

Détermination de normes d'interprétation d'analyse de terre en vue de la fertilisation potassique L'exemple de la Basse-Normandie

J.L. JULIEN⁽¹⁾

RESUME

Il paraît difficile de fonder une norme d'interprétation d'analyse de terre sur un seul essai, fut-il pluriannuel. La prise en compte de plusieurs essais, voire de très nombreux essais introduit de telles sources de variations qu'il devient délicat d'établir une corrélation entre un critère analytique et la réponse culturale.

Une méthodologie est proposée et appliquée aux essais potassiques du Nord et Bassin Parisien. Elle conduit à définir pour le potassium échangeable deux normes, t_{\min} et t_{\max} , séparant trois domaines de variabilité de la réponse culturale. A ces trois domaines visualisés dans le plan : K échangeable, taux d'argile granulométrique (fig. 6), sont associés des conseils de conduite de la fertilisation potassique.

MOTS CLEFS : Analyse de terre - Norme d'interprétation - Potassium échangeable - Conseil de fumure.

DETERMINATION OF SOIL ANALYSIS DIAGNOSTIC NORMS FOR K FERTILIZER RECOMMENDATIONS *The example of BASSE-NORMANDIE*

It seems difficult to establish soil analysis diagnostic norms on a single experiment, even it is a long experiment. On the other hand, the synthesis of numerous experiments introduces so sources of variation that a good correlation between soil test and crop response is not easily obtained (fig. 2, 3 et 4).

A method is proposed and applied to K experimental data in the North of France. It leads to define for exchangeable K test two normative values, t_{\min} and t_{\max} , delimiting three response variability ranges. Different fertilizer recommendations are associated to these ranges as show in the (exchange K, clay) diagram of figure 6.

KEY WORDS : Soil analysis - Diagnostic norms - Exchangeable K - Fertilizer recommendations.

INTRODUCTION

Les agriculteurs sont amenés aujourd'hui à ajuster le mieux possible la fertilisation de leurs sols. L'analyse de terre apparaît dès lors comme un outil privilégié. Ces résultats d'analyse sont aujourd'hui interprétés grâce à des logiciels tels que le L.I.A.T. (COLOMB, 1986). Dans un tel logiciel, pour le module potas-

(1) Chambre d'Agriculture de l'Orne, 52, boulevard du 1^{er} Chasseurs, 61001 Alençon cedex.

sium par exemple, il faut des teneurs seuils pour déduire d'une teneur K un conseil. Dès lors, soit on se réfère à un sol idéal avec un taux de saturation de la CEC en K (BEAR et al., 1945), soit on cherche à caler les normes d'interprétation sur un ensemble d'essais au champ (COPE et ROUSE, 1973).

L'un des premiers essais de formalisation de cette démarche a été, aux Etats-Unis, celui de Rouse (1967). L'aboutissement logique en a été la notion de SLAN, « Sufficient Level of Available Nutrient », conceptualisé par Mc LEAN (1977). L'abaque proposé par QUEMENER (1976), quoiqu'établi différemment, relève du même schéma théorique. Par ailleurs, CATE et NELSON (1971), sensibles à la forte dispersion des résultats d'essais ont proposé une approche statistique pour établir ce qu'ils appellent le « niveau critique ». C'est sur une notion analogue que repose la méthode DRIS, Diagnostic and Recommendation Integrated System (BEAUFILS, 1973 ; BEAUFILS et SUMNER, 1976), cités par SUMNER, 1981) et qui a été surtout appliquée aux analyses foliaires. Enfin, on citera également une autre méthode appliquée aux analyses foliaires, « the Boundary Lines approach » (WEB, 1972, cité par WALWORTH et al., 1986) qui tend à définir la teneur pour laquelle le rendement maximum a été observé. Deux des synthèses dont il sera question ci-après (BARRE, 1983 ; BARBIER, 1984) relèvent d'un principe voisin, la « courbe enveloppe ».

En 1982, le COMIFER (association regroupant Recherche, Instituts Techniques, Industriels) a initié une série de synthèses régionales d'essais au champ pour établir des normes d'interprétation : BALLAND et QUEMENER (1982), BARRE (1983), BARBIER (1984), LAURENT et al. (1986), VILLEMIN (1987) et TAUREAU et al. (1988). La principale difficulté à laquelle se heurtent ces synthèses est la très grande variabilité des résultats expérimentaux : comment établir des normes et en déduire des conseils crédibles et concrets (REMY et MARIN-LAFLECHE, 1974) ?

L'objet du présent article est donc de proposer une méthodologie pour traiter les données issues de multiples essais. Le point de départ choisi est de tenter de répondre à deux questions classiques :

- en adoptant une politique d'enrichissement du sol en potasse, quelle est l'augmentation de rendement probable ?
- en diminuant nettement la fumure, à la limite en ne mettant pas d'engrais potassique, quelle est la baisse de rendement probable ?

La méthodologie est appliquée aux données de BARBIER (1984), les résultats sont discutés et on en déduit des normes et une démarche pour élaborer un système de conseils.

I. METHODOLOGIE

Tous les essais au champ réalisés dans une région naturelle donnée sont a priori retenus, à condition de disposer au minimum de deux niveaux de fumure potassique nettement différenciés, de mesures de rendement sur la culture, et de résultats du test du potassium échangeable à l'acétate d'ammonium. Certains essais sont écartés en raison du peu de fiabilité des résultats obtenus ou du manque de précision quant aux conditions de l'essai (voir BALLAND et QUEMENER, 1982).

A) VARIABLES ÉLÉMENTAIRES

Pour tous les essais retenus, un certain nombre de variables sont définies outre l'identification de l'essai, l'année, la culture et le taux d'argile :

- Les niveaux F de fumure minérale avec Fo le traitement « absence de fumure minérale », F1 le traitement « entretien » (la fumure minérale compense les exportations par les cultures et les pertes par lessivage ou rétrogradation), F2 le

traitement « investissement » (GACHON, 1982) : la fumure est nettement supérieure à celle du traitement entretien.

- *Les rendements R* de la culture test, avec R0 le rendement du traitement F0, R1 celui de F1 et R2 celui de F2.

- *Les résultats T* de la mesure du potassium échangeable. Pour les essais pluri-annuels, si deux séries d'analyses encadrent plusieurs années, par interpolation, on affecte chaque année un résultat T estimé à chaque traitement : on note alors T0 le résultat du traitement F0, T1 et T2 ceux respectivement de F1 et F2.

BOSC (1988) a montré combien les variations interannuelles des teneurs en K₂O échangeable sont importantes. il est donc nécessaire d'être prudent dans ce type d'interpolation.

B) VARIABLES ÉLABORÉES

Pour normaliser ces résultats, deux variables synthétiques sont élaborées pour chaque essai, chaque année :

$$A = \left(\frac{R2 - R1}{R1} \right) \times 100 \quad ; \quad B = \left(\frac{R2 - R0}{R2} \right) \times 100$$

« A » représente l'augmentation de rendement que peut procurer un renforcement important de la fumure d'entretien : le rendement « témoin » est donc celui du traitement entretien, soit R1.

« B » représente la baisse de rendement induite par une absence totale de fumure. En prenant comme rendement témoin celui du traitement investissement, on maximise a priori cette baisse de rendement ; par voie de conséquence, si les écarts obtenus sont faibles (B < ε), les risques liés à la décision de ne pas mettre d'engrais seront minimisés.

On peut raisonnablement admettre qu'un apport de potasse ne peut être nocif. Ainsi, par hypothèse, ces deux variables sont positives. Si A ou B est négatif, la valeur 0 lui est attribuée (VILLEMIN, 1987).

C) OBSERVATIONS ÉLÉMENTAIRES (A, T1) et (B, T0)

Pour chaque essai, une valeur de T, résultat de la mesure du potassium échangeable exprimé en K₂O, est affectée aux différentes valeurs prises par A et B.

Pour l'augmentation de rendement A, la teneur T retenue est celle du traitement entretien, soit T1. En effet TROCME et BONIFACE (1972) ont montré, en accord avec JOHNSTON et al. (1970), qu'une fumure minérale donnée est d'autant mieux valorisée que la teneur du sol en K échangeable est plus élevée, tout au moins dans une certaine gamme de teneurs. Ainsi, si les augmentations A entre fumure d'entretien et fumure d'investissement sont faibles (A < ε), on pourra bien affirmer que la teneur T1 du traitement entretien est suffisante.

Pour la baisse de rendement B, on retient naturellement la teneur T0 du traitement « absence de fumure ».

C'est sur ces deux couples d'observations élémentaires (A, T1) et B, T0) que s'appuie l'interprétation.

D) RÉDUCTION DES DONNÉES

Les données sont réduites selon la méthode de BARRE (1983), modifiée par TRANCHEFORT (comm. personnelle) :

- détermination des trois quartiles Q1, Q2, Q3, par classe de valeur de T exprimée en ppm de K_2O (fig. 1a)
- dessin des lignes brisées Q1, Q2 et Q3 reliant les bornes supérieures de chacun des quartiles (fig. 1b)
- puis dessin de la ligne brisée Q4 située au dessus de tous les points.

Cette ligne est parfois appelée « courbe enveloppe » (BARRE 1983, BARBIER 1984).

E) POINTS PARTICULIERS t25, t50, t75, t 100

A partir des quatre lignes brisées, 4 points particuliers sont définis (fig. 1b) : les abscisses t_x des intersections de la droite $y = 5\%$ avec les lignes brisées Q. t25 est la teneur en K_2O échangeable pour laquelle, dans 25 % des cas l'écart de rendement A (ou B) est inférieur à 5 %. De la même manière sont définis t50, t75 et t100 pour lesquels on a respectivement 50, 75 et 100 % des écarts de rendement inférieurs à 5 %.

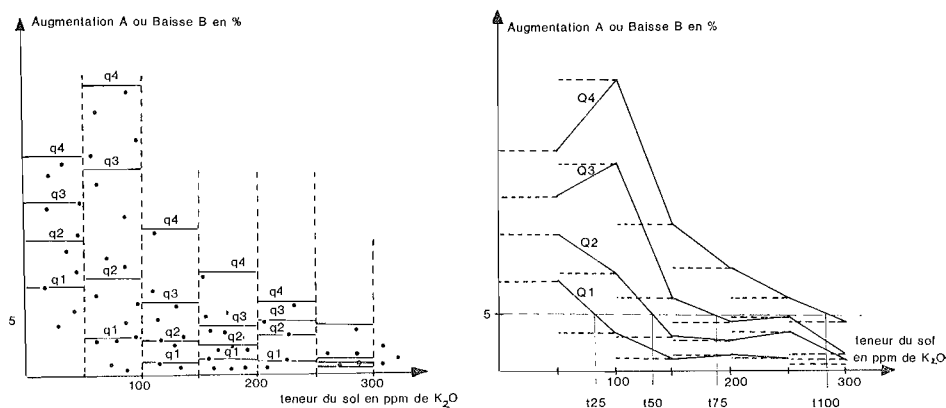


Figure 1 : Méthodologie, réduction des données :

- a) construction des quartiles
 - b) dessin des lignes brisées
- établissement des teneurs t25, t50, t75, t100

Way of data reduction :

- a) the quartiles are computed
- b) from the broken lines joining the quartiles, the t25, t50, t75 and t100 amounts are determined.

II. LES RÉSULTATS

Les données brutes proviennent de 98 essais de plus ou moins longue durée, réalisés de 1952 à 1983 dans le nord de la France et le Bassin Parisien. Après une observation rapide des résultats, « toutes situations confondues », les essais seront triés sur la base du critère taux d'argile.

A) ENSEMBLE DES ESSAIS - PREMIÈRES CONCLUSIONS

Les observations élémentaires sont très dispersées, que ce soit pour les augmentations de rendement A (fig. 2a) ou les baisses de rendement B (fig. 2b). On notera pour ces deux graphiques : une amplitude de variation des teneurs en K_2O échangeable (T) très semblable et l'existence de très nombreux écarts de rendements proches de 0, même pour des valeurs de T faibles.

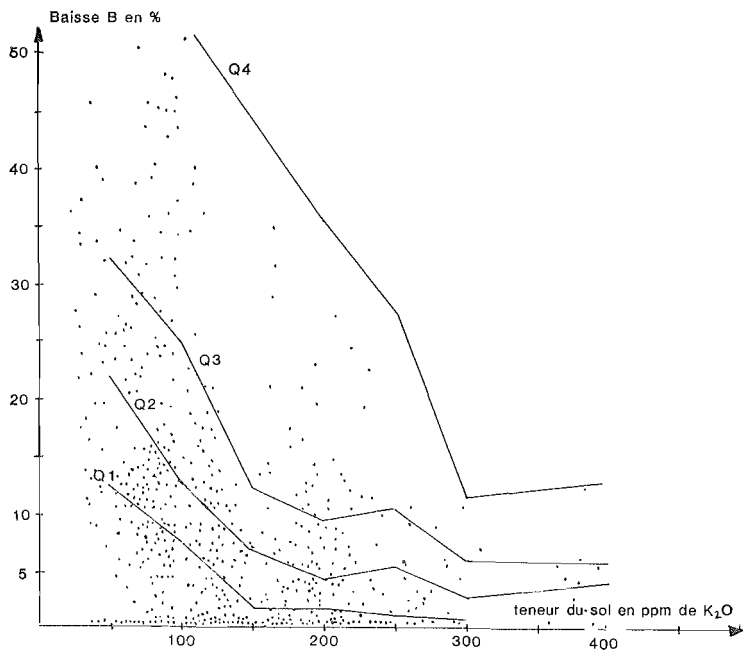
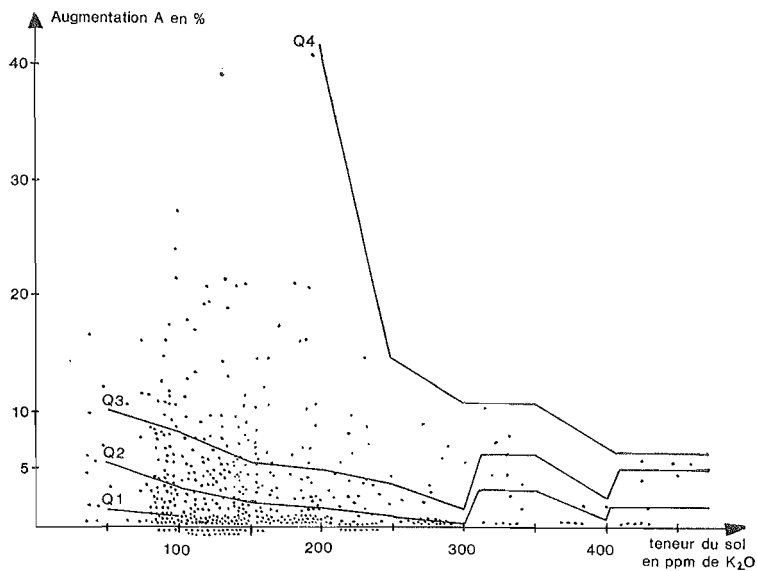


Figure 2 : Ensemble des essais. Influence de la teneur en K échangeable du sol sur :
 a) l'augmentation de rendement « A » due à une fumure d'investissement
 b) la baisse de rendement « B » due à une absence de fumure.

*All experiments - Influence of Soil exchangeable K on :
 a) yield increase « A » following a corrective application
 b) yield decrease « B » following a zero K fertilization*

Les principales différences tiennent d'une part aux écarts maximum de rendement observés, beaucoup plus importants pour B (50 %) que pour A (20 %). D'autre part, à proximité de l'axe des abscisses, la densité des points paraît proportionnellement plus élevée pour les augmentations de rendement A.

Les lignes brisées Q restituent fort bien ces quelques observations. Le tracé des lignes brisées Q4 est toutefois incertain car il ne s'appuie que sur quelques points.

En première conclusion, il apparaît ainsi des différences dans la distribution des écarts A et B. Ceci devrait se traduire par des conseils différents quant à la possibilité d'une fumure d'investissement ou d'une absence de fumure.

B) ÉTUDE DU CRITÈRE « TAUX D'ARGILE »

Les tris effectués dans le document original (BARBIER, 1984) ont été réalisés à partir de la texture. Ceci ne nous a pas permis de regrouper les essais exactement selon les classes souhaitées de teneur en argile. En particulier (tableau 1), certaines classes se chevauchent et, pour la baisse de rendement B, les classes 2 et 3 n'ont pas pu être séparées.

Tableau 1 : Caractéristiques des groupes d'essais.

Characteristics of experiments groups.

Numéro du groupe	Teneur en argile en %			Variables testées
	Minimum	Moyenne	Maximum	
1	6	10	12	A, B
2	11	13	15	A
3	14	17	19	A
2 + 3	11	15	19	B
4	15	20	26	A, B
5	26	38	50	A, B

1. Augmentation A de rendement

Les remarques faites pour l'ensemble des essais restent valables pour tout groupe d'essai, et en particulier le groupe 4 (fig. 3a). Pour ce groupe, on note de plus qu'il n'est pas possible de déterminer t₂₅ et que t₁₀₀ est délicat à situer (la ligne Q4 s'appuie au mieux sur 6 points et l'absence d'essais avec des teneurs supérieures à 300 ppm rend l'extrapolation peu sûre).

Dans certains cas (groupe 5 - fig. 3b), les lignes brisées sont quasiment horizontales ; les augmentations de rendement sont indépendantes de la teneur en K₂O échangeable. On retrouve pour ce groupe de sols à forte teneur en argile les observations de BALLAND et QUEMENER (1982).

Enfin, plus la teneur moyenne en argile du groupe est élevée, plus les teneurs des points particuliers sont élevées, à quelques exceptions près (Tableau 2).

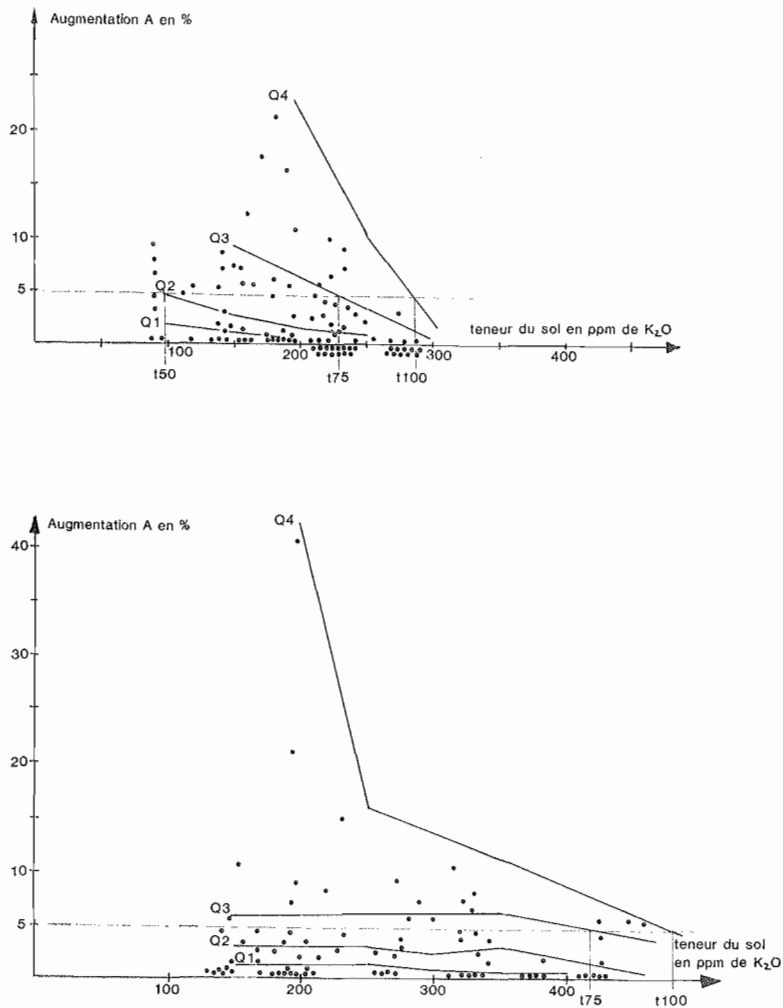


Figure 3 : Augmentation de rendement « A » due à une fumure d'investissement en fonction de la teneur en potassium échangeable du sol :
 a) essais à teneur en argile comprise entre 15 et 26 %
 b) essais à teneur en argile supérieure à 26 %

Yield increase « A » following a corrective application versus soil exchangeable K.

a) experiments with clay content between 15 and 26 %

b) experiments with clay content higher than 26 %

Tableau II : Teneur en ppm de K₂O échangeable correspondant aux teneurs t25, t50, t75, t100 (voir texte) pour les différents groupes d'essais.

Exchangeable K amounts of each t25, t50, t75 and t100 for the different experiments groups (see text).

Variable	Groupe	t25	t50	t75	t100
A	1	?	40	170	220
	2	50	150	240	300
	3	?	70	190	270
	4	?	100	230	290
	5	?	(250)	420	480
B	1	120	160	190	230
	2 + 3	120	180	220	280
	4	130	230	330	350
	5	100	270	420	460

2. Baisse de rendement B

Comparée à l'amplitude de variation des écarts A, celle des écarts de rendement B est plus grande (figure 4 pour le groupe 4). Par rapport aux cas précédents, les teneurs t75 et t100 se trouvent dans une plage de teneurs T où il n'y a pas d'essais. Leur calage est donc délicat.

Enfin, comme pour A, les teneurs des points particuliers pour les baisses B sont d'autant plus élevées que la teneur moyenne en argile du groupe est élevée (tableau 2).

3. Comparaison de A et B

Une comparaison attentive de toutes ces valeurs (tableau 2) montre que :

— pour un groupe donné, les teneurs t100 sont semblables. On doit en conclure qu'à des teneurs proches de t100, les rendements des trois traitements « absence de fumure », « fumure d'entretien » et « fumure d'investissement » sont semblables.

— et pourtant, les distributions des points sont très différentes. Les autres teneurs t75, t50 et t25 l'illustrent en partie : elles sont de plus en plus différentes. En effet, plus la teneur en K₂O échangeable est faible, plus les écarts de rendement A se différencient des écarts B, et ce tant en absolu qu'en fréquence (figures 3a et 4).

— enfin la teneur en argile apparaît bien comme un critère discriminant pour chacune des variables A et B.

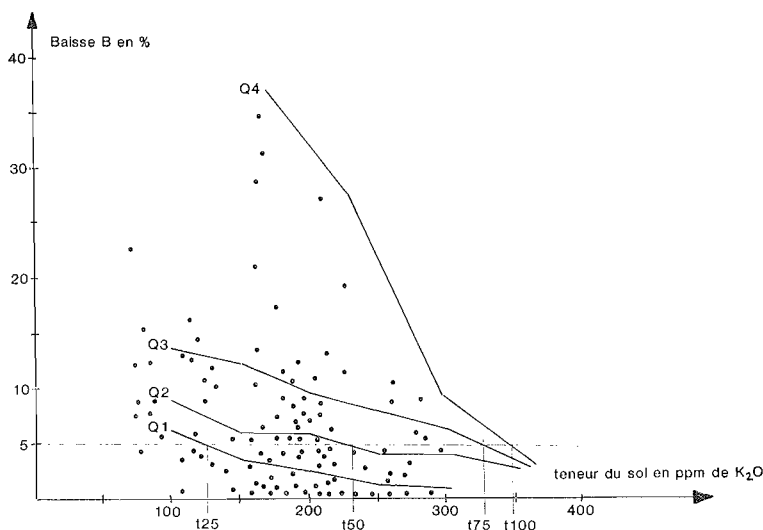


Figure 4 : Baisse de rendement « B » due à une absence de fumure en fonction de la teneur en potassium échangeable du sol.

Essais à teneur en argile comprise entre 15 et 26 %

Yield decrease « B » following a zero K fertilization versus soil exchangeable K.

Experiments with clay content between 15 and 26 %

III. INTERPRÉTATION ET DISCUSSION

Les résultats d'essais ainsi synthétisés montrent donc une très forte variabilité de la réponse à la fumure. La teneur en argile et la teneur en K_2O échangeable n'expliquent qu'une partie de cette variabilité. BALLAND (1982) a proposé le schéma de la figure 5a pour en déduire des « normes ». En-deça de t1, la réponse culturale est systématique et au-delà de t2, la réponse est improbable.

A) ANALYSE FRÉQUENTIELLE - MODÈLE « BALLAND »

1. Choix d'un écart de rendement seuil

Les résultats de chacun des groupes d'essais peuvent être présentés sous cette forme à condition de choisir un écart de rendement seuil. Parmi les différentes solutions, on pourrait retenir un écart lié aux conséquences économiques de la décision : par exemple le rapport entre le gain dû au supplément de rendement et la dépense due au supplément d'engrais. Cette solution présente l'inconvénient d'introduire de nouvelles sources de variations.

Suivant VILLEMIN (1987), on a préféré un écart de rendement standard de 5 %. Un tel écart est en général inférieur au seuil de signification statistique de chacun des essais (risque α). Il est de plus aisément jugé négligeable par les techniciens et les agriculteurs.

2. Construction du modèle, approche d'une norme

Le seuil standard de 5 % étant choisi, le graphique s'obtient soit directement (LAURENT et al., 1986 ; VILLEMIN, 1987), soit à partir des teneurs t25, t50, t75, t100 (fig. 5b). Pour un groupe de sol, on peut disposer sur le même graphique les données relatives à l'augmentation A et à la baisse B.

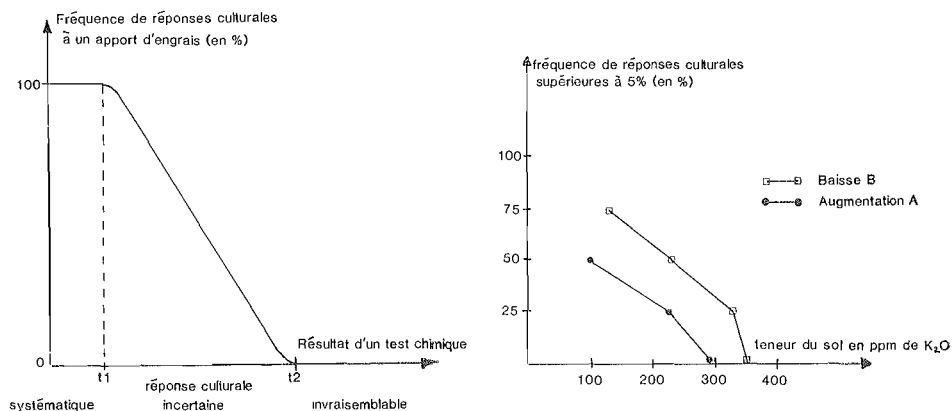


Figure 5 : Fréquence d'une réponse culturale en fonction du résultat d'un test chimique :
 a) modèle théorique (« BALLAND »)
 b) application aux essais à teneur en argile comprise entre 15 et 26 %
Model of the general relationship expected between cultural response frequency and soil test result.
 a) theoretical model
 b) application to the experiments with clay content between 15 and 26 %

Sur l'exemple de la figure 5b, que ce soit pour la variable A ou pour B, il n'est pas possible de fixer la teneur « t1 » de BALLAND. Cela tient à l'existence de résultats d'essais avec de très faibles différences de rendement entre traitements, même pour des teneurs très faibles en K₂O. Par contre, la teneur « t2 » de BALLAND est facile à définir. Elle correspond aux t100 (qui sont très proches l'un de l'autre) : c'est une norme.

Ainsi, pour des teneurs supérieures à cette teneur-norme, les réponses aux deux questions posées en introduction sont :

— il est possible de ne pas mettre d'engrais potassique pendant au moins un an, il n'y aura pas de chute de rendement.

— la fumure d'entretien est suffisante.

De ces deux conclusions, on peut en déduire une troisième : il est inutile de vouloir dépasser cette norme. C'est une teneur MAXIMUM.

3. Définition de t maxi (5 %)

Nous appellerons t maxi cette teneur maximum :

« Pour le groupe d'essai étudié, au delà de t maxi, on n'a jamais observé de différence de rendement supérieure à 5 % entre les trois traitements suivants : absence de totale de fumure potassique, fumure d'entretien, fumure d'investissement ».

Cette norme suscite trois réflexions.

— Tout d'abord sur un aspect paradoxal et gênant pour le praticien : deux questions fort différentes ont été posées en introduction, elles aboutissent à la même norme ! Cela tient au fait que l'on se trouve dans les conditions aux limites pour établir la norme, et l'allure des lignes brisées Q le montre bien.

— Ensuite, c'est une norme maximaliste, « l'assurance tous risques ». Cela peut être concevable lorsqu'il s'agit de l'éventualité d'une impasse. Une telle norme est plus discutable pour ce qui est des fumures d'investissement.

— Enfin, il a été vu que la caractéristique des réponses culturales est leur variabilité. Une seule norme ne reflète en rien cette variabilité. L'intérêt du

modèle « BALLAND » réside dans la définition de deux normes encadrant une plage de teneurs à réponse variable.

B) RESTITUTION PARTIELLE DE LA VARIABILITÉ

1. Choix d'une teneur seuil t_{\min}

Parmi les différentes possibilités :

— le « t_1 » de BALLAND : il n'existe pas toujours, et s'il existe, il est très faible, à la limite du crédible, même pour la baisse B (VILLEMIN, 1987).

— Une modification de l'écart de rendement seuil, 10 % par exemple : la norme est peu changée (BARBIER, 1984). De plus, un tel choix ne restitue en rien la variabilité de la réponse.

— Définir une situation-type « minimum » (niveau de rendement moyen, culture non exigeante en potassium...) et prendre pour teneur minimum le t_{100} de ce groupe. Ceci n'a pas été testé, il y a là pourtant une voie intéressante à prospecter.

— Nous avons constaté que plus la teneur T en K_2O échangeable est faible plus les écarts de rendement A sont élevés et fréquents. La décision de pratiquer une fumure d'investissement est donc d'autant plus facile à prendre que la teneur est faible : il suffit de se fixer une fréquence « seuil ». D'une manière arbitraire certes, nous avons choisi la médiane : la teneur minimum est le t_{50} des graphiques relatifs aux augmentations de rendement A.

2. Définition de t_{\min} (5 %)

« Pour le groupe d'essais étudié, en deçà de t_{\min} , dans la moitié des cas observés, la différence de rendement entre une fumure d'entretien et une fumure d'investissement est supérieure à 5 %.»

Une telle définition permet alors de laisser entendre que, d'une part, pour des teneurs inférieures à t_{\min} , une fumure d'investissement est en moyenne intéressante. Et, d'autre part, pour des teneurs supérieures à t_{\min} , l'augmentation de rendement due à une fumure d'investissement est variable et souvent inférieure à 5 % : dans ces situations, la réponse doit être moins catégorique, plus nuancée, et faire intervenir d'autres critères de jugement que la seule teneur en K_2O échangeable.

3. Abaque d'interprétation

Nous avons remarqué l'influence de la teneur en argile sur les teneurs particulières, et donc sur les t_{\min} et t_{\max} . Sur le graphique de la figure 6, ils ont été portés avec pour abscisse les teneurs moyennes en argile de leurs groupes respectifs (voir tableaux 1 et 2). Il paraît alors fondé de déduire de ces teneurs-normes une droite MINIMUM et une droite MAXIMUM (dont nous ne discuterons pas ici le tracé).

Ces deux droites définissent trois domaines auxquels sont associés les conseils suivants :

— Sous la droite MINIMUM, la teneur du sol en K_2O échangeable est dite faible. Il est fortement conseillé de remonter rapidement la teneur dans la zone intermédiaire. Cette fumure d'investissement entraînera en moyenne une augmentation des rendements.

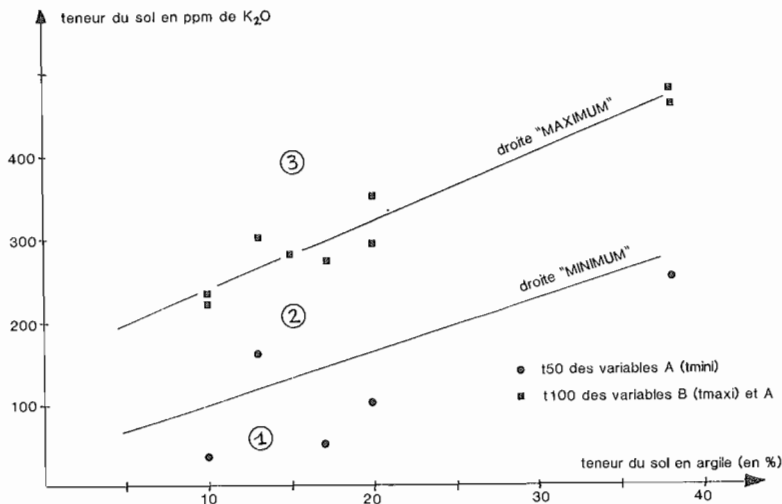


Figure 6 : Teneurs bornes « tmini » et « tmaxi » de chacun des groupes d'essais. Construction de l'abaque d'interprétation.

- 1) Domaine de la fumure d'investissement
- 2) Domaine de la fumure d'entretien annuelle
- 3) Domaine de l'impasse d'un an possible

Boundary levels « tmini » and « tmaxi » of each experiment groups. Soil analysis interpretation in the (Exch. K ; Clay) diagram.

- 1) Range of corrective K application
- 2) Range of annual maintenance K application
- 3) Range of zero K fertilization

— Entre les droites MINIMUM et MAXIMUM, la teneur est dite moyenne. La fumure d'entretien est a priori suffisante, mais c'est le domaine des commentaires nuancés ! Par exemple, pour des systèmes intensifs avec des cultures réputées répondre à la fumure potassique, on pourra chercher à se rapprocher de la droite MAXIMUM (on affectera alors le supplément de fumure à ces cultures).

— Au-dessus de la droite MAXIMUM, la teneur est dite forte. A priori, une telle teneur est due à des bilans de fumure excédentaires. Une fumure d'entretien est suffisante et il est possible de ne pas mettre d'engrais potassique pendant un an.

CONCLUSION

La variabilité des résultats d'essais est un fait expérimental qui doit être intégré dans le raisonnement de la fertilisation. Un système de normes d'interprétation doit être fondé sur cette réalité. La méthodologie proposée revient à définir deux normes d'interprétation (t mini et t maxi) de la teneur en potassium échangeable. Elles délimitent trois classes de réponses culturales :

— classe à forte variabilité, avec des écarts de rendement entre fumure d'entretien et fumure d'investissement fréquemment supérieure à 5 %. Dans

ces situations, un enrichissement rapide du statut potassique du sol est à rechercher systématiquement ;

— classe à variabilité moyenne, avec des écarts de rendement plutôt faibles, souvent inférieurs à 5 %. Ce type de situation est justiciable d'un apport annuel d'engrais, à moduler selon les cultures, avec des « commentaires nuancés » ;

— classe à variabilité faible, avec des écarts de rendement inférieurs à 5 %, même avec le témoin sans engrais. Dans ces situations, le rendement est indépendant de la fumure apportée.

Pour ce qui est des normes, les « tmaxi » trouvés sont très proches des teneurs souhaitables (limite suffisant/Elevé de QUEMENER, 1976) ou des SLAN aux Etats-Unis. Quant au « tmini », ils n'ont pas d'équivalent sauf à les définir comme CATE et NELSON (1971).

La classe intermédiaire est en fait très étendue. De même que l'on a montré l'intérêt d'une stratification des essais sur la base de la teneur en argile, il paraît évident que d'autres critères de tri sont au moins aussi pertinents : la CEC, la culture, le niveau de rendement... Leur étude doit permettre d'établir d'autres normes, a priori comprises entre tmini et tmaxi, et fonder ainsi les « commentaires nuancés ».

Reçu pour publication : Mai 1988
 Accepté pour publication : Janvier 1989

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier tous ceux qui, par leurs encouragements, critiques et conseils, ont permis ce travail d'aboutir :

Et en particulier Y. AMIET - P. AUROUSSEAU - G. BOURRIE - B. COLOMB - P. PLET et P. VILLEMIN.

BIBLIOGRAPHIE

- BALLAND D.** et **QUEMENER J.**, 1982. — Comment mettre au point des normes d'interprétation ? L'exemple du Sud-Ouest — Forum de la fertilisation — Atelier n° 2, COMIFER, 37 p.
- BARBIER P.**, 1984. — Fertilisation P-K, Nord et Bassin Parisien. Mémoire de fin d'études. ESITPA Le Vaudreuil/ITCF, 127 p.
- BARRE L.**, 1983. — Synthèse des essais P-K de l'Ouest de la France. Présentation au groupe 2 du COMIFER, 27 avril 1984, 14 p.
- BEAR F.E.**, **PRINCE A.L.** et **MALCOLM J.L.**, 1945. — Potassium Needs of New Jersey Soils (cité par LIEBHARDT, 1981). N.J. Agric. Exp. Stn. Bull. 721.
- BEAUFILS E.R.**, 1973. — Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). A General Scheme for Experimentation and Calibration Based on Principles Developed from Research in Plant Nutrition. Soil Sci. Bull. n° 1, Univ. of Natal, Pietermaritzburg, South Africa, pp. 1-132.
- BEAUFILS E.A.** and **SUMNER M.E.**, 1976. — Application to the DRIS Approach in Calibrating Soil and Pant Parameters for Eugarcane (cité par SUMNER (1981). Proc. South Africa Sugar Tech. Assoc. 50, pp. 118-124.
- BOSC M.**, 1968. — Enseignements fournis par des essais de longue durée sur la fumure phosphatée et potassique. 3 : essais sur la fumure potassique. In GACHON et al., « Phosphore et potassium dans les relations sol-plante : conséquences sur la fertilisation, pp. 403-466.
- CATE R.B. JR.** et **NELSON L.A.**, 1971. — A Simple Statistical Procedure for Partitioning Soil Test Correlation Data into Two Classes. Soil Science Society of America Proceedings - 35, pp. 658-660.
- COLOMB B.**, 1986. — Analyses de sols : comment classer et concevoir un logiciel d'interprétation. CULTIVAR n° 194, pp. 113-116.

- COPE J.T., J.R.** et **ROUSE R.D.**, 1973. — Interpretation of Soil Test Results. In **WALSH** et **BEATON** (Ed.) « Soil Testing and Plant Analysis » - Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, pp. 35-54.
- GACHON L.**, 1982. — Les bases scientifiques et techniques de la fertilisation phosphatée, potassique et magnésienne des sols. Forum de la fertilisation, Atelier n° 2 - COMIFER - 17 p.
- JOHNSTON A.E., WARREN R.G.** et **PENNY A.** 1970. — The value to Arable Crops of Residues Accumulated from Potassium Fertilizers. Rothamsted report for 1969 : « The Value of Residues from Long Period Manuring at Rothamsted and Woburn » - Part 2 - pp. 69-90.
- LAURENT F., TAUREAU J.-C., THEVENET G.** et **BREGEON F.**, 1986. — Méthodologie pour un diagnostic des situations carencées en cuivre. Perspectives Agricoles n° 100 - pp. 27-44.
- LIEBHARDT W.C.**, 1981. — The Basic Cation Saturation Ratio Concept and Lime and Potassium Recommendations Delaware's Coastal Plain Soils - Soil Science Society of America Journal - 45, pp. 544-549.
- Mc LEAN E.O.**, 1977. — Fertilizer and Lime Recommendations Based on Soil Tests : Good, but could they be Better ? - Commun, Soil Sci. Plant Analysis - 8 (6) - pp. 441-463
- QUEMENER J.**, 1976. — Analyse du potassium dans les sols. Dossiers K 20 - Au service de l'Agriculture, SCPA - Centre de Recherche d'Asplach-le-Bas - 68700 Cernay - 26 p.
- REMY J.C.** et **MARIN-LAFLECHE A.**, 1974. — L'analyse de terre : réalisation d'un programme d'interprétation automatique - Annales agronomiques INRA - 25 (4) - pp. 607-632.
- ROUSE R.D.**, 1967. — Organizing Data for Soil Test Interpretation (cité par **WELCH** et **WIESE**, 1973) - Soil Testing and Plant Analysis. Part 1. SSSA Spec. Pub., Series n° 1. Soil Sci. Soc. Amer., Madison, Wisconsin - pp. 115-123.
- SUMNER M.E.**, 1981. — Diagnosing The Sulfur Requirements of Corn and Wheat Using Foliar Analysis - Soil Science Society of America Journal - 45 - pp. 87-90.
- TAUREAU J.-C.** et al., 1988. — Elaboration des normes d'interprétation des analyses de terre - Exemples d'élaboration des normes régionales - Perspectives Agricoles n° 127, pp. 115-161.
- TROCME S.** et **BONIFACE R.**, 1972. — Synergie des réserves du sol et des engrais récemment appliqués - Compte rendus de l'Académie d'Agriculture de France - pp. 161-173.
- VILLEMIN P.**, 1987. — Conversion des données analytiques en conseil de fertilisation potassique. Dossiers Agronomiques d'Asplach-le-Bas, SCPA, 68700 Cernay, n° 2, pp. 39-58.
- WALWORTH J.L., LETZSCH W.S., SUMNER M.E.**, 1986. — Use of Boundary Lines in Establishing Diagnostic Norms - Soil Science Society of America Journal - 50 (1) - pp. 123-128.
- WEBB R.A.**, 1972. — Use the Boundary Line in the Analysis of Biological Data - J. of Hort. Sci. (cité par **WALWORTH** et al., 1986) - 47 - pp. 309-419.
- WELCH C.D.** et **WIESE R.A.**, 1973. — Opportunities to Improve Soil Testing Programs - in Walsh and Beaton (ed.) « Soil Testing and Plant Analysis » - Soil Science Society of America - Madison - Wisconsin - pp. 1-11.