

577
21
COMMERCIAL
Extrait des ANNALES DE L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

2^e Série. — Tome V. — Fascicule 2^e

ÉTUDES EXPÉRIMENTALES
SUR
L'ORGE DE BRASSERIE

PAR

E. BOULLANGER

INGÉNIEUR-AGRONOME
CHEF DE LABORATOIRE
À L'INSTITUT PASTEUR DE LILLE

ET

L. MASSOL

INGÉNIEUR-AGRONOME
ATTACHÉ
À L'INSTITUT PASTEUR DE LILLE

Travail de la Station de Végétation
de l'Institut Pasteur de Lille

J.-B. BAILLIÈRE ET FILS

LIBRAIRES-ÉDITEURS

Rue Hautefeuille, 19

LIBRAIRIE AGRICOLE

DE LA MAISON RUSTIQUE

Rue Jacob, 26

PARIS

1906



*A Monsieur Lemont
Souvenir affectueux
E. Boullanger*



ÉTUDES EXPÉRIMENTALES

SUR

L'ORGE DE BRASSERIE

PAR

N° BIB 386956 / - 102462

E. BOULLANGER

INGÉNIEUR-AGRONOME
CHEF DE LABORATOIRE
A L'INSTITUT PASTEUR DE LILLE

ET

L. MASSOL

INGÉNIEUR-AGRONOME
ATTACHÉ
A L'INSTITUT PASTEUR DE LILLE

Travail de la Station de Végétation de l'Institut Pasteur de Lille

La culture de l'orge de brasserie a donné lieu, depuis une quinzaine d'années, à un grand nombre de recherches. Cette orge doit en effet présenter un certain nombre de caractères botaniques et chimiques spéciaux, pour que son emploi en brasserie soit facile et avantageux. Au point de vue botanique, les grains doivent être d'une grosseur bien uniforme, et le poids de l'hectolitre doit atteindre 64 à 66 kg. ; on doit éviter par suite les mélanges de variétés qui fournissent des grains différents, et on doit chercher à avoir recours au contraire à des types botaniques bien définis, qui livrent des grains bien homogènes. Au point de vue chimique, les orges de brasserie doivent être riches en amidon, pauvres en matières azotées, surtout en matières azotées solubles non coagulables par la chaleur. Ces besoins spéciaux de l'industrie rendent la culture

de l'orge de brasserie particulièrement délicate ; et il est très intéressant de rechercher d'une façon précise dans quelles conditions doit se faire cette culture pour arriver à produire des orges présentant au plus haut point les caractères demandés par le brasseur.

Cette étude complète exige des recherches d'ordre cultural, botanique et physiologique. Sous le rapport de la culture, il importe de déterminer la nature des terres particulièrement favorables, la place de l'orge dans l'assolement, la préparation du sol, les conditions dans lesquelles doivent se faire la récolte et la conservation. Au point de vue botanique, il est nécessaire de séparer d'abord les diverses variétés les unes des autres, puis de faire un choix parmi les variétés pures et bien définies soumises à l'expérimentation. Dans l'ordre physiologique enfin, il importe de reconnaître quelle est l'influence de la composition chimique du sol et des engrais qu'on ajoute sur les caractères de la récolte.

Le premier problème, relatif à la culture, est aujourd'hui résolu grâce aux travaux des agronomes français et étrangers. Nous savons que les meilleures terres pour l'orge de brasserie sont les terres moyennes, ni trop riches, ni trop pauvres, ni trop sèches, ni trop humides ; la meilleure place dans l'assolement paraît être après la betterave ou une plante sarclée ; la préparation du sol demande un labour profond avant l'hiver, et des hersages et roulages légers pendant la végétation ; enfin la récolte doit être faite quand la maturité et la dessiccation sont complètes.

La seconde étude, d'ordre botanique, a été entreprise il y a quelques années par la Société Française d'Encouragement à la culture de l'orge de brasserie. Cette Société a d'abord introduit en France un certain nombre de variétés pures d'orges exotiques de Suède, venant de l'Institut de Svalof, pour les expérimenter. M. Blaringhem, en outre, a cherché à sélectionner dans nos orges indigènes des types botaniques définis, afin de les introduire ultérieurement en grande culture. Ces recherches très intéressantes sont susceptibles

d'exercer une influence décisive sur l'amélioration de nos orges de brasserie.

Enfin la troisième question, d'ordre physiologique et chimique, présente également le plus haut intérêt. Elle consiste à déterminer l'influence de la composition chimique du sol sur le rendement et sur la composition chimique du grain et à reconnaître comment varie ce rendement et cette composition chimique de l'orge avec la nature et la dose des engrais ajoutés.

C'est ce dernier problème que nous avons cherché à résoudre dans le présent travail. Pour faire cette étude d'une façon précise, il est nécessaire d'avoir recours à la culture en pots, dans des terres différentes, en utilisant des variétés pures d'orges de brasserie, en présence de doses d'engrais croissantes et rigoureusement déterminées. Ce mode d'expérimentation est très précis, car il permet de placer tous les essais dans des conditions absolument identiques et de les rendre ainsi parfaitement comparables ; il élimine l'influence perturbatrice des variations atmosphériques ; il permet enfin de multiplier les essais et d'avoir ainsi d'un seul coup une vue d'ensemble sur les variations de la récolte et de sa composition chimique sous l'action des divers engrais.

Les méthodes de cultures en pots adoptées pour ce travail sont celles de Wagner, qui sont aujourd'hui répandues dans toutes les stations allemandes et autrichiennes de végétation. Nous les indiquerons ici sommairement, afin de bien faire connaître les conditions dans lesquelles ces expériences ont été effectuées.

Méthodes employées pour l'expérimentation en pots

Les pots employés sont cylindriques, en zinc, et leurs dimensions sont de 20 centimètres de diamètre et de 20 centimètres de profondeur. Sur le côté, se trouve un tube qui communique avec le fond du pot et s'ouvre en bas sur la

paroi latérale dans une gouttière mobile dentelée placée au fond (fig. 1). Le fond n'ayant pas d'ouverture, ce dispositif assure l'aération de la terre contenue dans le vase. Le pot est maintenu sur trois pieds, et on peut y fixer à la partie supérieure un grillage cylindrique léger, en fils de fer, pour maintenir les tiges des plantes quand elles sont élevées.

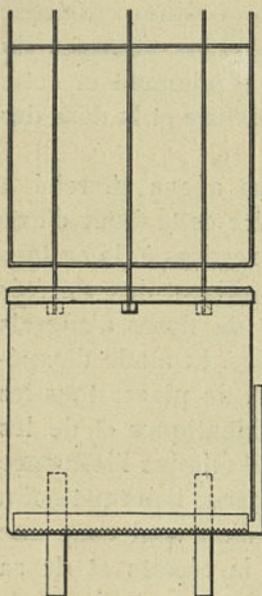


Fig. 1.

supérieure un grillage cylindrique léger, en fils de fer, pour maintenir les tiges des plantes quand elles sont élevées.

Ces pots sont placés sur de grands chariots qui roulent sur rails; on peut ainsi les amener rapidement au dehors, ou les rentrer au contraire sous une halle vitrée. La halle de végétation est constituée par un bâtiment complètement ouvert sur un côté, et vitré sur les autres faces, présentant l'aspect d'une petite gare terminus. Ses dimensions, à la station de végétation de Lille, sont de 7^m50 de longueur, 9^m50 de largeur, et 5^m25 de hauteur. Sur le côté se trouvent des châssis roulants mobiles, très larges, qui permettent une aération parfaite; sur le toit sont disposés dans le même but des auvents. La toiture vitrée, très élevée, ne peut exercer aucun forçage sur les plantes, et l'aération facile qui se produit, grâce aux ouvertures latérales, assure à l'intérieur une température très voisine de celle du dehors. Les plantes sont donc simplement protégées des vents et des pluies quand elles sont abritées sous la halle. Les figures 2 et 3 représentent la disposition d'ensemble du bâtiment et des cultures expérimentales. La partie découverte est munie d'un filet de fils de fer pour protéger les cultures contre les oiseaux.

Les essais s'effectuent de la façon suivante. On commence par placer au fond du pot environ 500 gr. de gros gravier, à grains de 6 millim. environ, pour former une couche perméable

à l'air, et on amène avec ce gravier tous les pots à un même poids sur la bascule. On pèse alors pour chaque pot la même quantité de terre, qui est en moyenne, pour les pots de $20\text{cm} \times 20\text{cm}$, de 7 kg. ; on y ajoute les engrais à étudier, on les mélange intimement à la terre et on introduit celle-ci dans le pot. La terre doit être passée au préalable au tamis à

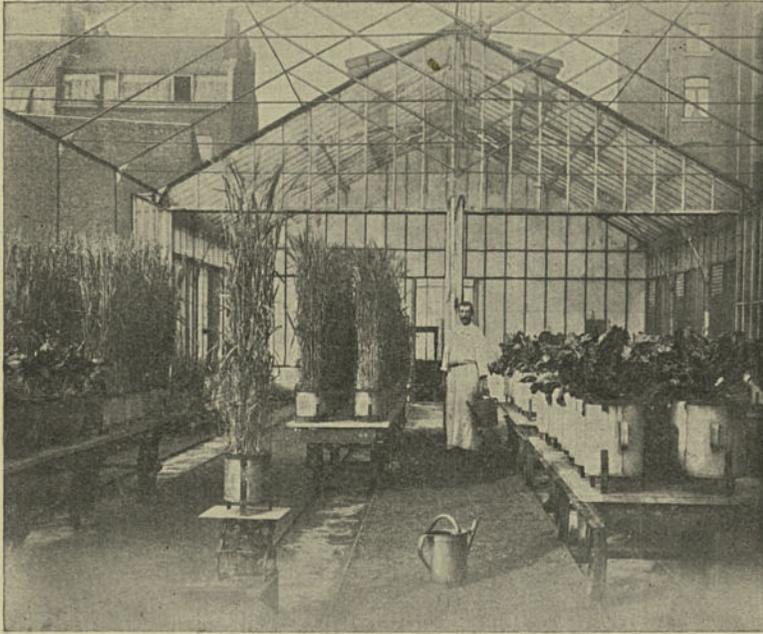


Figure 2. — La halle de végétation avec ses cultures expérimentales à l'Institut Pasteur, de Lille.

mailles de $0\text{cm}8$ et ne pas être trop humide. Chaque pot porte un numéro d'ordre qui correspond à une expérience déterminée, et pour chaque essai on fait toujours deux ou trois pots identiques.

La terre placée dans chaque pot est alors additionnée d'un demi-litre d'eau, quantité largement suffisante pour les besoins de la plante. Cette proportion représente environ

50 o/o de la faculté d'imbibition de la terre pour l'eau. On ensemeence alors les grains à étudier, à raison de 15 par pot, par exemple, en ayant soin d'en mettre le même nombre dans tous les pots. On achève alors de remplir le pot avec 700 gr. de terre sèche comme couverture et on amène ainsi tous les pots au même poids. La

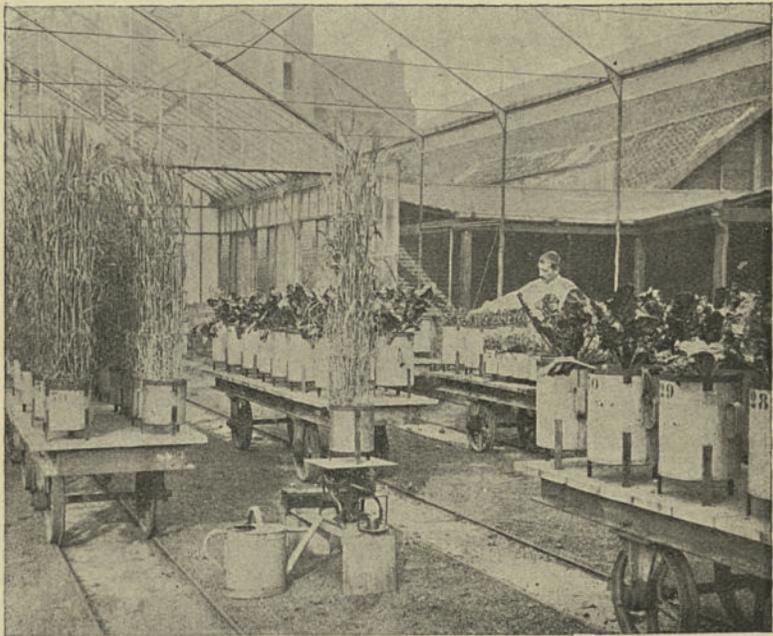


Figure 3. — Cultures expérimentales d'orges et de betteraves.

mise en marche des expériences se fait ordinairement à la fin de mars.

Tous les pots restent alors sur les chariots, sans arrosage et sous la halle largement ouverte et aérée, à l'abri de la pluie et des intempéries, jusqu'à la levée. Quand celle-ci s'est produite, on commence à rouler tous les jours les chariots au dehors, lorsqu'il fait beau, mais on les rentre par le

mauvais temps et toutes les nuits. Au bout de deux semaines, quand les plantes ont environ 7 à 8 centim., on commence à les peser et à rétablir le poids primitif en rajoutant l'eau consommée et évaporée. On utilise pour cette opération l'eau de pluie recueillie dans une citerne. Tous les jours, on ramène au poids primitif; bientôt les plantes sont assez fortes pour pouvoir rester sans cesse au dehors et recevoir les pluies. A

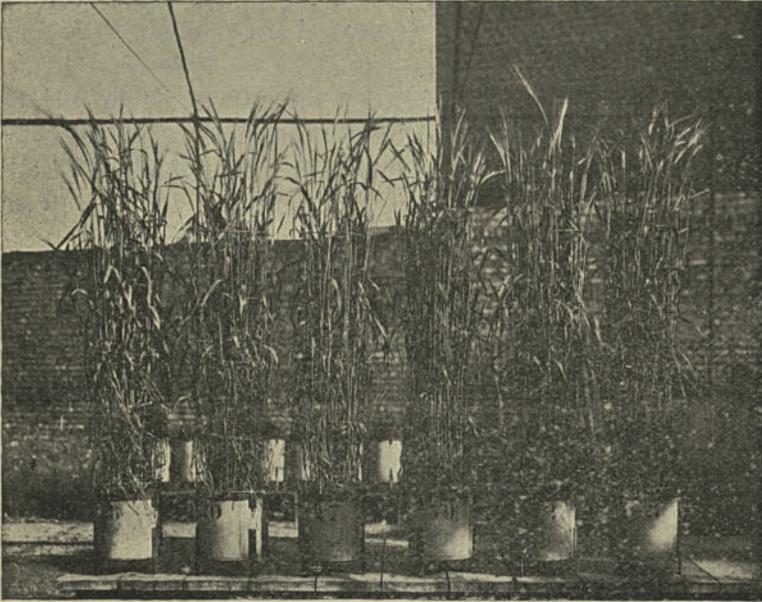


Figure 4. — Une série de cultures expérimentales d'orges de brasserie.

partir de ce moment, on laisse toujours les pots au grand air; la quantité d'eau qui peut tomber est très rarement suffisante pour compenser l'évaporation et la consommation par la plante, et chaque jour d'abord, puis deux fois par jour quand la végétation est active, on rétablit le poids primitif par addition d'eau de pluie. On augmente légèrement ce poids toutes les semaines d'après un barème qui donne la quantité

approximative de plante formée suivant sa hauteur au-dessus de la terre. Les plantes ne sont rentrées sous la halle qu'en cas d'orage ou de mauvais temps persistant. Tous les pots sont ainsi maintenus dans des conditions rigoureusement identiques jusqu'au moment de la récolte. Les hautes tiges et les épis sont protégés contre les vents par de légers cylindres en fils de fer qu'on place sur chaque pot. La figure 4 représente un groupe de pots d'orge quelques jours avant la maturité. Quand le grain est mûr, on coupe les plantes au niveau du sol, on pèse les récoltes et on procède à l'échantillonnage.

On voit que par ces méthodes on est tout à fait indépendant des influences extérieures : on peut ainsi faire des comparaisons extrêmement précises, et ce mode d'expérimentation est le plus rigoureux qu'on puisse adopter, quand une question peut être tranchée par l'expérience en pots. En outre, on réalise en quelque sorte des conditions idéales de culture. Les plantes se trouvent placées dans des pots en zinc, qui utilisent pour le mieux la chaleur solaire ; l'arrosage journalier est évidemment plus parfait que l'humidité d'un sous-sol ; l'aération est facilitée par le tuyau latéral et le drainage en cailloux du fond ; les plantes sont à l'abri de toutes les perturbations atmosphériques. Nous pouvons donc prévoir que les résultats que nous obtiendrons par ces méthodes seront exceptionnellement favorables ; ils constitueront en quelque sorte des résultats pratiques vus à la loupe, les conditions les meilleures de culture étant ici portées à leur maximum. Il ne faut donc pas généraliser les rendements obtenus par ces méthodes pour les rapporter à la pratique ; on doit demander seulement à ce mode d'expérimentation de nous donner des directions précises d'études, et d'une façon certaine le *sens* des actions étudiées. Sous ce rapport, ces cultures bien comprises présentent des avantages énormes. Elles fournissent, grâce à leur précision, des bases rigoureuses pour l'expérimentation pratique ultérieure, des points de départs bien définis, et évitent tous les tâton-

nements, les aléas, les longueurs et les répétitions que comporte l'expérience pratique directe. Leur commodité et le peu d'espace qu'elles exigent permettent de multiplier les essais, de serrer ainsi de plus près les problèmes, et d'obtenir rapidement des résultats d'ensemble. Elles permettent encore de traiter d'une façon rigoureuse la question des relations de composition chimique entre le sol et les cultures, comme dans le problème qui nous occupe pour l'orge de brasserie. On peut enfin, grâce à leur emploi, réaliser en quelque sorte l'analyse physiologique du sol par la plante, et avoir des renseignements rapides sur l'assimilabilité des éléments fertilisants contenus dans les terres expérimentées, ce que l'analyse chimique ne peut faire. Pour la potasse et l'acide phosphorique par exemple, on peut souvent obtenir par cette méthode des connaissances précises sur l'action des engrais phosphatés ou potassiques dans les terres étudiées.

Nature des expériences effectuées

Les expériences entreprises sur l'orge de brasserie ont porté sur deux terres du département du Nord : l'une, provenant de la propriété de M. Barrois-Brame, à Marquillies, est une terre à betteraves, argileuse et riche; l'autre, venant de la propriété de M. Bonzel, à Flines-lez-Mortagne, est une terre siliceuse et pauvre. Voici d'ailleurs les résultats fournis par l'analyse physique et l'analyse chimique de ces terres, rapportés à 1000 de terre sèche :

ANALYSE PHYSIQUE

	MARQUILLIES	FLINES
Sable grossier.....	148,5	666,5
Sable fin.....	650,0	245,0
Argile.....	153,3	66,0
Humus.....	9,8	7,9

ANALYSE CHIMIQUE

	MARQUILLIES	FLINES
Azote	1,26	0,79
Potasse	1,66	0,76
Acide phosphorique.....	1,18	0,68
Chaux.....	13,80	2,40

Les variétés d'orges employées ont été des variétés pures de Svalof, dues à l'obligeance de M. Schribaux. On en a comparé deux : Hannehen et Primus.

Les engrais expérimentés ont été le sulfate d'ammoniaque, le nitrate de soude, le tourteau de colza, le chlorure de potassium, le sulfate de potasse, le carbonate de potasse, le superphosphate de chaux, le phosphate des Ardennes. Pour l'étude de l'influence de la dose d'engrais sur la composition chimique de la récolte, nous avons choisi le sulfate d'ammoniaque comme engrais azoté, le superphosphate comme engrais phosphaté, et le chlorure de potassium comme engrais potassique. On a dosé l'azote, l'acide phosphorique et la potasse dans ces divers engrais, et on a déterminé ainsi la quantité nécessaire pour introduire dans la terre 1 gr. d'azote, d'acide phosphorique ou de potasse.

Les doses employées ont varié de 0 à 1 gr. d'azote, d'acide phosphorique ou de potasse par pot de $20\text{cm} \times 20\text{cm}$; et nous les avons fait croître de dixième en dixième, c'est-à-dire en leur donnant successivement les valeurs 0 ; 0,1 ; 0,2 ; 0,3 ; 0,8 ; 0,9 ; 1,0. Il importe de remarquer que ces doses d'engrais sont pour la plupart très supérieures à celles qu'on emploie dans la pratique pour une surface équivalente. La dose maxima pratique correspond à peu près à la dose de $0\text{gr}2$ pour un pot de 20 centim. de diam., c'est-à-dire de 3dm^2 14 de surface. Mais il ne faut pas perdre de vue que nos plantes ont à leur disposition un volume de terre beaucoup plus restreint que dans le sol naturel. Nous n'avons ici qu'une profondeur de 18 centim.; tandis que dans les terres ordinaires cette profondeur peut être 4 ou 5 fois plus forte.

Les plantes, en étendant leurs racines dans le sol, ont donc à leur disposition beaucoup plus d'éléments fertilisants du sol que dans la culture en pots, et la dose pratique à laquelle l'engrais ne produit plus d'augmentation sensible de rendement y est atteinte beaucoup plus vite que dans la culture en pots. On comprend ainsi pourquoi il est nécessaire de forcer, dans ces cultures, les doses d'engrais employées.

Les essais sur les doses croissantes de chaque élément fertilisant ont été toujours effectués en présence de la dose maxima des autres éléments. Pour l'azote par exemple, tous les pots ont reçu 1 gr. d'acide phosphorique sous forme de superphosphate, et 1 gr. de potasse sous forme de chlorure de potassium, puis on a fait croître dans les divers pots l'azote sous forme de sulfate d'ammoniaque, de 0 à 1 gr. en passant par les intermédiaires 0,1 ; 0,2 ; 0,3, etc.

Les cultures expérimentales ont étéensemencées le 17 avril à raison de 13 grains par pot ; la levée très régulière s'est faite huit jours après ; le développement a été parfaitement normal, à part dans quelques pots, particulièrement épais, qui ont souffert d'une faible attaque de rouille : cet accident a causé, comme nous le verrons plus loin, de légères irrégularités dans les récoltes de pailles. A la fin de juillet, les orges étaient tout à fait mûres et elles ont été récoltées dans les premiers jours du mois d'août.

Echantillonnages

Les épis ont été détachés et battus à la main. Les grains séparés ont été pesés et les résidus du battage ont été joints à la paille et pesés avec elle. On a obtenu ainsi d'une part la récolte de grain, d'autre part la récolte de paille et par suite la récolte totale. On a pris le poids de 100 grains, puis on a moulu la récolte et on a dosé, par les méthodes indiquées ci-dessous, l'humidité, l'amidon, l'azote sous ses diverses formes,

l'acide phosphorique et la potasse. Les pailles ont été également moulues, puis on a déterminé l'humidité, l'azote, l'acide phosphorique et la potasse.

Méthodes d'analyse

L'humidité a été dosée par séjour à l'étuve à 105° jusqu'à ce que le poids ne varie plus.

Pour le dosage de l'amidon, 2 gr. de grains moulus ont été transformés en empois par 1/2 heure d'ébullition, refroidis à 68°, saccharifiés par la diastase jusqu'à ce que le microscope ne décèle plus d'amidon ; les produits de la saccharification, après filtration, ont été transformés en glucose par chauffage de 20 minutes à 120° à l'autoclave avec 2 o/o d'acide sulfurique (Inversion Grimbert), puis on a dosé le glucose par la méthode de Lehmann, modifiée par Maquenne.

L'azote total a été dosé par la méthode Kjeldahl, avec précipitation du mercure par l'hypophosphite de soude et distillation au serpentín ascendant d'Aubin.

Pour l'azote soluble, nous avons adopté le procédé suivant : macération pendant 5 heures de 5 gr. de grains moulus finement, dans l'eau froide ; lavage jusqu'à ce que les quantités d'azote entraînées deviennent négligeables (il faut environ 500^{cc}). Sur une partie aliquote, on dose l'azote soluble par le procédé Kjeldahl ; sur une autre partie, on dose l'azote coagulable en portant à l'ébullition en présence d'acide acétique et filtrant.

L'acide phosphorique et la potasse ont été dosés par les méthodes usuelles, le premier à l'état de phospho-molybdate, la seconde à l'état de perchlorate.

I

Action des éléments fertilisants sur le poids de la récolte

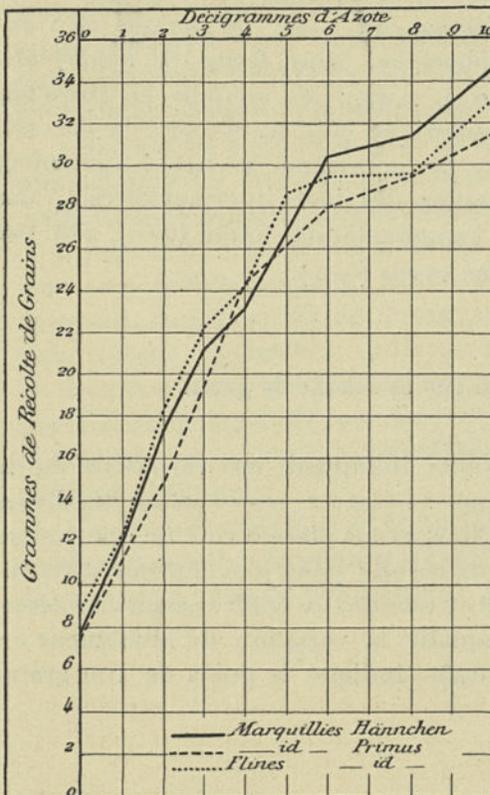
Nous avons expérimenté dans la terre de Marquillies, l'orge Hannchen et l'orge Primus ; dans la terre de Flines, l'orge Primus seule. Les cultures expérimentales ont reçu d'abord 1 gr. de deux éléments fertilisants, par exemple 1 gr. d'acide phosphorique et 1 gr. de potasse, puis on a fait croître le troisième élément, l'azote, sous forme de sulfate d'ammoniaque, de 0 à 1 gr. De même les essais sur l'acide phosphorique et la potasse ont été effectués, les premiers en présence de 1 gr. de potasse et 1 gr. d'azote, l'acide phosphorique, sous forme de superphosphate croissant de 0 à 1 gr. ; les seconds en présence de 1 gr. d'acide phosphorique et 1 gr. d'azote, la potasse, sous forme de chlorure de potassium, croissant également de 0 à 1 gr. L'augmentation des doses intermédiaires a varié soit par dixième de l'augmentation totale (0^{gr} 1), soit par cinquième pour certains essais (0^{gr} 2).

1^o Action sur la récolte de grain

Les tableaux suivants indiquent les variations de la récolte de grain, ramenée à l'état sec, sous l'action des divers éléments fertilisants. Nous avons placé à côté de ces chiffres la variation moyenne de récolte pour 0^{gr} 1 d'élément fertilisant, prise par rapport au témoin. Ce chiffre permet de déterminer la dose pour laquelle la variation de rendement est maxima. Nous avons enfin indiqué le poids de 100 grains dans chaque essai.

a) Influence de l'azote sur la récolte de grain.

Nature de l'expérience	Récoltes de Grains à l'état sec en grammes			Variations moyennes du grain sec pour 0 gr. 1 d'azote			Poids de 100 grains au moment de la récolte		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H. (1)	P. (2)	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Az. 0, »	7,6	7,3	8,7	»	»	»	3,77	3,85	4,43
» 0,1	12,0	10,9	11,2	+ 4,4	+ 3,6	+ 2,5	4,15	4,87	4,51
» 0,2	17,4	14,9	18,4	+ 4,9	+ 3,8	+ 4,8	4,00	5,43	5,04
» 0,3	21,2	»	22,3	+ 4,5	»	+ 4,5	4,27	»	4,87
» 0,4	23,3	24,4	24,3	+ 3,9	+ 4,3	+ 3,9	4,22	4,65	4,72
» 0,5	27,1	»	28,6	+ 3,9	»	+ 3,9	4,33	»	4,37
» 0,6	30,4	28,0	29,4	+ 3,8	+ 3,4	+ 3,4	4,15	4,24	4,10
» 0,8	31,4	29,5	29,6	+ 3,0	+ 2,8	+ 2,6	3,52	4,23	3,76
» 1,0	34,7	31,5	33,3	+ 2,7	+ 2,4	+ 2,4	3,95	3,95	3,77



Graphique I.

Les variations de la récolte de grain sous l'action de l'azote sont réunies, pour les deux terres et les deux orges, dans le graphique I.

Nous voyons d'abord que dans les deux terres, et pour les deux variétés d'orges, l'addition de sulfate d'ammoniaque a fait croître fortement la récolte de grain. L'orge Hännchen paraît plus sensible à l'azote

(1) Hännchen.

(2) Primus.

que l'orge Primus dans la terre de Marquillies, et donne des rendements presque toujours supérieurs. Dans la terre pauvre de Flines, les rendements de l'orge Primus paraissent plus élevés que dans la terre riche de Marquillies. Les témoins y sont plus forts, probablement parce que cette terre possède l'azote à un état plus assimilable et nitrifie plus activement que la terre de Marquillies. Pour chaque terre et pour chaque orge, l'augmentation de rendement en grain pour 0^{gr}1 d'azote ajouté croît jusqu'à la dose de 0^{gr}2, puis elle diminue pour les doses supérieures. La dose de 0^{gr}2 paraît donc être celle qui donne l'augmentation maxima de rendement. Cette augmentation est voisine de 5 gr. de grain pour 0^{gr}1 d'azote et la récolte se trouve alors à peu près doublée. Pour les doses supérieures, l'action est moins forte. Ce résultat est tout à fait conforme aux expériences de Lawes et Gilbert à Rothamsted, qui ont constaté avec le blé qu'une dose de 90 kg. d'azote donne une augmentation de rendement double de celle que donne une dose de 45 kg. d'azote, tandis qu'une dose triple de 135 kg. d'azote donne une augmentation très inférieure au triple de l'augmentation donnée par 45 kg. Enfin, pour les deux variétés, le poids de 100 grains croît d'abord rapidement avec l'addition d'azote, puis il diminue et redevient égal ou même inférieur au témoin pour les très fortes doses d'engrais. Ce fait est surtout remarquablement net pour l'orge Primus. L'addition d'engrais azoté, tout en augmentant le rendement en grain, ne fait donc pas baisser la grosseur du grain et donne au contraire des grains plus lourds et plus pleins.

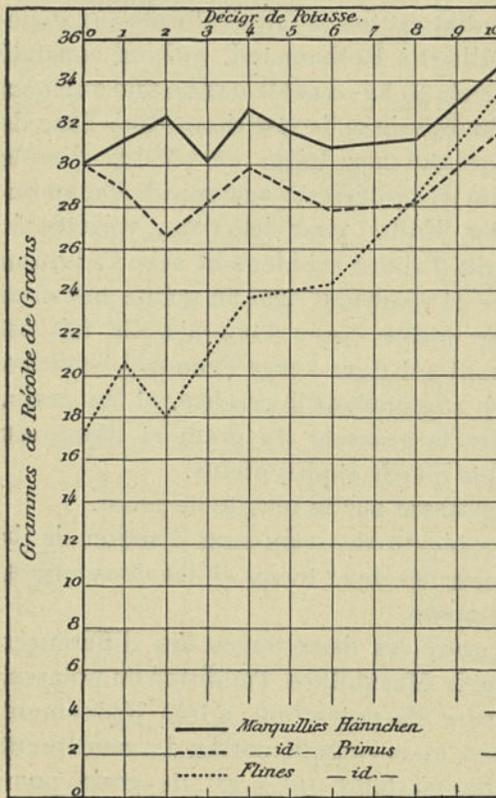
b) Influence de la potasse sur la récolte de grain.

Les variations de la récolte de grain sous l'action de la potasse sont réunies, pour les deux terres et les deux orges, dans le graphique II ci-après.

Ici nous trouvons entre les deux terres des différences notables. Dans la terre de Marquillies, l'addition de potasse, sous la forme de chlorure de potassium, a très légèrement favorisé l'orge Hannchen, mais l'augmentation de rendement est restée faible, et elle n'atteint que 1 gr. de grain pour

b) Influence de la potasse sur la récolte de grain.

Nature de l'expérience	Récoltes de Grains à l'état sec en grammes			Variations moyennes du grain sec pour 0 gr. 1 de potasse			Poids de 100 grains au moment de la récolte		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
K ² O 0,»	gr. 30,1	gr. 30,0	gr. 17,2	»	»	»	gr. 3,22	gr. 3,90	gr. 2,74
» 0,1	31,2	28,9	20,6	+1,1	-1,1	+3,4	4,01	3,81	2,92
» 0,2	32,3	26,7	18,0	+1,1	-1,6	+0,4	3,59	3,49	3,16
» 0,3	30,2	»	21,0	0	»	+1,3	3,37	»	2,95
» 0,4	32,8	29,9	23,7	+0,6	0	+1,6	3,54	3,78	3,40
» 0,5	31,6	»	»	+0,3	»	»	3,58	»	»
» 0,6	30,9	27,8	24,4	+0,1	-0,3	+1,2	3,44	3,99	3,07
» 0,8	31,3	28,2	28,4	+0,1	-0,2	+1,4	3,58	3,89	3,25
» 1,0	34,7	31,5	33,3	+0,4	+0,1	+1,6	3,95	3,95	3,77



Graphique II.

0^{gr} 1 de potasse dans les conditions les plus favorables, c'est-à-dire pour les doses 0^{gr} 1 et 0^{gr} 2 de K²O. Dans la même terre, la potasse n'a eu aucune action sur l'orge Primus; certains pots sont même parfois inférieurs au témoin: ce fait tient à ce que cette série a légèrement souffert de la rouille en pleine végétation. Mais dans la terre de Flines, pauvre en potasse, l'action du chlorure de potassium sur l'orge



Primus a été manifeste. La première dose de 0^{gr}1 de potasse a produit une augmentation très sensible de rendement, puis les doses successives ont donné des augmentations plus faibles et à peu près constantes de 1^{gr}4 par 0^{gr}1 de potasse introduite. Finalement la récolte de grain s'est trouvée à peu près doublée, pour la dose massive de 1 gr. de potasse.

L'action de la potasse sur le poids du grain n'est pas très sensible dans la terre de Marquillies, à part peut-être pour l'orge Hannchen où le témoin sans potasse a fourni un grain notablement plus petit; mais elle est caractéristique dans la terre de Flines. Le témoin a donné un grain pailleux, très irrégulier, et le poids du grain a nettement augmenté dans tous les pots qui ont reçu de la potasse.

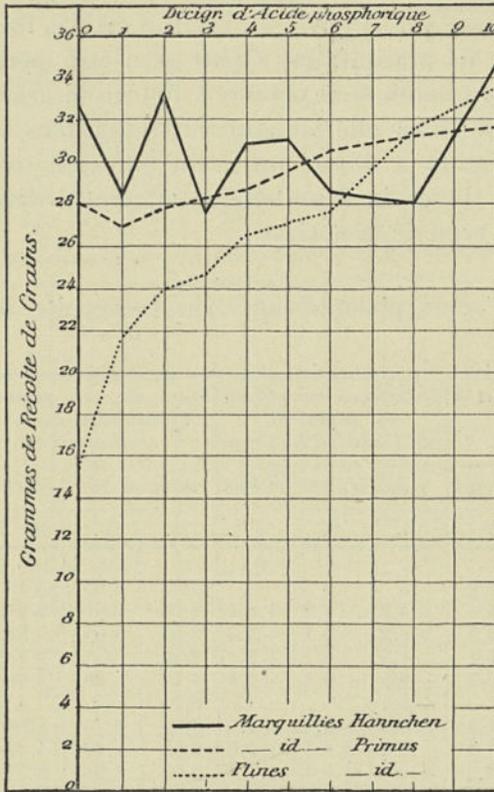
c) Influence de l'acide phosphorique sur la récolte de grain.

Nature de l'expérience	Récoltes de Grains à l'état sec en grammes			Variations moyennes du grain sec pour 0 ^{gr} . 1 d'ac. phos.			Poids de 100 grains au moment de la récolte		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
gr. P ² O ⁵ 0,»	32,6	28,0	15,0	»	»	»	3,63	3,35	3,19
» 0,1	28,3	26,8	21,4	-4,3	-1,2	+6,4	2,98	3,61	3,83
» 0,2	33,1	27,7	23,8	+0,2	-0,1	+4,4	3,58	4,04	3,51
» 0,3	27,4	»	24,3	-1,7	»	+3,1	2,62	»	3,73
» 0,4	30,7	28,5	26,3	-0,5	+0,1	+2,8	3,44	4,20	3,69
» 0,5	31,9	»	»	-0,1	»	»	3,72	»	»
» 0,6	28,4	30,4	27,5	-0,7	+0,4	+2,1	2,66	3,74	3,68
» 0,8	28,0	31,0	31,4	-0,6	+0,4	+2,0	2,63	4,19	4,26
» 1,0	34,7	31,5	33,3	+0,2	+0,4	+1,8	3,95	3,95	3,77

Les variations du poids de la récolte de grain sous l'influence de l'acide phosphorique sont résumées, pour les deux orges et les deux terres, dans le graphique III ci-contre.

Un accident survenu dans les pots 0,1; 0,3; 0,6 et 0,8 de Marquillies, orge Hannchen, a causé des irrégularités. Ces quatre essais ont été particulièrement éprouvés, par suite de

leur situation sur le chariot par un violent orage qui a abattu une partie des épis avant leur pleine maturité. La récolte renfermait par suite une quantité assez forte de petits grains, qui a causé, dans ces essais, l'abaissement anormal du poids de 100 grains et une diminution du poids de la récolte. On



Graphique III.

faibles quantités d'acide phosphorique augmentent beaucoup la récolte, et c'est avec la dose de 0^{gr} 1 que l'accroissement pour 0^{gr} 1 est maximum : le poids de la récolte est alors augmenté de près de moitié. Les doses successives ajoutées ensuite produisent aussi une augmentation, mais de plus en plus faible. Pour une dose de 0^{gr} 4, la

voit d'ailleurs que pour les deux orges, dans la terre de Marquillies, l'addition d'acide phosphorique a très légèrement augmenté la récolte, mais les variations sont peu sensibles et ne deviennent appréciables que pour les fortes doses de superphosphate (0^{gr} 8 à 1 gr. de P²O⁵).

Dans la terre de Flines, pauvre en acide phosphorique, l'action favorisante du superphosphate sur la récolte de grain est manifeste. De

récolte est presque doublée, et l'augmentation du grain devient alors très faible si on fait croître encore la dose d'acide phosphorique.

Si nous laissons de côté les poids de 100 grains de l'orge Hannchen, à cause de l'accident qui a rendu ces poids irréguliers, nous voyons que dans les deux terres, pour l'orge Primus, l'acide phosphorique a augmenté le poids de 100 grains et par suite la grosseur du grain.

2° Action sur la récolte de paille

Les tableaux suivants indiquent les variations de la récolte de paille, ramenée à l'état sec, sous l'action des divers éléments fertilisants. Comme pour les grains, nous avons placé à côté de ces chiffres les variations moyennes de la paille pour 0^{gr} 1 d'élément fertilisant, prises par rapport au témoin. Nous y avons joint la proportion de grain formé pour 100 de paille.

a) Influence de l'azote sur la récolte de paille.

Nature de l'expérience	Récolte de Paille à l'état sec en grammes			Variations moyennes de la Paille sèche pour 0 gr. 1 d'azote			Proportion de Grain sec pour 100 de paille sèche		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.			
Az. 0,»	7,85	7,66	8,30	»	»	»	96,8	95,3	104,8
» 0,1	11,45	12,16	13,49	+ 3,6	+ 4,5	+ 5,2	104,8	89,6	83,0
» 0,2	15,29	17,47	20,64	+ 3,7	+ 4,9	+ 6,1	113,8	85,3	89,1
» 0,3	21,51	»	24,79	+ 4,6	»	+ 5,3	98,5	»	89,5
» 0,4	26,47	27,47	29,96	+ 4,7	+ 4,9	+ 5,4	88,0	88,8	81,1
» 0,5	28,05	»	32,90	+ 4,0	»	+ 4,9	96,6	»	86,9
» 0,6	30,85	33,42	33,70	+ 3,8	+ 4,3	+ 4,2	98,5	83,7	87,2
» 0,8	35,44	38,66	36,95	+ 3,4	+ 3,9	+ 3,6	88,5	76,3	80,1
» 1,0	37,06	38,69	41,92	+ 2,9	+ 3,1	+ 3,4	92,2	81,4	79,4

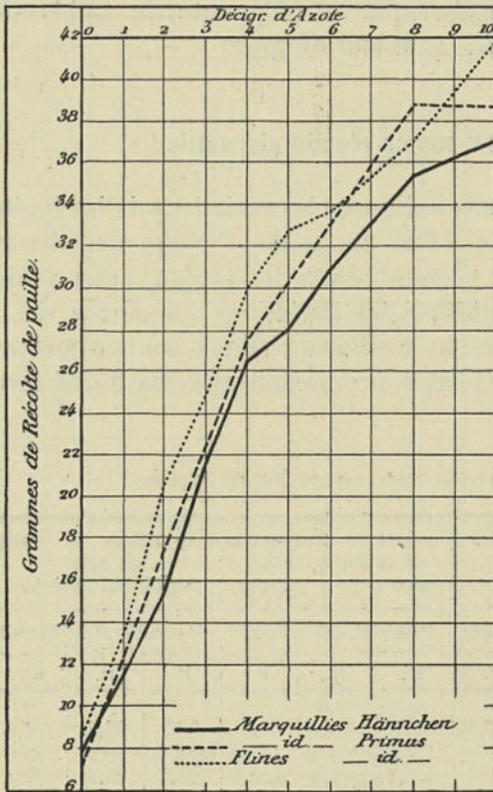
Les variations de la récolte de paille, sous l'influence des doses croissantes d'azote, sont résumées dans le

graphique IV pour les deux orges et les deux terres.

Comme pour le grain, nous voyons que la récolte de paille dans les deux terres et pour les deux orges a fortement augmenté sous l'action du sulfate d'ammoniaque.

L'orge Hannchen fournit moins de paille que l'orge Primus. Nous retrouvons aussi, comme nous l'avons déjà

trouvé pour le grain, pour l'orge Primus, des rendements en paille dans la terre pauvre de Flines presque toujours supérieurs aux rendements obtenus avec la même orge en terre de Marquillies. Les témoins sont plus forts et les différences sont surtout sensibles pour les faibles doses d'engrais. L'augmentation de récolte de paille pour 0^{gr}1 d'azote introduit croît, pour toutes les terres, jusqu'aux doses de



Graphique IV.

0^{gr}3, 0^{gr}4 environ, puis décroît, comme nous l'avons vu pour le grain. L'augmentation maxima est en général aux environs de la dose 0^{gr}4, elle est donc atteinte plus tard que pour le grain où elle était située à la dose 0^{gr}2. Cette augmentation maxima est, comme pour le grain, voisine de 5 gr. de paille pour 0^{gr}1 d'azote introduit. La récolte de paille

se trouve ainsi doublée pour une dose de 0^{gr}2 d'azote, triplée pour une dose de 0^{gr}3, quadruplée pour une dose de 0^{gr}4; pour les doses supérieures, l'action devient moins forte.

Chez l'orge Primus et dans les deux terres, l'augmentation de la paille sous l'action de l'azote est toujours plus forte que l'augmentation du grain, de sorte que la proportion de grain formé pour 100 de paille diminue quand l'azote croît. Ce fait est particulièrement net dans la terre de Marquillies. Avec l'orge Hannchen, la production du grain semble être plus favorisée que celle de la paille au début, pour les faibles doses d'azote; mais bientôt l'augmentation de la paille l'emporte sur celle du grain et le rapport du grain à la paille s'abaisse.

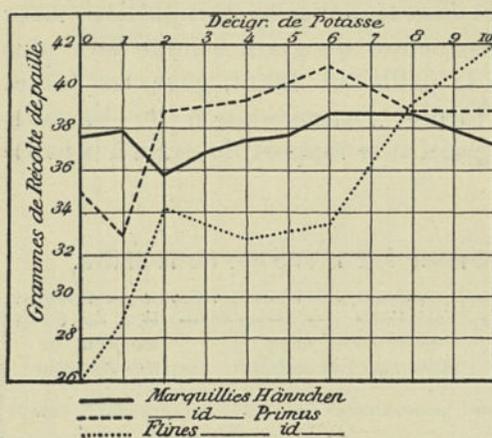
b) Influence de la potasse sur la récolte de la paille.

Nature de l'expérience	Récolte de Paille à l'état sec en grammes			Variations moyennes de la Paille sèche pour 0 gr. 1 de potasse			Proportion de Grain sec pour 100 de paille sèche		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.			
K ² 0,»	37,46	34,89	26,05	»	»	»	80,4	85,9	66,0
» 0,1	37,83	32,76	28,82	+0,4	-2,1	+2,8	82,4	88,2	71,4
» 0,2	35,73	38,57	34,21	-0,9	+1,8	+4,1	90,4	69,2	52,6
» 0,3	36,68	»	33,39	-0,3	»	+2,4	82,3	»	62,9
» 0,4	37,34	39,15	32,75	0	+1,1	+1,7	87,8	76,3	72,3
» 0,5	37,56	»	»	0	»	»	84,1	»	»
» 0,6	38,59	40,68	33,40	+0,2	+1,0	+1,2	80,1	68,3	73,0
» 0,8	38,54	38,60	39,03	+0,1	+0,5	+1,6	81,2	73,0	72,7
» 1,0	37,06	38,69	41,92	0	+0,4	+1,6	92,2	81,4	79,4

Les variations de la récolte de paille sous l'action des doses croissantes de potasse sont résumées, pour les deux terres et les deux orges, dans le graphique V ci-contre.

Les différences sont encore ici très notables entre les deux terres. Dans la terre riche de Marquillies, l'addition de potasse n'a eu aucun effet sensible sur l'orge Hannchen; elle a produit en général une très légère augmentation de paille

sur l'orge Primus. Nous avons déjà signalé à propos du grain que la rouille a causé dans cette série de petites irrégularités qu'on constate aussi sur la récolte de paille. Mais, dans la terre de Flines, la potasse a eu une action très sensible sur la production de la paille. La variation de poids augmente d'abord jusqu'à la dose de 0^{gr}2, puis diminue et reste pour les doses supérieures au voisinage de 1^{gr}5 de paille par 0^{gr}1



Graphique V.

de potasse. Le maximum d'effet utile se trouve à la dose de 0^{gr}2, qui augmente de 1/3 le rendement en paille par rapport au témoin, tandis que la dose de 1 gr. de K²O, quintuple de la précédente, n'a produit qu'une augmentation de récolte de la moitié

du rendement du témoin.

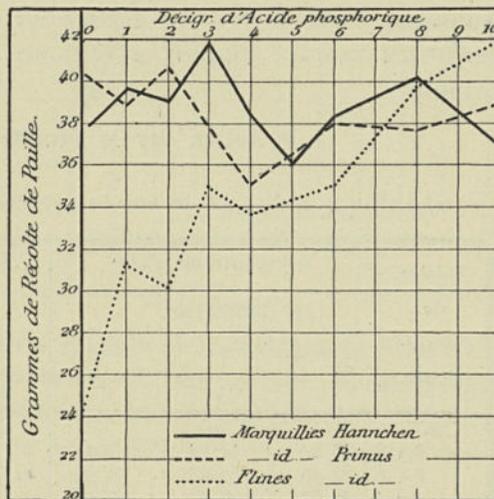
L'influence de la potasse sur les proportions relatives de paille et de grain n'est pas nette dans la terre de Marquillies. On comprend qu'elle soit peu sensible, puisque la potasse n'agit pour ainsi dire pas dans cette terre. Dans la terre de Flines, la potasse a en général favorisé davantage la production du grain que celle de la paille; en effet, la proportion de grain pour cent de paille est plus élevée que dans le témoin pour tous les essais qui ont reçu plus de 0^{gr}3 de potasse.

c) Influence de l'acide phosphorique sur la récolte de paille.

Nature de l'expérience	Récolte de Paille à l'état sec en grammes			Variations moyennes de la Paille sèche pour 0 gr. 1 d'ac. phos.			Proportion de Grain sec pour 100 de paille sèche		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.			
P ⁰ 0,»	37,6	40,31	23,97	»	»	»	86,7	69,4	62,5
» 0,1	39,46	38,92	31,26	+ 1,9	- 1,4	+ 7,3	71,7	68,8	68,4
» 0,2	38,98	40,75	30,07	+ 0,7	+ 0,2	+ 3,0	84,9	67,9	79,1
» 0,3	41,86	»	34,77	+ 1,4	»	+ 3,6	65,4	»	69,8
» 0,4	38,50	34,84	33,75	+ 0,2	- 1,4	+ 2,4	79,7	81,8	77,9
» 0,5	35,96	»	»	- 0,3	»	»	88,7	»	»
» 0,6	38,27	38,96	35,46	+ 0,1	- 0,3	+ 1,9	74,2	77,0	78,2
» 0,8	40,17	37,71	39,76	+ 0,3	- 0,3	+ 2,0	69,7	82,2	79,0
» 1,0	37,06	38,69	41,92	- 0,1	- 0,2	+ 1,8	92,2	81,4	79,4

Les variations du poids de la récolte de paille sous l'influence de l'acide phosphorique sont résumées, pour les deux orges et les deux terres, dans le graphique VI.

L'inspection du tableau précédent montre que la récolte de paille de l'orge Hannchen n'a pas été sensiblement influencée par l'addition d'acide phosphorique dans la terre de Marquillies. Il en est de même pour l'orge Primus dans



Graphique VI.

la même terre. Dans cette terre riche, l'acide phosphorique n'a donc eu aucune action bien nette. Au contraire, dans la terre de Flines, pauvre en acide phosphorique, l'action favorisante

du superphosphate est facile à constater. Comme pour le grain, il suffit d'une très faible dose d'acide phosphorique pour augmenter le rendement en paille, et c'est avec la première dose de 0^{gr}1 d'acide phosphorique que l'accroissement pour 0^{gr}1 d'acide phosphorique est maximum. On augmente ainsi presque d'un tiers la récolte de paille. Les doses successives produisent des accroissements de moins en moins accentués, et la récolte de paille est à peu près doublée pour la dose maxima de 1 gr. d'acide phosphorique.

Si nous laissons de côté les rapports de la paille au grain pour l'orge Hannchen, à cause de l'accident d'orage signalé plus haut, qui a rendu ces rapports irréguliers, nous voyons que pour l'orge Primus l'acide phosphorique a augmenté la proportion de grain par rapport à la paille. Le fait est particulièrement net dans la terre de Flines, où l'acide phosphorique a produit des accroissements sensibles de récolte. Dans cette terre, une faible dose d'acide phosphorique (0^{gr}1 à 0^{gr}2) augmente la proportion de grain pour 100 de paille, et avec les fortes doses ce rapport est toujours plus élevé que dans le témoin.

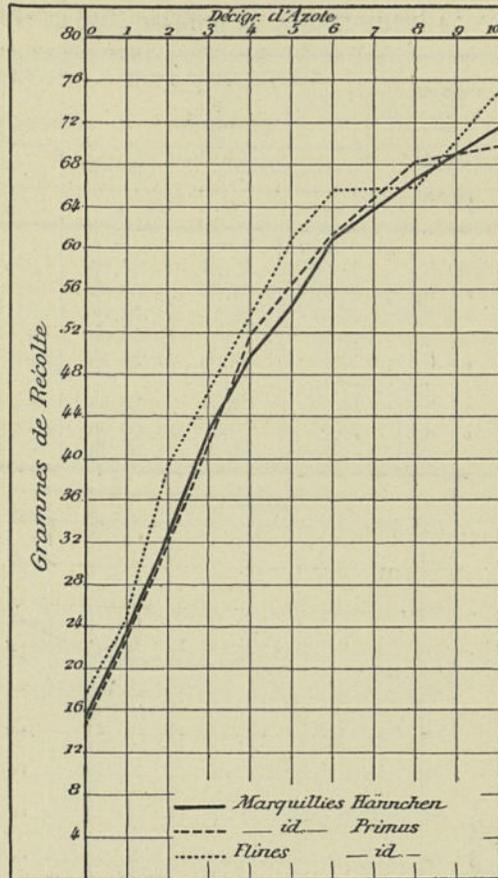
3° Action sur la récolte totale

a) Influence de l'azote sur la récolte totale.

Nature de l'expérience	Récolte totale sèche en grammes			Variations moyennes de la récolte totale sèche pour 0 gr. 1 d'azote		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.
gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Az. 0, »	15,45	14,96	17,00	»	»	»
» 0,1	23,45	23,06	24,69	+ 8,0	+ 8,1	+ 7,7
» 0,2	32,69	32,37	39,40	+ 8,6	+ 8,7	+ 11,2
» 0,3	42,71	»	47,09	+ 9,1	»	+ 10,0
» 0,4	49,77	51,87	54,26	+ 8,6	+ 9,2	+ 9,3
» 0,5	55,15	»	61,50	+ 7,9	»	+ 8,9
» 0,6	61,25	61,42	66,10	+ 7,6	+ 7,7	+ 8,2
» 0,8	66,84	68,16	66,55	+ 6,4	+ 6,6	+ 6,2
» 1,0	71,76	70,19	75,22	+ 5,6	+ 5,5	+ 5,8

Le tableau qui précède et les tableaux et graphiques suivants résument les variations de la récolte totale, paille et grain réunis, sous l'action des doses croissantes des divers éléments fertilisants.

Le sens des résultats est le même que dans les tableaux précédents. Partout l'azote a augmenté la récolte totale et c'est surtout dans la terre de Flines que cette augmentation est forte. La dose d'azote qui produit l'effet maximum sur la récolte totale

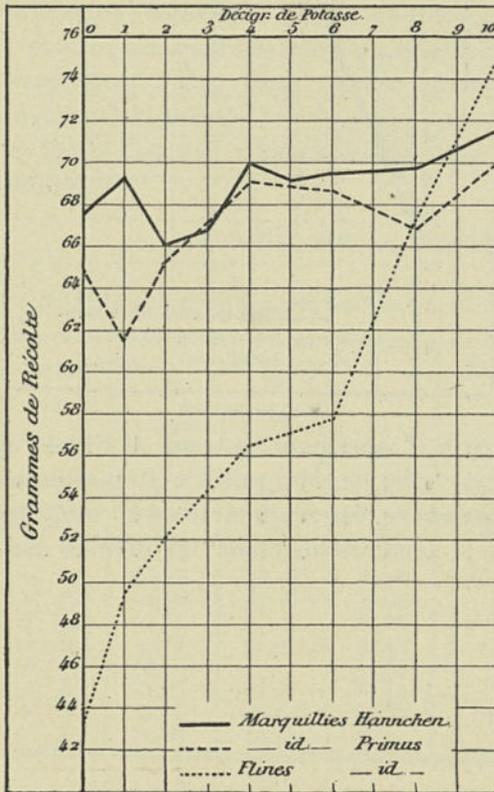


Graphique VII.

est encore la dose de 0^{gr}2 d'azote pour la terre de Flines et la dose de 0^{gr}3 pour la terre de Marquillies. Remarquons enfin que, dans la terre pauvre, les rendements sont toujours plus élevés que dans la terre riche, dans les mêmes conditions.

b) Influence de la potasse sur la récolte totale.

Nature de l'expérience	Récolte totale sèche en grammes			Variations moyennes de la récolte totale sèche pour 0 gr. 1 de potasse		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.
gr. K ² O 0, »	gr. 67,56	gr. 64,89	gr. 43,25	gr. »	gr. »	gr. »
» 0,1	69,03	61,66	49,42	+ 1,5	- 3,2	+ 6,2
» 0,2	66,03	63,27	52,21	- 0,8	+ 0,2	+ 4,5
» 0,3	66,88	»	54,39	- 0,2	»	+ 3,7
» 0,4	70,14	69,05	56,45	+ 0,6	+ 1,0	+ 3,3
» 0,5	69,16	»	»	+ 0,3	»	»
» 0,6	69,49	68,48	57,80	+ 0,3	+ 0,6	+ 2,4
» 0,8	69,84	66,80	67,43	+ 0,3	+ 0,2	+ 3,0
» 1,0	71,76	70,19	73,22	+ 0,4	+ 0,5	+ 3,2



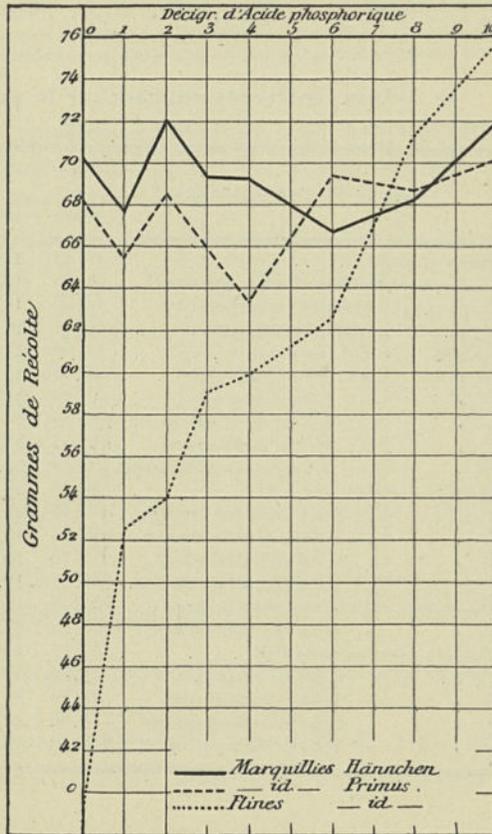
Graphique VIII.

On voit que la récolte totale a été très légèrement augmentée dans la terre de Marquillies, pour les deux orges, mais les différences sont peu sensibles et seraient inappréciables dans la pratique. Au contraire, dans la terre de Flines, la potasse a fait croître nettement la récolte et le maximum d'effet utile est atteint pour les faibles doses de 0^{gr} 1 à 0^{gr} 2.

c) Influence de l'acide phosphorique sur la récolte totale.

Nature de l'expérience	Récolte totale sèche en grammes			Variations moyennes de la récolte totale sèche pour 0 gr. 1 d'acide phosphor.		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.
gr. P^2O^5 0,»	gr. 70,20	gr. 68,31	gr. 38,97	gr. »	gr. »	gr. »
» 0,1	67,76	65,72	52,66	- 2,4	- 2,6	+ 13,7
» 0,2	72,08	68,45	53,87	+ 0,9	+ 0,1	+ 7,4
» 0,3	69,26	»	59,07	- 0,3	»	+ 6,7
» 0,4	69,20	63,34	60,05	- 0,2	- 1,4	+ 5,3
» 0,5	67,86	»	»	- 0,5	»	»
» 0,6	66,67	69,36	62,66	- 0,6	+ 0,2	+ 4,0
» 0,8	68,17	68,71	71,16	- 0,3	+ 0,1	+ 4,0
» 1,0	71,76	70,19	75,22	+ 0,2	+ 0,2	+ 3,6

Il n'y a pas d'action sensible de l'acide phosphorique sur la récolte totale dans la terre de Marquillies. Dans la terre de Flines, l'acide phosphorique a agi très fortement surtout aux doses faibles de 0^{gr}1 à 0^{gr}2.



Graphique IX.

4° Influence de divers engrais sur la récolte

Les expériences qui suivent se rattachent à une série d'essais différente de celle qui précède. Ces expériences ont été effectuées en 1903 sur l'orge Chevalier du commerce, et non sur des variétés pures. La terre employée était une terre de Marquillies, dont la composition était analogue à celle qui a été utilisée pour les essais précédents. On a comparé dans cette terre l'action de divers engrais azotés, phosphatés et potassiques, et les résultats obtenus sont réunis dans les tableaux suivants.

a) Action de divers engrais sur le poids de la récolte.

NATURE DE L'EXPÉRIENCE	Grain sec en grammes	Paille sèche en grammes	Récolte totale en grammes	Poids de 100 grains	Proportion de grain pour 100 de paille
Sans engrais	13,93	18,48	32,11	3,74	76,6
1 gr. Az. (Sulfate d'ammoniaque) ..	39,95	49,75	89,70	3,34	80,3
1 gr. K_2O (chlorure de potassium)...	15,55	18,76	34,31	4,25	82,8
1 gr. P_2O_5 (superphosphate)	16,71	18,10	34,81	3,88	92,3
$1^{st}K_2O$ — $1^{st}P_2O_5$, sans azote	15,59	17,94	33,53	3,65	86,9
» » 0,5 az. (nitrate)	40,45	45,01	85,46	4,61	89,8
» » 1,0 az. (nitrate)	49,94	50,76	100,70	4,52	98,3
» » 0,5 az. (sulf. amm.) ..	37,56	37,92	75,48	4,09	99,0
» » 1,0 az. (sulf. amm.) ..	45,64	51,28	96,92	3,98	89,0
» » 1,0 az. (tourt. de colza)	51,10	54,27	105,37	4,53	94,1
$1^{st}Az$ — $1^{st}P_2O_5$, sans K_2O	38,45	45,28	83,73	3,50	84,9
» » 0,5 K_2O (chlor. de pot.) ..	37,46	41,90	79,36	3,99	89,4
» » 1,0 K_2O (chlor. de pot.) ..	45,64	51,28	96,92	3,98	89,0
» » 0,5 K_2O (sulfate de K.) ..	34,25	36,95	71,20	3,84	92,6
» » 1,0 K_2O (sulfate de K.) ..	35,51	50,30	85,81	3,33	70,5
» » 0,5 K_2O (carb. de pot.) ..	38,98	42,65	81,63	4,01	91,3
» » 1,0 K_2O (carb. de pot.) ..	39,94	39,72	79,66	4,20	100,5
$1^{st}Az$ — $1^{st}K_2O$, sans P_2O_5	35,92	47,29	83,21	3,38	75,9
» » 0,5 P_2O_5 (superph.)	44,90	49,95	94,85	4,34	89,8
» » 1,0 P_2O_5 (superph.)	45,64	51,28	96,92	3,98	89,0
» » 0,5 P_2O_5 (phosp. miné.) ..	41,86	48,24	90,10	3,72	86,7
» » 1,0 P_2O_5 (phosp. miné.) ..	43,48	49,48	92,96	3,77	87,8

b) Variations des récoltes sèches pour 1 gramme d'élément fertilisant par rapport au témoin sans engrais.

NATURE DE L'EXPÉRIENCE	Variations du grain sec	Variations de la paille sèche	Variations de la récolte totale sèche
	gr.	gr.	gr.
Sans engrais.....	»	»	»
Azote seul.....	+ 26,02	+ 31,57	+ 57,59
Azote, potasse.....	+ 21,99	+ 29,11	+ 51,10
Azote, acide phosphorique.....	+ 24,52	+ 27,10	+ 51,62
Azote, acide phosphorique, potasse.....	+ 31,71	+ 33,10	+ 64,81
Potasse seule.....	+ 1,62	+ 0,58	+ 2,20
Potasse, azote.....	+ 21,99	+ 29,11	+ 51,10
Potasse, acide phosphorique.....	+ 1,66	- 0,14	+ 1,52
Potasse, acide phosphorique, azote.....	+ 31,71	+ 33,10	+ 64,81
Acide phosphorique seul.....	+ 2,78	- 0,08	+ 2,70
Acide phosphorique, azote.....	+ 24,52	+ 27,10	+ 51,62
Acide phosphorique, potasse.....	+ 1,66	- 0,14	+ 1,52
Acide phosphorique, potasse, azote.....	+ 31,71	+ 33,10	+ 64,81

c) Variations des récoltes sèches pour 0 gr. 5 et 1 gramme d'élément fertilisant, sous l'influence de divers engrais, en présence d'un excès des autres éléments.

Nitrate de soude, 0 gr. 5 az.....	+ 24,86	+ 27,07	+ 51,93
» 1 gr. az.....	+ 34,35	+ 32,82	+ 67,17
Sulfate d'ammoniaque, 0 gr. 5 az.....	+ 21,97	+ 19,98	+ 41,95
» 1 gr. az.....	+ 30,05	+ 33,34	+ 63,39
Tourteaux de colza, 1 gr. az.....	+ 35,51	+ 36,33	+ 71,84
Superphosphate, 0 gr. 5 P ² O ⁵	+ 8,98	+ 2,66	+ 11,64
» 1 gr. P ² O ⁵	+ 9,72	+ 3,99	+ 13,71
Phosphate des Ardennes, 0 gr. 5 P ² O ⁵	+ 5,94	+ 0,95	+ 6,89
» 1 gr. P ² O ⁵	+ 7,56	+ 2,19	+ 9,75
Chlorure de potassium, 0 gr. 5 K ² O.....	- 0,99	- 3,38	- 4,37
» 1 gr. K ² O.....	+ 7,19	+ 6,00	+ 13,19
Sulfate de potasse, 0 gr. 5 K ² O.....	- 4,20	- 8,33	- 12,53
» 1 gr. K ² O.....	- 2,94	+ 5,12	+ 2,18
Carbonate de potasse, 0 gr. 5 K ² O.....	+ 0,53	- 2,63	- 2,10
» 1 gr. K ² O.....	+ 1,49	- 5,56	- 4,07

L'examen de ces tableaux nous fournit un certain nombre de faits intéressants.

On voit d'abord que l'azote seul, à la dose de 1 gr. sous forme de sulfate d'ammoniaque, dans cette terre, a presque

triplé la récolte de grain et de paille, tandis que la potasse seule et l'acide phosphorique seul n'ont pas eu d'action bien sensible.

L'addition à l'azote, soit de 1 gr. de potasse, soit de 1 gr. d'acide phosphorique, séparément, n'a eu aucune action favorable : les résultats sont mêmes inférieurs au témoin à azote seul. Mais en présence d'un excès de ces deux éléments réunis, l'action de l'azote a été notablement plus marquée, surtout sur la récolte de grain.

La potasse seule n'a pas eu d'action nette ; elle semble cependant avoir augmenté un peu la récolte de grain ; l'adjonction de l'acide phosphorique à la potasse n'a eu également aucun résultat, mais l'adjonction d'azote a fait monter considérablement la récolte. Comme pour l'azote, les meilleurs résultats pour la potasse ont été obtenus en présence d'un excès des deux autres éléments réunis.

L'acide phosphorique seul a légèrement favorisé la récolte de grain, l'adjonction de la potasse n'a rien changé au résultat ; comme dans l'expérience précédente, l'adjonction de l'azote a augmenté fortement le rendement, et l'action de l'acide phosphorique est maxima en présence d'un excès d'azote et de potasse.

Il est à remarquer que tous les chiffres que nous donnons ici sont notablement supérieurs à ceux des expériences qui précèdent. Ce fait tient à l'ensemencement beaucoup plus copieux de ces pots, qui ont reçu 30 grains de semence au lieu de 13.

On voit en outre que d'une façon générale, l'azote, l'acide phosphorique et la potasse ont augmenté la grosseur du grain. Le poids de 100 grains, dans les pots qui ont reçu les trois éléments, est toujours supérieur à celui des pots qui n'en ont reçu que deux. De même, en général, l'azote et surtout la potasse et l'acide phosphorique favorisent davantage la production du grain que celle de la paille, et la proportion de grain pour 100 de paille augmente avec ces engrais. Nous arrivons donc ici aux mêmes conclusions que précédemment.

Si nous comparons maintenant l'action des divers engrais, nous voyons que le nitrate de soude et le sulfate d'ammoniaque agissent à peu près de la même manière ; mais le nitrate paraît donner une augmentation de rendement toujours un peu plus forte. Nous retrouvons au sujet de l'action des doses successives d'engrais azotés ce que nous avons observé dans les expériences précédentes : tandis que la première dose de 0^{gr}5 d'azote fournit en moyenne une augmentation de rendement de 20 gr. de grain, la deuxième dose ne donne plus qu'une augmentation de 10 gr. Il en est de même pour la paille.

L'action du superphosphate est plus accentuée que celle du phosphate des Ardennes, ce qui s'explique parfaitement par leur différence d'assimilabilité.

Enfin, pour ce qui concerne les divers engrais potassiques, il est difficile de tirer des conclusions précises, car la potasse ne produit pas dans cette terre d'effets bien sensibles. Il semble cependant que le chlorure de potassium est plus favorable que le sulfate et surtout le carbonate de potasse, dont l'action a paru plutôt nuisible.

II

Action des éléments fertilisants sur la composition chimique du grain

La question de l'influence des éléments fertilisants sur la composition chimique du grain est une de celles qui intéresse le plus directement le brasseur. Le brasseur demande en effet des orges riches en amidon et pauvres en matières azotées solubles non coagulables. Pour avoir des renseignements sur les relations qui lient la composition chimique du sol et celle du grain, nous avons procédé à l'analyse de tous les échantillons d'orges obtenus en

présence de doses croissantes d'engrais azotés, phosphatés et potassiques.

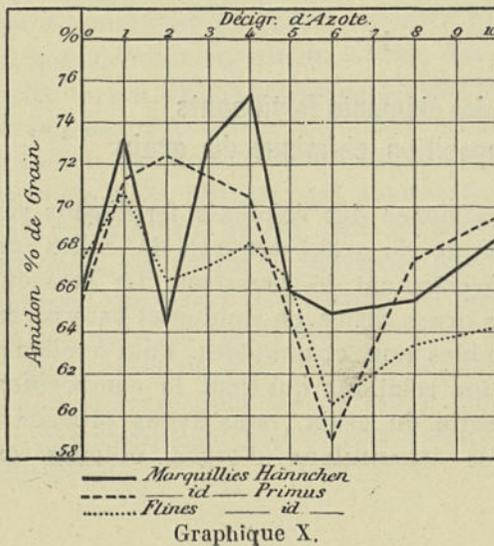
1° Action des éléments fertilisants sur la richesse en amidon

Nous étudierons séparément les doses croissantes de chacun des éléments fertilisants.

Les résultats sont réunis dans les tableaux et graphiques qui suivent.

a) Influence des doses croissantes d'azote sur la richesse du grain en amidon.

Nature de l'expérience	Amidon pour 100 de grain sec			Amidon total produit par la récolte		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.
Az. 0,»	65,94	65,62	67,52	5,01	4,79	5,87
» 0,1	73,11	71,26	70,65	8,77	7,77	7,91
» 0,2	64,06	72,35	66,49	11,15	10,78	12,23
» 0,3	72,90	»	67,13	15,45	»	14,97
» 0,4	75,25	70,47	68,20	17,53	17,19	16,57
» 0,5	66,01	»	66,49	17,81	»	19,02
» 0,6	64,84	58,85	60,48	19,71	16,48	17,78
» 0,8	65,61	67,44	63,34	20,60	19,89	18,75
» 1,0	68,36	69,38	64,26	23,72	21,85	21,40



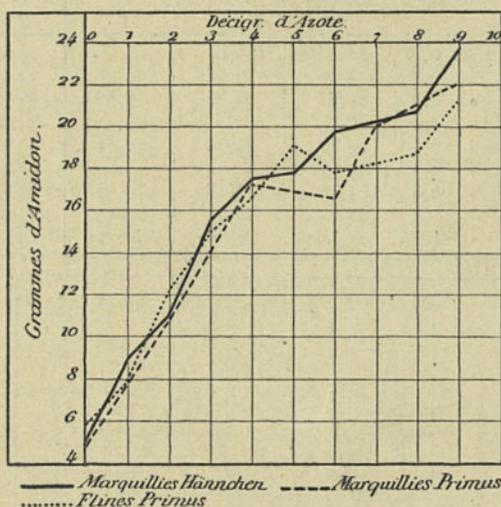
Les graphiques X et XI (ci-contre et ci-après) résument l'influence de l'azote sur la richesse du grain en amidon et sur l'amidon total produit.

Nous voyons d'abord qu'il n'existe pas entre les deux orges Hännchen et Primus de différences bien

sensibles au point de vue de la richesse en amidon.

Il y a d'assez grandes variations du taux d'amidon sous l'action des doses croissantes d'azote. D'une façon générale, on voit que dans la terre de Marquillies les engrais azotés aux doses faibles ont augmenté la richesse en amidon. Aux doses fortes, l'amidon baisse et redevient à peu près égal à celui du témoin.

Dans la terre de Flines, il y a aussi en général une augmentation de la richesse en amidon pour les doses faibles d'azote, mais pour les doses fortes la richesse s'abaisse sensiblement. Donc, en résumé, les doses faibles de sulfate d'ammoniaque paraissent favoriser



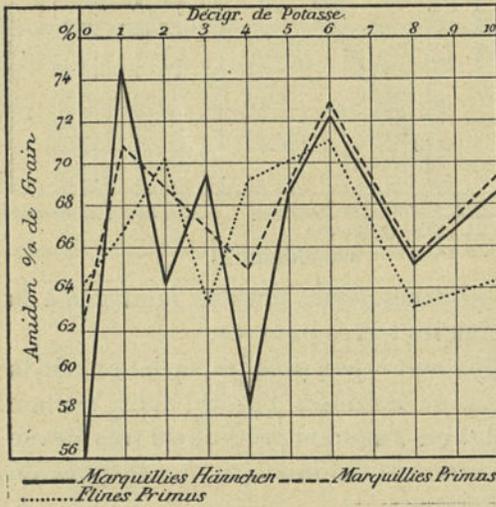
Graphique XI.

la richesse en amidon; les doses fortes ont une tendance à la faire baisser, surtout dans les terres pauvres.

L'amidon total produit suit à peu près les variations de la récolte de grain; il croît avec les doses d'azote; mais, comme pour le grain, l'augmentation d'amidon produit est très élevée pour les doses faibles d'azote, et diminue ensuite de plus en plus pour les doses supérieures.

b) Influence des doses croissantes de potasse sur la richesse du grain en amidon.

Nature de l'expérience	Amidon pour 100 de grain sec			Amidon total produit par la récolte		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.
K ² O 0,»	55,94	62,15	64,25	16,84	18,64	11,05
» 0,1	74,30	70,86	66,86	23,18	20,48	13,77
» 0,2	64,55	68,74	70,59	20,85	18,35	12,70
» 0,3	69,66	»	63,40	21,04	»	13,31
» 0,4	58,74	64,98	69,16	19,27	19,43	16,39
» 0,5	68,56	»	»	21,66	»	»
» 0,6	72,20	72,75	71,03	22,31	20,22	17,33
» 0,8	65,21	65,54	63,19	20,41	18,48	17,95
» 1,0	68,36	69,38	64,26	23,72	21,85	21,40



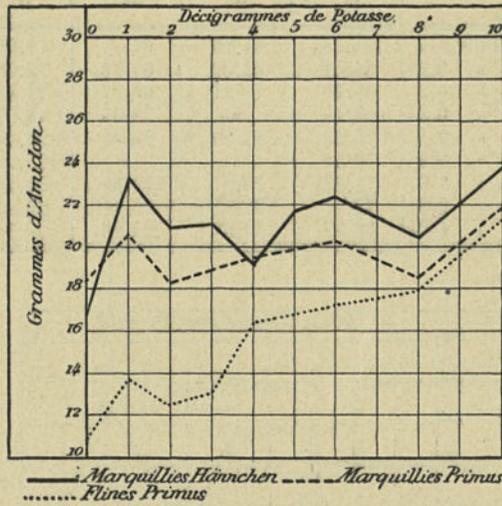
Graphique XII.

Les graphiques XII et XIII (ci-contre et ci-après) résument l'influence de la potasse sur la richesse du grain en amidon et sur l'amidon total produit.

Nous voyons d'une façon générale que le grain produit dans les témoins sans potasse est beaucoup

plus pauvre en amidon que celui des pots qui ont reçu de la potasse. Le taux d'amidon présente des variations assez étendues qui ne sont pas proportionnelles aux doses successives de potasse. Il semble donc qu'une faible dose de potasse suffise pour augmenter beaucoup la richesse en amidon et que les doses supérieures soient sans action. Ce

même fait se reproduit pour les deux orges et les deux terres. Dans la terre de Marquillies, la richesse en amidon des deux orges Hannchen et Primus est toujours plus élevée dans tous les pots qui ont reçu de la potasse que dans le témoin sans potasse. Dans la terre de Flines, l'action est un peu moins nette, cependant en général, les essais qui ont reçu de la potasse sont plus riches en amidon que le témoin. On peut en conclure que la potasse favorise la richesse en amidon; cette action favorisante est obtenue déjà avec une faible dose de potasse, et les doses supérieures ne produisent pas plus d'augmentation de richesse que les doses faibles.

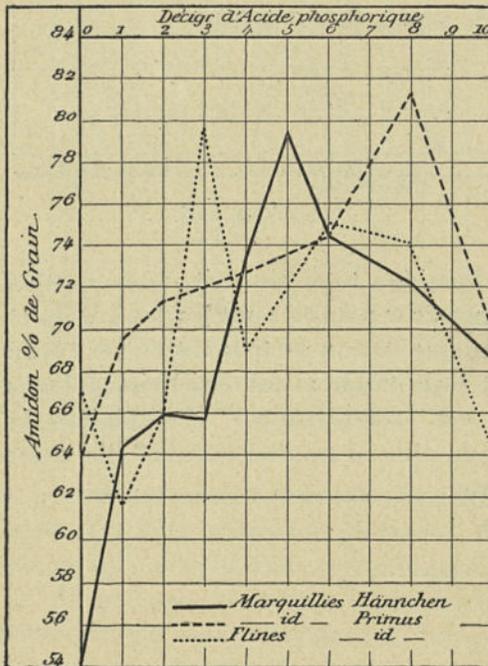


Graphique XIII.

Si nous examinons l'amidon total produit, nous voyons qu'il augmente en présence de la potasse pour les deux orges et dans les deux terres. L'augmentation est très nette avec l'orge Hannchen, mais elle est assez faible avec l'orge Primus. Dans la terre de Flines, elle est caractéristique : l'emploi de la potasse a doublé la production d'amidon comme elle avait doublé la récolte de grain.

c) Influence des doses croissantes d'acide phosphorique sur la richesse du grain en amidon.

Nature de l'expérience	Amidon pour 100 de grain sec			Amidon total produit par la récolte		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.
P ² O ⁵ 0,»	54,18	64,10	67,37	17,66	17,95	10,10
» 0,1	64,31	69,30	61,78	18,20	18,57	13,22
» 0,2	66,09	71,21	65,92	21,88	19,73	15,93
» 0,3	65,76	»	79,38	18,02	»	19,29
» 0,4	73,25	72,59	68,99	22,49	20,69	18,14
» 0,5	79,04	»	»	25,21	»	»
» 0,6	74,36	74,27	74,88	21,12	22,58	20,59
» 0,8	72,17	81,07	74,11	20,21	25,13	23,27
» 1,0	68,36	69,38	64,26	23,72	21,85	21,40

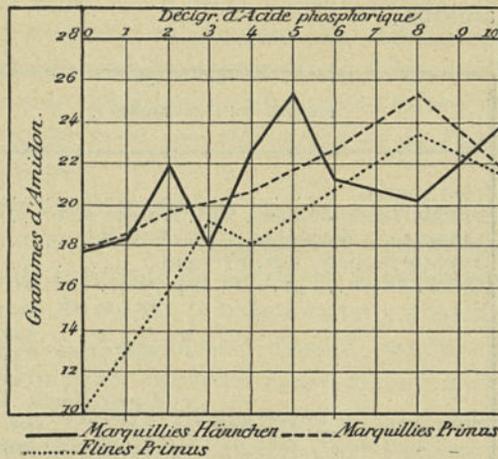


Graphique XIV.

Les graphiques XIV et XV résument l'influence de l'acide phosphorique sur la richesse du grain en amidon et sur l'amidon total produit.

L'action générale de l'acide phosphorique sur l'amidon est très nette ; il favorise beaucoup la richesse en amidon. Nous voyons qu'avec l'orge Hannchen la croissance de la teneur en amidon est à peu près con-

tinue jusqu'à la dose de 0^{gr}5 d'acide phosphorique, où elle atteint un maximum de 79 0/0; elle diminue ensuite nettement, tout en restant toujours fortement supérieure au témoin. Le même phénomène se manifeste avec l'orge Primus dans la même terre : croissance rapide de la teneur en amidon à mesure qu'on fait croître l'acide phosphorique, puis décroissance pour les fortes doses d'engrais phosphaté. Dans la terre de Flines, à part quelques irrégularités dans les pots à la dose de 0^{gr}1 et 0^{gr}2 d'acide phosphorique, l'action est encore du même sens; l'acide phosphorique a en général augmenté la richesse en amidon.



Graphique XV.

On peut donc conclure de ce qui

précède que l'acide phosphorique favorise nettement la richesse du grain en amidon à toutes les doses; l'action paraît croître jusqu'à un maximum pour les doses de 0^{gr}5 à 0^{gr}6 d'acide phosphorique, et décroître ensuite.

Sous le rapport de l'amidon total produit, nous voyons que dans la terre de Marquillies tous les pots qui ont reçu de l'acide phosphorique ont produit plus d'amidon que les témoins. Les augmentations d'amidon produit sont à peu près du même sens que celles de la teneur en amidon, dans la terre de Marquillies; elles croissent d'abord jusqu'à la dose de 0^{gr}5-0^{gr}6 et décroissent ensuite. Dans la terre de Flines, l'augmentation d'amidon a suivi l'augmentation de récolte du grain sous l'action de l'acide phosphorique et la production d'amidon se trouve doublée pour la dose de 1 gr. d'acide phosphorique.

2° Influence de divers engrais sur la richesse
du grain en amidon

Les expériences qui suivent se rapportent, comme celles de la page 44 à l'année 1903, et ont été effectuées en terre de Marquillies sur l'orge Chevalier. Le tableau suivant indique l'influence de divers engrais sur la richesse du grain en amidon.

NATURE DE L'EXPÉRIENCE	Amidon pour 100 de grain sec	Amidon total produit par la récolte
Sans engrais.....	74,55	40,388
Sulfate d'ammoniaque, 1 gr. d'azote seul.....	69,84	27,905
Chlorure de potassium, 1 gr. $\kappa^2\text{o}$ seul.....	73,60	41,446
Superphosphate, 1 gr. P^2o^5 seul.....	73,31	42,621
Chlor. de pot., 1 gr. $\kappa^2\text{o}$; Sup., 1 gr. P^2o^5 , pas d'az..	75,63	41,791
» » Nit. de sod., 0 gr. 5 az.	74,63	30,184
» » » 1 gr. az ..	74,47	37,193
» » Sulf. d'am. 0 gr. 5 az.	78,26	29,681
» » » 1 gr. az ..	74,65	34,070
» » Tourt. decolz., 1 gr. az.	69,84	35,692
Sulf. d'am., 1 gr. az.; Superp., 1 gr. P^2o^5 ; pas de $\kappa^2\text{o}$	67,03	25,774
» » chl. de pot., 0 gr. 5 $\kappa^2\text{o}$	73,28	27,449
» » » 1 gr. $\kappa^2\text{o}$.	74,65	34,070
» » Sulf. de pot., 0 gr. 5 $\kappa^2\text{o}$	77,54	26,556
» » » 1 gr. $\kappa^2\text{o}$.	73,44	26,086
» » Carb. de pot., 0 gr. 5 $\kappa^2\text{o}$	76,26	29,721
» » » 1 gr. $\kappa^2\text{o}$.	74,62	29,801
Sulf. d'am., 1 gr. az.; Chl. de pot., 1 gr. $\kappa^2\text{o}$; pas de P^2o^5	71,82	25,798
» » Superp., 0 gr. 5 P^2o^5 ..	76,23	34,228
» » » 1 gr. P^2o^5 ...	74,65	34,070
» » Phosp. des Ard. 0 gr. 5 P^2o^5	75,47	31,593
» » » 1 gr P^2o^5 .	71,31	31,011

L'azote, à forte dose, soit seul, soit en présence de potasse ou d'acide phosphorique, pris séparément, a fait baisser la teneur du grain en amidon. En présence de l'acide phosphorique et de la potasse réunis, nous retrouvons, notamment pour le sulfate d'ammoniaque, une augmentation de la richesse en amidon pour les doses moyennes d'azote, et une légère baisse sur le témoin pour les fortes doses.

Comme dans les expériences qui précèdent, on voit que l'acide phosphorique soit seul, soit en présence de potasse, fait monter la richesse en amidon. En présence des deux éléments potasse et azote réunis, on constate encore l'augmentation très nette du taux d'amidon quand on ajoute de l'acide phosphorique.

La potasse seule ne paraît pas avoir d'action sur l'amidon, mais en présence d'azote et d'acide phosphorique, elle favorise nettement la richesse en amidon. On voit en effet que tous les essais qui ont reçu de la potasse en présence des deux autres éléments sont notablement plus riches en amidon que les témoins qui n'ont reçu que de l'azote et de l'acide phosphorique, sans potasse.

Si nous comparons maintenant les divers engrais entre eux, nous voyons que le sulfate d'ammoniaque paraît agir plus favorablement que le nitrate de soude sur la richesse en amidon. Pour le nitrate de soude, la baisse du taux d'amidon se manifeste déjà pour la dose de 0^{gr}5 d'azote, tandis que pour le sulfate d'ammoniaque, elle n'est bien sensible qu'à la dose de 1 gr. Parmi les engrais potassiques, le sulfate de potasse à dose moyenne paraît venir en tête pour l'action sur la richesse en amidon, puis viennent le carbonate de potasse et enfin le chlorure de potassium. Mais il ne faut pas perdre de vue que sous le rapport de l'augmentation de rendements en grain, les engrais sont rangés en ordre inverse, chlorure, sulfate et carbonate de potassium. Il y a donc là deux actions contraires dont il importe de tenir compte et qui peut expliquer ce classement inverse pour l'amidon. Pour les engrais phosphatés, le superphosphate a une action plus accentuée que le phosphate des Ardennes.

La quantité totale d'amidon produit dépend à la fois de l'action des engrais sur le rendement en grain et sur la richesse en amidon. Cette quantité est maxima avec le nitrate de soude à cause de la forte augmentation de grain que détermine cet engrais, puis viennent le tourteau de colza et le sulfate d'ammoniaque. Avec les engrais potassiques, on

retrouve en tête le chlorure de potassium, car il favorise la production de grain plus que les autres; puis viennent le carbonate de potasse et enfin le sulfate. Pour l'acide phosphorique, la quantité d'amidon produit est beaucoup plus élevée avec le superphosphate qu'avec le phosphate minéral.

3° Action des éléments fertilisants sur la richesse en azote du grain

Nous avons d'abord déterminé pour tous les essais la richesse en azote total, et nous avons calculé la matière azotée du grain en multipliant le chiffre d'azote trouvé par le facteur 6,25. Les tableaux suivants résument les résultats obtenus.

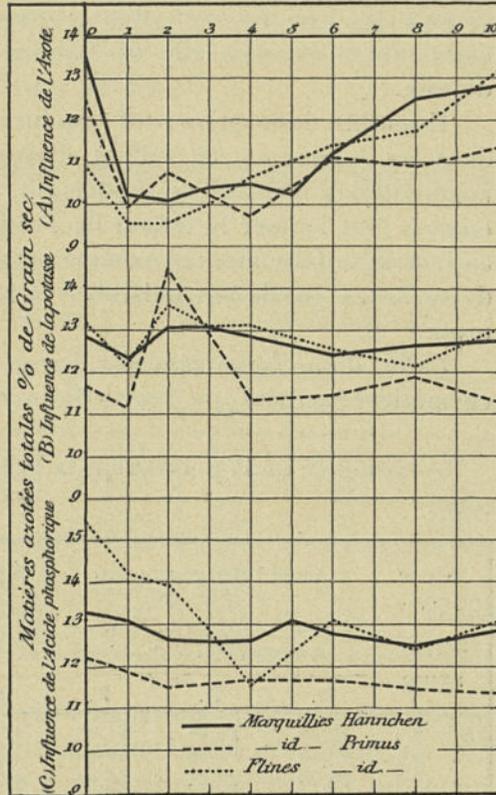
a) Influence de l'azote sur la richesse du grain en azote total.

Nature de l'expérience	Azote total pour 1.000 de grain sec			Matières azotées totales pour 100 de grain sec		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.
Az. 0,»	21,44	20,28	17,52	13,40	12,67	10,95
» 0,1	16,36	15,82	15,24	10,22	9,89	9,52
» 0,2	16,10	17,23	15,28	10,06	10,77	9,55
» 0,3	16,67	»	15,98	10,42	»	9,99
» 0,4	16,84	15,51	17,05	10,52	9,69	10,66
» 0,5	16,53	»	17,57	10,33	»	10,98
» 0,6	17,99	17,84	18,27	11,24	11,15	11,42
» 0,8	19,95	17,50	18,76	12,47	10,94	11,72
» 1,0	20,46	18,16	20,87	12,79	11,35	13,04

La graphique XVI (A) résume cette action de l'azote sur la richesse en azote du grain.

Dans la terre de Marquillies et pour les deux orges, l'addition de sulfate-d'ammoniaque a fait baisser la teneur en azote

total du grain, et l'a rendue normale. Cet abaissement est très sensible pour les petites doses d'azote et pour les doses moyennes, jusqu'à 0^{gr}5 d'azote. Pour les doses plus fortes, la richesse du grain en azote total s'élève et se rapproche de celle du témoin pour la dose de 1 gr. d'azote, qu'elle peut même dépasser notablement, comme nous l'avons constaté dans d'autres expériences et comme on peut le voir dans l'expérience actuelle avec la terre de Flines. Ce fait s'explique aisément. On a vu plus haut que les premières doses d'azote sont celles qui produisent le plus fort accroissement de récolte de grain. Dans ces expériences qui ont reçu de faibles doses d'azote, la quantité d'azote absorbée par le grain est évidemment plus



Graphique XVI.

considérable que dans le témoin, puisque la récolte de grain est plus abondante ; mais l'augmentation de récolte en grain est plus forte que l'augmentation d'azote absorbé, de sorte que la teneur pour cent du grain en azote baisse. Pour les doses fortes, l'augmentation de rendement en grain ne compense plus l'augmentation d'azote assimilé, et le taux d'azote du grain se relève.

Dans la terre de Flines, avec l'orge Primus, nous remarquons une action analogue. Mais cette terre pauvre en azote produit, sans addition d'engrais, une orge moins riche en azote que les témoins de Marquillies et acceptable en brasserie. Comme dans la terre précédente, l'addition d'engrais azoté fait nettement baisser le taux d'azote du grain jusqu'à la dose de 0^{gr}5 d'Az. ; puis la richesse en azote augmente et dépasse celle du témoin pour les fortes doses d'azote.

Il semble donc qu'on peut conclure de ce qui précède que dans les terres où le sulfate d'ammoniaque produit une augmentation sensible de rendement, les doses faibles de cet engrais font baisser la teneur de l'orge en matières azotées au lieu de la faire monter, comme on pourrait le croire. Les doses fortes paraissent nuisibles et relèvent la richesse en azote.

Enfin, d'une façon générale, l'orge Primus est plus pauvre en matières azotées que l'orge Hannchen,

b) Influence de la potasse sur la richesse du grain en azote total.

Nature de l'expérience	Azote total pour 1.000 de grain sec			Matières azotées totales pour 100 de grain sec		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.
K ² O 0,»	20,69	18,68	21,08	12,93	11,67	13,17
» 0,1	19,89	17,98	19,73	12,43	11,24	12,33
» 0,2	20,79	23,21	21,93	12,99	14,51	13,71
» 0,3	21,01	»	20,94	13,13	»	13,09
» 0,4	20,57	18,16	21,15	12,86	11,35	13,22
» 0,5	20,31	»	»	12,69	»	»
» 0,6	19,99	18,41	20,44	12,49	11,51	12,59
» 0,8	20,36	19,05	19,46	12,72	11,91	12,16
» 1,0	20,46	18,16	20,87	12,79	11,35	13,04

Le graphique XVI (B) résume les variations de l'azote total du grain sous l'influence de la potasse.

Il est facile de voir que la potasse n'a eu aucune action bien nette sur la teneur en azote total du grain. A part quelques légères irrégularités, les chiffres sont à peu près constants partout. L'action est certainement nulle dans la terre de Marquillies. Dans la terre de Flines, où la potasse a produit une augmentation sensible du rendement en grain, on voit que la majorité des essais a donné un grain un peu moins riche en matières azotées que le témoin, mais les différences sont toujours assez faibles.

c) Influence de l'acide phosphorique sur la richesse des grains en azote total.

Nature de l'expérience	Azote total pour 1.000 de grain sec			Matières azotées totales pour 100 de grain sec		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.
P ² O ⁵ 0,»	21,28	19,65	24,87	13,30	12,28	15,54
» 0,1	20,96	19,02	22,70	13,10	11,89	14,19
» 0,2	20,36	18,47	22,32	12,72	11,54	13,95
» 0,3	20,23	»	20,69	12,64	»	12,93
» 0,4	20,12	18,70	18,65	12,57	11,69	11,66
» 0,5	20,91	»	»	13,07	»	»
» 0,6	20,48	18,77	20,89	12,80	11,73	13,06
» 0,8	19,99	18,36	19,81	12,49	11,47	12,38
» 1,0	20,46	18,16	20,87	12,79	11,35	13,04

Le graphique XVI (C) résume les variations des matières azotées totales sous l'influence de l'acide phosphorique. Nous voyons qu'en l'absence d'acide phosphorique les orges sont beaucoup plus riches en azote que quand cet élément est abondant : le fait est particulièrement net pour la terre de Flines, très pauvre en acide phosphorique, où la présence de fortes doses d'azote et de potasse, sans acide phosphorique, a déterminé une richesse très élevée du grain en matières azotées (15,5 o/o). Quand on ajoute de l'acide phosphorique, on voit la teneur en azote total diminuer

progressivement au fur et à mesure que les doses d'acide phosphorique augmentent. L'acide phosphorique abaisse donc, dans les terres riches en azote et en potasse, la teneur du grain en matières azotées.

4° Influence de divers engrais sur la teneur en azote total du grain

Les expériences qui suivent se rattachent toujours à la série de 1903, effectuée en terre de Marquillies sur l'orge Chevalier. Le tableau suivant indique les résultats obtenus avec divers engrais au point de vue de la teneur du grain en matières azotées totales.

NATURE DE L'EXPÉRIENCE	Azote total pour 1.000 de grain sec	Matières azotées totales pour 100 de grain sec
Sans engrais	16,00	10,00
Sulfate d'ammoniaque, 1 gr. d'azote	19,09	11,93
Chlorure de potassium, 1 gr. $\kappa^2\text{o}$	15,07	9,42
Superphosphate, 1 gr. p^2o^3	13,85	8,66
Chlor. de pot., 1 gr. $\kappa^2\text{o}$; Sup., 1 gr. p^2o^3 , pas d'az. .	14,24	8,90
» » » Nit. de sod., 0 gr. 5 az.	13,84	8,65
» » » » 1 gr. az. .	17,42	10,89
» » » Sulf. d'am., 0 gr. 5 az.	13,31	8,32
» » » » 1 gr. az. .	18,00	11,25
» » » Tourt. decolz., 1 gr. az.	13,13	8,21
Sulf. d'am., 1 gr. az; Sup., 1 gr. p^2o^3 ; pas de $\kappa^2\text{o}$	19,80	12,37
» » » chlor. de pot., 0 gr. 5 $\kappa^2\text{o}$.	15,36	9,60
» » » » 1 gr. $\kappa^2\text{o}$. .	18,00	11,25
» » » Sulf. de pot., 0 gr. 5 $\kappa^2\text{o}$..	15,29	9,56
» » » » 1 gr. $\kappa^2\text{o}$. . .	20,04	12,52
» » » Carb. de pot., 0 gr. 5 $\kappa^2\text{o}$..	14,16	8,85
» » » » 1 gr. $\kappa^2\text{o}$. . .	14,16	8,85
Sulf. d'am., 1 gr. az.; Chlor. de pot., 1 gr. $\kappa^2\text{o}$; pas de p^2o^3	19,51	12,19
» » » Superp., 0 gr. 5 p^2o^3 . .	18,13	11,33
» » » » 1 gr. p^2o^3 . . .	18,00	11,25
» » » Phosp. des Ard. 0 gr. 5 p^2o^3	18,89	11,81
» » » » 1 gr. p^2o^3	17,55	10,97

L'action générale des divers éléments fertilisants est ici du même sens que dans les expériences précédentes. Nous

voyons que l'azote seul à forte dose a augmenté notablement la richesse du grain en azote ; il en est de même en présence d'acide phosphorique ou en présence de potasse. En présence des deux éléments acide phosphorique et potasse réunis, on retrouve pour l'azote l'action signalée plus haut ; baisse dans la richesse en matières azotées pour les faibles doses d'azote, et augmentation de la richesse pour les fortes doses.

La potasse seule, l'acide phosphorique seul, ou ces deux éléments réunis font baisser la teneur du grain en matières azotées, surtout l'acide phosphorique. La potasse en présence des deux autres éléments fertilisants paraît abaisser la richesse du grain en matières azotées, au moins pour les doses faibles. Il en est de même pour l'acide phosphorique en présence d'azote et de potasse. Ce dernier résultat est identique à celui qui découle des expériences précédentes.

Les divers engrais azotés paraissent agir à peu près de la même manière : on peut cependant constater que le tourteau de colza, qui a fortement augmenté le rendement en grain, a fourni un grain très pauvre en matières azotées. Pour les engrais potassiques, c'est le carbonate de potasse qui paraît abaisser le plus les matières azotées, le chlorure de potassium et le sulfate de potasse paraissent équivalents. Enfin, pour l'acide phosphorique, les deux formes de superphosphate et de phosphate des Ardennes semblent agir à peu près de la même manière sur les matières azotées.

5° Influence des éléments fertilisants sur les diverses formes des matières azotées du grain.

Nous avons en outre déterminé, pour un certain nombre d'essais, la richesse des orges en azote soluble, coagulable et non coagulable. On sait en effet aujourd'hui, par les travaux de Kukla, que l'azote total ne permet pas de juger, sous le rapport de l'azote, une orge au point de vue de la brasserie. La forme d'azote qui est particulièrement dangereuse pour le brasseur, quand elle est en excès, est la forme soluble non coagulable, qui passe en solution dans le moût, n'est pas précipitée par la cuisson et reste par suite en grande partie

dans la bière. Or Kukla a montré que certaines orges, riches en matières azotées totales, qui auraient été considérées comme mauvaises par la brasserie sous ce rapport, sont parfois très supérieures à d'autres orges pauvres en matières azotées totales, par ce fait que certaines orges riches en azote total peuvent être très pauvres sous le rapport de l'azote soluble non coagulable, tandis qu'inversement, certaines orges pauvres en azote total peuvent être très riches sous le rapport de l'azote soluble non coagulable. Il importe donc de distinguer dans les analyses les diverses sortes de matières azotées. Nous n'avons malheureusement pas pu, à cause de la faiblesse de la récolte en grains dans les témoins sans azote, doser ces diverses formes dans les pots qui ont reçu 0 et 0^{gr} 1 d'azote et nous avons été forcés de prendre comme point de départ pour l'azote le taux de 0^{gr} 2. Les analyses ainsi faites fournissent cependant quelques indications. Ces expériences seront d'ailleurs complétées par d'autres essais en cours.



a) Influence des doses croissantes d'azote sur les diverses formes de matières azotées du grain.

Doses d'azote en gr.	Azote total en az. pour 1.000 de grain sec		Azote insoluble en az. pour 1.000 de grain sec		Azote soluble en az. pour 1.000 de grain sec		Azote soluble coagulable en az. pour 1.000 de grain sec		Azote soluble non coagulable en az. pour 1.000 de grain sec				
	FLINES		FLINES		FLINES		FLINES		FLINES				
	MARQUILLIES	P.	MARQUILLIES	P.	MARQUILLIES	P.	MARQUILLIES	P.	MARQUILLIES	P.			
Az. 0,2	16,10	17,23	15,28	14,78	12,66	3,11	2,45	2,62	0,79	0,51	2,32	2,17	2,11
» 0,4	16,84	15,51	17,05	12,77	14,33	3,03	2,74	2,72	0,75	0,52	2,28	2,14	2,20
» 0,6	17,99	17,84	18,27	15,30	15,80	3,00	2,54	2,47	0,55	0,45	2,45	2,05	2,02
» 0,8	19,45	17,50	18,76	14,90	16,08	3,14	2,60	2,68	0,59	0,42	2,55	2,18	2,26
» 4,0	20,46	18,16	20,87	15,50	18,16	3,26	2,66	2,71	0,51	0,48	2,75	2,18	2,22

Doses d'azote en gr.	Azote insoluble pour 100 d'azote total		Azote soluble pour 100 d'azote total		Azote soluble coagulable pour 100 d'azote total		Azote soluble non coagulable pour 100 d'azote total		Azote soluble coagulable pour 100 d'azote soluble		Azote soluble non coagulable pour 100 d'azote soluble							
	FLINES		FLINES		FLINES		FLINES		FLINES		FLINES							
	MARQUILLIES	P.	MARQUILLIES	P.	MARQUILLIES	P.	MARQUILLIES	P.	MARQUILLIES	P.	MARQUILLIES	P.						
Az. 0,2	80,68	85,76	82,88	19,32	14,24	17,12	4,90	1,62	3,33	14,42	12,62	13,79	25,40	14,43	19,47	74,60	88,57	80,53
» 0,4	81,97	83,32	84,05	18,03	16,68	15,95	4,45	3,86	3,04	13,58	12,82	12,91	24,75	21,90	19,11	75,25	78,10	80,89
» 0,6	83,33	85,73	86,50	16,67	14,27	13,50	3,05	2,74	2,46	13,62	11,53	11,04	18,33	19,29	18,22	81,67	80,71	81,78
» 0,8	84,30	85,14	85,72	15,70	14,86	14,28	3,03	2,40	2,23	12,67	12,46	12,05	18,79	16,15	15,67	81,21	83,85	84,33
» 1,0	84,10	85,33	87,02	15,90	14,65	12,98	2,49	2,64	2,34	13,41	12,01	10,64	15,64	18,04	18,08	84,36	81,96	81,92

Nous voyons, par les tableaux qui précèdent, que la quantité d'azote soluble est à peu près la même partout. Au contraire l'azote insoluble croît nettement sous l'action des doses croissantes d'engrais azotés. Il en résulte que la proportion d'azote soluble pour 100 d'azote total baisse sous l'influence des engrais azotés tandis que la proportion d'azote insoluble augmente. Ce fait est particulièrement net avec l'orge Hannchen dans la terre de Marquillies et avec l'orge Primus dans la terre de Flines. Cette constatation présente un grand intérêt, car elle nous apprend que l'augmentation de la richesse en azote des orges, qui se produit quand on élève fortement les doses d'engrais azotés porte surtout sur l'azote *insoluble*, qui est la forme la moins dangereuse pour le brasseur. Il est cependant possible que ces orges riches en matières azotées insolubles donnent naissance, lors de la germination, à des malts plus riches en matières azotées solubles. Des expériences actuellement en cours nous renseigneront à cet égard.

Si nous examinons maintenant les variations des diverses formes d'azote soluble, c'est-à-dire l'azote coagulable et l'azote non coagulable, nous constatons avec l'orge Hannchen une diminution de l'azote coagulable sous l'influence des doses croissantes d'azote, et une augmentation de l'azote non coagulable. Pour l'orge Primus, aussi bien dans la terre de Marquillies que dans celle de Flines, il n'y a aucune action bien nette et la proportion de ces diverses formes d'azote reste à peu près la même dans tous les essais. L'influence des engrais azotés sous ce rapport paraît donc dépendre surtout de la nature de l'orge.

b) Influence des doses croissantes de potasse sur les diverses formes de matières azotées du grain.

Doses de potasse en gr.	Azote total en az. pour 1.000 de grain sec		Azote insoluble en az. pour 1.000 de grain sec		Azote soluble en az. pour 1.000 de grain sec		Azote soluble coagulable en az. pour 1.000 de grain sec		Azote soluble non coagulable en az. pour 1.000 de grain sec			
	MARQUILLIES		FLINES		MARQUILLIES		FLINES		MARQUILLIES		FLINES	
	H.	P.	H.	P.	H.	P.	H.	P.	H.	P.	H.	P.
K ⁷⁰ 0,0	20,69	18,68	21,08	17,43	15,86	18,01	2,82	3,07	0,52	0,59	2,74	2,60
» 0,2	20,79	23,21	21,93	17,18	18,58	3,61	3,42	3,35	0,66	0,89	2,95	2,80
» 0,4	20,57	18,16	21,15	16,88	15,20	17,95	2,96	3,20	0,54	0,51	3,15	2,66
» 0,8	20,36	19,03	19,46	17,03	16,14	16,90	2,91	2,56	0,56	0,51	2,77	2,33
» 1,0	20,46	18,16	20,87	17,20	15,50	18,16	2,66	2,71	0,51	0,48	2,75	2,22

Doses de potas. en gr.	Azote insoluble pour 100 d'azote total		Azote soluble pour 100 d'azote total		Azote soluble coagulable pour 100 d'azote total		Azote soluble non coagulable pour 100 d'azote total		Azote soluble coagulable pour 100 d'azote total		Azote soluble non coagulable pour 100 d'azote total						
	MARQUILLIES		FLINES		MARQUILLIES		FLINES		MARQUILLIES		FLINES						
	H.	P.	H.	P.	H.	P.	H.	P.	H.	P.	H.	P.					
K ⁷⁰ 0,0	84,25	84,92	84,95	15,75	15,08	15,05	2,51	2,22	13,24	11,93	12,83	15,95	20,92	15,31	84,05	79,08	84,69
» 0,2	82,64	87,85	81,35	17,36	12,15	18,65	3,17	3,83	14,19	8,32	15,59	18,28	26,02	16,42	81,72	73,98	83,58
» 0,4	82,09	83,74	84,87	17,91	16,26	15,13	2,62	2,80	15,29	13,46	12,58	14,63	17,23	16,87	85,37	82,77	83,13
» 0,8	83,68	84,73	86,87	16,32	15,27	13,13	2,75	2,67	14,13	13,57	12,00	16,82	17,52	8,59	83,18	82,48	91,41
» 1,0	84,40	85,35	87,02	15,90	14,65	12,98	2,49	2,64	13,41	12,01	10,64	15,64	18,04	18,08	84,36	81,96	81,92

Nous voyons que sous l'action de la potasse, l'azote soluble paraît d'abord augmenter pour diminuer ensuite pour les fortes doses de potasse; l'azote insoluble suit une marche inverse. Comme la proportion d'azote total reste à peu près constante, il en résulte que la proportion d'azote soluble pour 100 d'azote total augmente d'abord pour les faibles doses de potasse, et diminue ensuite. L'azote soluble non coagulable présente en général une variation du même sens. Mais les différences restent toujours assez faibles et on peut dire d'une façon générale que la potasse, qui n'a pas d'action bien nette, comme nous l'avons vu plus haut, sur la teneur du grain en matières azotées, n'en a pas davantage sur les diverses formes d'azote du grain.

c) Influence des doses croissantes d'acide phosphorique sur les diverses formes de matières azotées du grain.

Doses d'acide phosphorique en gr.	Azote total pour 1.000 de grain sec		Azote insoluble pour 1.000 de grain sec		Azote soluble pour 1.000 de grain sec		Azote soluble coagulable pour 1.000 de grain sec		Azote soluble non coagulable pour 1.000 de grain sec						
	MARQUILLIES		FLINES		MARQUILLIES		FLINES		MARQUILLIES		FLINES				
	H.	P.	H.	P.	H.	P.	H.	P.	H.	P.	H.	P.			
» 0,0	24,28	49,65	24,87	47,94	16,68	21,64	3,34	2,97	3,23	0,47	0,52	0,39	2,87	2,45	2,84
» 0,2	20,36	18,47	22,32	16,91	15,68	19,16	3,45	2,79	3,16	0,67	0,47	0,57	2,78	2,32	2,59
» 0,4	20,12	18,70	18,65	16,71	15,90	15,57	3,41	2,80	3,08	0,63	0,53	0,52	2,78	2,27	2,56
» 0,8	19,99	18,36	19,81	16,70	15,81	17,19	3,29	2,55	2,62	0,60	0,61	0,36	2,69	1,94	2,26
» 1,0	20,46	18,16	20,87	17,20	15,50	18,16	3,26	2,66	2,71	0,51	0,48	0,49	2,75	2,18	2,22

Doses d'acide phosphorique en gr.	Azote insoluble pour 100 d'azote total		Azote soluble pour 100 d'azote total		Azote soluble coagulable pour 100 d'azote total		Azote soluble non coagulable pour 100 d'azote total		Azote soluble coagulable pour 100 d'azote soluble		Azote soluble non coagulable pour 100 d'azote soluble							
	MARQUILLIES		FLINES		MARQUILLIES		FLINES		MARQUILLIES		FLINES							
	H.	P.	H.	P.	H.	P.	H.	P.	H.	P.	H.	P.						
» 0,0	84,25	84,89	87,01	15,75	15,11	12,99	2,22	2,65	1,57	13,53	12,46	11,42	14,07	17,51	12,08	85,93	82,49	87,92
» 0,2	83,09	84,92	85,83	16,91	15,08	14,17	3,28	2,54	2,56	13,63	12,54	14,61	19,42	16,84	18,04	80,58	83,16	81,96
» 0,4	83,04	85,03	83,49	16,96	14,97	16,51	3,13	2,83	2,79	13,83	12,14	13,72	18,48	18,93	16,88	81,52	81,07	83,12
» 0,8	83,55	86,10	86,77	16,45	13,99	13,23	3,00	3,33	4,82	13,45	10,57	11,41	18,25	23,92	13,74	81,77	76,08	86,26
» 1,0	84,10	85,35	87,02	15,90	14,65	12,98	2,49	2,64	2,35	13,41	12,01	10,63	15,64	18,04	18,08	84,36	81,96	81,92

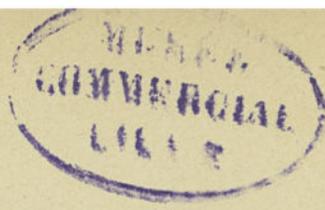
Nous voyons, par les tableaux qui précèdent, que l'azote soluble diminue en général sous l'action de l'acide phosphorique; mais comme l'azote insoluble diminue en même temps, les proportions d'azote soluble et insoluble pour 100 d'azote total varient assez peu et sans aucune règle bien définie. L'azote soluble non coagulable s'abaisse aussi, mais en général plus fortement que l'azote soluble total, de sorte que la proportion d'azote soluble non coagulable pour 100 d'azote soluble diminue. L'acide phosphorique est donc un engrais très favorable à la qualité de l'orge de brasserie: il réduit les matières azotées et cette réduction porte surtout sur les matières azotées solubles non coagulables qui sont les plus nuisibles pour le brasseur, quand elles sont en excès.

Les directions d'études qui précèdent seront complétées, dans le cours de cette année, par des expériences plus nombreuses, sur cette importante question des diverses formes des matières azotées du grain.

III

Action des éléments fertilisants sur les éléments exportés par la récolte

Le dosage de l'azote, de l'acide phosphorique et de la potasse dans les grains et les pailles nous a permis de calculer les éléments fertilisants exportés en présence de doses croissantes d'engrais, et de connaître ainsi l'action des diverses doses d'éléments fertilisants sur l'exportation de ces éléments par la récolte.



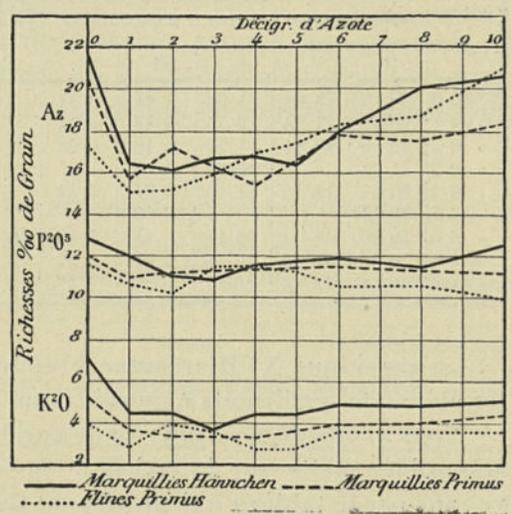
1° Action des éléments fertilisants sur les éléments exportés par le grain

a) Action des doses croissantes d'azote sur les éléments exportés par 1,000 de grain sec.

Doses d'azote gr.	Éléments fertilisants exportés par 1,000 de grain sec								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
Az. 0,0	21,44	20,28	17,52	7,15	5,25	3,92	12,90	12,01	11,56
» 0,1	16,36	15,82	15,24	4,47	3,69	2,98	11,97	11,05	10,69
» 0,2	16,10	17,23	15,28	4,48	3,46	4,01	11,05	11,18	10,17
» 0,3	16,67	»	15,98	3,70	»	3,62	10,79	»	11,38
» 0,4	16,84	15,51	17,05	4,43	3,36	2,81	11,50	11,29	11,31
» 0,5	16,53	»	17,57	4,04	»	2,80	11,75	»	11,17
» 0,6	17,99	17,84	18,27	4,90	4,07	3,74	11,86	11,51	10,61
» 0,8	19,95	17,50	18,76	4,85	4,05	3,67	11,31	11,21	10,62
» 1,0	20,46	18,16	20,87	5,23	4,37	3,74	12,51	11,10	9,79

Le graphique XVII résume l'influence de l'azote sur les éléments exportés par 1,000 de grain.

Nous avons déjà discuté plus haut l'influence de l'azote sur la richesse en azote du grain, et nous avons vu que les doses faibles de sulfate d'ammoniaque font baisser la teneur de l'orge en matières azotées, tandis que les doses fortes paraissent nuisibles et relèvent la teneur en azote. Pour ce



Graphique XVII.

qui concerne l'acide phosphorique, nous observons une action analogue, mais moins accentuée; avec les doses faibles d'azote, l'exportation d'acide phosphorique pour mille de grain diminue; pour les doses fortes elle se relève un peu, tout en restant toujours inférieure au témoin sans azote. Enfin la potasse subit une variation du même genre: la proportion de potasse exportée pour mille de grain baisse d'abord pour les faibles doses d'azote, puis se relève, en restant toujours inférieure au témoin.

L'azote fait donc baisser, d'une façon générale, l'exportation des éléments fertilisants pour 1000 de grain produit.

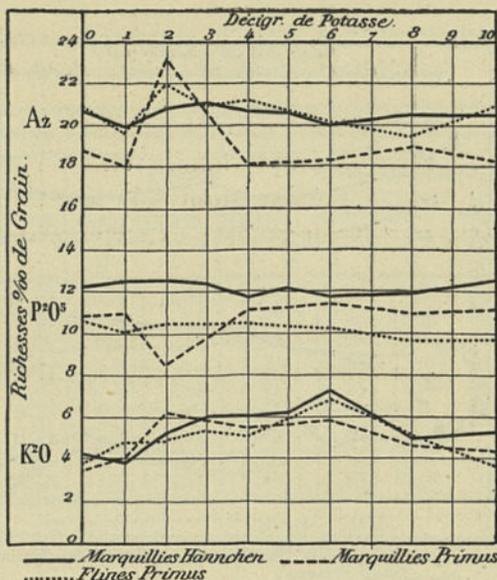
b) Action des doses croissantes de potasse sur les éléments exportés par 1000 de grain.

Doses de potas. gr.	Eléments fertilisants exportés par 1.000. de grain sec								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
K ² O 0,0	20,69	18,68	21,08	4,22	3,34	3,66	12,18	10,97	10,57
» 0,1	19,89	17,98	19,73	3,82	4,04	4,80	12,45	11,19	10,14
» 0,2	20,79	23,21	21,93	5,18	6,23	4,77	12,52	8,46	10,46
» 0,3	21,01	»	20,94	5,95	»	5,28	12,27	»	10,50
» 0,4	20,57	18,16	21,15	5,91	5,44	4,92	11,65	11,08	10,46
» 0,5	20,31	»	»	6,19	»	»	12,12	»	»
» 0,6	19,99	18,41	20,14	7,16	5,89	6,74	11,71	11,16	10,21
» 0,8	20,36	19,05	19,46	4,85	4,67	5,03	11,94	11,01	9,72
» 1,0	20,46	18,16	20,87	5,23	4,37	3,74	12,51	11,10	9,79

Le graphique XVIII résume l'influence de la potasse sur les éléments fertilisants exportés pour 1000 de grain sec.

Nous avons déjà vu plus haut que la potasse n'a aucune action bien nette sur la richesse en azote du grain. Nous voyons par le tableau qui précède et par le graphique XVIII qu'elle n'en a pas non plus sur l'exportation d'acide phosphorique qui est sensiblement la même partout. Quant à l'exportation de potasse, elle augmente d'abord avec les faibles

doses de potasse, ce qui prouve qu'en présence de quantités notables de cet élément, le grain en absorbe davantage ; puis la teneur en potasse du grain baisse pour les fortes doses, surtout pour la terre de Flines, ce qui s'explique par l'augmentation considérable du rendement en grain obtenu dans cette terre avec les fortes doses de potasse.

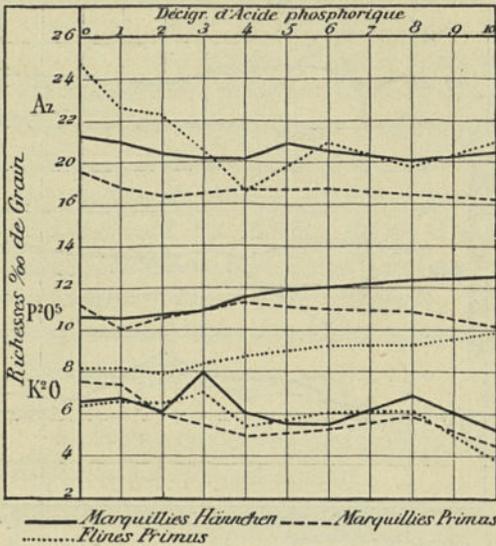


Graphique XVIII.

La potasse est donc sans action, en général, sur l'exportation de l'azote et de l'acide phosphorique par le grain; elle augmente l'exportation de potasse dans la majorité des cas.

c) Action des doses croissantes d'acide phosphorique sur les éléments exportés par 1000 de grain sec.

Doses de P ₂ O ₅ gr.	Eléments fertilisants exportés par 1.000 de grain sec								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
P ₂ O ₅ 0,0	21,28	19,65	24,87	6,55	7,38	6,49	10,63	11,15	8,13
» 0,1	20,96	19,02	22,70	6,70	7,21	6,66	10,54	10,05	8,15
» 0,2	20,36	18,47	22,32	6,13	5,96	6,52	10,67	10,53	7,97
» 0,3	20,23	»	20,69	7,95	»	6,97	10,90	»	8,43
» 0,4	20,12	18,70	18,65	6,13	4,93	5,39	11,60	11,30	8,69
» 0,5	20,91	»	»	5,48	»	»	11,86	»	»
» 0,6	20,48	18,77	20,89	5,48	5,32	6,06	11,99	10,92	9,32
» 0,8	19,99	18,36	19,81	6,78	5,84	6,12	12,33	11,77	9,33
» 1,0	20,46	18,16	20,87	5,23	4,37	3,74	12,51	11,10	9,79



Graphique XIX.

Le graphique XIX résume l'influence de l'acide phosphorique sur les éléments exportés par 1,000 de grain.

Nous avons déjà vu plus haut que l'acide phosphorique abaisse nettement la richesse du grain en azote et par suite l'exportation d'azote pour 1,000 de grain produit. L'action

sur la potasse est identique. Nous voyons, en effet, que l'exportation de potasse pour 1,000 de grain diminue quand on fait croître les doses d'acide phosphorique. Quant à l'exportation d'acide phosphorique, elle croît légèrement, en général, avec la dose d'acide phosphorique. Les grains exportent donc un peu plus d'acide phosphorique en présence d'engrais phosphatés.

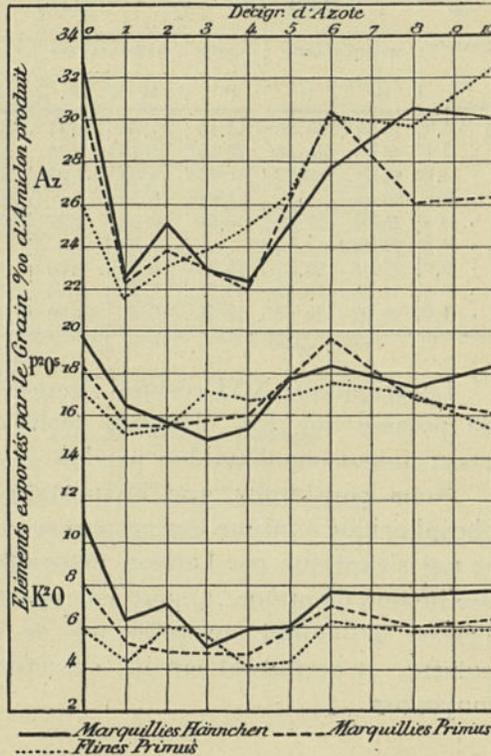
Par conséquent, l'acide phosphorique fait baisser nettement, d'une façon générale, l'exportation d'azote et de potasse par le grain ; il augmente légèrement l'exportation d'acide phosphorique.

d) Action des doses croissantes d'azote sur les éléments exportés par le grain pour 1,000 d'amidon produit.

Doses d' azote en gr.	Eléments fertilisants exportés par la grain p. 1.000 d'amidon produit								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
Az. 0,0	32,53	30,91	25,95	10,85	8,00	5,81	19,57	18,30	17,12
» 0,1	22,38	22,19	21,57	6,11	5,17	4,22	16,37	15,50	15,13
» 0,2	25,12	23,81	22,98	6,99	4,78	6,03	15,63	15,45	15,30
» 0,3	22,87	»	23,82	5,08	»	5,39	14,80	»	16,96
» 0,4	22,37	22,00	25,00	5,89	4,76	4,12	15,28	16,00	16,58
» 0,5	25,04	»	26,43	6,12	»	4,21	17,80	»	16,80
» 0,6	27,76	30,32	30,21	7,56	6,94	6,18	18,30	19,55	17,54
» 0,8	30,41	25,96	29,64	7,39	6,01	5,80	17,24	16,64	16,78
» 1,0	29,92	26,15	32,45	7,65	6,30	5,82	18,29	16,00	15,22

Le graphique XX résume l'action des doses croissantes d'azote sur les éléments fertilisants exportés par le grain pour mille d'amidon produit.

Nous voyons que les doses croissantes d'azote ont fait baisser nettement, pour toutes les doses supérieures à 0^{gr}5, l'exportation des éléments fertilisants pour 1,000 d'amidon produit. Les courbes se relèvent pour les fortes doses d'azote, mais restent en général



Graphique XX.

au-dessous du témoin sans azote. Cette action se manifeste surtout sur l'exportation d'azote, mais aussi, à un degré moindre, sur celle de la potasse et de l'acide phosphorique.

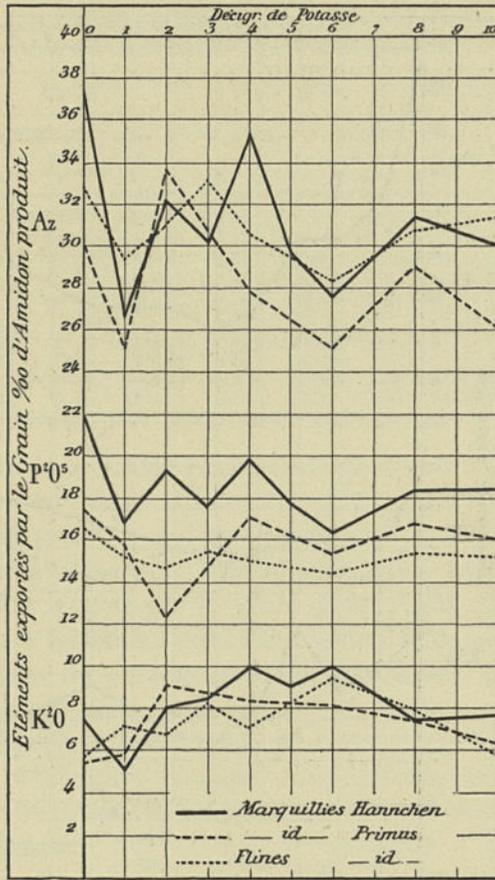
L'azote fait donc baisser la proportion d'éléments fertilisants exportés pour 1,000 d'amidon produit; et le cultivateur a donc intérêt, au moins jusqu'aux doses de 0^{gr}5 à 0^{gr}6 d'azote, à produire de l'amidon, puisque l'exportation des éléments fertilisants y est moindre par kilogramme d'amidon produit.

e) Action des doses croissantes de potasse sur les éléments exportés par le grain pour 1,000 d'amidon produit :

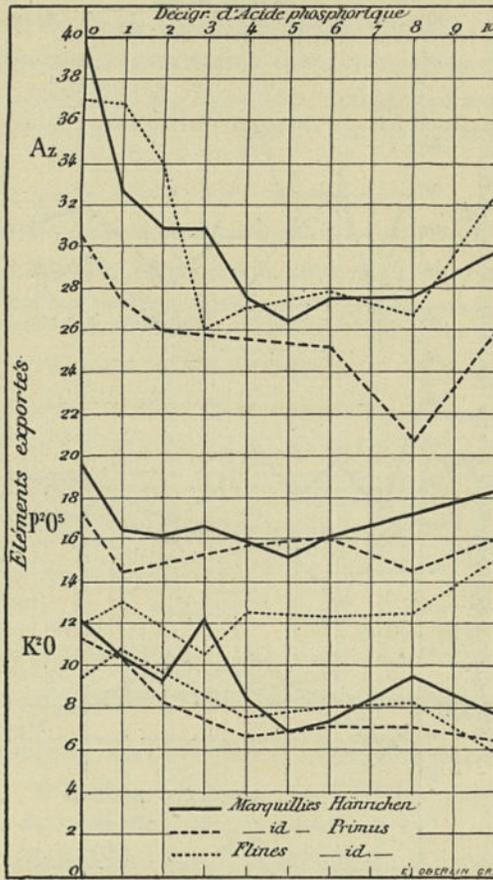
Doses de potasse gr.	Eléments fertilisants exportés par le grain p. 1.000 d'amidon produit								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
K ² 0 0,0	37,01	30,05	32,80	7,55	5,37	5,69	21,79	17,65	16,45
» 0,1	26,77	25,36	29,50	5,14	5,70	7,48	16,76	15,78	15,46
» 0,2	32,21	33,77	31,05	8,02	9,07	6,75	19,39	12,32	14,81
» 0,3	30,16	»	33,02	8,54	»	8,33	17,62	»	16,55
» 0,4	35,02	27,92	30,56	10,06	8,37	7,11	19,83	17,04	15,11
» 0,5	29,63	»	»	9,03	»	»	17,68	»	»
» 0,6	27,68	25,31	28,36	9,92	8,10	9,49	16,21	15,34	14,37
» 0,8	31,23	29,09	30,78	7,44	7,44	7,96	18,32	16,81	15,38
» 1,0	29,92	26,15	32,45	7,65	6,30	5,82	18,29	16,00	15,22

Le graphique XXI résume l'action des doses croissantes de potasse sur les éléments fertilisants exportés par le grain pour 1,000 d'amidon produit.

Nous constatons que l'exportation d'azote et d'acide phosphorique diminue légèrement sous l'action de la potasse; ce qui s'explique par l'action favorable de la potasse sur la production d'amidon. Quant à l'exportation de potasse, elle s'élève nettement en présence de doses croissantes de potasse, et ce fait est surtout caractéristique pour les doses moyennes.



Graphique XXI.



Graphique XXII.

f) Action de doses croissantes d'acide phosphorique sur les éléments exportés par le grain pour 1,000 d'amidon produit.

Doses de P ² O ⁵ gr.	Eléments fertilisants exportés par le grain p. 1.000 d'amidon produit								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
P ² O ⁵ 0,0	39,26	30,65	36,90	42,08	41,51	9,63	19,61	17,39	12,06
» 0,1	32,59	27,45	36,74	40,42	10,40	10,78	16,39	14,50	13,19
» 0,2	30,80	25,93	33,85	9,27	8,37	9,89	16,14	14,78	12,09
» 0,3	30,72	»	26,06	12,08	»	8,77	16,56	»	10,61
» 0,4	27,46	25,75	27,03	8,37	6,79	7,81	15,83	15,56	12,59
» 0,5	26,45	»	»	6,93	»	»	15,00	»	»
» 0,6	27,55	25,28	27,89	7,37	7,17	8,09	16,13	16,06	12,44
» 0,8	27,71	20,98	26,73	9,40	7,20	8,26	17,09	14,51	12,59
» 1,0	29,92	26,15	32,45	7,65	6,30	5,82	18,29	16,00	15,22

Le graphique XXII résume l'action des doses croissantes d'acide phosphorique sur les éléments fertilisants exportés par le grain pour 1,000 d'amidon produit.

Nous observons pour l'azote une baisse caractéristique : l'exportation d'azote par le grain pour 1,000 d'amidon produit diminue fortement sous l'action de l'acide phosphorique. L'exportation de potasse présente également une variation du même genre, très accusée.

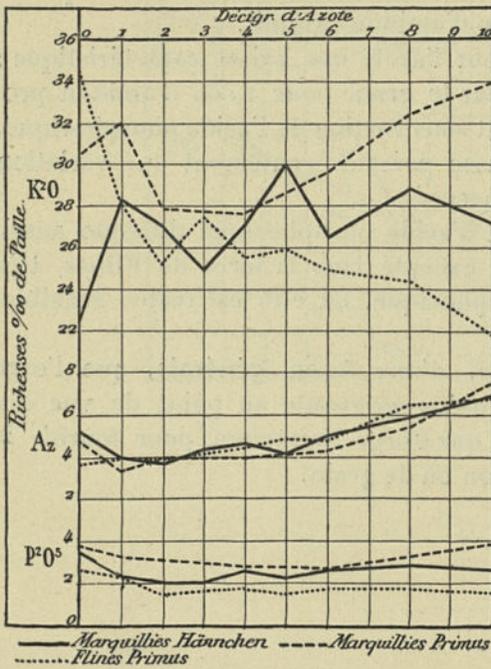
Enfin l'exportation d'acide phosphorique diminue aussi, mais plus faiblement, excepté dans la terre de Flines, très pauvre en acide phosphorique, où elle est restée sensiblement constante.

Remarquons enfin, d'une façon générale, que l'orge Primus est toujours moins exigeante au point de vue des éléments fertilisants, que l'orge Hannchen, pour fournir la même quantité d'amidon ou de grain.

2° Action des éléments fertilisants sur les éléments exportés par les pailles

a) Action des doses croissantes d'azote sur les éléments exportés pour 1,000 de paille.

Doses d' azote gr.	Éléments fertilisants exportés pour 1,000 de paille sèche								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
Az. 0,0	5,22	4,83	3,71	22,41	30,43	34,77	3,45	3,72	2,59
» 0,1	4,09	3,23	4,03	28,31	32,00	28,21	2,37	3,19	2,31
» 0,2	3,67	3,91	3,81	26,94	27,90	25,17	1,98	3,16	1,44
» 0,3	4,27	»	4,12	24,82	»	27,51	2,03	»	1,56
» 0,4	4,73	3,98	4,42	27,06	27,58	25,37	2,56	2,75	1,67
» 0,5	4,21	»	4,91	30,00	»	25,83	2,20	»	1,40
» 0,6	5,04	4,33	4,96	26,30	29,50	24,86	2,52	2,52	1,67
» 0,8	5,83	5,24	6,46	28,65	32,30	24,16	2,83	3,18	1,68
» 1,0	6,99	7,56	6,84	27,25	34,04	21,62	2,55	3,74	1,44



Graphique XXIII.

Le graphique XXIII résume l'action des doses croissantes d'azote sur les éléments exportés pour 1,000 de paille.

L'action de l'azote sur l'exportation de l'azote par la paille est la même que pour le grain; cette exportation diminue d'abord, puis s'élève au-dessus du témoin pour les très fortes doses d'azote. Pour la potasse, nous consta-

tons d'assez grandes irrégularités dans la terre de Marquillies, où l'action de l'azote sur l'exportation de potasse n'est pas nette; mais dans la terre de Flines, pauvre en azote, les doses croissantes d'azote ont fait baisser très fortement l'exportation de potasse par mille de paille, par suite de l'augmentation considérable du rendement en paille sous l'action de l'engrais azoté. Enfin l'azote n'a que peu d'influence sur l'exportation d'acide phosphorique par les pailles : cette exportation semble cependant diminuer un peu.

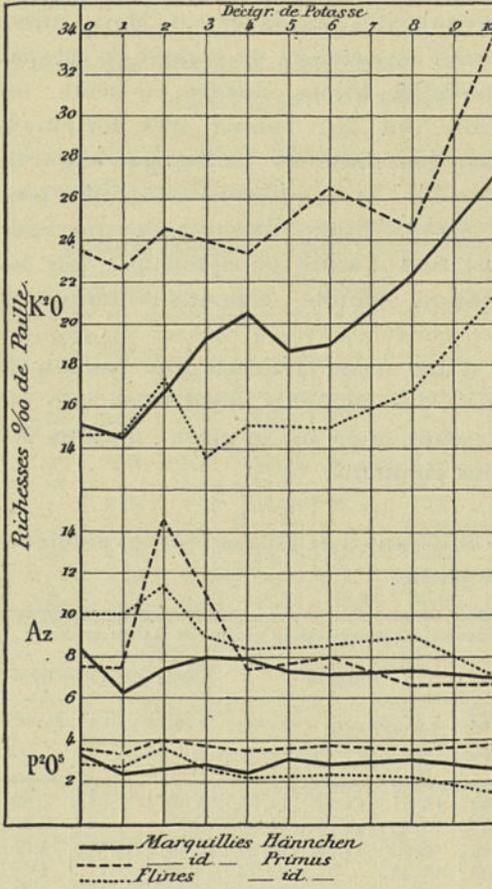
On peut donc dire d'une façon générale que l'action de l'azote sur l'exportation des éléments fertilisants par les pailles est de même nature que sur le grain : l'azote fait baisser l'exportation des éléments.

b) Action des doses croissantes de potasse sur les éléments exportés pour 1,000 de paille.

Doses de potasse gr.	Éléments fertilisants exportés pour 1.000 de paille sèche								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
K ² O 0,0	8,28	7,49	40,02	45,01	23,52	14,65	3,33	3,58	2,89
» 0,1	6,21	7,35	40,09	44,52	22,58	14,60	2,37	3,34	2,80
» 0,2	7,27	4445(?)	41,24	46,64	24,49	17,21	2,66	4,11	3,66
» 0,3	8,05	»	9,09	49,23	»	13,73	2,88	»	2,75
» 0,4	6,88	7,49	8,41	20,43	23,43	15,12	2,50	3,56	2,25
» 0,5	7,26	»	»	18,63	»	»	3,15	»	»
» 0,6	7,16	8,06	8,55	18,96	26,61	15,01	2,83	3,89	2,51
» 0,8	7,31	7,75	8,94	22,35	24,47	16,82	3,11	3,65	2,27
» 1,0	6,99	7,56	6,84	27,25	34,03	21,62	2,55	3,74	1,44

Le graphique XXIV résume l'action des doses croissantes de potasse sur les éléments exportés pour 1,000 de paille.

Nous voyons que les doses croissantes de potasse ont eu très peu d'influence sur l'exportation d'azote par les pailles (à part une irrégularité dans l'essai Marquillies-Primus à la dose de 0^{gr} 2, irrégularité qui se retrouvera partout et qui a dû



Graphique XXIV.

sensible ; à peine peut-on conclure à une très légère baisse de l'exportation d'acide phosphorique sous l'action de la potasse.

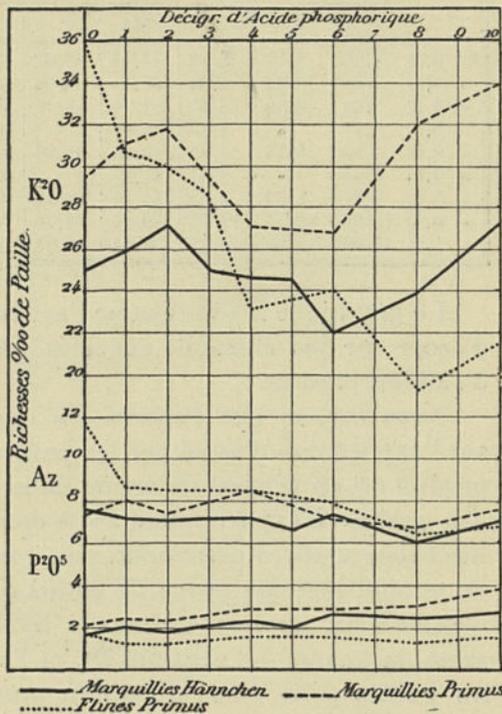
être causée par une erreur dans la pesée des engrais). Cependant cette exportation d'azote tend en général à diminuer légèrement sous l'action de la potasse. L'action sur l'exportation de potasse est tout à fait caractéristique : les pailles se sont enrichies fortement en potasse, et l'exportation de potasse pour 1,000 de paille s'élève fortement quand on fait croître les engrais potassiques. L'action sur l'exportation d'acide phosphorique est du même ordre que sur l'azote : elle est peu

c) Action des doses croissantes d'acide phosphorique sur les éléments exportés pour 1,000 de paille.

Doses de P ² O ⁵ gr.	Eléments fertilisants exportés pour 1.000 de paille sèche								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
P ² O ⁵ 0,0	7,47	7,29	11,80	25,12	29,39	35,87	1,64	2,09	1,67
» 0,1	7,13	8,00	8,63	25,90	31,11	30,63	2,05	2,36	1,17
» 0,2	7,02	7,52	8,52	27,21	31,81	29,90	1,84	2,30	1,17
» 0,3	7,10	»	8,45	24,89	»	28,50	2,12	»	1,33
» 0,4	7,07	8,44	8,43	24,60	27,24	23,22	2,26	2,90	1,55
» 0,5	6,56	»	»	24,46	»	»	2,04	»	»
» 0,6	7,26	7,16	7,84	22,01	26,84	24,14	2,58	2,90	1,52
» 0,8	5,97	6,68	6,30	23,88	31,97	19,34	2,30	3,02	1,13
» 1,0	6,99	7,56	6,84	27,25	34,03	21,62	2,55	3,74	1,44

Le graphique XXV résume l'action des doses croissantes d'acide phosphorique sur les éléments exportés pour 1,000 de paille.

Nous constatons que l'acide phosphorique a peu d'influence sur l'exportation d'azote par les pailles: il y a cependant une tendance à baisser, surtout dans la terre de Flines. Il en est de même pour l'acide phosphorique, dont l'exportation



Graphique XXV.

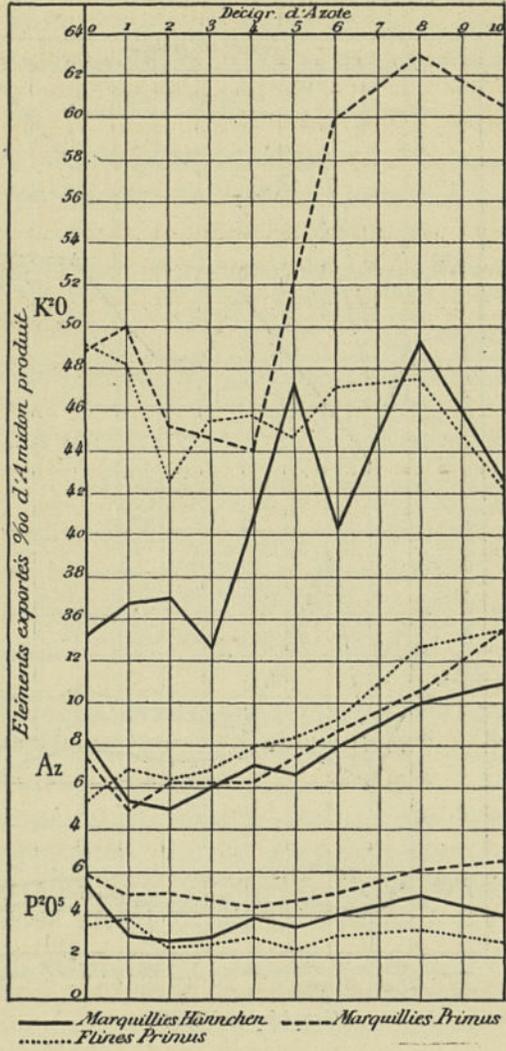
pour 1,000 de paille est à peu près constante. Pour l'exportation de potasse, les résultats sont variables avec les terres : dans la terre de Marquillies, l'action n'est pas nette et les variations paraissent irrégulières, mais dans la terre de Flines, pauvre en acide phosphorique, l'addition d'acide phosphorique a fait baisser fortement l'exportation de la potasse pour 1,000 de paille.

d) Action des doses croissantes d'azote sur les éléments exportés par la paille pour 1,000 d'amidon produit.

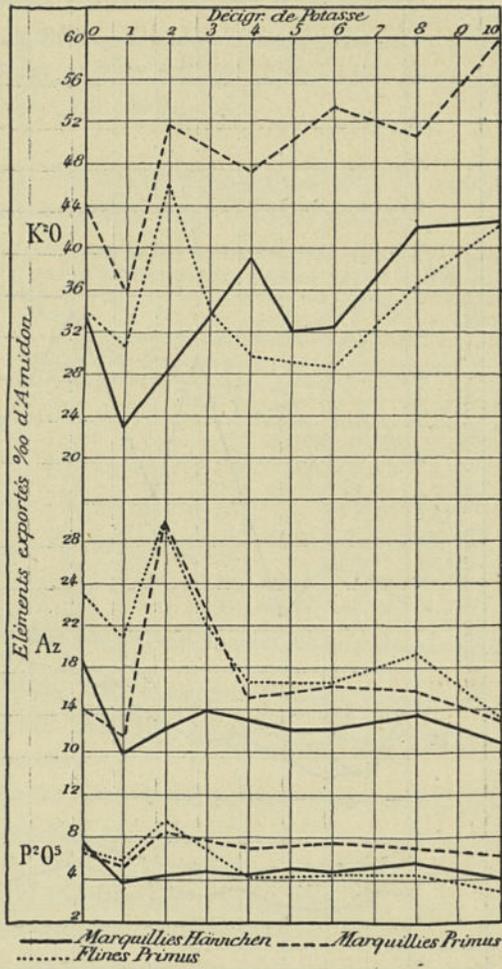
Doses d' azote gr.	Éléments exportés par les pailles pour 1.000 d'amidon produit								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
Az. 0,0	8,20	7,73	5,28	35,20	48,65	49,23	5,40	5,85	3,58
» 0,1	5,34	5,02	6,83	36,81	50,06	48,16	3,07	5,02	3,92
» 0,2	5,04	6,30	6,47	37,12	45,10	42,51	2,70	5,09	2,46
» 0,3	5,97	»	6,80	34,67	»	45,46	2,86	»	2,60
» 0,4	7,14	6,34	7,95	40,91	44,07	45,78	3,88	4,39	3,01
» 0,5	6,63	»	8,47	47,25	»	44,73	3,48	»	2,42
» 0,6	7,87	8,79	9,38	41,17	59,76	47,08	3,96	5,09	3,15
» 0,8	10,05	10,75	12,75	49,27	62,76	47,62	4,85	6,48	3,31
» 1,0	10,93	13,36	13,41	42,61	60,28	42,34	4,01	6,64	2,80

Le graphique XXVI résume l'action des doses croissantes d'azote sur les éléments exportés par la paille pour 1,000 d'amidon produit.

Nous voyons que l'action des doses croissantes d'azote sur l'exportation d'azote par les pailles pour 1,000 d'amidon produit est en général de même nature que sur l'exportation des grains. L'exportation d'azote dans la terre de Marquillies baisse d'abord nettement, puis remonte, atteint la valeur du témoin pour les doses de 0 gr 5 à 0 gr 6, et s'élève ensuite notablement au-dessus. Dans la terre de Flines, pauvre en azote, la hausse est continuelle, et l'exportation d'azote par les pailles pour 1,000 d'amidon produit est d'autant plus grande que la dose d'azote est plus forte. L'exportation de



Graphique XXVI.



Graphique XXVII.

potasse monte en général dans la terre de Marquillies, sous l'action de l'azote : elle diminue au contraire dans la terre de Flines. Enfin, l'azote ne paraît exercer aucune action sensible sur l'exportation d'acide phosphorique par les pailles pour 1,000 d'amidon produit.

e) Action des doses croissantes de potasse sur les éléments exportés par les pailles pour 1,000 d'amidon produit.

Doses de potasse gr.	Éléments exportés par les pailles pour 1.000 d'amidon produit								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
K ² 0,0	18,48	14,03	23,61	33,51	44,14	34,55	7,45	6,72	6,78
» 0,1	10,13	11,76	21,09	23,66	36,10	30,51	3,88	5,32	5,87
» 0,2	12,47	30,35	30,24	28,48	51,49	46,38	4,56	8,61	9,84
» 0,3	14,04	»	22,78	33,56	»	34,44	5,05	»	6,92
» 0,4	13,32	15,51	16,77	39,53	47,26	30,18	4,82	7,16	4,51
» 0,5	12,58	»	»	32,26	»	»	5,44	»	»
» 0,6	12,37	16,24	16,53	32,82	53,56	28,96	4,89	7,82	4,86
» 0,8	13,82	16,16	19,43	42,20	51,02	36,51	5,88	7,62	4,95
» 1,0	10,93	13,36	13,41	42,61	60,28	42,34	4,01	6,64	2,80

Le graphique XXVII résume l'action des doses croissantes de potasse sur les éléments exportés par les pailles pour 1,000 d'amidon produit.

Nous voyons qu'en règle générale, sous l'action de la potasse, l'exportation d'azote par les pailles pour 1,000 d'amidon produit baisse (à part l'irrégularité déjà signalée plus haut, pour l'essai Marquillies-Primus à la dose 0^{gr}2, où il a dû se glisser une erreur dans les engrais ajoutés). Au contraire, l'exportation de potasse monte. Enfin l'exportation d'acide phosphorique ne paraît pas influencée par les doses croissantes de potasse.

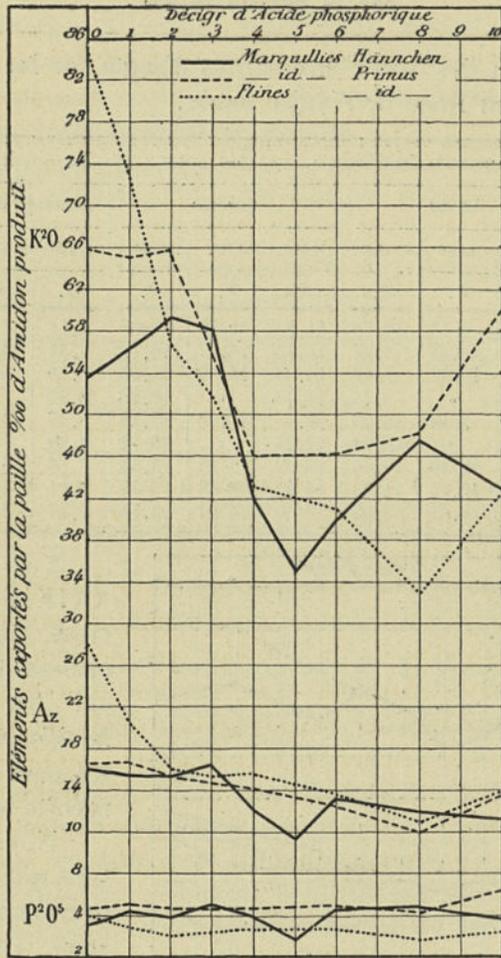
f) Action des doses croissantes d'acide phosphorique sur les éléments exportés par les pailles pour 1,000 d'amidon produit.

Doses de P ² O ⁵ gr.	Eléments exportés par les pailles pour 1.000 d'amidon produit								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
P ² O ⁵ 0,0	15,87	16,38	28,02	53,32	66,00	85,14	3,50	4,68	3,96
» 0,1	15,44	16,72	20,61	56,45	65,10	73,06	4,45	4,95	2,82
» 0,2	15,25	15,53	16,10	59,05	65,78	56,54	4,01	4,77	2,20
» 0,3	16,50	»	15,23	57,88	»	51,34	4,94	»	2,38
» 0,4	12,09	14,20	15,63	42,08	45,85	43,15	3,87	4,88	2,86
» 0,5	9,36	»	»	34,92	»	»	2,90	»	»
» 0,6	13,17	12,35	13,40	39,90	46,29	41,21	4,69	5,00	2,57
» 0,8	11,88	10,04	10,77	47,47	48,05	33,01	4,55	4,54	1,93
» 1,0	10,93	13,36	13,41	42,61	60,28	42,34	4,01	6,64	2,80

Le graphique XXVIII résume l'action des doses croissantes d'acide phosphorique sur les éléments exportés par les pailles pour 1,000 d'amidon produit.

L'action de l'acide phosphorique sur l'exportation des éléments par les pailles pour 1,000 d'amidon produit peut se résumer ainsi, d'après le tableau qui précède et le graphique XXVIII : forte baisse de l'exportation de potasse et d'azote, pas d'action sur l'exportation d'acide phosphorique.

Nous pouvons remarquer d'une façon générale, que l'orge Primus, qui est moins exigeante que l'orge Hannchen pour la production du grain, est au contraire plus exigeante pour produire une même quantité de paille.

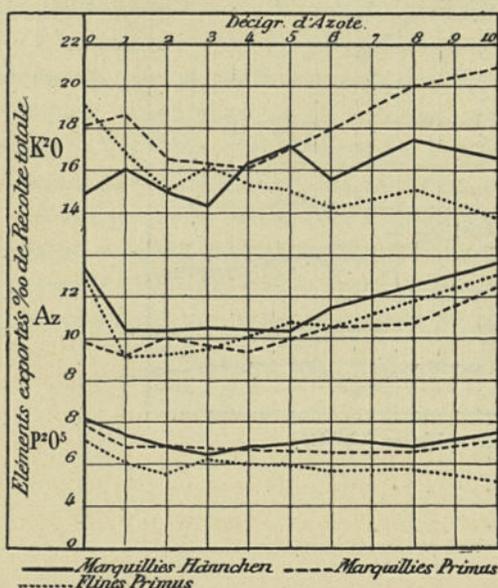


Graphique XXVIII.

3° Action des éléments fertilisants sur les éléments exportés par la récolte totale

a) Action des doses croissantes d'azote sur les éléments exportés pour 1,000 de récolte totale.

Doses d'azote gr.	Eléments fertilisants exportés pour 1,000 de récolte totale								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
Az. 0,0	13,25	9,73	12,70	14,93	18,19	19,00	8,12	7,78	7,18
» 0,1	10,38	9,13	9,07	16,15	18,57	16,76	7,31	6,88	6,41
» 0,2	10,27	10,03	9,17	14,98	16,60	15,05	6,79	6,85	5,51
» 0,3	10,42	»	9,74	14,33	»	16,20	6,39	»	6,22
» 0,4	10,36	9,40	10,05	16,44	16,18	15,24	6,75	6,74	5,98
» 0,5	10,27	»	10,78	17,23	»	15,12	6,89	»	5,93
» 0,6	11,47	10,50	10,65	15,69	17,91	14,34	7,16	6,61	5,57
» 0,8	12,48	10,70	11,94	17,47	20,05	15,07	6,81	6,66	5,65
» 1,0	13,51	12,37	13,06	16,60	20,87	13,70	7,37	7,40	5,13



Graphique XXIX.

Le graphique XXIX résume l'action des doses croissantes d'azote sur les éléments fertilisants exportés pour 1,000 de récolte totale.

Nous constatons que l'exportation d'azote baisse sous l'action de l'azote, puis remonte. La variation est donc encore ici du sens que nous avons déjà signalé plus

haut. Il en est de même pour la potasse dont l'exportation baisse d'abord, puis remonte, sauf dans la terre de Flines, où par suite de la pauvreté de la terre en azote et de la forte augmentation de récolte totale sous l'action de cet élément, la baisse est à peu près continue. Quant à l'exportation d'acide phosphorique, elle baisse aussi légèrement sous l'action des doses croissantes d'azote.

L'exportation de tous les éléments pour 1,000 de récolte totale diminue donc sous l'action des engrais azotés.

b) Action des doses croissantes de potasse sur les éléments exportés pour 1,000 de récolte totale.

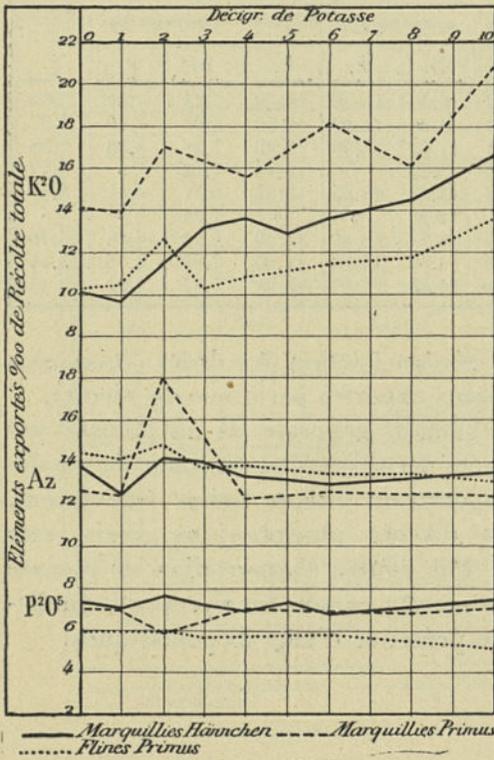
Doses de potasse gr.	Eléments fertilisants exportés pour 1.000 de récolte totale								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
K ² O 0,0	13,80	12,65	14,42	10,19	14,19	10,30	7,28	7,00	5,95
» 0,1	12,39	12,34	14,11	9,68	13,89	10,52	6,93	7,00	5,87
» 0,2	14,12	18,02	14,91	11,53	17,00	12,93	7,56	5,88	5,98
» 0,3	13,89	»	13,66	13,23	»	10,44	7,12	»	5,73
» 0,4	13,28	12,23	13,76	13,65	15,65	10,85	6,77	6,81	5,71
» 0,5	13,16	»	»	12,96	»	»	7,24	»	»
» 0,6	12,86	12,56	13,46	13,71	18,19	11,50	6,78	6,83	5,76
» 0,8	13,17	12,51	13,39	14,52	16,18	11,86	7,08	6,75	5,42
» 1,0	13,51	12,37	13,06	16,60	20,87	13,70	7,37	7,10	5,13

Le graphique XXX résume l'action des doses croissantes de potasse sur les éléments exportés par 1,000 de récolte.

Nous voyons que l'action générale de la potasse sur l'exportation des éléments fertilisants pour 1,000 de récolte totale est celle-ci : l'exportation d'azote baisse légèrement, ainsi que l'exportation d'acide phosphorique, mais cette baisse est peu accusée. Par contre, l'exportation de potasse croît très nettement : la récolte enlève donc proportionnellement plus de potasse en présence d'engrais potassiques.

c) Action des doses croissantes d'acide phosphorique sur les éléments fertilisants exportés pour 1,000 de récolte totale.

Doses de P ² O ⁵ gr.	Eléments fertilisants exportés pour 1.000 de récolte totale								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
P ² O ⁵ 0,0	13,87	12,36	16,82	16,33	20,38	24,54	5,81	5,80	4,15
» 0,1	12,88	12,36	14,34	17,86	21,37	20,85	5,59	5,49	4,00
» 0,2	13,13	11,94	14,60	17,53	21,36	19,55	5,89	5,64	4,17
» 0,3	12,28	»	13,49	18,18	»	19,63	5,60	»	4,25
» 0,4	12,86	13,07	12,91	16,40	17,21	15,43	6,40	6,68	4,66
» 0,5	13,30	»	»	15,54	»	»	6,64	»	»
» 0,6	12,88	12,25	13,57	14,96	17,41	16,20	6,58	6,84	4,93
» 0,8	11,73	12,54	12,26	16,84	20,19	13,49	6,41	6,97	4,75
» 1,0	13,51	12,37	13,06	16,60	20,87	13,70	7,37	7,10	5,13

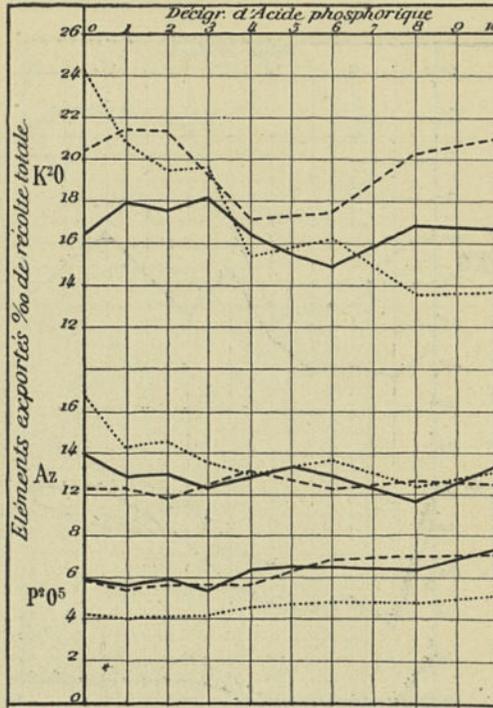


Graphique XXX.

Le graphique XXXI résume l'action des doses croissantes d'acide phosphorique sur les éléments exportés pour 1,000 de récolte totale.

Nous constatons que les doses croissantes d'acide phosphorique font baisser en général très légèrement l'exportation d'azote pour 1,000 de récolte totale, mais cette influence reste toujours très faible. L'exportation de potasse baisse aussi surtout dans la terre de Flines,

pauvre en acide phosphorique. L'exportation d'acide phosphorique monte légèrement, mais d'une façon régulière, en présence des doses croissantes d'acide phosphorique.

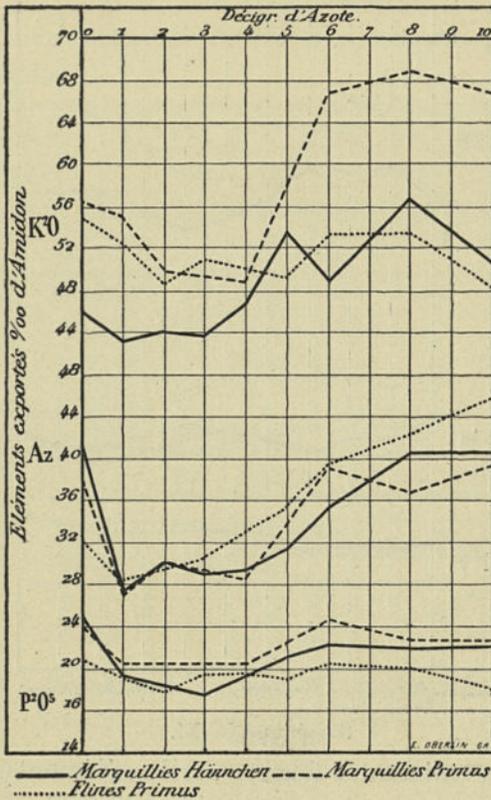


— Marquillies Hünchen — — Marquillies Prinas
..... Flines Prinas

Graphique XXXI.

d) Action des doses croissantes d'azote sur les éléments exportés par la récolte totale pour 1,000 d'amidon produit.

Doses d' azote gr.	Eléments fertilisants exportés par la récolte totale pour 1.000 d'amidon produit								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
Az. 0,0	40,73	38,64	32,24	46,05	56,65	55,04	24,99	24,15	20,70
» 0,1	27,72	27,21	28,40	42,92	55,23	52,38	19,37	20,52	19,05
» 0,2	30,16	30,11	29,45	44,11	49,88	48,54	18,38	20,54	17,76
» 0,3	28,84	»	30,69	39,75	»	50,85	17,66	»	19,56
» 0,4	29,51	28,34	32,95	46,79	48,83	49,90	19,16	20,36	19,59
» 0,5	31,67	»	34,90	53,37	»	48,93	21,28	»	19,22
» 0,6	35,63	39,11	39,59	48,73	66,70	53,26	22,26	24,64	20,69
» 0,8	40,46	36,71	42,39	56,66	68,77	53,42	22,09	22,82	20,09
» 1,0	40,85	39,51	45,86	50,26	66,58	48,16	22,30	22,64	18,02



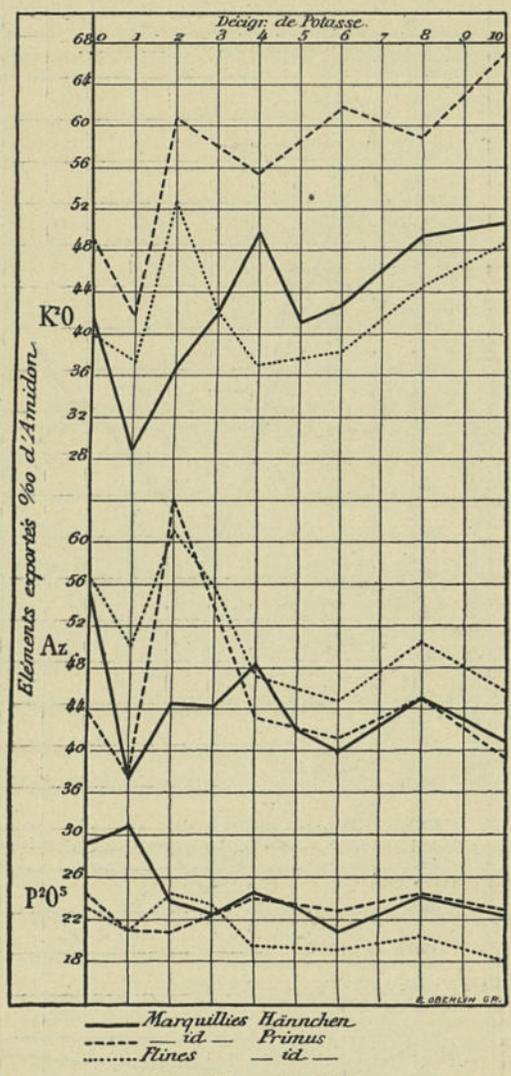
Graphique XXXII.

Le graphique XXXII résume l'action des doses croissantes d'azote sur les éléments exportés par la récolte totale pour 1,000 d'amidon produit.

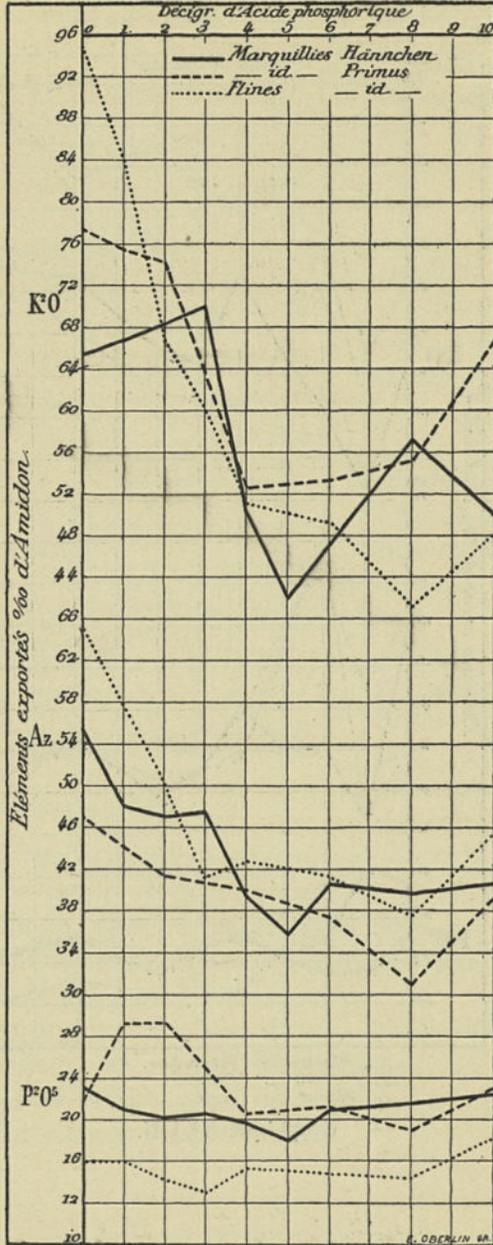
Nous voyons que l'exportation d'azote par la récolte totale pour 1,000 d'amidon produit baisse fortement sous l'action de l'azote, jusqu'aux doses de 0^{gr}5 à 0^{gr}6; elle s'élève ensuite pour les doses plus fortes. L'exportation d'acide phosphorique subit une variation du même

genre, c'est-à-dire baisse d'abord pour se relever légèrement ensuite. L'exportation de potasse varie aussi dans le même sens, quoiqu'un peu plus irrégulièrement, mais on peut constater en général une diminution pour les doses faibles d'azote, et une augmentation pour les doses fortes.

Nous arrivons donc ici à la même conclusion : les engrais azotés font baisser, en général, l'exportation des éléments fertilisants par la récolte aussi bien pour 1,000 de récolte totale que pour 1,000 d'amidon produit.



Graphique XXXIII.



Graphique XXXIV.



e) Action des doses croissantes de potasse sur les éléments exportés par la récolte totale pour 1,000 d'amidon produit.

Doses de potasse gr.	Eléments fertilisants exportés par la récolte totale pour 1.000 d'amidon produit								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
0,0	55,49	44,08	56,41	41,06	49,51	40,24	29,24	24,37	23,22
» 0,1	36,90	37,12	50,59	28,80	41,80	37,69	30,64	21,10	21,03
» 0,2	44,68	64,12	61,29	36,50	60,56	53,13	23,95	20,93	24,65
» 0,3	44,20	»	55,70	42,10	»	42,77	22,67	»	23,47
» 0,4	48,34	43,43	47,33	49,59	55,63	37,29	24,65	24,20	19,62
» 0,5	42,21	»	»	41,29	»	»	23,12	»	»
» 0,6	40,05	41,55	44,89	42,74	61,66	38,45	21,10	23,16	19,23
» 0,8	45,05	45,25	50,21	49,64	58,46	44,47	24,26	24,43	20,33
» 1,0	40,85	39,51	45,86	50,26	66,58	48,16	22,30	22,64	18,02

Le graphique XXXIII résume l'action des doses croissantes de potasse sur les éléments fertilisants exportés par la récolte totale pour 1,000 d'amidon produit.

Nous voyons qu'en règle générale la potasse fait baisser l'exportation d'azote et d'acide phosphorique par la récolte totale pour 1,000 d'amidon produit (à part l'irrégularité, qui se rencontre partout, de l'essai Marquillies-Primus à la dose de 0^{gr}2). Par contre, l'exportation de potasse croît.

f) Action des doses croissantes d'acide phosphorique sur les éléments exportés par la récolte totale pour 1,000 d'amidon produit.

Doses de P ² O ⁵ gr.	Eléments fertilisants exportés par la récolte totale pour 1.000 d'amidon produit								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
0,0	55,13	47,08	64,92	65,40	77,51	94,79	23,11	22,07	16,02
» 0,1	48,03	44,17	57,35	66,57	75,50	83,84	20,84	29,45	16,01
» 0,2	47,05	41,46	49,95	68,32	74,15	66,43	20,15	29,55	14,27
» 0,3	47,22	»	41,29	69,96	»	60,11	21,50	»	12,99
» 0,4	39,55	39,95	42,66	50,45	52,64	50,96	19,70	20,44	15,45
» 0,5	35,81	»	»	41,85	»	»	17,90	»	»
» 0,6	40,72	37,63	41,29	47,27	53,46	49,30	20,82	21,06	15,01
» 0,8	39,59	31,02	37,50	56,87	55,25	41,27	21,64	19,05	14,52
» 1,0	40,85	39,51	45,86	50,26	66,58	48,16	22,30	22,64	18,02

Le graphique XXXIV résume l'action des doses croissantes d'acide phosphorique sur les éléments exportés par la récolte totale pour 1,000 d'amidon produit.

L'action de l'acide phosphorique est tout à fait caractéristique. L'exportation d'azote par la récolte totale pour 1,000 d'amidon produit diminue fortement sous l'action des doses croissantes d'acide phosphorique. Il en est de même pour l'exportation de potasse, surtout dans la terre de Flines. L'exportation d'acide phosphorique reste à peu près la même, quelle que soit la dose d'acide phosphorique.

Remarquons enfin que l'orge Primus est en général plus exigeante que l'orge Hannchen, au point de vue des éléments fertilisants, pour produire une même quantité de récolte totale et d'amidon. Cette même orge Primus est en outre moins exigeante surtout au point de vue de la potasse et de l'acide phosphorique, dans la terre pauvre de Flines que dans la terre riche de Marquillies, tout en donnant des récoltes supérieures.

Résumé des résultats obtenus

Nous comparerons d'abord, dans nos conclusions, l'action des éléments fertilisants sur la même orge dans deux terres différentes, une terre riche et une terre pauvre. Nous indiquerons ensuite les différences qui existent entre deux orges dans une même terre riche. Notre matériel d'expérimentation ne nous a pas permis de faire ce dernier essai également sur une terre pauvre avec deux orges différentes.

Ces conclusions ne sont valables, pour chaque élément, qu'à condition qu'il soit employé en présence d'un excès des deux autres éléments, et sous forme de sulfate d'ammoniaque pour l'azote, de chlorure de potassium pour la potasse, et de superphosphate pour l'acide phosphorique.

I

**Action des éléments fertilisants sur une même orge
dans deux terres différentes,
une terre riche et une terre pauvre**

1^o Influence de l'Azote

A) Sur le poids de la récolte. — *a) Sur la récolte de grain.* — L'azote fait monter fortement dans les deux terres la récolte en grain, et l'augmentation maxima pour 0^{gr}1 d'azote ajouté correspond à la dose de 0^{gr}2 d'azote par pot. Il augmente également la grosseur du grain.

b) Sur la récolte de paille. — L'azote fait monter aussi très fortement la récolte de paille, dans les deux terres, et l'augmentation maxima pour 0^{gr}1 d'azote ajouté correspond à la dose de 0^{gr}4 d'azote par pot.

c) Sur la récolte totale. — L'action sur le grain et la paille étant du même sens, il y a évidemment une augmentation caractéristique du poids de la récolte totale sous l'influence de l'azote.

B) Sur la composition chimique du grain. — *a) Sur la richesse en amidon.* — Les faibles doses d'azote favorisent la richesse en amidon, les fortes doses ont une tendance à la faire baisser, surtout quand la terre est pauvre en azote.

b) Sur l'amidon total produit. — L'influence est à peu près la même que sur la récolte de grain; l'amidon total produit augmente avec la dose d'azote ajoutée.

c) Sur la richesse en matières azotées. — Dans les terres où l'azote produit une augmentation sensible de rendement, les doses faibles d'azote font baisser la teneur de l'orge en matières azotées. Cette diminution d'azote semble porter surtout sur l'azote soluble. Les doses fortes paraissent nuisibles et relèvent la richesse en azote, mais cette augmentation paraît porter surtout sur l'azote insoluble.

C) Sur les éléments exportés par la récolte. — a) Sur les éléments exportés pour 1000 de grain. — L'azote fait baisser, d'une façon générale, l'exportation des éléments fertilisants pour 1000 de grain produit, aussi bien en terre riche qu'en terre pauvre.

b) Sur les éléments exportés par le grain pour 1000 d'amidon. — L'action est du même sens ; baisse de l'exportation des éléments.

c) Sur les éléments exportés par la paille pour 1000 de paille. — L'action est encore de même nature ; il y a baisse de l'exportation des éléments.

d) Sur les éléments exportés par la paille pour 1000 d'amidon. — L'action est du même sens encore pour l'exportation d'azote, qui baisse d'abord et remonte ensuite par suite de la diminution de la richesse en amidon. Les exportations d'acide phosphorique et de potasse sont assez peu influencées.

e) Sur les éléments exportés pour 1000 de récolte totale. — L'azote fait baisser nettement, dans les deux terres, l'exportation de tous les éléments fertilisants pour 1000 de récolte totale.

f) Sur les éléments exportés par la récolte totale pour 1000 d'amidon produit. — L'action résulte des deux actions combinées sur le grain et sur la paille et en général elle se caractérise par une baisse de l'exportation des éléments fertilisants pour 1000 d'amidon.

2° Influence de la potasse

A) Sur le poids de la récolte. — a) Sur la récolte de grain. — L'action est insensible dans une terre assez riche en potasse ; mais dans la terre pauvre, la potasse, même à faible dose, fait monter nettement la récolte de grain. Elle exerce également sur la grosseur du grain une action favorable.

b) Sur la récolte de paille. — L'action est insensible dans

une terre riche en potasse, au contraire, dans la terre pauvre, il se produit une augmentation très nette de la récolte en paille. Toutefois cette augmentation est inférieure à celle du grain sous l'action de la potasse dans la même terre. La potasse agit donc surtout sur le grain dans la terre pauvre en potasse.

c) *Sur la récolte totale.* — L'action est insensible en terre riche ; en terre pauvre, il y a une augmentation caractéristique.

B) Sur la composition chimique du grain. — a) *Sur la richesse en amidon.* — La potasse favorise la richesse en amidon, et cette action favorisante est obtenue avec des doses faibles de potasse aussi bien qu'avec des doses fortes.

b) *Sur l'amidon total produit.* — L'amidon total produit croît par conséquent sous l'action de la potasse ; cet accroissement est surtout sensible en terre pauvre où l'augmentation de la récolte en grain vient se joindre à celle de l'amidon.

c) *Sur la richesse en matières azotées.* — La potasse est sans action sensible, aussi bien en terre riche qu'en terre pauvre.

C) Sur les éléments exportés par la récolte. — a) *Sur les éléments exportés pour 1000 de grain.* — La potasse est sans action bien nette sur l'exportation d'azote et d'acide phosphorique. Elle élève l'exportation de potasse.

b) *Sur les éléments exportés par le grain pour 1000 d'amidon.* — L'exportation d'azote et d'acide phosphorique diminuent légèrement sous l'action de la potasse ; l'exportation de potasse augmente nettement.

c) *Sur les éléments exportés pour 1000 de paille.* — L'action est peu sensible sur l'azote et l'acide phosphorique ; elle est caractéristique sur la potasse dont l'exportation augmente fortement.

d) *Sur les éléments exportés par la paille pour 1000 d'amidon.* — L'exportation d'azote baisse, celle d'acide

phosphorique est à peu près constante, tandis que l'exportation de potasse s'élève, surtout en terre riche.

e) *Sur les éléments exportés pour 1000 de récolte totale.* — L'action est peu sensible sur l'exportation d'azote et d'acide phosphorique. L'exportation de potasse est augmentée.

f) *Sur les éléments exportés par la récolte totale pour 1000 d'amidon.* — La potasse fait baisser dans ce cas l'exportation d'azote et d'acide phosphorique, et fait croître celle de potasse.

3^o Influence de l'acide phosphorique

A) *Sur le poids de la récolte.* — a) *Sur la récolte de grain.* — L'action est peu sensible en terre riche; en terre pauvre, on constate une augmentation caractéristique, même avec de très faibles doses d'acide phosphorique. La grosseur du grain est augmentée ainsi.

b) *Sur la récolte de paille.* — L'action est insensible dans une terre riche en acide phosphorique; au contraire, en terre pauvre, l'acide phosphorique, même à faible dose, produit une augmentation très nette de la récolte de paille. Comme avec la potasse, cette augmentation est plus forte pour le grain que pour la paille; l'acide phosphorique agit donc surtout sur la récolte de grain dans les terres pauvres.

c) *Sur la récolte totale.* — Cette action résume les deux précédentes; elle est donc insensible en terre riche, et se manifeste en terre pauvre par une forte augmentation.

B) *Sur la composition chimique du grain.* — a) *Sur la richesse en amidon.* — L'acide phosphorique fait monter fortement la richesse en amidon, et c'est l'élément le plus actif sous ce rapport. L'augmentation de richesse en amidon pour 0^{gr} 1 d'acide phosphorique ajouté croît d'abord nettement jusqu'à la dose de 0^{gr} 5 d'acide phosphorique, puis elle devient plus faible.

b) *Sur l'amidon total produit.* — Il résulte de la conclusion précédente que l'amidon total produit croît sous l'action



de l'acide phosphorique; cet accroissement est surtout sensible en terre pauvre où l'augmentation de la récolte en grain vient se joindre à celle de l'amidon.

c) *Sur la richesse en matières azotées.* — L'acide phosphorique fait baisser le teneur du grain en matières azotées. Cette réduction semble porter surtout sur les matières azotées solubles non coagulables qui sont les plus nuisibles au brasseur quand elles sont en excès.

C) Sur les éléments exportés par la récolte. — a) *Sur les éléments exportés pour 1000 de grain.* — L'acide phosphorique fait baisser nettement, d'une façon générale, l'exportation d'azote et de potasse pour 1000 de grain; il augmente légèrement l'exportation d'acide phosphorique.

b) *Sur les éléments exportés par le grain pour 1000 d'amidon.* — L'exportation d'azote et de potasse par le grain pour 1000 d'amidon baisse. L'exportation d'acide phosphorique augmente légèrement en terre pauvre; elle diminue au contraire un peu en terre riche.

c) *Sur les éléments exportés pour 1000 de paille.* — L'action sur l'exportation d'azote et de potasse est peu sensible. Il y a cependant baisse légère de l'exportation d'azote en terre pauvre. C'est donc surtout sur l'exportation par le grain que porte l'action favorisante de l'acide phosphorique. Quant à l'exportation de potasse, elle ne varie pas en terre riche, mais baisse très fortement dans une terre pauvre en acide phosphorique.

d) *Sur les éléments exportés par la paille pour 1000 d'amidon.* — L'exportation d'azote et de potasse baisse fortement; l'exportation d'acide phosphorique reste à peu près constante.

e) *Sur les éléments exportés pour 1000 de récolte totale.* — L'exportation d'azote et de potasse baisse sous l'action de l'acide phosphorique, surtout en terre pauvre. L'exportation d'acide phosphorique augmente légèrement.

f) *Sur les éléments exportés par la récolte totale pour*

1000 d'amidon. — L'exportation d'azote et de potasse sous ce rapport diminuent très nettement. L'exportation d'acide phosphorique reste à peu près stationnaire.

II

Action des éléments fertilisants sur deux orges dans une même terre riche

Les conclusions exposées ci-dessus sont également valables, d'une façon générale, aussi bien pour l'orge Primus que pour l'orge Hannchen. Les différences principales qui existent entre les deux orges, comparées dans une même terre, sont les suivantes :

a) *Influence sur le poids de la récolte.* — Les rendements en grain de l'orge Hannchen sont toujours plus élevés que ceux de l'orge Primus ; par contre, les rendements en paille sont en général plus faibles avec Hannchen qu'avec Primus, de sorte que les récoltes totales sont à peu près équivalentes avec les deux orges ; il y a cependant un léger avantage en faveur de l'orge Hannchen.

b) *Sur la composition chimique du grain.* — Il y a peu de différences entre les deux orges au point de vue de l'amidon ; mais Hannchen est toujours plus riche en matières azotées que Primus, et surtout en azote soluble non coagulable. L'orge Primus est donc préférable sous ce rapport.

c) *Sur les éléments exportés par la récolte.* — L'orge Primus exporte moins d'éléments fertilisants que l'orge Hannchen pour une même quantité de grain produit. Mais, pour la production de la paille, l'orge Hannchen est au contraire beaucoup moins exigeante que Primus pour produire une même quantité de paille, de sorte qu'en considérant la

récolte totale, on voit qu'en général l'orge Primus demande, pour produire une même quantité de récolte totale et d'amidon, une plus grande quantité d'éléments fertilisants.

Conclusions générales

Il résulte de tout ce qui précède que, quelle que soit la terre, les engrais les plus favorables pour la production de l'orge de brasserie sont les engrais azotés. Ce sont eux qui font augmenter le rendement en donnant, si on les emploie modérément, des plantes moins riches en éléments fertilisants, et en particulier des grains moins riches en azote et principalement en azote soluble. De plus, à faible dose, les engrais azotés augmentent la richesse en amidon. Mais il est de toute évidence qu'il est dangereux d'accroître outre mesure les doses d'azote dans la terre : il en résulterait une verse certaine et d'autre part, en présence de fortes doses d'azote, les grains s'enrichissent en matières azotées. Il en résulterait aussi un appauvrissement plus considérable du sol en engrais potassiques et phosphatés, qui, lorsqu'ils ne sont pas tous consommés par les cultures, sont conservés pour les récoltes suivantes dans le sol, grâce au pouvoir absorbant.

Les engrais phosphatés n'ont d'influence sur les rendements que dans les terres pauvres en acide phosphorique. D'après ce que nous savons de l'action nuisible des engrais azotés à haute dose sur la composition chimique du grain (même en présence d'un excès d'acide phosphorique), il est facile de prévoir, qu'en supprimant l'acide phosphorique, nous ne ferons qu'exagérer ce phénomène; en ajoutant de l'acide phosphorique, nous constaterons donc *a priori* une amélioration dans la composition chimique du grain. En présence d'un excès d'azote et de potasse, il favorise en effet

la teneur en amidon et fait baisser la teneur en matières azotées. Au point de vue agricole, les engrais phosphatés sont également avantageux parce qu'ils font baisser l'exportation d'azote et de potasse pour 1000 de récolte totale. Seule l'exportation d'acide phosphorique est légèrement augmentée.

Les engrais potassiques n'ont aussi d'influence sur le rendement que dans les terres pauvres. Ils augmentent la teneur en amidon ; mais sont sans action bien marquée sur la teneur en matières azotées et sur l'exportation d'azote et d'acide phosphorique par la récolte.

Enfin remarquons que l'azote fait décroître le rapport du grain à la paille ; les engrais potassiques et phosphatés ont l'influence inverse. Ce n'est donc qu'en équilibrant les engrais azotés avec les engrais potassiques et phosphatés qu'on arrivera à avoir une récolte normale quant à tous ses éléments.

Le problème qui se pose pour l'agriculteur peut recevoir un commencement de solution. L'agriculteur a en effet un intérêt capital à augmenter ses rendements, si la composition chimique de l'orge est encore acceptable pour le brasseur. La première série d'expériences qui porte sur l'application des engrais azotés en présence d'un excès massif des deux autres éléments fertilisants, potasse et acide phosphorique (ce qui n'a aucun inconvénient au point de vue économique puisque ces engrais pourront être utilisés dans la suite, retenus qu'ils sont par le pouvoir absorbant), est à ce sujet très instructive. Dans tous les cas, l'application d'engrais azotés donne un supplément de récolte et de plus les orges (pour une dose convenable d'engrais azotés) sont encore acceptables en brasserie et même jusqu'à un certain point préférables au témoin sans azote puisqu'elles sont moins riches en matières azotées et plus riches en amidon.

L'acide phosphorique et la potasse comme l'ont remarqué plusieurs expérimentateurs (Lawes et Gilbert ; Garola) n'ont pas d'influence notable sur les rendements. D'après nos essais, une influence sensible se manifesterait dans les terres

pauvres ; mais, toutes choses égales d'ailleurs, cette influence est toujours nettement inférieure à celle des engrais azotés. Il suffirait donc à l'agriculteur de faire un phosphatage de fond, avec de bonnes fumures potassiques, en se contentant de donner dans la suite une dose d'engrais correspondant à l'exportation des récoltes. Cette restitution devrait bien entendu se faire dans tous les cas : terre riche ou terre pauvre. En résumé, les engrais potassiques et phosphatés, d'après nos essais, influent surtout sur la composition de l'orge. Pour avoir d'autres renseignements plus pratiques sur l'action de ces engrais en l'absence d'un excès d'azote, reportons-nous à celles de nos expériences de 1903 qui ont été effectuées avec des terres où l'équilibre des éléments n'a pas été rompu par une dose massive de deux éléments en vue de l'étude du troisième.

Nous voyons en comparant chaque pot ayant reçu un seul engrais (soit 1 gr. d'azote, d'acide phosphorique ou de potasse) au pot témoin ayant reçu la terre normale, que l'azote a presque triplé la récolte d'amidon, en donnant une teneur en amidon plus faible que celle du témoin, mais encore suffisante ; l'acide phosphorique et la potasse n'ont pas donné de supplément de récolte et les teneurs en amidon sont restées comparables à celle du témoin. Dans une terre de composition moyenne, l'agriculteur a donc d'abord intérêt à employer des engrais azotés pour obtenir les rendements les plus forts. Au point de vue de la brasserie, les engrais phosphatés principalement et les engrais potassiques font baisser légèrement la teneur en matières azotées du grain par rapport au témoin. D'un autre côté, les grains à haut rendement, obtenus avec de fortes fumures azotées, ont une teneur en azote beaucoup plus forte que celle des témoins. Pour parer à cet inconvénient, inhérent au fort rendement, l'agriculteur a à sa disposition l'emploi des engrais phosphatés et potassiques que nous appellerons engrais de correction de composition de l'orge. On constate en effet que ces engrais, employés en même temps que les engrais azotés (engrais nous donnant

toujours le haut-rendement), relèvent la teneur du grain en amidon pour la rendre au moins égale à celle du grain cultivé sur la terre sans aucun engrais, quelle que soit la quantité d'azote, 0^{gr}5 ou 1 gr. Nous voyons aussi qu'avec 0^{gr}5 d'azote, l'acide phosphorique et la potasse font baisser la teneur du grain en matières azotées au-dessous de celle du témoin sans aucun engrais. Enfin, pour la dose de 1 gr. d'azote, ces mêmes engrais n'abaissent plus la teneur en azote au-dessous de celle du témoin.

Donc, en résumé, d'après ces derniers essais, il résulte que l'agriculteur pourra toujours augmenter ses rendements par l'emploi de doses modérées d'engrais azotés (sulfate d'ammoniaque, ou nitrate de soude); et, par l'adjonction d'engrais phosphatés (superphosphate) et potassiques (sulfate de potasse), engrais de correction de composition, il aura un grain d'une richesse en amidon aussi grande et d'une teneur en matières azotées aussi faible qu'avec une culture à beaucoup plus faible rendement sans l'emploi des engrais azotés. L'agriculteur et le brasseur auront donc satisfaction tous les deux.

ARGENTEUIL. — IMP. JULES MOREAU, 9, RUE DE LA LIBERTÉ