



RÉPONSE À LA FUMURE POTASSIQUE  
EN FONCTION DE LA NATURE DE LA CULTURE  
ET DU NIVEAU POTASSIQUE DES SOLS,  
DANS LES ESSAIS PERMANENTS

par A. Loué (\*)

(Note présentée par M. Drouineau)

SUMMARY :

The mean production functions and mean profit functions due to potash on sugar beet, potato, alfalfa, wheat and maize, from the whole of the experimental results of SCPA, obtained since 1955, have been examined. Trials on maize and on wheat have been divided into three groups, according to the level of exchangeable  $K_2O$  of soils (less than 0,10 ‰, 0,10 to 0,20 ‰, and more than 0,20 ‰). The yield curves show a progressive oblateness with the enrichment of soils for  $K_2O$  and the profit curves are very dependent on the level of exchangeable  $K_2O$ . The great synthesis for crops show clearly the various behaviour of crops with regard to  $K_2O$  and, when the number of trials is adequate, the behaviour of a crop in relation to the level of exchangeable  $K_2O$ .

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'expérimentation des engrais potassiques est dans la grande majorité des cas, une expérimentation permanente. En effet, l'action de la potasse ne se mesure pas sur une culture mais au minimum sur une rotation ou de préférence sur une dizaine d'années. C'est une des raisons qui font que les essais potasse sont en général beaucoup moins nombreux que les essais azote. Les résultats en sont le plus souvent présentés sous forme de synthèses d'essais plutôt que de cultures. Le Département d'Agronomie de la S.C.P.A. disposant de la masse de résultats expérimentaux sur  $K_2O$ , sans doute la plus importante en France, il est néanmoins possible après une vingtaine d'années de présenter de grandes synthèses pour les principales cultures.

Les essais de fertilisation potassique donnent des résultats discontinus correspondant aux doses de  $K_2O$  étudiées. Une interprétation agronomique et économique plus poussée des essais nécessite le passage de ces résultats discontinus et ponctuels à l'O.M.

(\*) Département d'Agronomie — SCPA — Mulhouse

Fonds Documentaire

N° : 82/79/00874

Cote : B

Date : 24 FEVR. 1982

des résultats continus, au moins dans les limites des résultats expérimentaux. La méthode des fonctions de production permet précisément, à partir des résultats expérimentaux de déterminer des résultats agronomiques (rendements) et économiques (profits) pour toutes les zones de l'intervalle expérimental. C'est l'expression parabolique qui a été ici adoptée. Pour chaque calcul de fonction, on procède à un test d'ajustement et, si celui-ci est bon, il est possible de raisonner sur la courbe calculée pour toutes les doses de l'intervalle expérimental.

Cette étude est basée sur le tracé des fonctions de production et des fonctions de profit moyennes de la potasse sur betterave sucrière, pomme de terre, maïs, blé, luzerne, à partir de l'ensemble des résultats expérimentaux S.C.P.A. obtenus depuis 1955. Au préalable trois remarques doivent être faites :

1) Il est évident que dans une telle étude sur 20 ans, les rendements moyens sont nettement inférieurs à ceux de l'époque actuelle, en raison des grands progrès variétaux et culturaux (en particulier pour le maïs et pour le blé).

2) A titre de simplification, les résultats seront présentés en fonction de trois doses  $K_0$ ,  $K_1$ ,  $K_2$ , variables selon les cultures, mais il faut préciser que de nombreux essais comportaient quatre doses de  $K_2O$ .

3) Les résultats obtenus correspondent aux effets principaux  $K$ , qu'il s'agisse d'essais  $K$  ou factoriels  $N \times K$  ou  $N \times P \times K$ , c'est-à-dire en présence de fumures  $NP$  uniformes jugées non limitantes dans le cas des essais  $K$  ou correspondant aux moyennes des doses  $NP$  étudiées, dans le cas des essais factoriels.

### 1. Réponses de la betterave sucrière à la potasse

La synthèse porte sur 61 essais, aux conditions de sols très variables (10 à 29 % d'argile avec une moyenne de 16,0 % et 0,08 à 0,22 ‰  $K_2O$  échangeable avec une moyenne de 0,12 ‰).

La figure 1 représente la fonction de production moyenne pour les 61 essais qui passe en particulier par les points suivants :  $K_0 = 37,14$ ,  $K_{130} = 42,12$ ,  $K_{260} = 44,36$  (t/ha racines).

Le rendement maximal théorique calculé est de 44,5 t/ha avec  $K_{302}$  et le profit maximal théorique (sur la base de 138 F/tonne de betteraves et de 0,90 F/kg  $K_2O$ ) est de 762 F/ha avec  $K_{261}$ .

Il faut également signaler que ces résultats ne tiennent pas compte du propre effet de la fumure potassique sur la richesse

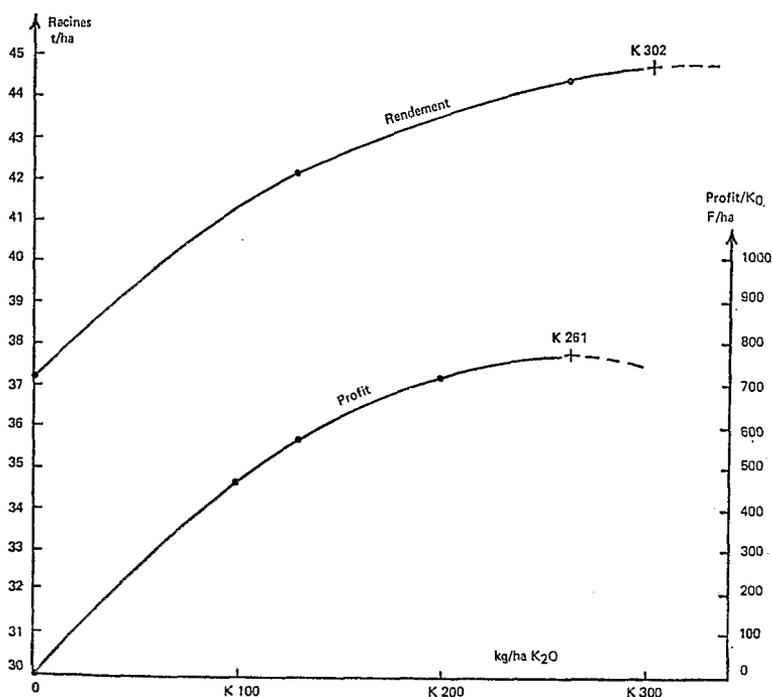


FIG. 1. — Fonctions de production et de profit K<sub>2</sub>O sur betteraves sucrières.

en sucre qui aurait pour effet de majorer les doses K<sub>2</sub>O les plus rentables.

## 2. Réponses de la pomme de terre à la potasse

La synthèse porte ici sur 9 essais potasse de type K0, K1, K2 de moyenne à longue durée et représentant un volume important de résultats expérimentaux puisqu'ils portent sur 136 contrôles annuels.

Les conditions de sols en étaient très variables quant à leur aptitude à la culture de la pomme de terre et leur réaction éventuelle à K<sub>2</sub>O. Les conditions climatiques furent, elles aussi, très diverses, puisque l'ensemble se situe entre 1932 et 1970.

La figure 2 représente la fonction de production moyenne pour les 136 résultats/ans.

Le rendement maximal théorique calculé est de 23,8 t/ha avec K232, et le profit maximal théorique (sur la base de 300 F/tonne de tubercules commercialisables et de 1 F/kg K<sub>2</sub>O) est de 3411 F/ha avec K225.

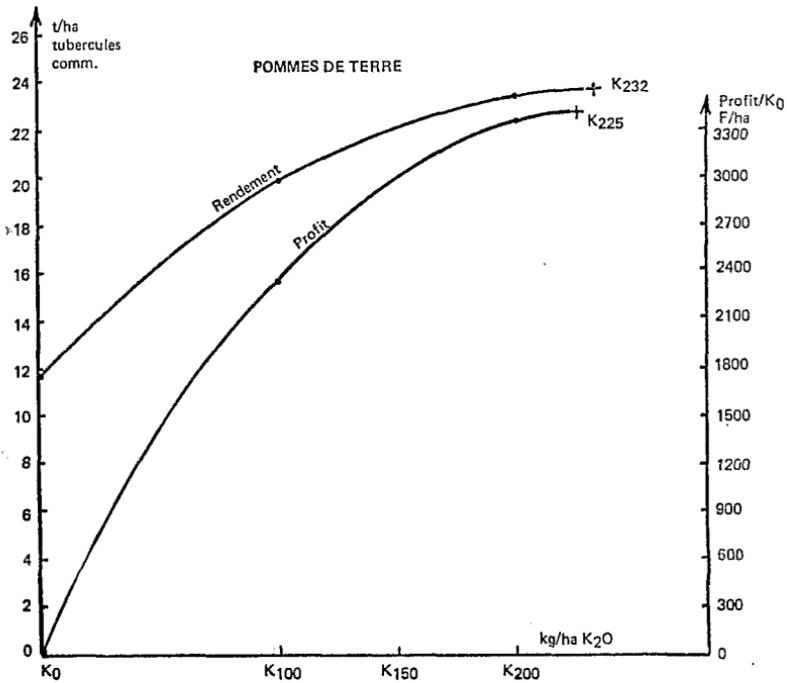


FIG. 2. — Fonctions de production et de profit K<sub>2</sub>O.

La dose de profit maximal est donc très légèrement inférieure à celle de rendement maximal.

Si le profit est très élevé du fait du faible rendement K<sub>0</sub>, on constate cependant que de K<sub>150</sub> à K<sub>225</sub> le profit augmente encore de 377 F/ha.

### 3. Réponses de la luzerne à la potasse

Sur la moyenne de 41 résultats d'essais potasse sur luzerne pure pendant la période de 1955 à 1976 sur des sols présentant les caractéristiques moyennes suivantes : argile = 20 %, pH = 7,8, K<sub>2</sub>O échangeable = 0,18 ‰, la réponse moyenne à la potasse fut la suivante en foin sec : K<sub>0</sub> = 6,82 t/ha, K<sub>100</sub> = 8,74 t/ha et K<sub>200</sub> = 9,50 t/ha.

La fonction de production potasse conduit à un rendement maximal théorique de 9,62 t/ha avec K<sub>228</sub>, soit à un effet moyen K<sub>228</sub> — K<sub>0</sub> = + 2,80 t/ha foin sec.

Sur les bases de 300 F/tonne de foin et 1 F/kg K<sub>2</sub>O, la fonction de profit conduit à un profit maximal calculé, par

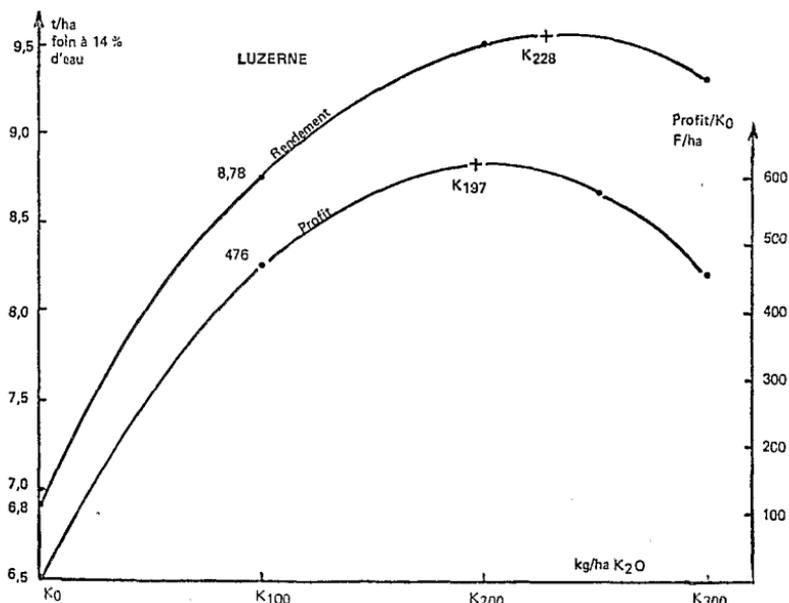


FIG. 3. — Fonctions de production et de profit K<sub>2</sub>O.

rapport à K<sub>0</sub>, de 630 F/ha pour un rendement optimal de 9,58 t/ha obtenus avec K197 (Figure 3).

D'autre part, la teneur moyenne en potassium des foins de cet ensemble expérimental fut de 2,17 % K en K200.

L'optimum rentable moyen dégagé (K200) entraîne donc un déficit moyen de 50 kg/ha K<sub>2</sub>O.

En se reportant à la fonction de profit de la figure 3, on a 580 F/ha au lieu des 630 F/ha du profit maximal, mais on constate que, théoriquement, avec K250, le profit eût été de bilan K<sub>2</sub>O aurait été mieux équilibré.

#### 4. Réponses du blé à la potasse

En remontant à 1955 environ, 163 essais avec répétition ont été recensés. Les doses K<sub>0</sub>, K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub> ressortent en moyenne à K<sub>0</sub>, K75, K150.

Les fonctions de profit ont été calculées sur la base 1976/77 de 71 F/quintal de blé et 0,90 F/kg K<sub>2</sub>O.

Les 163 essais ont été répartis en trois catégories suivant la teneur en K<sub>2</sub>O échangeable des sols et les résultats moyens sont les suivants :

Tableau 1 : Blé (rendements en grains en q/ha)

TABLEAU 1  
Blé (rendements en grains en q/ha)

NOMBRE D'ESSAIS	K <sub>2</sub> O ÉCHANGEABLE ‰ SOL	K0	K1	K2	RENDEMENT MAXIMAL		PROFIT MAXIMAL	
					kg K <sub>2</sub> O	q/ha	kg K <sub>2</sub> O	F/ha
22	Sup. à 0,20 ‰	45,1	46,5	47,2	187,5	47,3	85,6	33
72	0,10 à 0,20 ‰	38,2	42,1	42,7	126,2	42,9	104,5	228
69	Inf. à 0,10 ‰	34,1	40,2	41,0	123,8	41,3	110,4	407
163		37,4	41,9	42,6	126,3	42,8	107,6	278

La figure 4 représente les trois fonctions de production et les trois fonctions de profit correspondant à ces trois niveaux de richesse de sol en K<sub>2</sub>O échangeable. On peut en tirer en particulier les conclusions suivantes :

1. L'obtention du rendement maximal exige au moins K120.
2. Les courbes de rendements sont très cohérentes et en accord avec la théorie de l'aplatissement progressif des réponses avec l'enrichissement des sols en K<sub>2</sub>O.
3. Les courbes de profit sont très influencées par la richesse du sol en potasse.

La dose de profit passe de 86 à 105 et 110 kg/ha K<sub>2</sub>O et le profit par rapport à K0 de 33 à 228 et 407 F/ha.

#### 5. Réponses du maïs à la potasse

En remontant à 1955, 184 essais avec répétitions ont été recensés. Les doses K0, K1, K2 ressortent en moyenne à K0, K80, K160.

Les fonctions de profit ont été calculées sur la base 1977/78 de 74 F/quintal de maïs et 1 F/kg K<sub>2</sub>O.

Les 184 essais avec répétitions ont été répartis, comme pour le blé, en trois catégories suivant la teneur en K<sub>2</sub>O échangeable des sols et les résultats moyens sont les suivants :

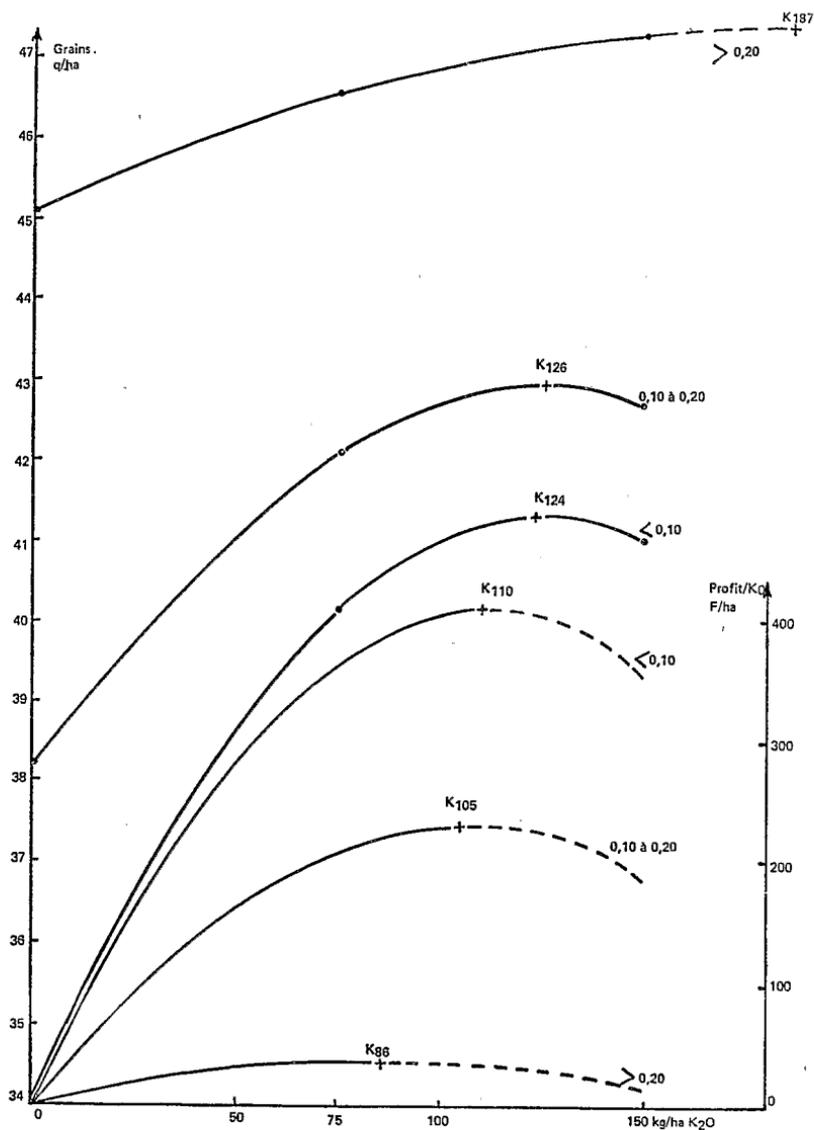


FIG. 4. — Fonctions de production et de profit  $K_2O$  sur blé.

Tableau 2 : Maïs (rendements en grains secs en q/ha)

TABLEAU 2  
MAÏS (rendements en grains secs en q/ha)

NOMBRE D'ESSAIS	K <sub>2</sub> O ÉCHANGEABLE ‰ SOL	K			RENDEMENT MAXIMAL		PROFIT MAXIMAL	
		K0	K1	K2	kg K <sub>2</sub> O	q/ha	kg K <sub>2</sub> O	F/ha
19	Sup. à 0,20 ‰	71,5	75,1	75,8	139	75,9	110	202
66	0,10 à 0,20 ‰	45,7	60,9	63,6	137	64,2	130	1 228
99	Inf. à 0,10 ‰	39,0	54,6	60,2	165	60,2	156	1 409
184		44,7	59,0	63,0	151	63,1	143	1 212

La figure 5 représente comme pour le blé, les trois fonctions de production et les trois fonctions de profit correspondant à ces trois niveaux de richesse du sol en K<sub>2</sub>O échangeable. On peut tirer les conclusions suivantes :

1. Il y a intérêt à se situer en sols plutôt bien pourvus en potasse car les rendements sont plus élevés et la culture plus rentable.  
Même sur ces sols plus riches, il subsiste souvent une réponse à la potasse qui rentabilise en moyenne K110.
2. Les courbes de profit sont très influencées par la richesse du sol en potasse.
3. Il est possible de comparer les réponses du blé et du maïs à la potasse (Figures 4 et 5).

En effet, il s'agit dans la plupart des cas des mêmes essais. Sur l'ensemble des essais blé, la teneur moyenne en K<sub>2</sub>O était de 0,13 ‰ pour 18 % d'argile et sur l'ensemble des essais maïs, elle était de 0,12 ‰ pour 20 % d'argile.

Sur ces ensembles, la dose optimale a été de K108 sur blé et de K143 sur maïs. Ce résultat semble lié, en particulier, au caractère spécifique du cycle d'absorption du potassium par le maïs, qui en fait une plante à besoins importants sur une courte période.

#### CONCLUSION

Le tableau suivant condense les résultats en termes de doses de rendement et de profit maximal.

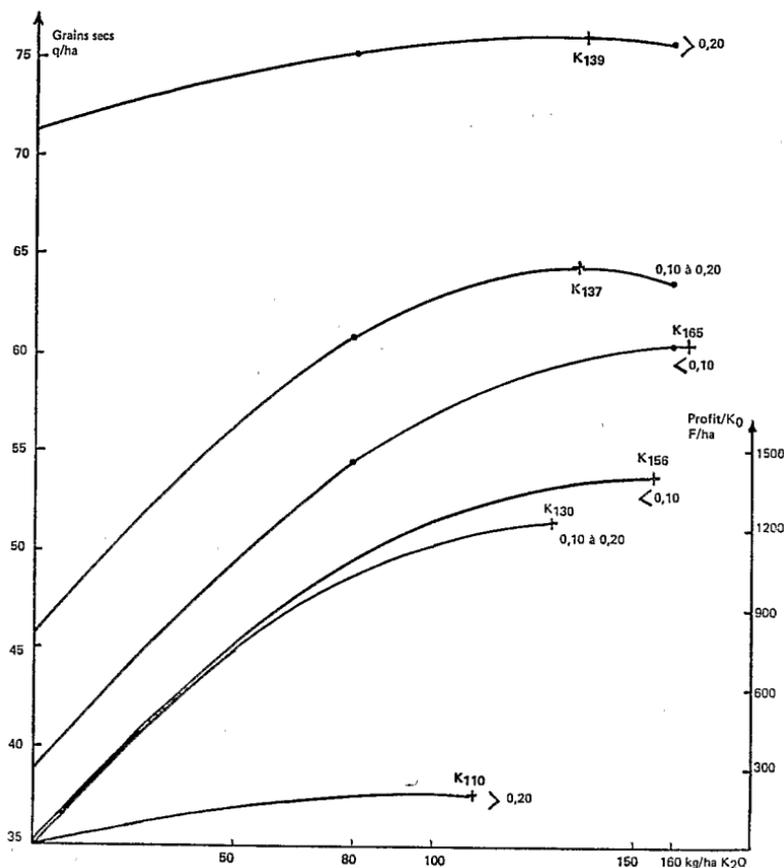


FIG. 5. — Fonctions de production et de profit  $K_2O$  sur maïs.

	NOMBRE D'ESSAIS	$K_2O$ ÉCHAN- GEABLE ‰ MOYEN	RENDEMENT MAXIMAL	PROFIT MAXIMAL
Betterave à sucre . . . . .	61	0,12	K 302	K 261
Pommes de terre . . . . .	136	0,12	K 232	K 225
Luzerne . . . . .	41	0,18	K 228	K 197
Maïs. . . . .	99	< 0,10	K 165	K 156
	66	0,10-0,20	K 137	K 130
	19	> 0,20	K 139	K 110
Blé . . . . .	69	< 0,10	K 124	K 110
	72	0,10-0,20	K 126	K 105
	22	> 0,20	K 187	K 86

Il ne faut pas demander aux grandes synthèses par cultures, portant sur une vingtaine d'années, plus qu'elles ne peuvent donner. Mais elles révèlent bien le comportement différentiel des cultures vis-à-vis de  $K_2O$  et, lorsque le nombre d'essais est suffisant, le comportement d'une culture en fonction de la richesse du sol en potasse.

Il est certain que le caractère permanent de l'expérimentation potasse exerce un effet notable sur l'importance de la réponse exprimée par rapport au témoin permanent  $K_0$ . Par contre les écarts  $K_2-K_1$ ,  $K_3-K_2$ ... sont moins affectés par ce caractère permanent et en particulier la dose de  $K_2O$  correspondant aux points de rendement maximal théorique. Il en est de même pour le profit. La permanence de l'expérimentation influence beaucoup plus le profit lui-même (calculé par rapport à  $K_0$ ) que la dose correspondant au profit maximal théorique.

D'autre part, l'aplatissement des courbes confère aux doses dites de l'optimum une précision illusoire. On peut souvent obtenir 99 % du profit maximal avec une dose inférieure. Il nous paraît préférable de parler de zone de profit supérieur. Il convient donc de tenir compte :

- 1) de l'imprécision statistique qui frappe le point de rendement (et/ou de profit) maximal,
- 2) de la faible incidence de  $\pm 10$  unités  $K_2O$  de part et d'autre de ce point.

Enfin, il faut aussi avoir en mémoire que ce sont les effets principaux de la potasse qui viennent d'être considérés. (C'est-à-dire tous les autres niveaux des autres facteurs, azote en particulier, confondus). La prise en considération de l'interaction  $N \times K$ , souvent positive, se révèle indispensable, pour mieux mesurer les possibilités de réponses à la fumure potassique. Cet aspect fera l'objet d'une autre communication.

**M. Angladette.** — Je voudrais rappeler que, avant d'être à la Société des Potasses d'Alsace, M. Loué a travaillé très longtemps dans nos services, dans les régions tropicales, en particulier en Côte d'Ivoire, où il avait effectué une œuvre considérable en matière de fertilisation et de nutrition minérale du caféier, du cacaoier, du bananier et du maïs. Les travaux qu'il fait actuellement en France ne font que poursuivre ceux qu'il avait commencés outre-mer.

**M. Coic.** — Je voudrais savoir si M. Loué s'est d'autre part intéressé à l'influence des conditions climatiques, principalement des conditions de pluviosité (quantités et modalités des pluies), sur la réponse à la fumure potassique.

C'est, en effet, une cause de variation assez importante en

raison du mode d'alimentation en potassium des plantes dans le sol : généralement très peu de potassium est apporté aux racines, par le déplacement de l'eau, et la presque totalité y arrive par diffusion. Une humidité bien entretenue du sol est donc un facteur très favorable à l'alimentation en potassium des plantes et c'est pourquoi il a été constaté (par nous, en particulier, sur pommier) que la sécheresse causait des carences potassiques bien que le besoin absolu en potassium doive alors être moins grand.

Profitant de ces expériences qui ont duré aussi longtemps, et grâce aussi, comme vous l'avez fait remarquer aux possibilités actuelles de calcul, on pourrait essayer de voir quelle serait l'influence de la climatologie, en particulier de la pluviosité, sur la réponse à la fumure potassique, et de manière plus générale sur l'alimentation en potassium.

Je pense même que les grands écarts dont il a été parlé sont peut-être dus aux conditions climatiques variables d'une année à l'autre.

**M. Drouineau.** — Cette question est très intéressante. D'ailleurs, M. Coïc a participé pendant des décennies à l'activité du Comité Scientifique du Service Agronomique de la Société des Potasses d'Alsace, et il sait bien que tout a été enregistré.

Dans cette note, il s'agit de résultats moyens. Analyser les variations annuelles avec des expériences de longue durée, c'est autre chose. On en a déjà discuté dans des colloques récents. Evidemment, on a souvent avantage à ne pas présenter les résultats de façon moyenne avec des coefficients de variation, mais à faire une analyse précise des variations annuelles des rendements. Pour le faire des études de corrélation sont nécessaires, et le Service Agronomique a l'intention de les faire.

Pour ma part, je pense qu'il vaut mieux travailler dans des conditions précises que l'on connaît pour voir l'influence des conditions de diffusion de l'eau dans les sols dans la période considérée, parce qu'elles varient tellement dans le courant de l'année et les réactions de la plante sont très variables suivant la période de croissance. Je pense que des corrélations telles que celles qui pourraient être établies ont un intérêt, certes, mais je ne crois pas qu'elles répondront complètement à la question que vous venez de poser.

**M. Coïc.** — Je suis de votre avis sur la nécessité de créer des conditions expérimentales bien déterminées et en l'occurrence des variations d'humidité du sol pour étudier leur influence sur l'alimentation en potassium des plantes et la réponse à la fumure potassique.

Mais, d'autre part, c'est une chance qu'a le Service agronomique de la S.C.P.A. d'avoir de très nombreuses données, obtenues dans une expérimentation continue de longue haleine, qui permettraient peut-être de voir comment des connaissances, obtenues grâce à une

expérimentation sur modèle réduit, permettent de mieux saisir les corrélatons existant dans la pratique entre climatologie et alimentation potassique, ce qui permettrait d'en tirer des conséquences sur la fertilisation potassique (niveau d'enrichissement du sol, fumures d'entretien).

**M. Drouineau.** — Bien sûr, mais il faut avoir du personnel important et d'un niveau élevé pour dépouiller une telle masse de résultats.

**M. le Président.** — J'ai participé moi-même pendant un certain temps aux travaux du Comité scientifique de la Société des Potasses d'Alsace et je m'associe pleinement au vœu de notre confrère M. Coïc.