	20,4	15,4	»	17,9	
Magnésie.....	6,0	8,3	»	7,2	
Potasse.....	16,1	27,3	»	21,7	
Soude.....	1,2	2,3	»	1,8	
Silice.....	33,7	29,2	»	31,5	
Oxyde de fer, etc.....	1,5	0,6	0,5	0,9	
Perte.....	2,1	0,4	»	1,0	
	100,0	100,0		100,0	

Le n° 1 a donné 6,0 pour 100 de cendres.

Le n° 2 6,2 id.

En admettant, pour le rendement moyen annuel de nos prairies irriguées, 4,000 kil. de foin et regain par hectare, on trouve que d'une semblable surface de terrain il sort 244 kil. de cendres contenant :

Acides	carbonique.....	17,8 kilogr.
}	phosphorique.....	13,2
	sulfurique.....	6,6
Chlore.....		6,3
Chaux.....		43,7
Magnésie.....		17,6
Potasse et soude.....		57,3
Silice.....		76,9
Oxyde de fer et perte.....		4,6
		244,0 kilogr.

En portant, comme je l'ai fait, l'exportation minima annuelle de la matière minérale d'un hectare de terre arable à 6 kil. d'acide phosphorique et à 9 kil. d'alcali (potasse et soude), on voit que, pour compenser ces pertes, il faut, de toute nécessité, qu'il arrive à la ferme, chaque année, une quantité de foin correspondante à environ 1,970 kil. pour un hectare de terre labourée : ce qui établirait entre les terres arables et les prairies un rapport un peu inférieur à :: 1 : 1/2.

Dans la pratique, le rapport admis est moindre que celui déduit de l'analyse; on voit des fermes où la prairie n'occupe que le quart, le cinquième de la surface totale. Lorsque le seigle remplace le froment, l'étendue en prairie peut être plus limitée encore. Au reste, j'ai supposé que la terre arable ne contenait aucun élément inorganique qui lui fût propre, que tout lui venait des engrais et des amendements; or, tous les fonds renferment des traces de phosphates, et il est difficile de rencontrer une argile et un calcaire marneux exempts de potasse. Néanmoins, des praticiens très-éclairés commencent à s'apercevoir

qu'on a probablement trop sacrifié la prairie à la terre arable. Dans des localités situées dans des conditions analogues à celles dans lesquelles nous nous trouvons, en dehors de toute source d'engrais organiques toujours pourvus de principes salins, on a voulu imiter la pratique de contrées plus favorisées, où il est possible, par exemple, d'ajouter au fumier des débris d'animaux. La récolte des céréales s'est ressentie de cette innovation; il n'en pouvait être autrement, et, aujourd'hui on s'aperçoit d'une réaction en sens contraire: je pourrais nommer des établissements en pleine prospérité, où la moitié du domaine est en prés. La demande toujours croissante de la viande favorisera ce mouvement, au plus grand avantage de l'amélioration du sol. Par suite de la position toute particulière dans laquelle nous sommes placés, près de la moitié de nos terres sont en prairie, condition favorable à une forte exportation des produits de la terre arable. En appliquant les résultats des analyses précédentes, je trouve que, s'il n'y avait aucune déperdition, chaque année, les foin devraient faire entrer dans l'établissement au moins (1):

370	kilog. d'acide phosphorique.
285	d'acide sulfurique.
274	de chlore.
1889	de chaux.
760	de magnésie.
2480	de potasse et de soude.
3324	de silice.

(1) J'ai pris la récolte de 1840-41, qui est au-dessous de la moyenne.

Cette somme considérable de substances minérales est fournie par des prairies dont l'engrais n'est autre que les eaux et le limon qu'elles déposent après avoir coulé sur le grès des Vosges; elles ne reçoivent aucun fumier de la ferme; on se borne à les *terrer* avec les détrit, la vase, charriés par la rivière. Ce sont de véritables sources d'éléments salins. Les prairies privées d'eaux courantes ne doivent pas être rangées dans la même catégorie; elles ne donnent que les principes existants dans leurs fonds; aussi est-on presque toujours obligé de les fumer tous les trois ou quatre ans; et, en définitive, si elles ne sont pas placées sur un sol d'une grande richesse naturelle, leur culture, si j'en juge d'après mon expérience, est bien loin d'être avantageuse.

Au reste, il est impossible d'assigner la part des matériaux utiles à l'organisme végétal apportés par le sol. L'analyse exécutée avec le plus grand soin n'en indique pas la quantité absolue; elle ne donne, tout au plus, qu'une grossière approximation; en réalité, elle se borne à dire s'il y a ou s'il n'y a pas telles ou telles matières, en ne se prononçant aucunement sur leurs propriétés.

C'est que l'évaluation du volume de la terre d'un champ dont, on ne connaît, après tout que la surface, est complètement arbitraire. Le poids ou le cube de cette terre dépendra nécessairement de la profondeur qu'on adoptera pour faire le calcul. Qu'on suppose, pour simplifier, que le mètre cube de terrain desséché pèse 2,000 kilog.: chaque tranche d'un déci-