

EX-LIBRIS



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA
LUIZ DE QUEIROZ

Nº

1349

LA
FUMURE RATIONNELLE
DES PLANTES AGRICOLES

NANCY. — IMPRIMERIE BERGER-LEVRAULT ET C^{ie}.

LA
FUMURE RATIONNELLE
DES PLANTES AGRICOLES

TRADUIT DE L'ALLEMAND

D'APRÈS LES CONFÉRENCES DE PAUL WAGNER

Directeur de la Station agronomique de Darmstadt

PAR

PIERRE DE MALLIARD

Chef adjoint du cabinet du Ministre de l'agriculture.

Extrait des *Annales de la Science agronomique française et étrangère*

Tome I, 1891

PARIS

BERGER-LEVRAULT ET C^{ie}

LIBRAIRES-ÉDITEURS

5, rue des Beaux-Arts, 5

LIBRAIRIE AGRICOLE

DE LA MAISON RUSTIQUE

26, rue Jacob, 26

1892

A

MONSIEUR RISLER

DIRECTEUR DE L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

HOMMAGE RESPECTUEUX

DE SON ANCIEN ÉLÈVE

Pierre de MALLIARD

Chef adjoint du cabinet du Ministre de l'agriculture.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
PRÉFACE	7
INTRODUCTION. Dosage des engrais.	9
I ^{re} Conférence. Engrais azotés	27
II ^e Conférence. Engrais phosphatés	43
III ^e Conférence. Engrais potassiques et principes généraux de la fumure des terres	55

PRÉFACE

L'agriculture est devenue aujourd'hui une véritable industrie soumise aux lois du progrès et de la concurrence. Tout chef d'exploitation doit se tenir au courant des découvertes de la science, et, sous peine de voir son entreprise périlcliter, il est dans l'obligation de modifier ses procédés et de transformer son matériel à mesure que de nouveaux perfectionnements se produisent. Dans cette lutte pour la vie, il n'a pas seulement à compter avec ses compatriotes, mais encore et surtout avec les étrangers, qui se sont montrés dans les dernières années de très dangereux concurrents, parce qu'ils sont entrés résolument dans la voie du progrès et n'ont pas hésité à demander aux sciences agricoles le moyen de réduire le prix de revient à son minimum.

Dédaigneux, au contraire, des doctrines nouvelles, et comptant sur la richesse de son sol, l'agriculteur français s'épuisait dans une lutte inégale. Il était urgent de le mettre à l'abri des coups de ses adversaires, et dans ce but, le Gouvernement et les Chambres, agissant de concert, ont doté le pays d'un régime économique correspondant aux besoins de la situation présente. Mais l'ère de protection *relative* dans laquelle nous entrons n'aura qu'une durée *transitoire*; les barrières qu'on a élevées devant l'importation fléchiront dans un avenir plus ou moins rapproché, sous les attaques des partisans du libre-échange et sous la pression de nécessités sociales impérieuses. Malheur alors à l'industrie qui ne sera pas en mesure de soutenir la lutte. La tâche qui s'impose aujourd'hui à l'agriculture française consiste donc à pourvoir elle-même à sa protection par

PRÉFACE.

la réalisation des progrès nécessaires à son émancipation définitive, par l'augmentation de la production nationale et la diminution du prix de revient, de façon à ce que notre marché cesse enfin d'être tributaire de l'étranger.

Comme nous ignorons la durée du délai dont nous disposons, il convient de nous mettre tout de suite à l'œuvre, pour nous trouver en mesure, le cas échéant, de soutenir le choc de la concurrence étrangère. Dans cet ordre d'idées, un devoir impérieux nous commande de nous tenir au courant des progrès réalisés chez nos voisins et de tirer profit de leurs découvertes avec le même soin qu'ils apportent à exploiter nos inventions et à bénéficier de notre expérience. Voilà pourquoi nous croyons utile de vulgariser quelques idées neuves et précises sur l'emploi des engrais chimiques, présentées sous forme de conférences par l'un des savants les plus autorisés et les plus connus d'Allemagne, M. Wagner, Directeur de la Station agronomique de Darmstadt.

Si les conseils que donne l'éminent professeur étaient écoutés par nos agriculteurs, on pourrait prédire, sans être grand prophète, que la production nationale prendrait un essor prodigieux, répandant l'aisance dans les campagnes et la vie à bon marché dans les villes les plus peuplées. Alors nous n'aurions plus à redouter la concurrence étrangère. Bien mieux, le Nouveau-Monde lui-même serait placé sous la menace de nos importations.

Et que faut-il pour assurer à l'agriculture française tous ces avantages ?

Que le cultivateur comprenne enfin qu'il ne diminuera ses prix de revient qu'en recourant à la culture intensive, aux fumures intensives, à l'emploi des engrais commerciaux dont cette brochure lui indiquera le délicat maniement.

Saint-Loup-sur-Sémouse, le 1^{er} juillet 1892.

P DE MALLIARD.

INTRODUCTION

DOSAGE DES ENGRAIS

Les *végétaux* transforment les *matières minérales* en *matières organiques*, qui sont utilisées par l'industrie ou servent à l'alimentation de l'homme et des animaux.

Les *matières minérales* sont à la fois les *matières premières* que la plante met en œuvre pour produire du bois, de l'écorce, des feuilles, des fleurs, des fruits, des graines, etc., et les *aliments* dont cette plante se nourrit en tant qu'être vivant.

Les *matières minérales* contenues dans la terre et dont on extrait le soufre, le phosphore, le potassium, le sodium, le calcium, le magnésium, le chlore, le fer, la silice, etc., de même que les éléments qui entrent dans la composition de l'air et de l'eau comme le carbone, l'hydrogène, l'oxygène, l'azote, etc., toutes ces substances et beaucoup d'autres encore qu'il serait trop long d'énumérer, concourent selon toute probabilité à l'alimentation de la plante.

Mais plusieurs de ces éléments chimiques se trouvent toujours en excès à portée de la plante ; d'autres sont d'une utilité contestée. Il ne serait pas rationnel d'employer les uns ou les autres, tant que la science n'en aura pas décidé autrement. Aussi personne n'en achète, et leur valeur commerciale est nulle.

Dans l'état actuel de nos connaissances, on admet que *quatre éléments* seulement doivent être restitués au sol lorsqu'ils y font défaut. Soit que la plante s'en montre plus avide, soit qu'ils se trouvent répandus avec parcimonie dans la nature, il est certain que leur absence frappe de stérilité le sol qui en est privé. On les achète à

prix d'argent et par leur application la terre stérile ou épuisée devient subitement riche et productive ; d'où leur nom d'*éléments fertilisants* ou *éléments de fertilité*.

Ces quatre éléments fertilisants sont : l'azote, le potassium, le phosphore et le calcium. Mais les chimistes ayant pris l'habitude, pour simplifier leurs manipulations, de doser le potassium, le phosphore et le calcium sous forme de potasse, d'acide phosphorique et de chaux, ces noms sont restés dans la pratique ; de sorte que la liste des éléments fertilisants a été dressée comme il suit :

AZOTE,

POTASSE,

ACIDE PHOSPHORIQUE,

CHAUX.

Tous les sols, même les plus pauvres, renferment au moins une petite quantité de ces éléments ; mais celle-ci est en général insuffisante pour assurer l'alimentation d'une végétation luxuriante. Et, du reste, même lorsque la terre regorge de principes nutritifs, en d'autres termes, lorsqu'elle est riche et fertile, il y a encore lieu de lui rendre les éléments qu'on lui enlève dans les récoltes, pour prévenir l'appauvrissement qui se produirait forcément à la longue. C'est en fumant la terre avec des engrais qu'on opère cette restitution fécondante.

Qu'est-ce donc qu'un engrais ?

Un *engrais* est une *matière composée d'un ou de plusieurs éléments fertilisants*. Ainsi, le *fumier* est un engrais, parce qu'il renferme un peu de tous les éléments fertilisants ; le nitrate de soude est un engrais parce qu'il renferme de l'azote ; le sulfate de potasse est un engrais parce qu'il renferme de la potasse ; le phosphate de chaux, parce qu'il renferme de l'acide phosphorique et de la chaux, etc.

Ce qu'il importe surtout de bien retenir, c'est que *toute matière employée comme fumure n'a d'action sur les plantes qu'en raison de sa teneur en éléments fertilisants, et n'a de valeur qu'en proportion de cette même teneur*. D'où le devoir pour tout agriculteur d'acheter toujours ces engrais sur titre. Peu importe le nombre de kilogrammes que pèse la marchandise ; c'est le degré de concentration et d'assimilabilité qu'il faut considérer. Trop souvent des

charlatans vendent des produits magiques qui font soi-disant merveille dans les champs. Méfiez-vous de ces spécifiques et exigez du vendeur la *garantie sur facture* de la teneur en éléments fertilisants, garantie qui ne vous sera jamais refusée par un commerce honnête, et qu'exige d'ailleurs la loi qui vous protège.

Jusqu'à présent vous n'avez acheté que fort peu d'engrais commerciaux, ou même pas du tout, et le fumier de vos étables était seul chargé d'entretenir la fertilité de vos champs. Mais aujourd'hui que vous devez compter avec la concurrence universelle, si vous voulez que votre terre vous donne des bénéfices, il faut abandonner les vieux errements de la routine et produire davantage pour produire à meilleur marché.

Le *fumier*, comme on l'a dit très justement, est *le reflet du sol*. Si celui-ci manque de potasse ou d'acide phosphorique, le fumier en sera également dépourvu et les champs sur lesquels il sera répandu n'en recevront pas une quantité suffisante pour pourvoir à l'alimentation des plantes. C'est un cercle vicieux dont on ne peut sortir, qu'en achetant l'acide phosphorique et la potasse qui font défaut. Quant à l'azote, achetez-en le moins possible, car il coûte trop cher. Vous pouvez du reste, comme vous le verrez plus loin, vous le procurer sans bourse délier, par l'emploi des *engrais verts*.

Après ces explications préliminaires, je crois que tout le monde, même celui qui n'aurait jamais fait d'agriculture, comprendra sans difficulté l'exposé des *méthodes de détermination des quantités d'éléments fertilisants utilisables par chaque culture*, ou par abréviation *les méthodes de dosage des engrais*.

Dans cet ordre d'idées, plusieurs systèmes ont été proposés tendant tous à faciliter au cultivateur les moyens de régler ses fumures d'une façon rationnelle. Trois surtout ont attiré l'attention des agronomes, savoir : l'*analyse des plantes*, l'*analyse du sol* et l'*analyse du sol par les plantes*.

Je les résumerai brièvement.

Sur la question de l'ANALYSE DES PLANTES, des savants célèbres comme Boussingault, Gilbert, Grandeau, Müntz, Wolff, etc., ont fait de remarquables études qui se complètent l'une l'autre, de sorte qu'aujourd'hui la composition chimique des espèces végétales de

notre pays est chose connue. Pour le sujet qui nous occupe, il suffit d'avoir ici la composition des plantes agricoles les plus usuelles.

Je vous prie de parcourir des yeux le tableau que voici. Cet examen vous prouvera que si, d'une façon générale, les plantes sont composées des mêmes éléments, il existe cependant entre elles des différences très sensibles, dues à ce que ces éléments entrent dans chaque espèce en proportions très différentes.

**Composition chimique de quelques plantes agricoles
d'après divers auteurs.**

Les quantités d'éléments chimiques sont données en kilogrammes et se rapportent
à 1000 kilogr. de la matière indiquée.

DÉSIGNATION DES MATIÈRES.	EAU.	AZOTE.	POTASSE.	ACIDE PHOSPHO- RIQUE.	CHAUX.
<i>Fourrages secs.</i>					
Foin de très bonne qualité	150	25.5	31.6	7.4	10.1
Foin de qualité moyenne	143	15.5	16.0	4.3	9.5
Regain .	160	19.1	22.3	5.9	10.4
Foin de trèfle incarnat	167	19.5	11.7	3.6	16.0
Foin de luzerne en fleur	160	27.4	14.6	5.3	25.2
Foin de trèfle rouge en fleur	160	19.7	18.6	5.6	20.1
Foin de vesces.	167	41.5	24.4	9.7	18.1
<i>Fourrages verts.</i>					
Herbe de très bonne qualité. .	782	7.2	8.1	1.9	2.6
Herbe de qualité moyenne en fleur	750	4.8	4.7	1.2	2.8
Maïs fourrage .	829	1.9	3.7	1.0	1.4
Seigle en vert	760	5.3	6.3	2.4	1.2
Trèfle incarnat .	815	4.3	2.6	0.8	3.6
Sainfoin en fleur	800	5.1	3.1	1.1	4.0
Lupin en vert	850	5.0	1.5	1.1	1.6
Luzerne en fleur	740	7.2	4.5	1.6	8.5
Serradelle en fleur	800	4.8	7.7	2.2	4.3
Pois en vert .	815	5.1	5.2	1.5	3.5
Trèfle rouge en fleur.	800	4.8	4.4	1.3	4.8
Sarrasin en fleur	850	3.9	3.8	0.8	5.0
<i>Plantes cultivées pour leurs racines.</i>					
Betterave fourragère.	880	1.8	4.8	0.8	0.3
Pommes de terre	750	3.4	5.8	1.6	0.3
Chou-navet	870	2.1	3.5	1.1	0.9
Carotte .	850	2.2	3.0	1.1	0.9
Topinambour.	800	3.2	4.7	1.4	0.3
Turneps. .	920	1.8	2.9	0.8	0.7
Betterave à sucre.	815	1.6	3.8	0.9	0.4

DÉSIGNATION DES MATIÈRES.	EAU.	AZOTE.	POTASSE.	ACIDE PHOSPHO- RIQUE.	CHAUX.
<i>Feuilles et tiges des plantes cultivées pour leurs racines.</i>					
Betterave fourragère .	905	3.0	4.5	1.0	1.6
Pommes de terre presque mûres .	770	4.9	4.3	1.6	6.4
Chou-navet .	884	3.4	2.8	2.0	6.5
Carotte .	822	5.1	2.9	1.0	7.9
Topinambour .	800	5.3	3.1	0.7	5.0
Turneps .	898	3.0	2.8	0.9	3.9
Betterave sucrière .	897	3.0	4.0	0.7	3.1
<i>Graines et fruits.</i>					
Avoine .	143	17.6	4.8	6.8	1.0
Maïs .	144	16.0	3.7	5.7	0.3
Orge de printemps .	143	16.0	4.7	7.8	0.6
Blé de printemps .	143	20.5	5.6	9.0	0.5
Orge d'hiver .	145	16.0	2.8	5.6	0.1
Seigle d'hiver .	143	17.6	5.8	8.5	0.5
Blé d'hiver .	144	20.8	5.2	7.9	0.5
Fève .	145	40.8	12.9	12.1	1.5
Pois .	143	35.8	10.1	8.4	1.1
Sainfoin .	160	»	11.0	9.2	12.3
Vesces .	143	44.0	8.0	9.9	2.2
Lupin .	130	56.6	11.4	14.2	2.8
Trèfle rouge .	150	30.5	13.5	14.5	2.5
Serradelle .	120	34.9	8.2	7.8	5.5
Chanvre .	122	26.1	9.4	16.9	10.9
<i>Pailles.</i>					
Avoine .	143	5.6	16.3	2.8	4.3
Orge .	143	6.4	10.7	1.9	3.3
Maïs .	150	4.8	16.4	3.8	4.9
Seigle de printemps .	143	5.6	11.7	2.8	4.0
Blé de printemps .	143	4.8	6.3	2.2	2.7
Fève .	160	16.3	19.4	2.9	12.0
Sarrasin .	160	13.0	24.2	6.1	9.5
Pois .	160	10.4	9.9	3.5	15.9
Vesces .	160	12.0	6.3	2.7	15.6
Lupin .	160	9.4	17.7	2.5	9.7
Colza .	160	5.6	11.3	2.5	11.7
<i>Plantes industrielles.</i>					
Fibres de lin .	100	4.17	0.3	0.7	3.6
Tiges de chanvre .	108	»	5.5	2.1	16.8
Feuilles de tabac .	180	34.8	40.9	6.6	50.7
Tiges de tabac .	180	24.6	28.2	9.2	12.4
Vin .	»	0.1	1.3	0.1	0.1
Marc de presse .	675	5.8	3.5	2.2	2.5
Marc de chapeau .	785	3.8	2.7	1.3	1.9
Râfles .	769	4.4	6.3	1.2	2.2
Feuilles de vigne sèches .	»	20.6	8.3	4.6	51.5
Sarments secs .	»	5.9	8.5	2.1	11.3

Étant donnée cette table, supposez qu'il s'agisse de calculer la dose d'engrais nécessaire au blé, on multiplie les chiffres représentant la composition du grain, et les chiffres représentant la composition de la paille par le poids en tonnes d'une forte récolte. Les nombres obtenus sont transformés en doses d'engrais par une règle de trois simple. Les doses ainsi calculées contiennent les quantités d'éléments fertilisants qu'une récolte de blé enlève au sol. Elles sont en général augmentées d'un quart pour améliorer la terre et accroître ses réserves en éléments fertilisants. C'est l'application du *principe de restitution* qui s'énonce ainsi : *on doit rendre au sol les quantités d'éléments fertilisants exportées par les récoltes.*

Dans les catalogues des marchands d'engrais, vous trouvez sous le nom d'*engrais composés* des mélanges d'éléments fertilisants fabriqués d'après le principe de restitution, c'est-à-dire contenant les mêmes doses d'éléments fertilisants que les récoltes qu'ils doivent alimenter.

L'emploi de ces engrais composés ou l'application du principe de restitution est incontestablement le plus simple de tous les procédés de fumure; mais ne tenant compte que de l'un des facteurs qui doivent intervenir dans le calcul des doses d'engrais, ne tenant compte que des besoins de la plante, et négligeant la composition du sol, il peut entraîner le cultivateur à commettre des erreurs considérables qui se traduisent par un surcroît de dépenses tout à fait inutile. En effet, un *engrais* étant, suivant la définition très juste de M. Schri-baux, professeur d'agriculture à l'Institut national agronomique, *une substance utile aux plantes et qui manque au sol*, un élément présent en quantité largement suffisante dans la terre cesse pour elle d'être un engrais et perd toute espèce de valeur s'il y est incorporé. Son application serait une pure prodigalité s'il s'agit de la potasse ou de l'acide phosphorique; elle constituerait un vrai danger dans le cas où l'azote serait donné en grand excès sous une forme très assimilable, sous celle de nitrate de soude par exemple, car la plante se trouverait alors poussée à prendre un développement exagéré sans avoir le temps de fortifier ses tissus, et la verse s'en suivrait infailliblement.

Pour vous citer un exemple qui fasse mieux saisir ma pensée,

voici ce qu'il m'a été donné de constater en Allemagne, à Cunrau, sur un grand domaine où j'ai séjourné pendant quelques mois. Le sol, qui est formé d'une tourbe noire, bien décomposée et riche en chaux, renferme 3 p. 100 d'azote, chiffre d'ailleurs tout à fait exceptionnel, même pour la tourbe. Supposez que l'exploitant ait commis la faute d'appliquer des fumures azotées sur ses champs, cette opération aurait eu sûrement pour résultat de produire la verse, et le rendement au lieu de s'accroître aurait subi de ce chef une importante diminution. D'où perte double, puisqu'on aurait récolté moins, tout en dépensant plus. Le prix d'une fumure azotée intensive de 50 kilogr. d'azote à l'hectare, s'élève à 75 fr., cet excédent de dépense aurait suffi à dévorer tout le bénéfice de l'entreprise.

Autre exemple. Sur le domaine de Schlanstedt (province de Saxe), où l'on cultive en grand la betterave à sucre, les déchets de fabrication font retour à la terre soit directement soit en passant par l'étable. L'exportation d'acide phosphorique par les récoltes se trouve ainsi réduite à 12 kilogr. par hectare et par an. Ce déficit lui-même est comblé par l'importation dans la ferme d'aliments concentrés pour le bétail, tels que tourteaux, sons, farines, ainsi que par les foin, les semences et autres produits analogues acquis par le domaine. Il n'y a donc pas lieu de donner de l'acide phosphorique dans les fumures. Et cependant, on en répand une dose de 58 kilogr. par hectare ; ce qui, à la fin du bail de 18 ans, fera un excédent de 1 044 kilogr. d'acide phosphorique en terre, c'est-à-dire de quoi pourvoir à l'alimentation de 30 récoltes de betteraves à sucre. Cette pratique, je le répète, est onéreuse et irrationnelle.

Ce que je viens de vous dire de l'azote des champs de Cunrau, de l'acide phosphorique des champs de Schlanstedt peut trouver son application dans vos sols. Il est avéré qu'en appliquant sans discernement le principe de restitution, les sacrifices que vous aurez consentis pour la fumure de votre terre seront souvent en partie superflus.

Maintenant que vous voilà prévenus et que je vous ai mis en garde contre le danger de ce système, voyez s'il vous paraît bon de l'appliquer. Pour ma part, je ne crois pas qu'il doive être employé autrement que d'une façon *transitoire*, en attendant que l'on soit

bien fixé sur les besoins de ses cultures et avec la plus extrême *circonspection* s'il s'agit de l'application d'engrais azotés.

En tout cas, si vous recourez à l'application du principe de restitution, *n'achetez jamais d'engrais composés*; procurez-vous des engrais simples et faites vous-mêmes vos mélanges, afin d'éviter les frais supplémentaires et les fraudes dont vous pourriez être victimes.

Passons maintenant, si vous le voulez bien, à l'examen du second système, la DÉTERMINATION DES DOSES DE FUMURES PAR L'ANALYSE DE LA TERRE, et voyons, au point de vue purement pratique, quels services il peut rendre.

Cette question préoccupe à bon droit tous les savants qui sont les coryphées de la science agronomique. M. Risler, l'éminent directeur de l'Institut national agronomique, M. Grandeau, inspecteur général des stations agronomiques, M. Müntz, directeur du laboratoire de chimie de l'Institut national agronomique, M. Joulie, ont perfectionné d'une façon très remarquable les méthodes d'analyse des terres. Ces savants ont publié récemment, sous les auspices du Comité consultatif des stations agronomiques, un très intéressant travail sur l'interprétation des résultats de l'analyse chimique. La fertilité d'une terre étant étroitement liée à sa teneur en éléments fertilisants, ces savants ont cru pouvoir adopter la classification suivante :

	AZOTE.	ACIDE phosphorique.	POTASSE.
	—	—	—
	P. 1000.	P. 1000.	P. 1000.
Terres très pauvres	0 à 0.5	0 à 0.1	
— pauvres.	0.5 à 1	0.1 à 0.5	
— moyennement riches.	1	0.5 à 1	1
— riches	1 à 2	1 à 2	
— très riches.	au-dessus de 2	2	

Ces chiffres ne sauraient être regardés comme ayant une signification absolue; ils ne peuvent servir qu'à fixer les idées, car le chimiste n'opère pas dans l'analyse, comme la plante pour son alimentation. Celle-ci n'a pas à sa disposition des acides énergiques ni des températures élevées pour solubiliser les composés chimiques susceptibles de lui servir d'éléments nutritifs. Il n'en demeure pas moins acquis qu'il est actuellement possible d'affirmer en connaissance de cause et sur le simple examen d'un échantillon, que telle

terre est très riche, ou très pauvre, ou moyennement riche en tel élément de fertilité. Ce résultat est d'une importance considérable parce qu'il permet déjà de ne plus travailler à l'aveugle, et de *proportionner les fumures aux besoins probables du sol*.

Si une terre est largement pourvue d'un élément de fertilité, nous devons nous abstenir de lui en donner dans les engrais ; ce serait de la superfétation.

Si elle en contient une quantité moyenne, nous lui restituerons ce que les récoltes lui enlèvent.

Si elle n'en contient que fort peu, nous lui donnerons non seulement ce qui lui est dû à titre de restitution, mais nous y joindrons encore, s'il s'agit de l'acide phosphorique ou de la potasse, un supplément égal peut-être au quart de l'apport total, qu'elle gardera dans son sein pour augmenter ses réserves et accroître sa richesse.

Comme on le voit, les règles que l'on est amené à formuler, quoique précises, ne comportent *pas encore de chiffres*, car l'analyse chimique ne nous donne guère qu'un renseignement général sur la fertilité de la terre.

Eh bien, puisque le chimiste est impuissant à résoudre le problème de la détermination des doses de fumures, adressons-nous à la plante elle-même, qui, soumise à la méthode expérimentale, ne peut manquer de nous donner une réponse satisfaisante.

Le premier, M. Georges Ville, professeur au Muséum, a mis cette idée à exécution, il y a quelque 30 ans et c'est à lui que sont dues les premières expériences relatives à l'ANALYSE DU SOL PAR LES PLANTES. Ce procédé a été repris depuis par divers savants ; mais aucun d'eux n'a employé une méthode d'investigation vraiment satisfaisante pour les agriculteurs. Jugez-en par vous-mêmes. Ils nous proposent, pour apprécier les besoins du sol en éléments fertilisants, d'essayer comparativement les formules d'engrais suivantes :

Engrais complet, c'est-à-dire composé d'azote, de potasse, d'acide phosphorique et de chaux.

Engrais sans azote.

Engrais sans potasse.

Engrais sans acide phosphorique.

Engrais sans chaux.

Quel résultat nous donnerait cette expérience? Je suppose qu'elle nous dise, par exemple, que la terre soumise à l'étude manque de potasse. C'est là un renseignement fort intéressant, mais tout à fait insuffisant, puisque nous voulons savoir quelle *quantité* de potasse il faut ajouter à la terre pour obtenir une abondante récolte.

Mais, si, au lieu de supprimer complètement un élément fertilisant, on le donnait à doses croissantes, ne croyez-vous pas qu'il serait possible d'obtenir une gamme de rendements dont on déduirait des indications très précises, sur les besoins des deux facteurs qui concourent à la détermination d'une formule d'engrais, savoir le sol et la plante.

Je m'explique :

Supposez que nous voulions rechercher quelle dose d'azote convient à une culture déterminée. Après lui avoir donné des quantités largement suffisantes de potasse et d'acide phosphorique pour neutraliser l'influence de ces deux éléments, nous la diviserons en parcelles égales auxquelles nous administrerons respectivement $1/4$ de dose, $1/2$ dose, $3/4$ de dose, 1 dose d'azote. Nous conserverons aussi une parcelle témoin qui ne recevra pas d'azote. Au moment de la récolte, nous pourrons apprécier, balance en main, quelle dose s'est montrée la plus favorable à la végétation et a engendré le rendement le plus élevé. Ceci c'est la détermination du *produit brut maximum*. On trouve tout aussi facilement par un petit *calcul de prix de revient* quelle est la parcelle qui a donné le *maximum de produit net*. La dose appliquée sur cette parcelle est celle qu'il convient d'employer dans une culture rationnelle.

Cette première série d'expériences ayant permis de déterminer la quantité d'azote nécessaire à la culture dont on étudie les besoins, il nous reste encore à déterminer les doses de potasse et d'acide phosphorique. Mais ces deux éléments étant beaucoup moins coûteux, presque toujours moins facilement assimilables et enfin moins solubles que l'azote, il convient de donner plus d'ampleur à l'échelle de graduation des doses. Aussi dans une *deuxième série d'expériences*, nous éliminerons l'influence de l'azote et de l'acide phosphorique en les appliquant à haute dose, et au sol largement pourvu de ces éléments nous donnerons des *doses croissantes de potasse*: $1/2$ dose,

1 dose, 1 dose 1/2, 2 doses, sans oublier la parcelle témoin. Dans une *troisième série* nous étudierons les effets de l'acide phosphorique : après avoir appliqué au sol de la potasse et de l'azote, nous donnerons des *doses croissantes d'acide phosphorique* variant de 0 à 2.

Quant à la *chaux*, comme elle ne coûte pas cher, il n'est pas nécessaire d'en déterminer la dose avec autant de précision que pour les autres éléments fertilisants ; on admet qu'il faut en donner environ *2 000 kilogr. tous les 5 ans aux terres qui en manquent*.

Par l'emploi de ce procédé, l'agriculteur doit arriver à déterminer, avec une approximation très suffisante, la formule d'engrais convenable pour ses cultures.

Maintenant, je dois vous expliquer ce que je nomme *une dose* et comment elle se calcule.

Si vous voulez bien vous reporter à la *table de la composition chimique des plantes agricoles*, vous trouverez combien de kilogrammes d'azote, de potasse et d'acide phosphorique sont contenus dans 1 000 kilogr. de grains et de paille, de racines et de feuilles, de tubercules et de fanes. Ces chiffres sont multipliés par le nombre de tonnes que comporte une bonne récolte dans un pays riche, et l'on obtient ainsi pour la plante considérée trois nombres indiquant respectivement les quantités d'azote, de potasse et d'acide phosphorique qu'elle devra s'assimiler pour produire une bonne récolte. Ce sont en somme les *doses de restitution*.

Malgré mon vif désir d'être clair, je crains de ne pas m'être suffisamment fait comprendre dans cet exposé théorique et je vous demande la permission de recourir aux chiffres pour préciser davantage cette méthode de dosage des engrais.

Supposez qu'il s'agisse de faire un *essai cultural avec de l'avoine*. Nous voyons dans la table de la composition chimique des plantes agricoles que 1 000 kilogr. d'avoine et 1 000 kilogr. de paille d'avoine renferment les *quantités d'éléments fertilisants* indiquées ci-dessous en kilogrammes.

	AZOTE.	POTASSE.	ACIDE phosphorique.
	—	—	—
	P. 1000.	P. 1000.	P. 1000.
Grain.	17.6	4.8	6.8
Paille.	5.6	16.3	2.8

Or, dans un pays riche, une très belle récolte d'avoine s'élève à 2 500 kilogr. de grain et 4 800 kilogr. de paille. Ces chiffres correspondent à un rendement de 50 hectolitres à l'hectare.

Si nous cherchons, en tenant compte de sa composition chimique, la *teneur de cette récolte en éléments fertilisants*, nous trouvons les chiffres suivants :

	AZOTE.	POTASSE.	ACIDE phosphorique.
	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
2 500 kilogr. d'avoine contiennent.	44	12	17
4 800 kilogr. de paille d'avoine contiennent	26,88	78,24	13,44
Total	70,88	90,24	30,44

Ces trois nombres expriment en kilogrammes la *quantité d'éléments fertilisants qu'enlève au sol une abondante récolte d'avoine*, savoir :

70 kilogr. d'azote,

90 kilogr. de potasse,

30 kilogr. d'acide phosphorique.

Ce sont les doses d'éléments fertilisants nécessaires à un hectare d'avoine ; ce sont aussi les doses de restitution dont j'ai déjà plusieurs fois parlé. Une récolte de 50 hectolitres d'avoine exportera toujours de nos champs les quantités ci-dessus indiquées ; mais étant donné que les plantes comme les animaux ont leurs préférences en matière d'alimentation, il importe de choisir la forme sous laquelle nous les lui présenterons. C'est dire qu'il faudrait, pour bien faire, essayer chacun des éléments fertilisants sous toutes les formes possibles ; mais cette étude entraînerait l'agriculteur à perdre un temps précieux. Dans le cours des années suivantes, on pourra perfectionner la formule trouvée, en cherchant à substituer un produit moins coûteux et peut-être en même temps plus efficace, à la substance qui aura servi de trucheman entre la plante et nous. C'est ainsi qu'on est souvent amené à remplacer le nitrate de soude par les engrais verts, le superphosphate par les scories de déphosphoration ou même par les phosphates naturels, le chlorure de potassium par le sulfate de potasse, la kainite ou les cendres non lessivées. En tout cas, quelles que soient les modifications qui vous paraissent s'imposer dans la fumure, n'oubliez jamais que le criterium de la

formule d'engrais, c'est son prix de revient. Vous devez toujours tendre à *réduire les frais de fumure au minimum en choisissant à égalité d'action l'engrais qui coûte le moins cher.*

Il était nécessaire d'insister sur ce point pour vous faire bien comprendre que si je donne dans l'expérimentation l'azote sous forme de nitrate de soude, l'acide phosphorique sous forme de superphosphate de chaux et la potasse sous forme de chlorure de potassium, ce n'est point parce que ces engrais me paraissent meilleurs ni préférable aux autres, mais tout simplement parce qu'ils sont d'un maniement très facile et parce qu'ils présentent les éléments fertilisants sous une forme très assimilable pour la plante.

Voyons donc maintenant quelles quantités de ces engrais nous devons appliquer à l'hectare pour donner à notre avoine les doses d'éléments fertilisants calculées plus haut, car, comme vous le savez, aucun engrais ne présentant les éléments fertilisants complètement isolés à l'état d'éléments simples, et ces éléments se trouvant toujours engagés dans des combinaisons plus ou moins complexes, il faut *transformer les doses d'éléments fertilisants en doses d'engrais.*

Commençons par le *nitrate de soude*, produit chimique qui renferme en général 16 p. 100 d'azote, et cherchons ensemble *quelle quantité de cet engrais il faut employer pour donner à la plante la dose de 70 kilogr. d'azote.* Voici le raisonnement qu'on doit tenir :

Si 16 kilogr. d'azote sont contenus dans 100 kilogr. de nitrate de soude, 1 kilogr. d'azote est contenu dans $100 : 16$ kilogr. de nitrate de soude, et 70 kilogr. d'azote sont contenus dans $100 \times 70 : 16$ kilogr. de nitrate de soude.

C'est donc $100 \times 70 : 16$ ou 437 kilogr. de nitrate de soude qu'il faut donner à chaque hectare d'avoine. Mais pour simplifier l'opération, il est utile d'arrondir beaucoup les chiffres; il est en effet bien évident que la formule d'engrais ne saurait avoir une rigueur mathématique; elle ne peut jamais être calculée qu'avec une certaine approximation. A tous égards donc, et surtout en vue de s'éviter pour l'avenir la peine d'effectuer de nombreuses pesées, il est à conseiller de compter en chiffres ronds.

Comptons donc *400 kilogr. de nitrate de soude.*

Le nitrate de soude présente un inconvénient sur lequel je dois

attirer votre attention, parce qu'il serait de nature à fausser complètement les résultats de vos essais culturaux, je veux parler de la facilité inouïe avec laquelle il *se dissout dans l'eau et se laisse entraîner par elle* dans les profondeurs du sous-sol, hors de portée des racines. Vous saisissez de suite quelle importante cause d'erreur ce peut être que cette disparition du nitrate. Alors que l'on croit avoir affaire à une terre largement pourvue de cet engrais, et par suite riche en azote, il se trouve précisément que cet élément fertilisant fait partout défaut, que la végétation reste souffreteuse sans qu'on puisse en expliquer la cause, que les plantes n'ont pas cette belle couleur vert foncé caractéristique d'une alimentation riche et abondante.

Comment remédier à cet inconvénient que présente l'emploi du nitrate de soude ?

Réponse : en *répandant le nitrate au printemps*, afin d'éviter qu'il soit entraîné par les pluies d'hiver, et en l'appliquant à *doses fractionnées*, c'est-à-dire en plusieurs fois. J'ai entendu dire à mon ancien professeur, M. E. Risler, qu'il est incomparablement plus avantageux, malgré la dépense supplémentaire de main-d'œuvre qui en résulte, de répandre à 4 reprises différentes 50 kilogr. de nitrate, que d'en donner aux cultures 200 kilogr. en une seule fois, parce que dans ce dernier cas les plantes le gaspillent et que le reste est lavé par l'eau de pluie, tandis que dans le second cas les plantes ont le temps d'utiliser chacun de 4 apports. Toutefois, il ne faudrait pas procéder à l'épandage de cet engrais plus tard que le 15 mai.

Passons maintenant au calcul des doses de chlorure de potassium et de superphosphate.

Le *chlorure de potassium* contient en général 50 p. 100 de potasse. Donc 90 kilogr. de potasse sont contenus dans $\frac{90 \times 100}{50} = 180 \text{ kilogr.}$ de chlorure ; disons 200 kilogr. en chiffres ronds.

Par une opération analogue, nous trouvons que pour un *superphosphate* dosant 15 p. 100 d'acide phosphorique, il faut en incorporer 200 kilogr. au sol.

Ces données une fois établies, on passe à l'exécution de l'essai cultural après avoir chaulé le champ s'il manque de chaux. Sur un

sillon bien propre, et dans le sens de sa longueur, on jalonne deux lignes parallèles et distantes de 5 mètres ; des piquets sont enfoncés en terre tous les 5 mètres ; on obtient ainsi une série de parcelles de $1/4$ d'are. Quinze parcelles sont nécessaires. Eu égard à leur contenance qui est la 400^{e} partie d'un hectare, elles reçoivent chacune le $1/400^{\text{e}}$ des doses qui conviendraient à un hectare.

Essais culturaux avec l'avoine.

		NITRATE de soude en grammes.	DOSES d'azote.	CHLORURE de potassium en grammes.	DOSES de potasse.	SUPER- PHOSPHATE de chaux en grammes.	DOSES d'acide phospho- rique.
Dosage de l'azote.	1 ^{re} parcelle.	0	0	1000	2	1000	2
	2 ^e —	250	1/4	1000	2	1000	2
	3 ^e —	500	1/2	1000	2	1000	2
	4 ^e —	750	3/4	1000	2	1000	2
	5 ^e —	1000	1	1000	2	1000	2
Dosage de la potasse.	6 ^e —	1000	1	0	0	1000	2
	7 ^e —	1000	1	250	1/2	1000	2
	8 ^e —	1000	1	500	1	1000	2
	9 ^e —	1000	1	750	1 1/2	1000	2
	10 ^e —	1000	1	1000	2	1000	2
Dosage de l'acide phospho- rique.	11 ^e —	1000	1	1000	2	0	0
	12 ^e —	1000	1	1000	2	250	1/2
	13 ^e —	1000	1	1000	2	500	1
	14 ^e —	1000	1	1000	2	750	1 1/2
	15 ^e —	1000	1	1000	2	1000	2

Ce tableau vous montre la disposition qu'il convient de donner aux essais culturaux. Les cinq premières parcelles affectées à l'étude des besoins des cultures en azote reçoivent double dose d'acide phosphorique, double dose de potasse et des doses croissantes d'azote. Les parcelles 6, 7, 8, 9, 10 servent à la recherche de la dose de potasse et les cinq dernières à la recherche de la dose d'acide phosphorique.

Vous remarquerez que 3 de ces parcelles, les *numéros 5, 10 et 15, reçoivent les mêmes engrais* et en même quantité. Cette disposition, qui nous a été conseillée par M. Schribaux, professeur à l'Institut national agronomique, permet, si l'uniformité du sol est irréprochable et si aucun accident ne se produit, de *contrôler l'exac-*

titude de l'expérience. En effet, les rendements des 3 parcelles doivent être sensiblement les mêmes, et dans le cas où l'on constaterait dans leur production des écarts considérables, il faudrait renoncer à déduire des chiffres de récolte autre chose que le sens dans lequel agit tel ou tel engrais; car la quantité qu'il est avantageux d'appliquer ne peut être déterminée qu'à la suite d'une expérience ayant fourni des résultats rigoureusement exacts.

Ces 3 parcelles fumées au maximum joueront le rôle précieux d'*avertisseurs*, en ce sens qu'elles décèleront la présence des erreurs.

Mais pouvons-nous éviter toute cause d'erreur? Évidemment non. D'abord on ne trouve jamais ou très rarement 10 parcelles, si petites soient-elles, d'une composition absolument identique. Puis tous les travaux d'installation de ces essais culturaux, le mesurage des parcelles, le labour, les semailles, l'épandage des engrais ainsi que la moisson et la pesée des récoltes sont autant d'opérations défectueuses qu'il est impossible de rendre complètement irréprochables. Et même si l'on réussissait à pallier tous ces inconvénients, il surgirait encore de nouvelles difficultés, telles que les ravages des insectes et des animaux nuisibles, la propagation des maladies cryptogamiques, l'entraînement des matières fertilisantes par les eaux de surface, etc. Il est donc matériellement impossible de s'affranchir entièrement des causes d'erreur; mais on peut tout au moins mesurer les écarts qu'elles occasionnent en *répétant chaque série d'expériences un aussi grand nombre de fois qu'il est nécessaire pour obtenir une moyenne suffisamment exacte.*

Il y a donc lieu d'essayer chacune des formules d'engrais sur un certain nombre de parcelles. En d'autres termes, il faut répéter plusieurs fois la même série d'expériences. Ainsi, pour le cas qui nous occupe, il est à conseiller de *faire dans le même champ 4 séries complètes, à 15 parcelles, de l'essai précédemment indiqué.* Ce chiffre est donné par M. Wagner lui-même qui a dûment constaté que, lorsqu'on prend la moyenne de 4 expériences simultanées faites dans le même terrain sur des lots soumis à des influences identiques, on arrive non seulement à éliminer dans une large mesure les causes d'erreur, mais encore, par l'*addition* des résultats obtenus séparément, on réussit à réduire au minimum le manque de précision

inhérent à ce mode d'expérimentation qui fournit parfois des excédents de récolte très faibles par rapport au rendement des parcelles témoins.

Même en usant de toutes ces précautions, je n'ose prétendre que le cultivateur arrivera du premier coup à déterminer la formule d'engrais convenable pour son champ, car dans ces essais, comme dans beaucoup d'autres circonstances, il doit s'armer de patience et ne pas se laisser décourager par des contre-temps qu'il est impuissant à conjurer.

Voilà dans ses plus minutieux détails l'organisation des essais culturaux à l'aide des engrais chimiques. On peut encore concevoir un autre mode d'expérimentation qui ne le céderait en rien au précédent sous le rapport de la perfection et de l'exactitude des résultats ; il présenterait même l'avantage de correspondre d'une façon plus complète à ce qui se produit dans la réalité, je veux parler de la *recherche des doses d'engrais nécessaires pour compléter la fumure au fumier de ferme*. Il est rare chez nous que l'on produise du fumier en quantité suffisante pour nourrir les plantes au maximum. Et puis ce diable de fumier a un gros inconvénient, c'est que dans les pays pauvres, il est lui-même pauvre en éléments fertilisants, car il ne peut évidemment restituer plus qu'on lui donne.

Il est donc indispensable de le compléter par l'apport des matières fertilisantes manquant au sol que l'on cultive.

Le fumier demeurant la *base de nos fumures*, nous devons lui adjoindre comme auxiliaires les engrais chimiques.

Puisque telle doit être la réalité, qu'est-ce qui nous empêcherait de faire des essais culturaux dans ce sens ? Il n'y a certainement pas la moindre objection à élever là-contre. Donnons donc à notre champ, *une fumure ordinaire au fumier de ferme*, 30 000 à 40 000 kilogr. par hectare, et répandons sur chaque parcelle des doses graduées, comme précédemment, mais en les réduisant toutes de *moitié*. Nous aurons fait ainsi un essai cultural vraiment pratique qui nous fournira des *indications d'une utilité capitale*, grâce auxquelles nous obtiendrons d'abondantes récoltes tout en utilisant pour le mieux un important produit de nos étables représentant une valeur considérable.

Ces essais culturaux, je le sais, ne permettront pas de réaliser des progrès scientifiques. Exposés qu'ils sont à toutes les intempéries, à la pluie, à la gelée, à la grêle, aux ardeurs du soleil qui produisent l'échaudage, à la verse, aux dévastations des insectes, aux ravages des maladies cryptogamiques, ils ne fourniront que des renseignements imparfaits sur lesquels le savant ne saurait tabler pour énoncer de nouveaux principes de fumure. Tous ces résultats, avant de passer dans le domaine des faits acquis, devraient être contrôlés par les représentants autorisés de la science agronomique, qui auraient à en apprécier la valeur, à en expliquer les causes. Non, il ne s'agit pas ici de découvertes scientifiques ; à chacun sa tâche : au chimiste l'étude des questions obscures et abstraites dans un ordre d'idées très général ; à l'agriculteur le contrôle des principes énoncés par le savant, l'appréciation de leur valeur pour le milieu dans lequel il opère. Lorsque la science a parlé, lorsqu'elle a donné des conseils à la pratique, des conseils basés sur les résultats de ses expériences et tendant à modifier le système d'exploitation du sol, c'est le devoir de celui qui tient les mancherons de la charrue de soumettre ces théories à son examen par des essais culturaux, pour voir si les faits avancés sont exacts, si les méthodes proposées conviennent au pays, et au besoin pour y introduire les modifications nécessitées par le milieu.

C'est en vue de faciliter le contrôle des doctrines du D^r Wagner que je me suis permis d'exposer cette méthode d'expérimentation. J'ai d'ailleurs la certitude de me trouver en conformité d'idées avec lui, puisqu'il dit formellement quelque part : « *L'agriculteur doit* « *contrôler mes conclusions, contrôler mes conseils, au point de vue* « *de leur adaptation à ses conditions de milieu.* »

P. DE MALLIARD.



LA

FUMURE RATIONNELLE

DES PLANTES AGRICOLES

I^{re} CONFÉRENCE

Engrais azotés.

Au cours de ces dernières années, la doctrine des engrais a subi de très grandes modifications. Des découvertes scientifiques ont permis de donner une solution définitive à toute une série d'importantes questions ; elles nous ont amené à envisager la fumure des plantes agricoles sous un aspect nouveau et à formuler des règles à la fois neuves et précises.

La station agronomique de Darmstadt, elle aussi, a pris part à ces recherches. Nous avons fait ces années-ci un nombre considérable d'expériences soit sur des parcelles de terrain, soit dans des vases et ma tâche consiste à présent à vous exposer les résultats de nos travaux.

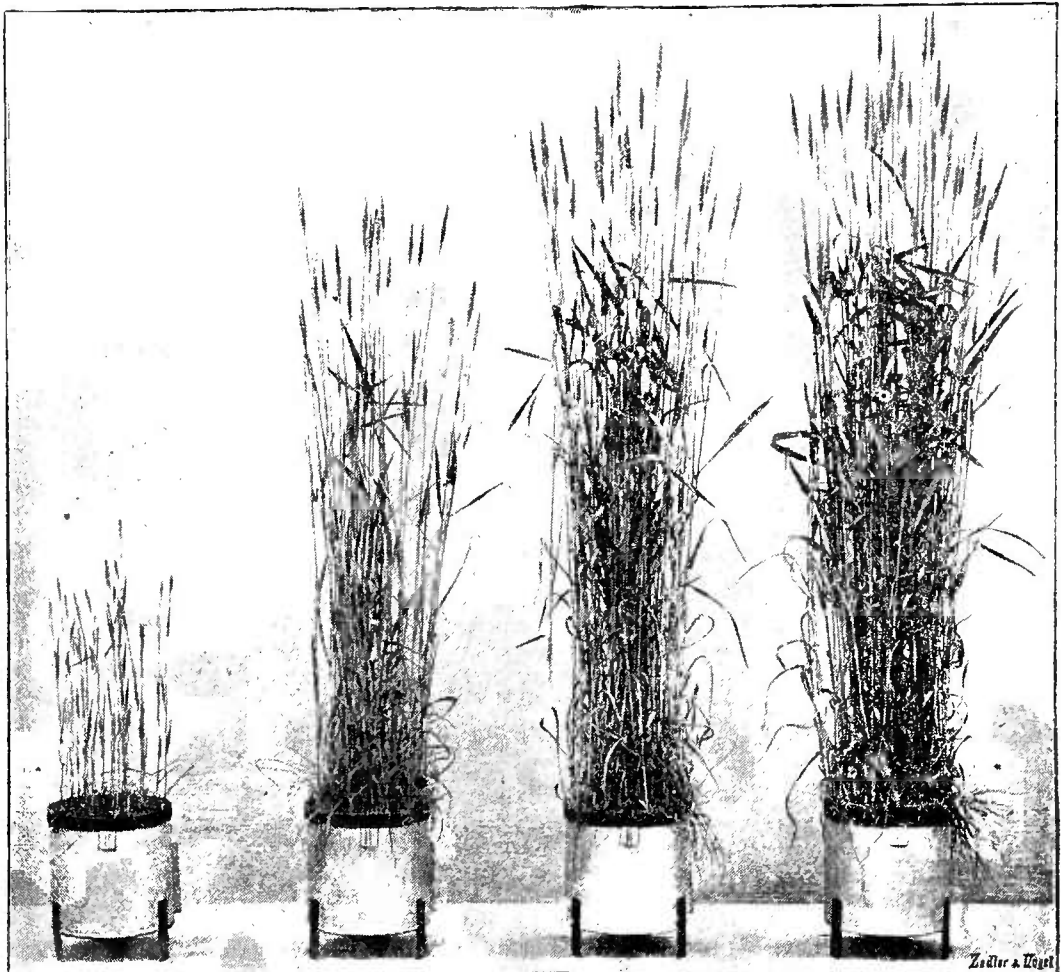
J'entre de suite dans mon sujet et je pose d'abord cette question :

A quelles plantes doit-on donner des nitrates ou des sels ammoniacaux, et à quelles plantes ces engrais ne conviennent-ils pas ?

Comme vous le savez, l'emploi des nitrates et du sulfate d'ammoniaque a pour effet d'augmenter les rendements ainsi que le produit net dans des proportions considérables. 50 kilogr. de nitrate de

soude produisent en moyenne un excédent de récolte égal à 175 kilogr. de grain avec 300 kilogr de paille, ou bien à 2 000 kilogr. de betteraves, 1300 kilogr. de pommes de terre. Mais la question est de savoir si toutes les plantes donnent de pareils excédents lors-

PLANCHE 1. — Effets de l'azote sur le blé.



I	II	III	IV
Engrais phosphaté et potassique <i>plus</i> 0 gr. azote.	Engrais phosphaté et potassique <i>plus</i> 1/2 gr. azote.	Engrais phosphaté et potassique <i>plus</i> 1 gr. azote.	Engrais phosphaté et potassique <i>plus</i> 1 gr. 1/2 azote.

qu'elles ont reçu une fumure d'azote nitrique ou ammoniacal. La réponse est *non*. Je vous prie de jeter les yeux sur ces photographies dont je vais maintenant vous fournir l'explication.

Voici d'abord la planche 1, qui vous représente du blé soumis à différents traitements. Les 4 vases représentés sur la figure ont été

remplis au printemps avec une terre pauvre en azote, à laquelle nous avons ajouté des engrais phosphaté et potassique en quantité suffisante. Au numéro I on n'a pas donné d'azote, aux 3 autres des doses graduées de 1/2 gr., 1 gr., 1 gr 1/2 d'azote sous forme de

PLANCHE 2. — Effets de l'azote sur l'avoine.



I	II	III	IV
Engrais phosphaté et potassique <i>plus</i> 0 gr. azote.	Engrais phosphaté et potassique <i>plus</i> 1/2 gr. azote.	Engrais phosphaté et potassique <i>plus</i> 1 gr. azote.	Engrais phosphaté et potassique <i>plus</i> 1 gr. 1/2 azote.

nitrate de soude. Vous m'avouerez qu'il y a une grande différence dans le développement des plantes soumises à ces différentes fumures. Dans le vase où manque l'engrais azoté, le blé est chétif, rabougri ; sa végétation est au contraire luxuriante dans le vase IV largement pourvu d'azote, presque aussi belle dans le vase III, tandis

que le vase II nous fait voir la plante dans un état de développement incomplet, corrélatif d'une fumure azotée insuffisante. Il est donc évident que la terre employée pour nos expériences est incapable de produire une abondante récolte de blé sans engrais azotés. Le sol manquant d'azote, les plantes ont dû jeûner, et c'est seulement avec une dose de 1 gr. 1/2 d'azote qu'il a été possible de les amener à produire leur rendement maximum.

La planche 2 met sous vos yeux des phénomènes identiques produits par les mêmes causes. Ici, c'est l'avoine qui a été choisie comme sujet d'expérience. Sans azote, et malgré la présence de quantités suffisantes d'acide phosphorique et de potasse, elle a donné un rendement dérisoire; avec une dose de 1/2 gr. elle est encore d'une mauvaise venue. Il faut employer 1 gr. 1/2 ou au moins 1 gr. pour lui faire produire une belle récolte.

La planche 3 vous montre quelque chose de tout différent. Des vases de mêmes dimensions que ceux employés pour les cultures de blé et d'avoine, ont été remplis avec de la terre de même provenance, fumés avec les mêmes engrais, semés en pois le même jour, bref, soumis exactement au même traitement. Et cependant quelle différence! Là où le blé et l'avoine ont poussé chétivement, faute d'azote, ainsi que nous l'ont prouvé les vases I des planches 1 et 2, les pois ont au contraire donné, sans le moindre apport d'azote, un très beau produit, et, ainsi que nous le montrent les vases 2, 3 et 4, une application de nitrate n'a augmenté le rendement que d'une façon tout à fait insensible.

La planche 4 nous montre le même phénomène. Nous avons cultivé des vesces exactement dans les mêmes conditions que les pois; le résultat s'est montré identique. Sans le moindre apport d'azote, les vesces ont développé la végétation la plus luxuriante; une fumure de nitrate de soude n'a pour ainsi dire produit aucun effet.

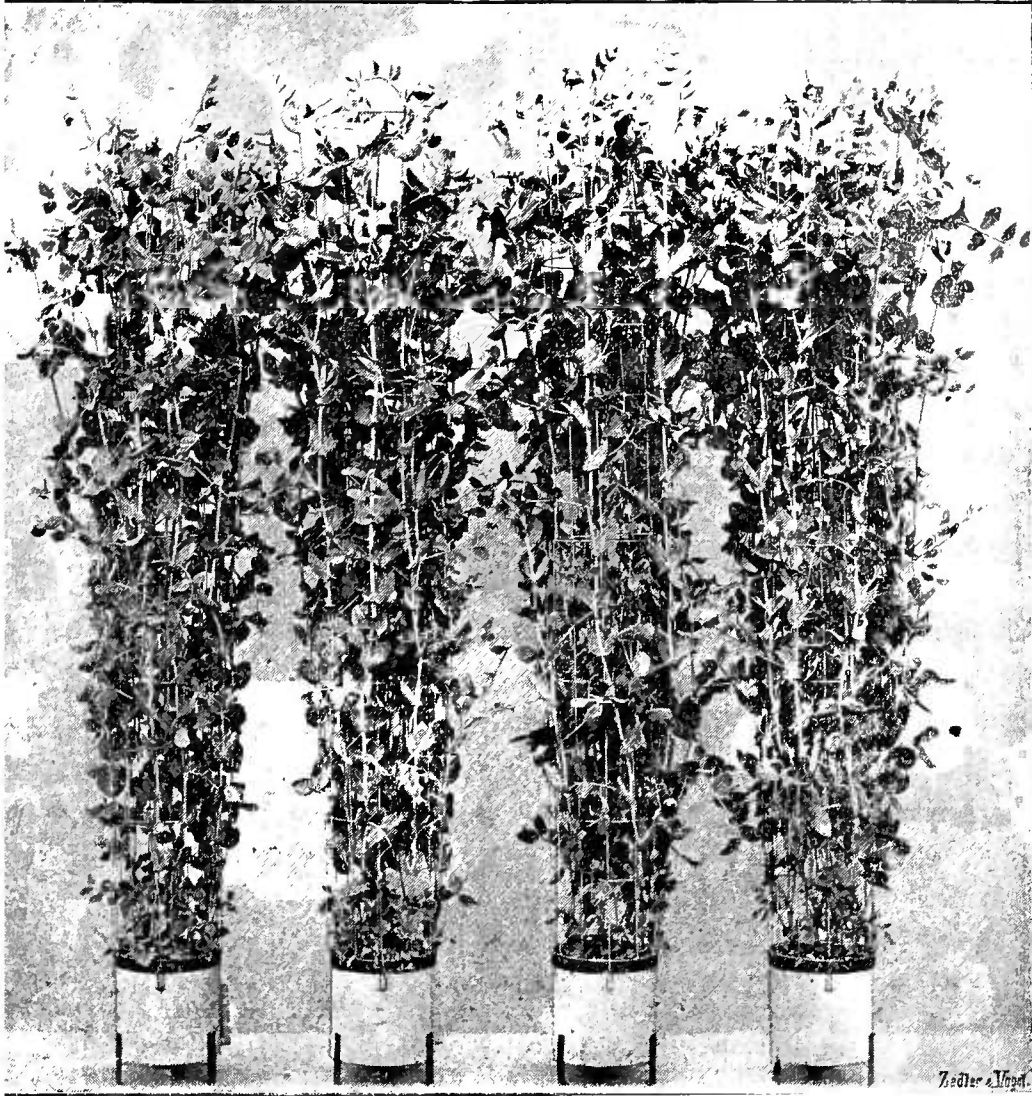
Comment expliquer cela? A quelle source les pois et les vesces ont-ils puisé l'azote que nous avons été forcé de donner au blé et à l'avoine sous forme de nitrate, pour en obtenir une récolte maxima?

Réponse :

DANS L'ATMOSPHERE.

Les expériences du professeur Hellriegel¹ ont prouvé d'une manière incontestable, ainsi que nous avons pu nous-même nous en rendre compte, que les pois, les vesces et toutes les plantes analogues

PLANCHE 3. — Effets de l'azote sur les pois.



I	II	III	IV
Engrais phosphaté et potassique <i>plus</i> 0 gr. azote.	Engrais phosphaté et potassique <i>plus</i> 1/2 gr. azote.	Engrais phosphaté et potassique <i>plus</i> 1 gr. azote.	Engrais phosphaté et potassique <i>plus</i> 1 gr. 1/2 azote.

nt à leur disposition l'azote de l'atmosphère, et peuvent se l'assimiler. Ce fait est d'une importance pratique considérable ; car en

1. Voir les *Annales*, t. I, 1890.

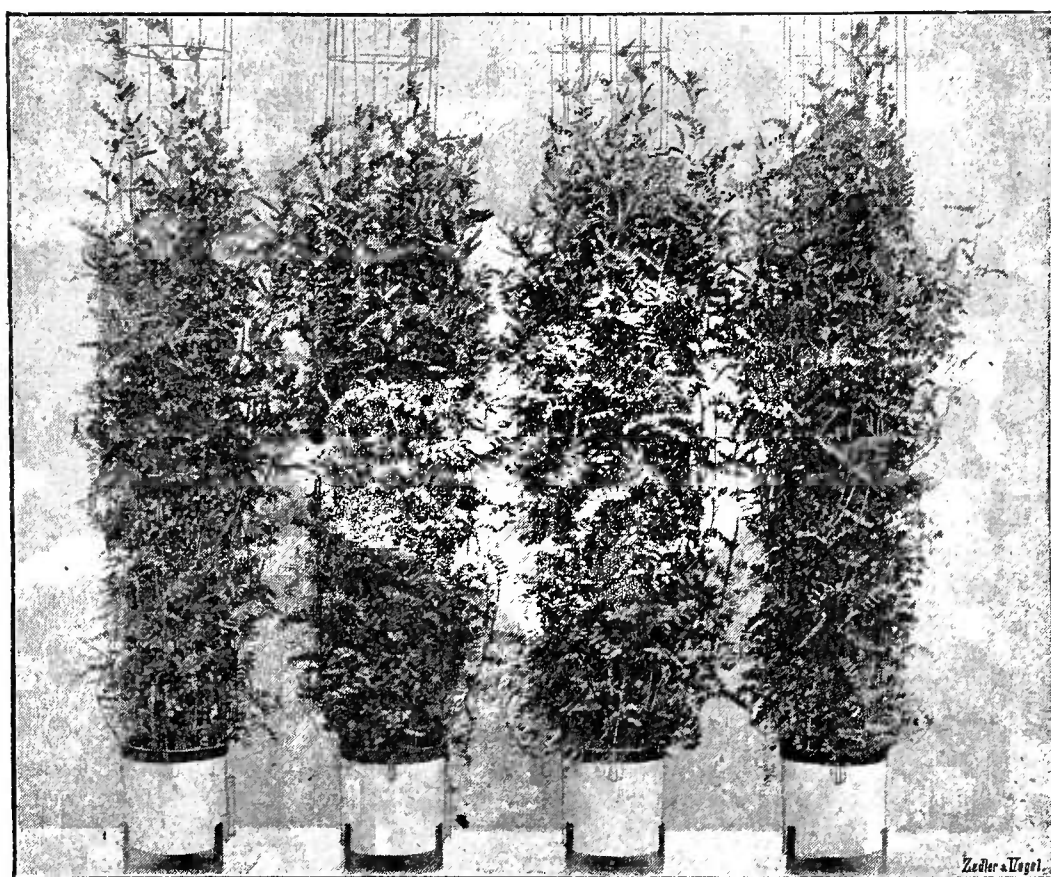
nous appuyant sur cette découverte, nous pouvons diviser les plantes agricoles en deux grandes catégories :

1° Les plantes qui employent pour leur alimentation l'azote contenu dans le *sol* et les *engrais* ;

2° Les plantes qui, en sus de l'azote du sol et des engrais, peuvent aussi utiliser l'*azote atmosphérique*.

Voilà qui est de la plus haute importance, car l'azote est le plus cher de tous les éléments nutritifs ; l'azote coûte deux et trois fois le prix de

PLANCHE 4. — Effets de l'azote sur les vesces.



I	II	III	IV
Engrais phosphaté et potassique <i>plus</i> 0 gr. azote.	Engrais phosphaté et potassique <i>plus</i> 1/2 gr. azote.	Engrais phosphaté et potassique <i>plus</i> 1 gr. azote.	Engrais phosphate et potassique <i>plus</i> 1 gr. 1/2 azote.

l'acide phosphorique et de la potasse. Si donc, il y a des plantes capables de prendre *dans l'atmosphère* cette substance très coûteuse, si l'atmosphère la leur livre *gratuitement*, ce serait à coup sûr faire preuve d'une prodigalité impardonnable que de vouloir fumer ces

plantes avec des nitrates ou du sulfate d'ammoniaque. En effet, c'est seulement dans des *cas exceptionnels*, lorsque le sol est *excessivement* pauvre en azote, qu'il est avantageux de donner aux pois, aux vesces, aux jeunes plantes de trèfle, etc., une faible dose de nitrate ou de sulfate d'ammoniaque pour hâter leur croissance.

Nous avons examiné un nombre considérable de plantes agricoles sous le rapport de leur aptitude à s'assimiler l'azote de l'air. Nous avons obtenu les résultats suivants :

Le blé, le seigle, l'avoine, l'orge, les pommes de terre, les betteraves, les carottes, les raves, le tabac, la vigne, la chicorée, le sarrasin, la moutarde, la spergule, sont *incapables* de prélever leur azote dans l'atmosphère. Ces plantes *consomment* l'azote du sol et des engrais, et vivent aux dépens du stock d'azote de la ferme. Nous les nommerons en conséquence *plantes consommatrices d'azote*. Nous devons donner à ces plantes d'abondantes fumures azotées, en vue d'obtenir des rendements maxima ou plutôt le maximum de produit net.

Mais à côté de ces plantes consommatrices d'azote, il y a une autre catégorie, celle des *plantes accumulatrices d'azote*. Les pois, les vesces, les lentilles, les lupins, la serradelle, toutes les variétés de trèfle, le sainfoin, la luzerne, toutes les papillonacées d'une façon générale, assimilent l'azote atmosphérique. Dans les conditions normales, elles n'ont pas besoin d'engrais azoté. Elles n'entament pas le stock d'azote de la ferme, ni les réserves de cette substance contenues dans le sol, mais elles concourent à l'accroissement de l'un et de l'autre. Elles prélèvent l'azote dans l'air et l'apportent au sol sous forme de racines, tiges et feuilles, à l'écurie sous forme de fourrage ; elles *accumulent* des trésors d'azote dans la ferme. Nous les nommerons en conséquence *plantes accumulatrices d'azote*.

Cette donnée si précise n'a été acquise qu'après bien des tâtonnements ; elle est de la plus grande valeur. La tâche qui nous incombe à l'égard de l'alimentation azotée des plantes agricoles est aujourd'hui nettement déterminée : nous devons donner des engrais azotés aux graminées, aux plantes-racines, aux tubercules, en un mot à toutes les plantes consommatrices d'azote citées plus haut, si nous voulons en obtenir des rendements maxima, si nous voulons réaliser le maximum de produit net. Tout l'azote nécessaire à ces plantes pour la

production des rendements maxima, doit leur être fourni par le *sol* et les *engrais*. Nous devons donc veiller à ce que l'azote ne leur fasse pas défaut, car une plante qui manque d'azote est incapable de donner un produit très élevé.

Mais notre tâche est plus vaste. Nous devons encore *réduire au minimum le prix de revient de l'azote* nécessaire aux plantes en question. Chez le marchand d'engrais, l'azote est d'un prix élevé ; il est, comme nous l'avons dit, le plus cher des éléments nutritifs ; tandis que l'atmosphère nous le donne *pour rien*. Nous n'avons qu'à le prendre, à le capturer ; nous payerons seulement ce que coûte sa capture. Et comme elle coûte peu, ainsi que nous le verrons, il s'ensuit qu'il est pécuniairement avantageux de prélever le plus d'azote possible dans l'atmosphère. Je dis « *le plus possible* », car l'on ne peut prendre dans l'air *tout* l'azote nécessaire ; cela ne réussit que dans des cas tout à fait exceptionnels. Nous ne saurions nous passer des nitrates et du sulfate d'ammoniaque si nous voulons obtenir des rendements maxima et le maximum de produit net.

Dans la mesure du possible, nous devons livrer aux graminées, aux pommes de terre, aux betteraves, au colza, l'*azote atmosphérique* à bon marché. Et puisque ces plantes sont incapables de le prendre elles-mêmes, nous devons *l'incorporer au sol* sous forme d'engrais. Est-ce possible ? Oui. Nous cultiverons du trèfle, de la luzerne, des vesces, que nous ferons consommer par le bétail. L'azote atmosphérique capturé par ces plantes se transformera en *engrais azoté* et passera dans le *fumier*. C'est sous cette forme que nous le porterons sur nos champs. Si donc, nous voulons capturer beaucoup d'azote atmosphérique, faisons beaucoup de fourrages, entretenons un nombreux bétail et produisons beaucoup de fumier.

Cela est-il applicable partout ? Non. Ou tout au moins, il y a des limites. La production fourragère et la production animale ne peuvent être développées à volonté. Mais il y a une autre voie qui conduit au même but : nous pouvons produire *directement sur notre champ* l'engrais azoté ; nous pouvons à la place du fumier ou en concurrence avec le fumier, produire des *engrais verts*. Pour cela il faut :

CULTIVER DES PLANTES ACCUMULATRICES D'AZOTE ET LES ENFOUIR DANS LE SOL.

On sème du lupin, de la serradelle ou du trèfle dans les céréales. Après la moisson, ces papillonacées se développent, puisent l'azote dans l'atmosphère, le transforment en substance végétale. Celle-ci enfouie dans la terre vers la fin de l'automne, se décompose et sert à l'alimentation de la culture suivante, pommes de terre, betteraves ou céréales.

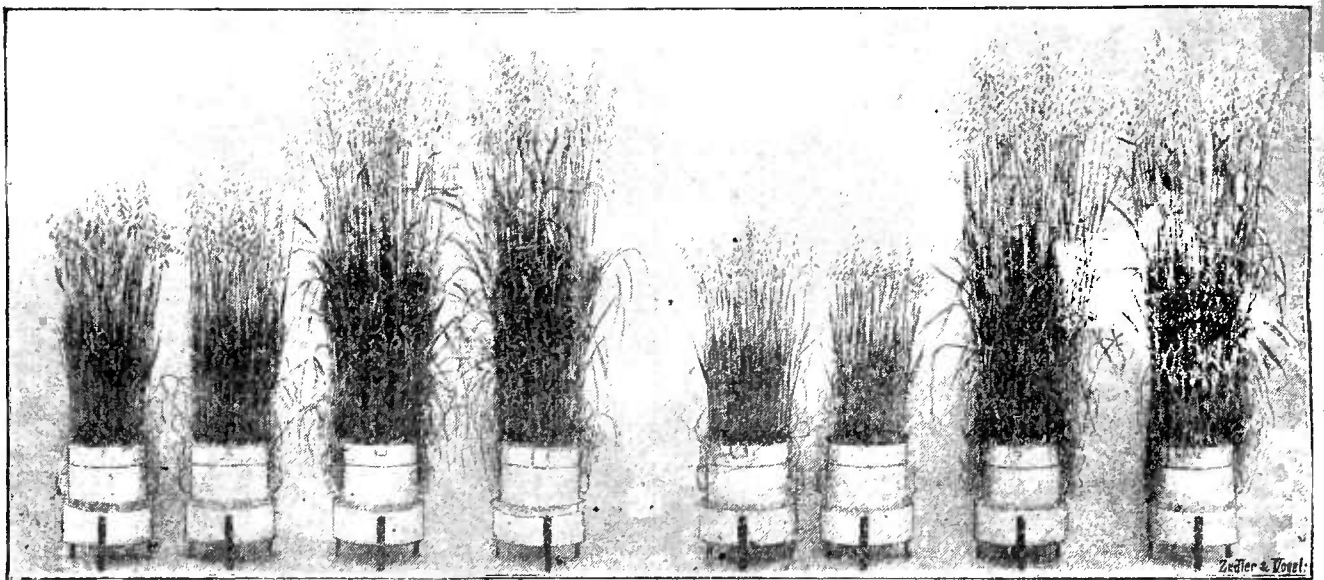
Lorsque la semence répandue dans les céréales est d'une mauvaise venue ou qu'on se trouve obligé pour une raison quelconque de recommencer *après* la moisson les semailles de papillonacées, il convient de donner sans retard un labour de déchaumage sur lequel on sème des vesces ou mieux encore un mélange de vesces et de pois ou des vesces d'automne (*Vicia sativa dura*) ou encore du trèfle incarnat. Toutes ces plantes sont enfouies à la fin de l'automne, ou si c'est du trèfle incarnat, au printemps seulement.

Je vais vous montrer, à l'aide de quelques photographies, les merveilleux effets des engrais verts cultivés dans des conditions favorables. En même temps, je vous ferai voir que LE SUCCÈS DES FUMURES VERTES DÉPEND BEAUCOUP DU CHOIX DES PLANTES, en d'autres termes, qu'il faut choisir des plantes réellement capables de soutirer à l'air des aliments azotés, et partant d'enrichir le sol.

Je vous prie d'examiner la planche 5. Cette planche vous montre l'effet des engrais verts comparé à celui d'une fumure de nitrate de soude. Les deux premiers vases n'ont pas reçu d'engrais azoté ; aussi, comme vous le voyez, l'avoine y est chétive. A chacun des deux vases suivants, on a donné 10 gr. de nitrate de soude. Vous voyez que cette fumure a pleinement agi. Le rendement en avoine est passé de 70 à 300. Plus loin viennent deux autres vases marqués III ; ils ont reçu des engrais verts. Nous les avons ensemencés en août avec de la moutarde blanche ; celle-ci a été coupée à la fin de l'automne et enfouie dans le sol. Au printemps suivant l'avoine a été semée. Vous voyez que cet engrais vert n'a produit *aucun* accroissement de récolte. Cela lui était d'ailleurs tout à fait impossible, car la moutarde blanche appartient au groupe des plantes qui vivent de l'azote fourni par le sol et les engrais, mais n'ont pas le pouvoir d'assimiler l'azote atmosphérique. La moutarde est donc tout à fait incapable d'augmenter la richesse du sol en azote. Examinez attentivement l'avoine

qui a succédé à cette moutarde blanche et comparez-la avec celle des vases I. Vous apercevez tout de suite, que non seulement la culture de la moutarde n'a pas fait augmenter la récolte, mais qu'elle l'a même fait *diminuer*. Cela s'explique d'ailleurs facilement. La moutarde, après avoir accaparé l'azote soluble contenu dans le sol, l'a transformé en azote organique insoluble ; par suite, l'assimilation de cet élément par les pieds d'avoine a été ralentie.

PLANCHE 5. — Effets comparés du nitrate de soude et des engrais verts sur l'avoine.



I
Engrais phosphaté et potassique *sans* azote.

II
Engrais phosphaté et potassique *avec* azote. (10 gr. de nitrate de soude par vase.)

III
Engrais phosphaté et potassique *sans* azote.
En automne, on a cultivé sur ces vases de la *moutarde* blanche qui a été enfouie en vert à l'entrée de l'hiver.

IV
Engrais phosphaté et potassique *sans* azote.
En automne, on a cultivé sur ces vases des *vesces* qui ont été enfouies en vert à l'entrée de l'hiver.

En revanche, les vesces cultivées comme engrais verts ont donné un tout autre résultat, ainsi que les deux derniers vases vous permettent de le constater. Les vesces ont pris l'azote dans l'air, ont transformé cet azote atmosphérique en matière organique, en tiges, feuilles et racines. Cette matière, enfouie dans le sol, s'est désorganisée et a nitrifié. A la suite de ces phénomènes, la végétation a été si active que l'avoine fumée avec des vesces ne diffère de celle

fumée avec 10 gr. de nitrate de soude que d'une quantité presque imperceptible.

Sur la planche 6 vous voyez des résultats identiques.

La fumure verte de *lupins* (vases II), la fumure verte de *pois* (vases IV), ont donné toutes deux, par rapport aux vases I, des excédents de récolte tout à fait merveilleux ; tandis que l'enfouissement du *sarrasin* cultivé comme engrais vert (vases III) n'a produit *aucun* excédent. C'est que le sarrasin appartient aux groupes des plantes qui n'ont pas le pouvoir d'assimiler l'azote atmosphérique.

PLANCHE 6. — Effets de différents engrais verts sur l'avoine.



I

Engrais phosphaté et potassique sans azote.

II

Engrais phosphaté et potassique sans azote.

En automne, on a cultivé sur ces vases des *lupins* qui ont été enfouis en vert à l'entrée de l'hiver.

III

Engrais phosphaté et potassique sans azote.

En automne, on a cultivé sur ces vases du *sarrasin* qui a été enfoui en vert à l'entrée de l'hiver.

IV

Engrais phosphaté et potassique sans azote.

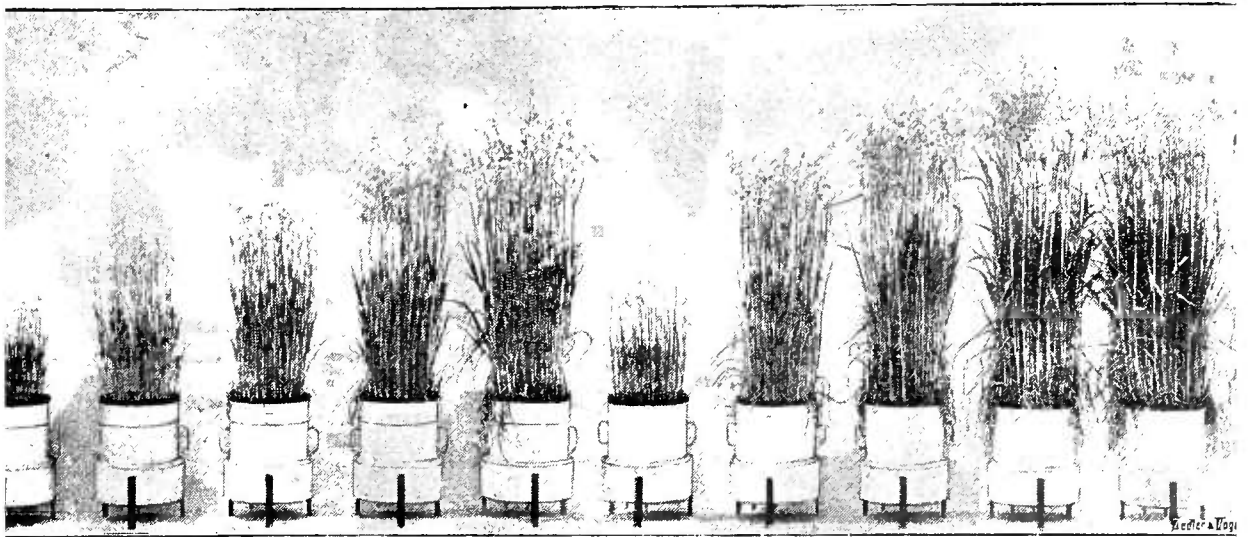
En automne, on a cultivé sur ces vases des *pois* qui ont été enfouis en vert à l'entrée de l'hiver.

Ces expériences vous prouvent donc d'une façon évidente que nous sommes en mesure d'alimenter économiquement avec les engrais verts, c'est-à-dire avec l'azote de l'air, les plantes incapables de prendre elles-mêmes cet azote dans l'atmosphère. C'est toutefois à la condition que nous emploierons comme engrais verts des plantes *réellement accumulatrices d'azote*, des lupins, des pois, des trèfles, des fèves, de la serradelle, des vesces, etc., et non pas des plantes

telles que la moutarde, le sarrasin, le colza, etc., qui ont elles-mêmes besoin d'engrais azotés.

La moutarde, le sarrasin, le colza sont de mauvais engrais verts ; ils ne poussent que s'ils sont fumés avec de l'azote. Les semer à l'automne en culture dérobée, les fumer avec du nitrate, et les enfouir ensuite dans le sol en guise d'engrais verts, comme on l'a souvent conseillé, est une pratique tout à fait *désavantageuse*, ainsi qu'il res-

PLANCHE 7. — Effets de l'azote et des engrais verts sur l'avoine.



I					II				
gr.	1/2 gr.	1 gr.	1 gr. 1/2	2 gr.	0 gr.	1/2 gr.	1 gr.	1 gr. 1/2	2 gr.
de	d'azote.	d'azote.	d'azote.	d'azote.	d'azote.	d'azote.	d'azote.	d'azote.	d'azote.

L'azote a été donné en automne sous forme de nitrate de soude à la moutarde blanche cultivée sur ces cases. La moutarde fut semée le 14 août 1888, coupée et enfouie dans la terre le 26 septembre. Au printemps 1889 on sema l'avoine.

L'azote a été donné directement à l'avoine au moment des semailles sous forme de nitrate de soude.

sort de nos expériences, car ils engagent le nitrate, substance soluble, dans des combinaisons qui n'entrent en action que très lentement. C'est ce que vous voyez en jetant les yeux sur la planche 7

La planche 7 vous montre une progression de rendement d'avoine obtenue par des doses croissantes d'azote nitrique : 0^{gr}5, 1 gr., 1^{gr}5, 2 gr. Vous voyez avec quelle régularité et quelle précision l'avoine s'est développée proportionnellement à la dose de nitrate. Mais vous remarquez aussi, du premier coup d'œil, que la série de gauche est sensiblement moins développée que la série placée à droite.

D'où cela vient-il? Tout simplement de ce fait que dans la série I l'avoine n'a pas reçu directement le nitrate, mais que cette substance a été donnée à la moutarde semée dans les vases au mois d'août de l'année précédente et enfouie en automne ; tandis que dans la série II l'avoine a reçu directement le nitrate au printemps, à l'époque des semailles.

Ainsi donc, l'azote nitrique donné *directement* à l'avoine a *beaucoup mieux* agi que celui qu'elle a reçu indirectement, c'est-à-dire par l'intermédiaire de la moutarde cultivée comme engrais vert.

Passons à une autre question.

Je vous ai cité au début quelques chiffres que je considère comme les excédents de récolte produits par une fumure de 50 kilogr. de nitrate appliquée sur les céréales, les pommes de terre ou les betteraves. Posons-nous maintenant la question suivante :

OBTIENDRA-T-ON CES EXCÉDENTS DE RÉCOLTE EN TOUTE CIRCONSTANCE PAR L'APPLICATION D'UNE FUMURE DE NITRATE ?

Je répondrai : *non*. On n'obtiendra pas ces excédents de récolte en toute circonstance. On les obtiendra seulement lorsque les conditions nécessaires aux nitrates pour produire le maximum d'effet, se trouveront réalisées. Et quelles sont ces conditions? Je vous citerai les principales :

Une quantité d'*eau* suffisante,

Une quantité d'*acide phosphorique* suffisante,

Une quantité de *potasse* suffisante.

Ces conditions peuvent-elles être réalisées partout? Oui, au moins en ce qui concerne les deux dernières. Pour la fourniture de l'eau, il faut s'en remettre à la nature ; l'agriculteur n'y peut presque rien.

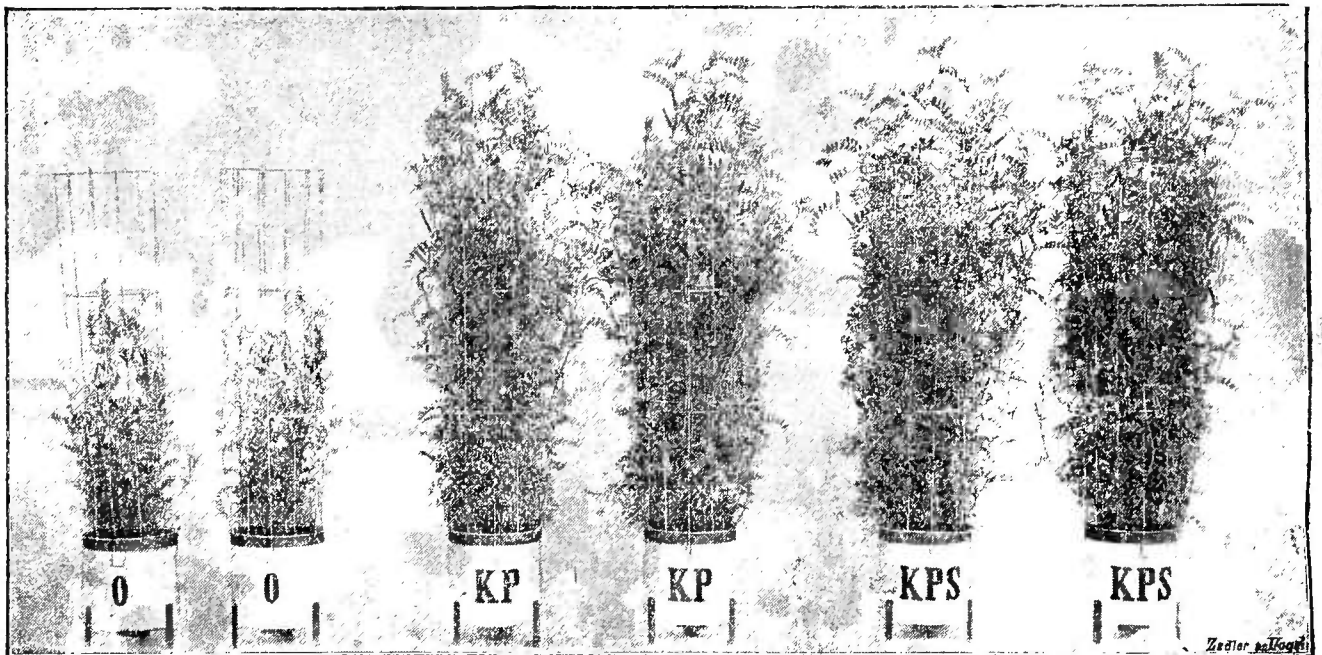
Il est de la plus haute importance que les plantes aient de l'acide phosphorique et de la potasse à discrétion. Donnez aux céréales, aux pommes de terre, aux betteraves, etc., une fumure d'azote sous forme de nitrate ou de sulfate d'ammoniaque, elle ne produira *aucun* effet si le sol manque de potasse et d'acide phosphorique. Cette précieuse substance sera perdue. Cultivez-vous des engrais verts, cultivez-vous de la luzerne, de la serradelle, des vesces, des pois, etc., ces plantes ne vous accumuleront pas d'azote, et leur végétation sera souffreteuse, si le sol manque de potasse et d'acide phosphorique.

Cultivez-vous du trèfle, de la luzerne, du sainfoin, etc., ces plantes ne seront pas en mesure d'exploiter l'azote de l'atmosphère, cette mine inépuisable et gratuite, si vous les privez de potasse et d'acide phosphorique. Vos prairies artificielles ne produiront que de maigres récoltes, si vous ne veillez à ce que le sol de ces prairies, qui est en général livré au pillage, renferme une réserve convenable de potasse et d'acide phosphorique.

Je puis vous montrer une photographie d'expériences concernant cette importante question des ENGRAIS PHOSPHO-POTASSIQUES.

Je vous prie d'examiner les planches 8 et 9.

PLANCHE 8. — Effets des engrais phospho-potassiques sur les vesces.



I
Sans engrais.

II
Engrais phosphaté
et potassique
sans azote.

III
Engrais phosphaté
et potassique
avec azote.

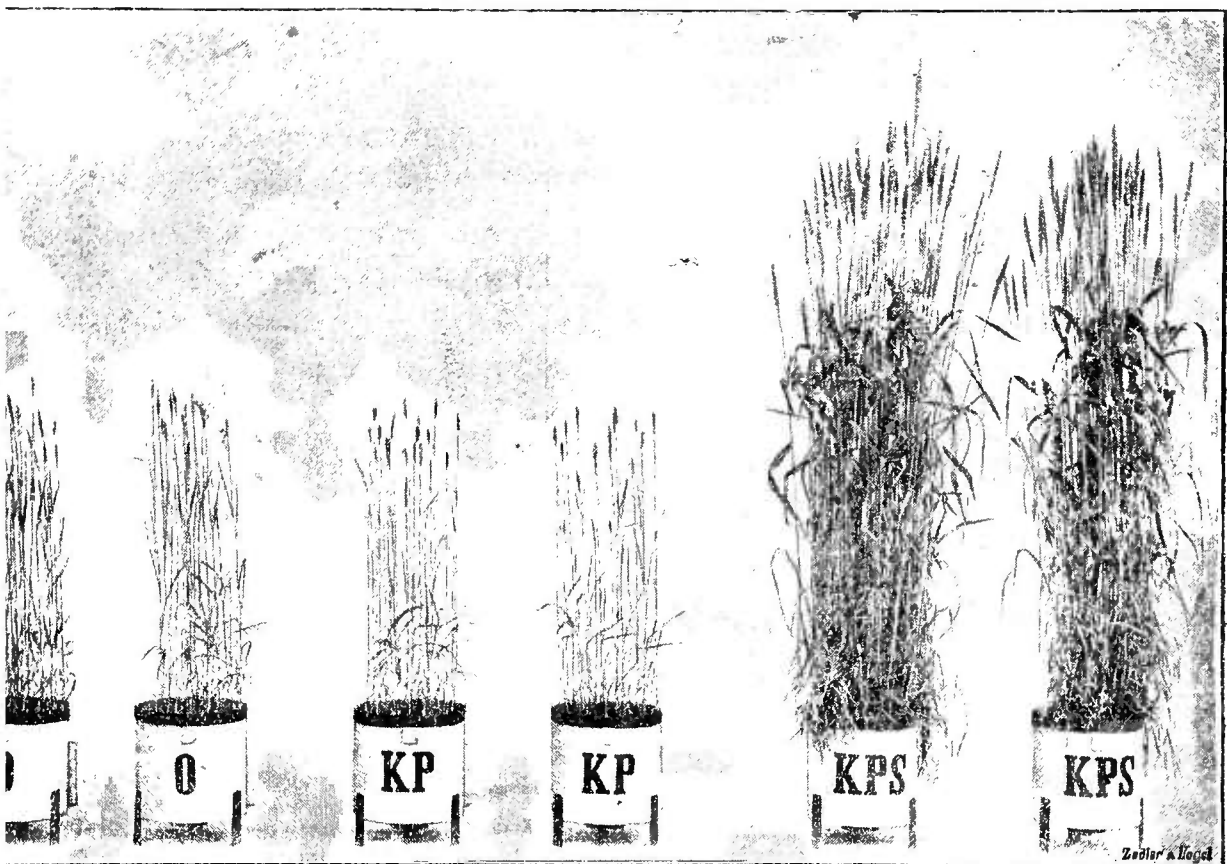
Sur ces planches, vous voyez deux séries d'expériences qui ont été faites les unes avec des pois, les autres avec de l'avoine. Sol, fumure, jour des semilles, tout est identique dans les deux séries.

Les vases I n'ont reçu aucun engrais ; ceux marqués II ont reçu de la potasse et de l'acide phosphorique ; ceux enfin de la série III, de la potasse, de l'acide phosphorique, de l'azote.

Voulez-vous maintenant avoir la bonté de considérer l'effet de ces fumures. Le blé, comme vous le voyez, a poussé avec peine dans les vases sans engrais ; de même dans les vases fumés avec la potasse et l'acide phosphorique. Par contre, l'azote joint à l'engrais phospho-potassique lui a fait produire un excédent de récolte énorme.

Les expériences faites avec les vesces ont donné des résultats tout

PLANCHE 9. — Effets des engrais phospho-potassiques sur le blé.



I

Sans engrais.

II

Engrais phosphaté
et potassique
sans azote.

III

Engrais phosphaté
et potassique
avec azote.

différents. Tandis que l'engrais phospho-potassique n'a pu agir sur le blé en l'absence de l'azote, *les inépuisables réserves d'azote de l'atmosphère* étaient à la disposition des vesces *non fumées*. Il ne leur manquait que l'engrais phospho-potassique pour pouvoir puiser dans ce réservoir et produire une récolte très abondante, comme vous le voyez. Le nitrate ne leur était pas nécessaire ; il n'a produit

pour ainsi dire aucun effet, comme vous pouvez en juger par les deux vases marqués III.

J'estime que les résultats placés sous vos yeux par ces deux dernières séries d'expériences sont d'une haute importance. Car, de même que les vesces ont été mises en mesure par les engrais potassiques et phosphatés réunis, de prélever dans l'atmosphère de grandes quantités d'azote et de produire une abondante végétation, de même se comportent les pois, les lupins, les trèfles, la serradelle, la luzerne, le sainfoin, etc. Toutes ces plantes accumulatrices d'azote, si utiles à l'agriculture, absorbent d'autant plus volontiers l'azote atmosphérique, et le transforment d'autant plus vite en matière organique, qu'elles sont plus tôt et plus abondamment rassasiées d'acide phosphorique et de potasse. De même, les céréales, les betteraves, les pommes de terre, le colza, etc., transforment d'autant plus vite et d'autant plus complètement l'azote du sol, du fumier, des engrais verts, des nitrates ou du sulfate d'ammoniaque, qu'on les laisse moins manquer de potasse et d'acide phosphorique.

Les planches 8 et 9 nous montrent aussi très nettement les effets que produisent les engrais phospho-potassiques sur les *prairies*. Vous avez vu sur ce tableau que les engrais phospho-potassiques, *faute d'un apport d'azote, n'agissent pas sur le blé* qui appartient, comme vous le savez, à la famille des graminées, tandis qu'ils ont une *grande* influence sur le développement des *vesces*, même en l'absence de toute matière nutritive azotée. Ces dernières plantes font partie, comme vous le savez aussi, de la famille des papillonacées. L'image qui s'offre à vos yeux lorsque vous fumez une prairie avec des engrais phospho-potassiques est exactement la même. Dès la première année, on peut constater l'effet de la fumure : les papillonacées, les *vesces*, les *trèfles* de la prairie ont une végétation luxuriante et prennent le dessus sur les graminées insensibles à l'action de l'engrais phospho-potassique. Mais si vous répandez en même temps des *matières azotées*, du purin, des composts, des nitrates, du sulfate d'ammoniaque, alors les *graminées* croissent avec vigueur. Une prairie épuisée qui ne produit plus que de maigres herbes, de la bruyère, des fougères, etc., peut devenir plantureuse et riche en trèfle par l'application réitérée de fumures potassiques et phospho-

tées. Lorsque j'émis cette opinion, il y a déjà plusieurs années, qu'une fumure phospho-potassique pourrait faire dominer les trèfles dans une prairie à peu près exclusivement composée de graminées, on ne se laissa pas complètement persuader. Mais à présent c'est un fait reconnu et confirmé par les résultats de la pratique. Ces engrais phospho-potassiques s'appliquent en couverture sur les prairies.

Je me résume :

Pour mettre les plantes agricoles en mesure d'utiliser l'azote du sol, du fumier, des engrais verts, des *nitrates*, du *sulfate d'ammoniaque*, etc., et pour qu'elles donnent des rendements maxima, il faut veiller à ce que ni la *potasse*, ni l'*acide phosphorique* ne leur fassent défaut. Il faut en particulier enrichir la terre par de fortes fumures d'acide phosphorique jusqu'à ce qu'elle en possède un excédent convenable, en d'autres termes, jusqu'à ce qu'elle contienne *un stock d'acide phosphorique facilement assimilable, suffisant pour l'obtention d'une récolte maxima*. Ce stock doit être entretenu par des apports d'acide phosphorique proportionnés à la consommation qui en est faite par les plantes.

Mais il convient d'employer l'acide phosphorique sous la forme la *moins coûteuse*, car c'est le devoir de tout agriculteur d'obtenir des récoltes maxima, tout en réduisant les dépenses au minimum. J'essaierai dans ma prochaine conférence d'élucider cette question.

II^e CONFÉRENCE

Engrais phosphatés.

Toutes les fois qu'il s'agit d'engrais, la première chose à considérer c'est le *prix de revient*. De même que nous devons employer l'azote le moins cher, l'azote atmosphérique par conséquent, pour augmenter le capital engrais de notre ferme en réduisant la dépense au minimum, de même nous devons aussi nous demander :

COMMENT SE PROCURE-T-ON L'ACIDE PHOSPHORIQUE LE PLUS ÉCONOMIQUEMENT ?

Permettez-moi de traiter cette question devant vous.

Si nous parcourons les prix courants des marchands d'engrais,

nous voyons que le kilogramme d'acide phosphorique sous forme de scories de déphosphoration finement pulvérisées coûte environ un quart du prix qu'on le paie dans les superphosphates. Son prix dans les poudres d'os est intermédiaire entre les deux précédents. Sous laquelle de ces trois formes est-il le plus avantageux d'acheter l'acide phosphorique ?

Pour répondre à cette question, il est indispensable de connaître le mode d'action de l'acide phosphorique des scories de déphosphoration et de la poudre d'os comparé à celui de l'acide phosphorique plus assimilable du superphosphate ; car le prix de l'acide phosphorique est basé sur son degré d'assimilabilité. Un phosphate qui doit séjourner une dizaine d'années dans le sol pour être totalement assimilé par les plantes, a naturellement bien moins de valeur qu'un phosphate « très soluble » et immédiatement assimilable.

Ainsi que vous le savez, nous avons fait l'an dernier à la Station agronomique de Darmstadt, un nombre considérable d'expériences dans le but d'obtenir la solution de cette question : combien de temps faut-il respectivement à la poudre d'os, aux scories de déphosphoration et au superphosphate, pour entrer en action dans une terre normale ? Dans mes différentes publications, vous trouverez des détails complets sur les résultats de ces expériences. Je vous en donnerai seulement un court résumé. Dans toutes les expériences faites avec des poudres d'os dégélatinés, de composition normale et de finesse différente, nous avons invariablement constaté que l'acide phosphorique de ce produit est moins rapidement assimilable que celui des scories de déphosphoration. Si donc, ainsi qu'il en est du reste en réalité, l'acide phosphorique coûte moins cher sous forme de scories de déphosphoration, et si, de plus, l'acide phosphorique de ces scories est plus rapidement assimilable, il faut considérer le prix de revient de l'acide phosphorique des poudres d'os comme étant le plus élevé. Partant, il n'est pas avantageux d'acheter des poudres d'os, puisqu'on peut se procurer à *meilleur marché* de l'acide phosphorique sous forme de scories de déphosphoration.

Ce fait que nous venons d'établir, à savoir la lente assimilation de l'acide phosphorique des poudres d'os, concorde d'ailleurs parfaitement avec les résultats obtenus dans la pratique. A la vérité, il n'y a

pas de champs d'expériences qui puisse nous donner une réponse catégorique sur cette question ; mais tout agriculteur qui a observé avec soin la manière dont se comporte la poudre d'os, sait que son action est de longue durée. Il sait, par exemple, qu'une fumure de poudre d'os donnée à une luzernière se fait encore sentir la 3^e, la 4^e et même la 5^e année. Un agriculteur de la province de Saxe, qui visitait l'été dernier nos expériences en cours, nous racontait à titre d'exemple qu'il avait fumé sa terre en 1886 avec 400 kilogr. de poudre d'os par hectare. N'ayant constaté aucun effet, il renouvela la dose en 1887. Cette fois encore le résultat fut peu satisfaisant ; il en conclut que les besoins de son sol en acide phosphorique étaient nuls. Mais c'était là une erreur ; car en 1888 et en 1889, l'action de la poudre d'os se fit nettement sentir sur les parcelles fumées pendant les deux années précédentes. Ce résultat concorde parfaitement avec ceux de nos recherches personnelles. C'est seulement après un long séjour dans le sol, que l'action de l'acide phosphorique des poudres d'os se fait nettement sentir, tandis que l'azote de ce produit entre bien plus tôt en jeu.

A titre d'exemple, je vous donnerai les résultats de quelques-unes de nos expériences :

I. — En 1889, un seigle sur lequel on avait semé du trèfle a donné les rendements suivants en champ d'expérience, sur un sol silico-argileux (*lehm sablonneux*).

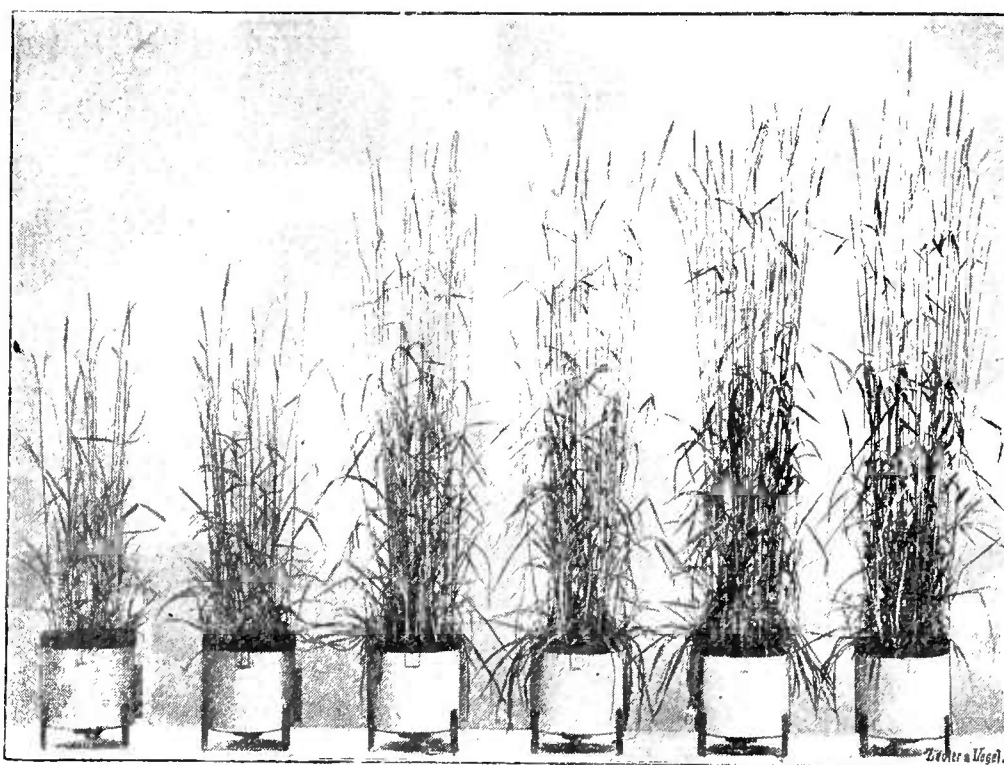
	GRAIN et paille.
Avec l'acide phosphorique sous forme de superphosphate.	100
Avec une dose égale d'acide phosphorique, sous forme de scories de déphosphoration.	59
Avec une dose égale d'acide phosphorique, sous forme de poudre d'os.	2

II. — Expériences dans des vases avec de la terre franche (*lehm*).

	GRAIN et paille.	
1 ^{re} année	Avec l'acide phosphorique sous forme de superphosphate	100
	Avec une dose égale d'acide phosphorique, sous forme de poudre d'os.	5
2 ^e année.	Avec l'acide phosphorique sous forme de superphosphate	100
	Avec une dose égale d'acide phosphorique, sous forme de poudre d'os.	15
3 ^e année.	Avec l'acide phosphorique sous forme de superphosphate.	100
	Avec une dose égale d'acide phosphorique, sous forme de poudre d'os.	17

L'acide phosphorique sous forme de poudre d'os est donc lentement entré en action. La première année, il n'a presque pas agi ; la 2^e et la 3^e, un peu mieux. Au contraire, dès la première année, deux parties d'acide phosphorique sous forme de scories de déphosphoration ont engendré sensiblement le même excédent de récolte qu'une partie d'acide phosphorique de superphosphate.

PLANCHE 10. — Effets de l'acide phosphorique sur le seigle.



I
Sans engrais phosphaté.

II
Fumé avec 1 partie d'acide phosphorique
sous forme de superphosphate,
en automne.

III
au printemps.

Je peux vous mettre sous les yeux une image très nette de l'action comparée du superphosphate et des scories de déphosphoration. Je vous prie d'examiner les cultures de seigle de printemps représentées sur les planches 10 et 11.

Tous les vases que vous voyez sur cette planche ont été remplis avec une terre franche assez riche en azote et en potasse pour produire une récolte maxima. Dans les deux premiers vases marqués I, le seigle est très chétif ; l'acide phosphorique lui a fait défaut. Les deux

Les suivants, marqués II, ont reçu en *automne* une fumure de 1 partie d'acide phosphorique sous forme de *superphosphate* et les deux autres, marqués III, ont reçu la *même dose* au *printemps*. Vous voyez qu'à la suite de cette application d'acide phosphorique, le seigle est devenu superbe. Comme vous pouvez en juger, sur une terre naturellement riche en azote et en potasse, on obtient une augmen-

PLANCHE 11. — Effets de l'acide phosphorique sur le seigle.



I
sans engrais phosphaté.

II
Fumé avec 2 parties d'acide phosphorique
sous forme de scories de déphosphoration,
en automne.

III
au printemps.

tion de rendement tout à fait extraordinaire par l'emploi *exclusif* d'engrais phosphatés. Remarquez en même temps que l'application de *superphosphate* au *printemps* a un peu mieux réussi que celle faite en *automne*. Ceci est d'ailleurs très facile à expliquer : lorsque l'acide phosphorique soluble se trouve en contact dans le sol avec la chaux, l'argile, le fer, etc., il devient moins soluble, il « rétrograde ». La conséquence de ce phénomène est qu'une application de *superphosphate* faite en automne agit toujours un peu plus lentement que

lorsqu'elle a lieu au printemps ; à condition toutefois que cet engrais soit enterré à une *profondeur* suffisante. Du reste, comme vous le voyez, les différences entre les fumures d'automne et de printemps ne sont pas très considérables.

Comparez maintenant la série d'expériences que nous venons d'examiner avec celle de la planche 11 qui se distingue de la précédente simplement en ceci, que 1 partie d'acide phosphorique sous forme de superphosphate a été remplacée par 2 parties d'acide phosphorique sous forme de scories de déphosphoration. Vous constaterez deux choses différentes :

1° Avec 2 parties d'acide phosphorique de scories de déphosphoration on a obtenu un rendement un peu plus élevé qu'avec 1 partie d'acide phosphorique de superphosphate ;

2° L'application de scories de déphosphoration en automne a un peu mieux agi que celle faite au printemps. Mais ici, comme pour le superphosphate, les différences entre les fumures de printemps et d'automne sont très faibles.

Je pourrais vous donner des quantités de chiffres pour expliquer les modes d'action respectifs des scories de déphosphoration et du superphosphate, mais je n'abuserai pas de votre patience. Ces chiffres vous les trouverez dans les ouvrages plus détaillés que j'ai publiés sur la question.

Nous alignerons cependant quelques chiffres. Nous examinerons, en nous appuyant sur les résultats de nos expériences, s'il est avantageux, et dans quelles conditions il est avantageux, d'employer des scories de déphosphoration achetées au cours actuel.

Le kilogramme d'acide phosphorique soluble dans l'eau coûte aujourd'hui en moyenne 0 fr. 56 c. ; le kilogramme sous forme de scories de déphosphoration 0 fr. 14 c. Donc, on peut avoir pour 100 fr. :

	KILOGR.
Acide phosphorique sous forme de superphosphate.	175
Acide phosphorique sous forme de scories de déphosphoration.	714

Eh bien, supposons que vous fumiez un champ d'une superficie de 4 hectares avec vos 175 kilogr. d'acide phosphorique de superphosphate, que vous en fumiez un second d'égale contenance avec

714 kilogr. d'acide phosphorique de scories de déphosphoration, et que vous lesensemenciez tous deux avec de l'avoine et du trèfle. Les frais de fumure sont égaux de part et d'autre. Quel sera le résultat ?

Les 714 kilogr. d'acide phosphorique de scories, quoique moins solubles, produiront-ils sur l'avoine le même effet que les 175 kilogr. d'acide phosphorique très assimilable du superphosphate ? Oui. En se basant sur les résultats des très nombreuses expériences que nous avons faites avec les plantes et les terres les plus diverses, on peut admettre en toute assurance, que les 714 kilogr. d'acide phosphorique sous forme de scories produiront, dès la première année, plus d'effet que la fumure de superphosphate qui est quatre fois moins forte.

Continuons notre calcul.

Supposons que l'excédent de récolte d'avoine produit par la fumure intensive que nous avons donnée ait consommé 100 kilogr. d'acide phosphorique. Le superphosphate ayant fourni 100 kilogr. d'acide phosphorique, et les scories en ayant livré une dose égale, combien reste-t-il de notre apport d'engrais phosphatés sur chacune des deux parcelles du champ d'expériences ? Réponse : Sur la parcelle fumée avec 175 kilogr. d'acide phosphorique de superphosphate, il reste 75 kilogr. d'acide phosphorique ; sur celle fumée avec 714 kilogr. d'acide phosphorique de scories de déphosphoration, il reste 614 kilogr. d'acide phosphorique. Et maintenant dites-moi : ces 614 kilogr. d'acide phosphorique sous forme de scories de déphosphoration n'exercent-ils pas sur le trèfle qui succédera à l'avoine, une action plus intensive que les 75 kilogr. d'acide phosphorique sous forme de superphosphate ? Très certainement. Le trèfle donnera une récolte plus abondante sur la parcelle à scories de déphosphoration que sur celle à superphosphate. Cette *action postérieure* sur les récoltes suivantes, cet *enrichissement* du sol en acide phosphorique assimilable par les scories de déphosphoration, constitue un sérieux avantage. A frais égaux, la durée d'action de cet engrais lui crée une supériorité sur le superphosphate.

Voulez-vous enrichir votre terre, la pourvoir de réserves d'acide phosphorique qu'utiliseront les prairies temporaires, les herbages,

la vigne, ou les arbres fruitiers, aucun phosphate ne s'y prête mieux que les scories de déphosphoration.

Laissez-moi vous donner un exemple : supposons qu'il s'agisse de créer une luzernière et de la pourvoir d'acide phosphorique pour quatre années environ. J'admets que dans ce but 200 kilogr. d'acide phosphorique par hectare soient nécessaires. Donneriez-vous ces 200 kilogr. d'acide phosphorique sous forme de superphosphate ? Non, cela ne serait pas rationnel. La fumure serait beaucoup trop concentrée. Elle serait peut-être même nuisible la première année et ensuite, au cours de la 3^e et de la 4^e année, la luzerne manquerait d'acide phosphorique. Car pendant la première année, les plantes gaspilleraient l'acide phosphorique et s'en satureraient sans donner pour autant un excédent de récolte proportionné à la dépense.

Mais vous pouvez sans hésitation confier au sol 200 kilogr. d'acide phosphorique sous forme de *scories de déphosphoration*. Cette matière ne causera aucun préjudice aux plantes ; elles ne prendront pas trop d'acide phosphorique la première année. Les scories de déphosphoration entrent graduellement en action, de sorte que la luzerne est alimentée d'acide phosphorique d'une façon régulière pendant quatre ans. Et *les frais de cette fumure ne s'élèvent qu'au quart de ceux de la fumure au superphosphate*.

Dans bien des cas, en agriculture, on ne tient pas à ce que la fumure d'acide phosphorique agisse immédiatement ; dans bien des cas, il n'est pas nécessaire que l'acide phosphorique soit donné sous une forme soluble dans l'eau. On peut alors employer avec avantage les scories de déphosphoration qui sont d'une assimilation plus lente et, par suite, d'un prix moins élevé.

Supposons que vous possédiez une terre dont les récoltes exportent annuellement 50 kilogr. d'acide phosphorique par hectare. Si vous voulez que sa fertilité ne diminue pas, il faut lui restituer par la fumure les 50 kilogr. d'acide phosphorique qui lui sont enlevés tous les ans. Mais est-il indispensable que ces 50 kilogr. d'acide phosphorique soient donnés sous une forme *immédiatement assimilable*, sous forme de *superphosphate* ? Non, au moins pas dans tous les cas. Cela dépend de la richesse de la terre.

Avez-vous affaire à un sol *riche* ou bien à un sol enrichi par

d'abondantes et fréquentes fumures au superphosphate, à un sol qui contienne dans sa couche arable, je suppose, 1000 kilogr. d'acide phosphorique facilement assimilable ? Avec une pareille réserve vous êtes sûr que les 50 kilogr. d'acide phosphorique ne feront pas défaut. Par suite, les besoins de votre terre en acide phosphorique immédiatement assimilable seront très restreints. Chaque quintal d'acide phosphorique de votre stock n'est tenu de livrer aux plantes que 5 kilogr. seulement de cet élément.

Au contraire, si la terre est *pauvre* en acide phosphorique, si sa teneur en éléments fertilisants est faible, si la réserve qui doit pourvoir aux besoins des récoltes, leur fournir la dose annuelle de 50 kilogr., ne s'élève elle-même qu'à 500 kilogr. peut-être, alors l'acide phosphorique immédiatement assimilable sera mis plus fortement à contribution. Chaque quintal d'acide phosphorique de la réserve devra fournir 10 kilogr. aux plantes. Ainsi, l'acide phosphorique d'une terre riche en cet élément sera suffisamment assimilable s'il peut céder 5 p. 100 de sa substance par an. Par contre, pour obtenir un rendement égal sur une terre pauvre en acide phosphorique, il faudra que le stock cède au moins 10 p. 100 de ses réserves.

Vous reconnaîtrez d'après cela qu'un sol riche n'a pas besoin d'offrir aux plantes de l'acide phosphorique à un degré d'assimilabilité aussi élevé qu'un sol pauvre. Vous admettrez également qu'il y ait effectivement des sols où une fumure peu coûteuse de 100 kilogr. d'acide phosphorique de scories de déphosphoration, bien que moins rapidement assimilable, rend presque autant de services qu'une fumure très chère de 100 kilogr. d'acide phosphorique sous forme de superphosphate.

La question est de savoir quelle est l'importance du capital acide phosphorique avec lequel on travaille. Si l'agriculteur travaille comme nous l'avons dit plus haut avec un capital de 1000 kilogr. d'acide phosphorique soluble par hectare, et si les besoins annuels correspondent à 50 kilogr. d'acide phosphorique, il suffira que 5 p. 100 de ce capital entrent annuellement en circulation. Et les réductions éprouvées par ce capital, à la suite de l'exportation des récoltes, seront compensées par l'apport des scories de déphosphoration plus *lentement assimilables*, mais d'un *prix peu élevé*. Il en est tout autre-

ment pour un sol pauvre. Si un sol contient seulement 500 kilogr. d'acide phosphorique soluble par hectare au lieu de 1 000 kilogr., le capital acide phosphorique doit être, toutes choses égales d'ailleurs, plus facilement assimilable. Au lieu de 5 p. 100, c'est 10 p. 100 de ce capital qui doivent entrer annuellement en circulation ; et la réduction qu'il éprouve par suite de l'exportation annuelle des récoltes doit être compensée par l'apport d'acide phosphorique *plus soluble*, sous forme de *superphosphate*, ou bien par un excédent proportionné d'acide phosphorique moins soluble.

On peut donc poser la règle suivante :

Celui qui travaille avec de *grosses réserves* d'acide phosphorique en terre, peut les entretenir à l'aide de phosphates moins chers et moins rapidement assimilables, et maintenir ainsi au même niveau la fertilité de sa terre. Au contraire, celui qui, travaillant avec de *petites réserves* d'acide phosphorique, veut obtenir des *rendements élevés*, celui-là doit employer du phosphate *plus actif*, c'est-à-dire de l'acide phosphorique, plus rapidement assimilable, et combler les déficits creusés dans les réserves par l'exportation annuelle des récoltes avec des superphosphates *plus chers*, plus solubles, ou bien avec des quantités convenables et naturellement plus considérables de scories de déphosphoration moins solubles.

Ainsi donc, les scories de déphosphoration peuvent souvent rendre plus de services sur les sols riches que sur les sols pauvres, car il se présente des cas où la consommation d'acide phosphorique inhérente à la production végétale peut être tout aussi bien compensée avec 150 kilogr. d'acide phosphorique, sous forme de scories de déphosphoration, qui coûtent 21 fr. seulement, qu'avec 100 kilogr. d'acide phosphorique de superphosphate, qu'il faut payer 56 fr.

Rappelez-vous les enseignements de la pratique agricole, les résultats fournis par les champs d'expérience, qui ont prouvé que sur un sol riche, l'acide phosphorique à l'état de scories de déphosphoration produit des excédents de récolte aussi élevés qu'une dose égale d'acide phosphorique de superphosphate. Pour confirmer cette doctrine, je citerai entre autres les résultats d'expériences faites en Angleterre sur des terres argileuses. Ces résultats sont dignes d'être pris en considération. Il ne faut toutefois pas les interpréter à faux,

et conclure qu'en toute circonstance 1 kilogr. d'acide phosphorique de scories de déphosphoration équivaut à 1 kilogr. d'acide phosphorique de superphosphate. Ces résultats nous montrent, nous prouvent que, dans des conditions déterminées, l'emploi des *scories de déphosphoration* est *particulièrement* avantageux. Nous avons d'un côté les *tourbes acides* qui se trouvent dans ces conditions, car elles solubilisent très vite l'acide phosphorique des scories de déphosphoration. D'un autre côté, nous avons les *terres enrichies d'acide phosphorique*, auxquelles il n'est pas toujours nécessaire, comme je l'ai dit et démontré tout à l'heure, de restituer l'acide phosphorique enlevé par les récoltes, sous une forme *aussi facilement assimilable* que celle du superphosphate.

Mais l'acide phosphorique nécessaire à l'agriculture allemande ne peut être fourni en totalité à l'état de scories de déphosphoration. Ce produit couvre tout au plus *un tiers* de notre consommation d'acide phosphorique. Par conséquent, si vous me demandez : dans quels cas est-il rationnel d'employer les scories de déphosphoration et dans quel cas est-il rationnel d'employer le superphosphate, pour utiliser au maximum ces deux engrais ? Je vous donnerai, en m'appuyant sur les résultats de mes recherches, la réponse suivante :

Il convient d'employer les scories de déphosphoration sur les sols tourbeux, les prairies, sur les terres pauvres en chaux, sur celles qui sont riches en humus, bien aérées, ou qui possèdent déjà d'abondantes réserves d'acide phosphorique. On fume de préférence avec ce produit les prairies artificielles et les plantes agricoles vivaces.

Par contre, il convient d'employer les phosphates ayant *subi des traitements chimiques* sur les terres pauvres en humus, sur celles qui manquent d'humidité ou qui possèdent des propriétés chimiques défectueuses. Ils trouvent leur emploi là où l'on cultive des plantes à courte durée de végétation, là où l'on veut obtenir des récoltes très intensives, sans avoir cependant pourvu d'une façon suffisante à l'enrichissement du sol en acide phosphorique.

N'oubliez pas non plus qu'il existe un moyen terme : on peut donner aux plantes une partie de l'acide phosphorique sous forme de superphosphate pour parer à leurs premiers besoins, et le reste

sous forme de scories de déphosphoration, pour satisfaire aux besoins subséquents et pour enrichir le sol.

En ce qui concerne spécialement la fumure des *prairies*, j'attirerai votre attention sur ce fait, qu'une application de kaïnite et de scories de déphosphoration a souvent donné des résultats si merveilleux, qu'aucun agriculteur ne doit se dispenser d'essayer sur sa prairie l'action de ces engrais. Les prairies sont pour la plupart du temps mal fumées; elles manquent surtout d'acide phosphorique. On les fume bien avec du purin, mais cela ne suffit pas. Le purin apporte aux prairies beaucoup de potasse, mais pas d'acide phosphorique. Il faut compléter l'action du purin par un apport suffisant de scories de déphosphoration, sans quoi la fumure ne peut être complètement utilisée. Et si l'on a affaire à une prairie épuisée, où pousse une herbe de mauvaise qualité, maigre et chétive, une prairie envahie par la bruyère et par la mousse, où l'on trouve seulement quelques pieds isolés de trèfle, à moins que cette plante ne fasse complètement défaut, sur cette prairie vous appliquerez à *haute dose* et à *nombreuses reprises* des scories de déphosphoration et de la kaïnite. Pour mettre cette prairie en bon état, vous lui donnerez immédiatement 1200 kilogr. de scories de déphosphoration et 800 kilogr. de kaïnite. Mais dans la suite, elle recevra encore d'abondantes fumures. Cette première application d'engrais servira en grande partie à supprimer la disette d'éléments nutritifs, à donner aux plantes de la vigueur, et à développer leur système racinaire. Ensuite seulement commencera la production. Des fumures peu abondantes ou données irrégulièrement, tous les deux ans par exemple, constitueraient un traitement tout à fait irrationnel. C'est seulement lorsque les rendements ont atteint un niveau satisfaisant qu'on peut diminuer les doses d'engrais. Alors, il n'est plus nécessaire de donner à la prairie beaucoup plus de potasse et d'acide phosphorique qu'on ne lui en enlève dans les récoltes de fourrage.

Je m'arrête ici. Dans ma troisième conférence je résumerai brièvement la question des engrais potassiques.

III^e CONFÉRENCEEngrais potassiques et principes généraux
de la fumure des terres.

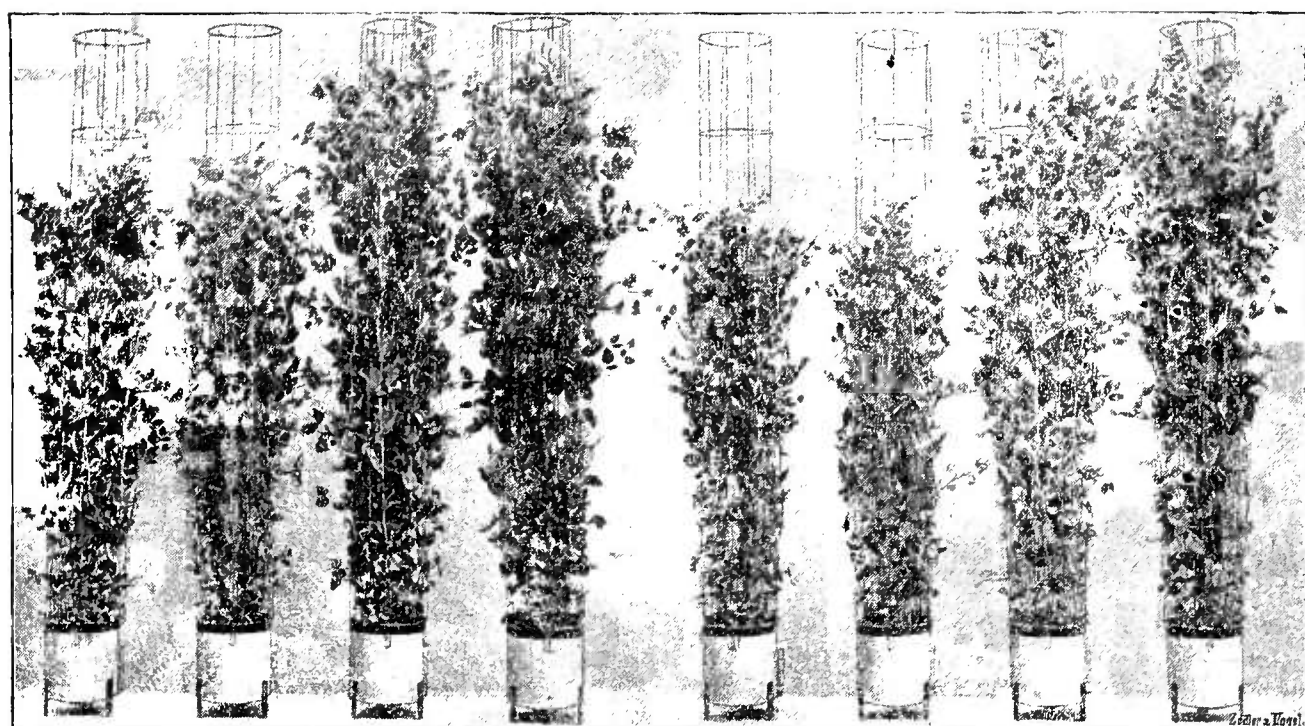
Permettez-moi de vous donner aujourd'hui quelques explications sur cette question :

À QUELLES PLANTES CONVIENNENT LES ENGRAIS POTASSIQUES ?

PLANCHE 12 — Effets de la potasse sur les pois.

Terre franche.

Terre sableuse.



I
Sans engrais potas-
sique.

II
Fumé avec 3/4 gr. de
potasse.

III
Sans engrais potas-
sique.

IV
Fumé avec 3/4 gr. de
potasse.

De grands progrès ont été réalisés depuis peu dans la connaissance de cette importante question. Ils ont prouvé qu'on avait jusque-là plus d'une fois donné dans l'erreur.

Je vais mettre sous vos yeux quelques photographies de nos cultures.

Vous voyez sur la planche 12 des expériences d'engrais potassiques faites sur des pois dans une terre franche (*lehm*) et dans une

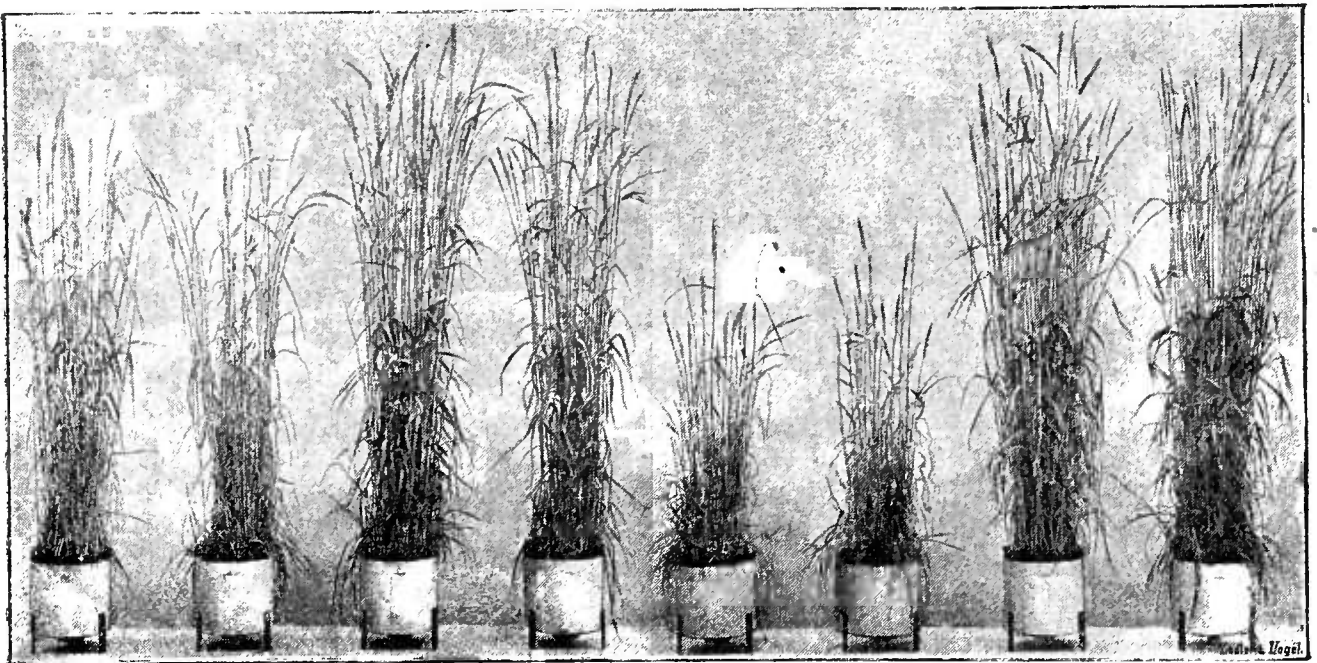
terre sableuse. La terre franche, mélange d'argile et de sable, était naturellement riche en potasse (2.3 p. 1000); le sable, très pauvre, n'en contenait que 0.4 p. 1000. Par suite, les deux premiers vases marqués I, auxquels on a donné une fumure d'azote et d'acide phosphorique suffisante pour l'obtention d'une récolte maxima, mais qui n'ont pas reçu de potasse, portent une plus belle végétation que ceux marqués III, parce qu'ils sont remplis avec de la terre franche, tandis que ceux-ci contiennent du sable.

L'apport d'engrais potassique a beaucoup augmenté le rendement

PLANCHE 13. — Effets de la potasse sur le seigle.

Terre franche.

Terre sableuse.



I
Sans engrais potas-
sique.

II
Fumé avec 3/4 gr. de
potasse.

III
Sans engrais potas-
sique.

IV
Fumé avec 3/4 gr. de
potasse.

dans tous les vases II et IV, aussi bien avec la terre franche qu'avec la terre sableuse. Sera-ce pour nous un sujet d'étonnement? Pas du tout. En effet, on sait depuis longtemps que les engrais potassiques conviennent tout particulièrement aux pois, vesces, trèfles, luzernes, aux papillonacées d'une façon générale.

Passons maintenant, si vous le voulez bien, à la planche 13.

Vous voyez ici des expériences analogues aux précédentes : le sol est identique, la fumure est identique. Il n'y a qu'une seule différence, c'est que la plante soumise à l'expérience est du *seigle de printemps*.

Que nous montre cette photographie ? Elle nous montre que le seigle, cultivé *sans* engrais potassique, sur une terre sableuse, est *très chétif*, tandis que le seigle fumé *avec* de la potasse est *plantureux*. Comparez, de plus, les cultures de seigle avec les cultures de pois de la planche 12. Vous constaterez que le seigle auquel on n'a pas donné de potasse est beaucoup plus chétif que les pois privés de ce même élément ; d'où nous devons conclure que le seigle consomme encore beaucoup plus de potasse que les pois. Cette conclusion est-elle d'accord avec l'idée qu'on se faisait autrefois de l'action de la potasse sur les céréales ? Non. On ne considérait pas les céréales comme ayant de grandes exigences en potasse. C'est Schultz-Lupitz, le premier, qui a prescrit l'emploi de la potasse pour le seigle, et nos expériences ont prouvé qu'il avait pleinement raison. Les engrais potassiques jouent, à l'égard des céréales, un rôle beaucoup plus important qu'on ne l'a cru jusqu'à présent.

MAIS TOUTES LES CÉRÉALES N'ONT PAS LES MÊMES EXIGENCES EN POTASSE.

La planche 14 vous donne la preuve de ce que j'avance.

Ce sont encore des expériences analogues à celles que vous avez vues sur les planches 12 et 13, avec cette différence que l'avoine a été cette fois choisie comme sujet. Comparez les vases marqués I et IV sur les planches 13 et 14. Ils n'ont reçu de potasse ni les uns ni les autres ; mais vous reconnaîtrez que l'avoine a bien moins besoin de potasse que le seigle. N'ayant pas plus de potasse à sa disposition, elle a cependant produit une récolte de 96 gr. dans la terre sableuse et de 151 gr. dans la terre franche, tandis que le seigle, toutes choses égales d'ailleurs, n'a donné que 35 et 64 gr., c'est-à-dire un rendement qui n'est même pas la moitié de celui de l'avoine.

Les exigences de l'*orge* en engrais potassiques assimilables sont encore plus grandes que celles du seigle. Dans nos expériences, le rendement de l'*orge*, sur le sable pauvre en potasse, ne s'est

élevé qu'à 25 p. 100 de celui qui nous a été fourni par l'avoine sur le même sol.

A notre avis, l'orge est une plante exigeant un sol riche en potasse. En effet, dans toutes les expériences que nous avons faites, l'orge s'est toujours montrée d'une exigence *extraordinaire* sous le rapport de la potasse, et je suis convaincu qu'avant peu la pratique agricole fournira la preuve que non seulement le seigle, comme l'a

PLANCHE 14. — Effets de la potasse sur l'avoine.

Terre franche.

Terre sableuse.



I
Sans engrais potas-
sique.

II
Fumé avec 3/4 gr. de
potasse.

III
Sans engrais potas-
sique.

IV
Fumé avec 3/4 gr. de
potasse.

démontré Schultz-Lupitz, mais aussi l'orge, dans une large mesure, ne saurait se passer d'engrais potassiques pour utiliser complètement l'apport d'azote.

Je crois même que la pratique agricole n'a plus besoin de fournir cette démonstration, et qu'elle l'a déjà inconsciemment donnée.

Je tiens à signaler le fait en passant. En prenant la moyenne des résultats d'expériences faites dans la province de Saxe, sous l'impulsion du professeur Maercker, expériences faites en vue de déterminer le degré d'action des nitrates sur l'orge et l'avoine, il ressort

de ces chiffres, qu'en comparaison des fumures ne contenant pas d'azote, chaque quintal de nitrate de soude a produit les excédents suivants :

	GRAIN. — Kilogr.	PAILLE. — Kilogr.
Pour l'avoine (Moyenne de 27 expériences.)	460	720
Pour l'orge (Moyenne de 34 expériences.)	110	320

Comment expliquer ces résultats ? Comment se fait-il que d'égaies quantités de nitrate aient augmenté le rendement de l'orge en grains de 110 kilogr. seulement, tandis que l'excédent produit par l'avoine dans les mêmes conditions est de 460 kilogr. ? L'orge aurait-elle un moindre pouvoir d'assimilation pour l'azote ? Pas du tout. Du moins pas d'après nos expériences. De même, Hellriegel a établi d'une façon indiscutable qu'une partie d'azote pouvait produire 100 parties d'avoine, paille et grains réunis, et pareillement 100 parties d'orge.

Alors les résultats de ces expériences doivent-ils être attribués au hasard ? Pas davantage. D'abord, cela ne serait guère possible en raison du nombre considérable d'expériences et des écarts importants existant entre les rendements de l'avoine et ceux de l'orge. Et puis, le résultat obtenu en Saxe a été en tous points *confirmé* par nos propres expériences. Sur un sol possédant une faible teneur en potasse et en acide phosphorique, j'ai obtenu, avec des fumures de 1 gramme d'azote chacune, les excédents suivants :

	GRAIN. — Gr.	PAILLE. — Gr.	PAILLE et grain. — Gr.
Avoine.	49	70	119
Orge.	16	25	41

Enfin, comment expliquer que l'orge utilise une si faible partie des engrais azotés ? Réponse :

PAR LES EXIGENCES EXTRÊMES DE L'ORGE EN POTASSE ET EN ACIDE PHOSPHORIQUE.

L'acide phosphorique et la potasse présents dans le sol ont suffi à l'avoine pour mettre complètement en œuvre 1 gramme d'azote. La

teneur du sol en ces éléments était trop faible pour que l'orge pût en faire autant, ainsi que le prouvent les chiffres suivants :

Excédents obtenus par rapport aux vases témoins non fumés.

	FUMURE.	GRAIN.	PAILLE.	PAILLE et grain.
	—	—	—	—
		Gr.	Gr.	Gr.
Avoine	1 gr. d'azote	49	70	119
	1 gr. d'azote + 1/2 gr. de potassé et 1/2 gr. d'acide phosphorique.	57	75	132
Orge	1 gr. d'azote	16	25	41
	1 gr. d'azote + 1/2 gr. de potasse et 1/2 gr. d'acide phosphorique.	36	52	88

On voit que les engrais phospho-potassiques n'ont fait produire à l'avoine qu'un petit excédent, tandis que par leur application le rendement de l'orge a *doublé*.

Ainsi donc, l'orge a de bien plus grandes exigences en potasse et en acide phosphorique que l'avoine. Et lorsque Schultz-Lupitz dit : « L'expérience a prouvé que pour les terres fortes, riches en potasse, les sels potassiques de Stassfurt ont une importance beaucoup plus grande que les praticiens ne le pensent aujourd'hui », lorsque Schultz-Lupitz s'exprime ainsi, je crois que c'est tout particulièrement applicable à l'orge.

Le praticien sait que l'orge le rémunère moins bien que l'avoine d'une fumure azotée, et non pas seulement parce qu'elle verse facilement, car il sait aussi que par l'application de grandes quantités d'engrais azotés, on obtient une orge de malt de mauvaise qualité, trop riche en azote et en protéine. Mais jusqu'à présent *on ignorait les exigences peu communes de l'orge en engrais PHOSPHO-POTASSIQUES ; on ignorait qu'il est possible de contraindre l'orge par de fortes doses de potasse et d'acide phosphorique, à faire avec l'azote des grains plus PAUVRES EN PROTÉINE et, par suite, tout à fait convenables pour la préparation du malt, sans préjudice d'ailleurs pour les rendements dont ces applications d'engrais AUGMENTENT sensiblement le chiffre.*

Je passe maintenant à une autre question. Schultz-Lupitz recommande pour la pomme de terre une application d'engrais

potassiques, non pas directement sur cette plante, mais sur la culture qui la précède. Malheureusement, je ne peux pas être absolument affirmatif sur ce point, parce que je n'ai obtenu que depuis 2 ans seulement des résultats suffisamment précis avec mes applications d'engrais potassiques sur les pommes de terre. Mais autant que je puis en juger par le résultat de ces expériences et par mes travaux antérieurs, il me semble exact que la pomme de terre n'aime pas les copieuses fumures de potasse facilement assimilable, surtout

PLANCHE 15. — Effets de la potasse sur les pommes de terre.

Terre sableuse.

Terre franche.



I	II	III	IV
Sans engrais potassique.	Fumé avec 2 gr. de potasse.	Sans engrais potassique.	Fumé avec 2 gr. de potasse.

lorsqu'elle est cultivée sur une terre légère et sableuse. Tandis que la végétation de l'orge sur les terres sableuses et légères s'est montrée chétive en l'absence de la potasse, et luxuriante à la suite de l'apport de cet élément, au contraire, la plus faible dose de potasse n'a produit sur les pommes de terre, toutes choses égales d'ailleurs, qu'un effet inappréciable jusqu'à l'époque de la floraison. Quant à la plus forte dose, elle a exercé, au début, une action *nuisible*.

La planche 15 représente la photographie de ces expériences.

Sur la terre franche, les engrais potassiques ont agi vigoureusement, ainsi que le prouvent ces fanes plantureuses, tandis que sur le

sable, la même dose de potasse appliquée dans les mêmes conditions, n'a presque pas augmenté le développement des parties aériennes. C'est seulement après l'épanouissement des fleurs qu'il nous fut donné de constater comment agit la potasse. Vers la fin de juin, les fanes commencèrent à pousser avec plus de vigueur dans les vases où les pommes de terre avaient reçu ces engrais potassiques. Les rendements en tubercules ont également permis de constater l'effet de cet élément fertilisant.

Les vases auxquels on avait donné 2 gr. de potasse fournirent, par rapport aux vases témoins qui avaient reçu l'engrais sans potasse, les excédents de récolte suivants :

	POMMES DE TERRE.
	Gr.
Sur la terre franche	260
Sur le sable.	192

Le sable favorise donc beaucoup moins que la terre franche l'action de la potasse ; d'où nous tirons cette conclusion que la pomme de terre paraît jouir de la propriété d'assimiler la potasse relativement avec facilité, et qu'elle préfère la potasse fixée dans le sol, la potasse « rétrogradée », à celle qui est très soluble. D'après cela, on peut se risquer à appliquer de fortes doses d'engrais potassiques sur les terres franches plutôt que sur les terres sableuses ; car les premières possèdent, comme on sait, à un haut degré, le pouvoir absorbant pour les éléments nutritifs, et sont à même de les employer dans la suite d'une façon avantageuse. En tout cas, dans l'état actuel de nos connaissances, on doit conseiller l'application de fortes doses d'engrais potassiques sur la *culture qui précède* les pommes de terre.

Toutefois, lorsqu'on applique une fumure de potasse, il faut tenir compte de ce fait, qu'il est avantageux que la potasse soit dans un état de diffusion avancé dans le sol, car il y a des plantes auxquelles les engrais potassiques concentrés sont nuisibles. On doit donc procéder à l'épandage de ces engrais à une époque aussi éloignée que possible des semailles, et les appliquer de préférence pendant l'automne ou l'hiver.

En m'appuyant sur ce qui précède, et pour y faire suite, je vais

vous donner encore quelques indications sur l'emploi des engrais potassiques.

a) Les engrais potassiques donnent des résultats rémunérateurs sur les *terrains tourbeux* et sur les *terres sableuses* ou légères. Ces sols sont en général si pauvres en potasse, qu'ils ne sauraient se passer de l'apport d'importantes quantités de sels de Stassfurt, si l'on veut en tirer des récoltes suffisantes. Les sels de potasse qui leur conviennent sont la kâinite et la carnallite.

Avant de se décider à donner aux terres fortes des engrais potassiques d'une façon régulière, il faut se rendre compte au juste de leurs besoins en potasse.

b) On doit considérer le *sol des prairies* comme ayant le plus grand besoin de potasse, et comme étant capable d'utiliser cet élément d'une façon rémunératrice. Dans la grande majorité des cas, on enlève aux prairies beaucoup plus de potasse et d'acide phosphorique qu'on ne leur en donne par les fumures et les irrigations. Aussi, comme on l'a récemment prouvé d'une façon indiscutable, leurs rendements sont-ils *bien inférieurs* à ce qu'ils seraient si l'on employait des quantités suffisantes de potasse et d'acide phosphorique.

Dans des conditions favorables, lorsque la prairie n'est ni trop sèche ni trop humide, une application de scories de déphosphoration et de kâinite relève souvent les rendements d'une façon vraiment étonnante. On donne pendant les premières années 800 kilogr. de scories de déphosphoration et 500 à 700 kilogr. de kâinite. Plus tard, on peut diminuer un peu la dose. Toutefois, lorsque la prairie repose sur un terrain tourbeux, on doit lui donner 1 000 kilogr. de kâinite. Ces fumures améliorent la *qualité* des fourrages; elles font augmenter le nombre des bonnes plantes, surtout celui des trèfles, et diminuer le taux des matières ligneuses non digestibles.

Si l'on dispose d'azote à bon marché, sous forme de gadoues de ville ou de purin, et qu'on ne sache comment l'utiliser, on peut donner cet *azote* à la prairie. Mais cet élément ne lui est *pas nécessaire*. Une application d'engrais azotés d'un prix élevé serait une pure prodigalité et ne donnerait pas de résultats rémunérateurs. La prairie ne doit pas consommer l'azote du sol et des engrais. Son

rôle est au contraire d'*enrichir* la ferme en azote, d'assimiler l'azote atmosphérique pour le faire passer dans les fourrages et dans le fumier.

c) De même que les prairies, les cultures de pois, fèves, lentilles, vesces, luzernes, trèfles, sainfoin, serradelle, lupins, etc., rémunèrent toujours avantageusement d'une application d'engrais potassiques ou mieux *phospho-potassiques*, car aucune de ces plantes n'a besoin d'azote, du moins dans les conditions normales. L'atmosphère donne son azote pour rien aux papillonacées. On les met en mesure de profiter de cette offre avantageuse en les pourvoyant largement de potasse et d'acide phosphorique.

d) De même que l'on doit pourvoir copieusement aux besoins en potasse et en acide phosphorique des « plantes accumulatrices d'azote », afin qu'elles puissent exploiter l'atmosphère au maximum et fabriquer beaucoup de matière végétale, de même on doit donner un excès de potasse et d'acide phosphorique aux « plantes consommatrices d'azote », aux céréales, aux plantes sarclées, aux plantes oléagineuses, pour qu'elles puissent mettre en valeur autant que possible la totalité de l'azote contenu dans le sol ou dans le fumier, dans les engrais verts, dans les engrais chimiques qu'on leur applique, et pour qu'elles produisent des rendements bruts maxima. L'azote est sans aucun doute le plus précieux de tous les éléments nutritifs; le but de toute fumure doit être d'en assurer l'utilisation jusqu'à la dernière miette.

Si, après avoir réussi à accumuler beaucoup d'azote par les récoltes des prairies naturelles et artificielles et par la culture des engrais verts, si après avoir acheté des nitrates et du sulfate d'ammoniac, à titre de complément de fumure, pour arriver à obtenir des rendements maxima en grains, racines et tubercules, si après avoir fait tous ces frais, on laissait les plantes manquer d'acide phosphorique et de potasse, ce serait vraiment de la folie. En l'absence de ces deux éléments, les plantes sont dans l'impuissance de mettre en valeur l'azote qui leur est offert, l'azote que l'on a gagné au prix de tant de peines ou qu'on a payé si cher. Jamais il ne faut donner aux plantes un excès d'azote, soi-disant en vue de leur faciliter la mise en œuvre des engrais phospho-potassiques dosés avec parcimonie.

C'est tout le contraire qu'il faut faire. On doit donner aux plantes un excès de potasse et d'acide phosphorique qu'on peut se procurer à bon marché, pour les rendre capables de mettre en valeur la totalité de l'azote qui est de beaucoup l'engrais le plus coûteux et qu'on est forcé par suite de leur mesurer avec une grande précision. Il ne faut jamais perdre de vue ce principe.

e) Je considère comme nécessaire pour toutes les *plantes fourragères* de la ferme, pour le trèfle, les betteraves fourragères, les plantes des prairies, le maïs-fourrage, etc., de même que pour toutes les *céréales* destinées à produire la paille de *litière*, je considère, dis-je, comme nécessaire l'application de doses de potasse suffisantes, non seulement pour l'obtention de rendements maxima, mais aussi pour la formation d'une matière végétale possédant un taux normal de potasse. Il faut chercher à récolter des fourrages riches en potasse, parce que ces fourrages produisent à leur tour un fumier riche en potasse. Cet élément est beaucoup plus profitable à bon nombre de plantes lorsqu'elles le reçoivent sous forme de fumier.

f) Particulièrement, en ce qui concerne les pommes de terre et les betteraves, il convient de leur donner la potasse autant que possible sous forme de fumier. A défaut de cet engrais, on appliquera des quantités copieuses de sels de Stassfurt *sur la culture précédente*, et enfin, dans la mesure des besoins, on les emploiera en fumure automnale.

g) Les pommes de terre supportent bien plus facilement sur la *terre franche* que sur le sable une fumure directe et abondante d'engrais potassiques.

h) Sous le rapport de leurs besoins en potasse, *les céréales* méritent tout autant que les autres plantes d'attirer notre attention. De toutes les céréales, c'est l'*avoine* qui a le moins besoin de potasse ; le seigle, le blé, l'*orge*, sont bien plus exigeants sous ce rapport. A l'aide d'une forte application d'engrais phospho-potassiques, on obtiendra une orge pauvre en protéine et, par suite, très bien appropriée au service de la brasserie.

i) Lorsque la nature du sol et des plantes le permet, l'emploi des sels de potasse à l'état naturel est à préférer au chlorure de potas-

sium et au sulfate de potasse plus concentrés, car le chlorure de sodium ou sel de cuisine, qui se trouve mélangé aux sels potassiques bruts, exerce sur plus d'une culture une action fertilisante qui n'est pas à dédaigner.

k) L'application de sels de potasse a lieu de préférence en automne ou en hiver ; sur les prairies sujettes aux inondations, on les répand au printemps seulement. On sème ces sels à la main ou à la machine, et on les enterre à la charrue. L'épandage suffit sur la prairie. Si l'on doit donner en même temps des scories de déphosphoration ou d'autres phosphates, on fait le mélange avant de procéder à l'épandage. Il y a toutefois lieu de ne pas attendre trop longtemps avant d'employer le mélange proposé, car il durcit rapidement. Une addition de tourbe en poudre, ainsi que le recommande M. Fleischer, directeur de la Station agronomique de Brème, prévient le durcissement de la masse.

l) Lorsqu'on fume le sol au maximum avec des engrais potassiques, il faut veiller soigneusement à ce qu'il contienne une quantité convenable de carbonate de chaux. Des chaulages et des marges fréquents sont indispensables aux sols pauvres en chaux, si l'on veut que les engrais potassiques, surtout les sels bruts, produisent à coup sûr tout leur effet. Une fumure avec des scories de déphosphoration contient beaucoup de chaux.

Je termine.

Si vous jetez un regard d'ensemble sur les sujets dont je vous ai entretenus pendant ces trois conférences, vous constaterez que j'ai cherché à traiter les différentes questions de fumure à un point de vue nouveau, unique, approprié à la théorie actuelle des engrais, au point de vue de l'EMPLOI RATIONNEL ET ÉCONOMIQUE DE L'AZOTE.

Je crois que le point de vue auquel je me suis placé répond au but que je m'étais proposé, c'est-à-dire à l'établissement de règles nettes et précises.

L'azote est le plus instable de tous les éléments nutritifs. Il passe de l'air dans les plantes, et repasse aussi très facilement des plantes et de leurs produits de décomposition dans l'air. Il faut savoir le *capturer*, le *conserver* et l'*utiliser* au maximum. Ces trois verbes renferment les trois règles les plus importantes et les plus difficiles

à mettre en pratique de toute la théorie des fumures ; car les fumures potassiques et phosphatées doivent être envisagées au même point de vue. En manière de conclusion, je résumerai sous forme d'aphorismes tout ce que je vous ai dit en ce sens.

1. Nous devons *priver d'engrais azotés* les plantes *accumulatrices d'azote*, les pois, fèves, lupins, vesces, trèfles, serradelle, lentille, sainfoin, luzerne, etc. ; c'est le meilleur moyen de les forcer à exploiter au maximum les réserves d'azote de l'atmosphère. Pour atteindre ce but, il faut, par contre, les pourvoir copieusement d'*acide phosphorique* et de *potasse*.

2. Pour l'alimentation des *plantes consommatrices d'azote*, c'est-à-dire pour les céréales, les plantes sarclées, oléagineuses, etc., nous devons autant que possible puiser l'azote dans l'atmosphère qui en est la source la plus économique qu'on puisse imaginer. Dans ce but, on *fume copieusement les prairies*, on donne de l'extension à la *culture des papillonacées*, particulièrement de celles qui servent d'*engrais verts*, et l'on pourvoit largement à leurs besoins en *acide phosphorique* et en *potasse*.

3. A titre de complément de fumure, lorsque l'azote pris dans l'atmosphère et incorporé au sol, sous forme de fumier ou d'engrais verts, ne suffit pas, nous devons offrir aux plantes consommatrices d'azote la quantité de *nitrate de soude* ou de *sulfate d'ammoniaque* qu'elles peuvent mettre en œuvre, dans les conditions déterminées de sol et de climat.

4. Nous devons préserver l'azote capturé par les fourrages de toute déperdition dans le fumier. En vue d'atteindre ce but, on répand des *sels de potasse contenant de la magnésie* et des *phosphates acides* dans l'écurie ou sur la place à fumier.

5. Nous devons également préserver de toute déperdition l'azote capturé par la culture des papillonacées et incorporé au sol sous forme d'engrais vert, de chaumes, de débris de racines, de fumier. Pendant les mois d'automne et d'hiver, cet élément nutritif peut être lavé par les pluies et entraîné dans le sous-sol. On évite ces pertes en cultivant des *engrais verts* et des plantes qui laissent beaucoup de débris et de racines dans le sol, et en les pourvoyant tous copieusement de *potasse* et d'*acide phosphorique*.

6. Nous devons chercher à faire consommer en totalité et utiliser au maximum l'azote incorporé au sol par les engrais verts, le fumier, le nitrate de soude, ou le sulfate d'ammoniaque. C'est à quoi on arrive encore par l'application de quantités suffisantes de *potasse* et d'*acide phosphorique*.

7 Nous devons, lorsque la *chaux* fait défaut, chauler ou marnier notre terre, pour faciliter l'action des engrais azotés, potassiques et phosphatés.



ERRATA

Page 40, 2^e ligne après la planche 8,

Au lieu de :

été faites avec des pois, les autres avec de l'avoine ;

Lisez :

été faites avec des vesces, les autres avec du blé.

631.8

1.345

Malliard , P.

Autor
La Fumere Rationnelle

Título

Nº cons.	Assinatura	Data
-------------	------------	------



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).