

La méthode des variantes systématiques

La publication en 1953 du livre « L'Alimentation minérale des plantes et le problème des engrais chimiques », par M. V. HOMÈS, professeur à l'Université de Bruxelles, a provoqué des réactions variées et soulevé dans les milieux de la recherche scientifique et technique des polémiques qui ne sont pas encore épuisées. Certains y ont vu un progrès radical dans les méthodes d'investigations sur la nutrition minérale, d'autres et non des moindres ont crié à l'hérésie ou à la sottise. Nous ne nous permettrons pas de trancher le débat pour les lecteurs de « Fruits » ; nous voulons seulement leur indiquer ce qui fait l'originalité de la « Méthode Homès ». Dans le domaine de la recherche technique, le choix des méthodes dépend parfois moins de considérations *a priori* sur leurs avantages respectifs, que de leur efficacité pratique ; c'est pourquoi l'I. F. A. C. a introduit la méthode des variantes systématiques dans quelques-uns de ses essais, sans attendre que ses partisans ou ses adversaires aient définitivement emporté la bataille. Les lecteurs de « Fruits » auront connaissance des résultats détaillés du premier de ces essais dans les mois prochains.

Méthode factorielle et méthodes dites à somme constante.

Lorsque l'on cherche à déterminer les actions de plusieurs facteurs sur un même résultat, par exemple les effets des éléments minéraux sur le rendement d'une culture, on ne peut le plus souvent se contenter de faire varier isolément chacun des facteurs pour étudier son action propre. En effet, cette action est en général modifiée par l'action simultanée des autres facteurs : c'est le phénomène d'*interaction*.

Par exemple, sur une culture, l'azote et la potasse réunis peuvent donner une augmentation de rendement plus importante que la somme des effets de ces deux facteurs agissant isolément, ne le laissait présager. Ou bien l'azote et le phosphore réunis peuvent donner une augmentation de rendement plus faible que la somme des augmentations de rendement obtenues avec l'azote et le phosphore séparément, ou même une diminution de rendement dans certains cas particuliers.

On est donc obligé de faire agir simultanément les facteurs, même si on connaît leurs effets individuels ; cela donne une infinité de combinaisons possibles, et comme les possibilités matérielles de la recherche ne peuvent être infinies, on est amené à sélectionner un nombre réduit de combinaisons choisies de manière à donner l'essentiel des renseignements que l'on cherche.

Dans la *méthode factorielle*, on choisit pour chaque facteur un certain nombre de niveaux (par exemple : 3 doses différentes d'azote, 3 doses différentes de phosphore, 3 doses différentes de potasse) et on essaie toutes les combinaisons possibles de ces doses. On se trouve rapidement limité, aussi bien dans le nombre des niveaux que dans celui des facteurs pouvant être étudiés simultanément, par le grand nombre des combinaisons. Dans l'exemple cité, le classique 3^3 , on a déjà 27 traitements pour trois engrais, dont on étudie seulement, en général, la dose normale, la dose réduite de moitié, et la dose nulle. Pour étudier les six éléments principaux de la nutrition des plantes avec, en plus, une dose augmentée de moitié, il faudrait tester $4^6 = 4096$ combinaisons ! Ces nombres élevés de combinaisons à expérimenter créent un handicap supplémentaire pour les études agronomiques, car ils supposent de grandes superficies homogènes. Du point de vue statistique cependant, la méthode factorielle présente le

grand avantage de se prêter au « confounding », méthode de disposition des parcelles sur le terrain qui permet, au prix d'une perte d'information négligeable, de supprimer ou tout au moins de réduire considérablement le nombre de répétitions nécessaires pour obtenir une même précision. Par contre, elle ne permet pas en général de faire varier réellement un seul facteur à la fois ; trois doses de « potasse », cela veut dire en réalité trois doses d'engrais contenant à la fois du potassium et un autre ion chimique : chlorure, sulfate, etc. Ainsi naissent des erreurs d'interprétation : on attribue à l'un des deux ions ce qui peut être de l'autre.

Une autre manière d'étudier plusieurs facteurs simultanément consiste dans une première étape à maintenir leur *somme constante*, dans une seconde étape à faire varier cette somme en conservant des proportions constantes entre ces facteurs. La méthode des variantes systématiques utilise ces procédés, dénommés « à somme constante » (expression incorrecte, puisqu'on fait varier cette somme dans la deuxième étape). On ne parvient pas davantage par ce procédé à faire varier un seul élément à la fois : la somme étant constante dans la première étape, lorsqu'on augmente l'un on doit diminuer au moins l'un des autres ; mais on peut plus facilement mettre en évidence les effets individuels par le raisonnement.

Pour utiliser les procédés dits « à somme constante », il faut d'abord pouvoir additionner les facteurs, c'est-à-dire que ceux-ci doivent être exprimés en unités identiques : il ne viendrait à l'idée de personne, pour une étude de climatologie, de maintenir constante la somme des millimètres de pluie, des degrés centigrade de température et des heures d'insolation. Dans les études de nutrition minérale, on doit alors utiliser la notation en *équivalents*, qui représentent les unités chimiques pouvant seules être additionnées. La plante comme le sol ne sont pas des balances qui soupèsent et comparent des poids de N, P₂O₅ et K₂O ; ce sont des réactifs chimiques qui entrent en combinaison avec des ions.

La première condition remplie, il faut encore admettre que les *interactions*, étudiées avec une certaine somme constante, *restent les mêmes* lorsque cette somme devient variable. Sinon, on est obligé d'étudier l'effet des variations des différents facteurs à l'intérieur de cette somme pour chacun de ces niveaux, et l'on retombe exactement sur les mêmes combinaisons que dans la méthode factorielle. (Il n'en reste pas moins que pour l'étude des résultats obtenus avec ce grand nombre de combinaisons, on peut accorder la priorité soit à l'examen des proportions relatives des facteurs à chacun de leurs niveaux totaux, soit à l'examen de leurs effets individuels. La divergence entre le point de vue « factoriel » et le point de vue « proportions par rapport à la somme », en réalité complémentaires l'un de l'autre, peut donc subsister).

Principes essentiels de la méthode des variantes systématiques.

Le Pr. HOMÈS s'est attaché à démontrer la validité de cette deuxième condition dans les études sur la nutrition minérale, en s'appuyant sur les lois connues de la nutrition et sur les résultats de ses recherches personnelles (portant essentiellement sur les antagonismes et la toxicité). Laissant de côté pour commencer les oligo-éléments, qui constituent une catégorie à part, il commence par grouper les éléments majeurs en *deux familles* : ceux qui se présentent à la plante sous forme de cations (potassium, calcium, magnésium, sodium éventuellement) et ceux qui se présentent à la plante sous forme d'anions (azote, phosphore, soufre, chlore éventuellement). Il démontre que les interactions entre anions d'une part, entre cations d'autre part, restent pratiquement les mêmes quand on fait varier les proportions entre l'ensemble des anions et l'ensemble des cations, ou leur niveau global.

Il est ainsi amené à envisager *trois étapes indépendantes*.

1° Étude des cations d'une part, des anions d'autre part, à l'intérieur d'une somme constante pour chaque groupe.

2° Étude du rapport entre la somme des cations et la somme des anions, avec des proportions constantes à l'intérieur des deux groupes, et une somme anions + cations constantes.

3° Étude de la somme anions + cations, toutes les proportions restant constantes.

Plus exactement, ce n'est pas l'invariance des interactions qu'il s'attache à démontrer, mais l'invariance des proportions permettant d'obtenir le meilleur résultat, tant que les autres conditions ne s'écartent pas outre mesure de leur propre optimum. (L'invariance des interactions supposerait que le végétal conserve des réactions normales même lorsqu'il est fortement déséquilibré.) Puisqu'il s'agit en général dans les essais agronomiques de rechercher le meilleur rendement, on cherche donc à déterminer indépendamment le meilleur équilibre cationique, le meilleur équilibre anionique, le meilleur équilibre anions/cations, et la meilleure dose totale.

Mieux, en étudiant plus attentivement les effets des proportions à l'intérieur de l'un des groupes anions ou cations, M. V. HOMÈS démontre qu'il est possible de déterminer avec une bonne approximation la valeur de l'optimum en utilisant seulement *une combinaison par élément à étudier*, pourvu que ces combinaisons soient bien choisies. C'est cette nouvelle amélioration qui contribue le plus à diminuer le nombre des traitements à expérimenter, et qui a valu son nom à la méthode. On étudie en effet, pour une même famille ionique, des « variantes systématiques » qui sont des combinaisons symétriques de proportions individuelles à l'intérieur d'une même somme : par exemple, pour deux éléments (N et P) :

$$\left\{ \begin{array}{l} 90 \% \text{ de N et } 10 \% \text{ de P} \\ 10 \% \text{ de N et } 90 \% \text{ de P} \end{array} \right.$$

pour trois éléments (K, Ca, Mg) :

$$\left\{ \begin{array}{l} 70 \% \text{ de K} - 15 \% \text{ de Ca} - 15 \% \text{ de Mg} \\ 15 \% \text{ de K} - 70 \% \text{ de Ca} - 15 \% \text{ de Mg} \\ 15 \% \text{ de K} - 15 \% \text{ de Ca} - 70 \% \text{ de Mg} \end{array} \right.$$

etc.

Précisons que ces « variantes systématiques » permettent de déterminer la combinaison donnant le meilleur rendement, mais non la valeur de ce rendement. La meilleure combinaison est donnée par un calcul très simple : les % optima des 2, 3, 4 ... constituants sont égaux aux rendements des « variantes » correspondantes exprimées en % de la somme des 2, 3, 4 ... rendement ainsi obtenus.

Graphiquement, ces raisonnements sont exprimés par des systèmes à coordonnées binaires (graphiques linéaires), ternaires (graphiques triangulaires), quaternaires (graphiques tétraédriques),... suivant que l'on est amené à étudier 2, 3, 4 ... anions ou cations.

Nous ne nous chargerons pas de discuter la valeur des démonstrations de M. V. HOMÈS ; en biologie une démonstration n'a jamais la même rigueur qu'en physique ou en mathématique, et il est toujours possible de la critiquer, voire de prouver le contraire. Le cas de l'azote peut constituer une pierre d'achoppement, car si la nitrification le fait passer le plus souvent sous forme anionique, il y a des cas où il est effectivement absorbé par la plante sous forme cationique (sels ammoniacaux) ou non ionisée (urée).

Adaptation de la méthode des variantes systématiques.

Ainsi donc, pour reprendre l'exemple cité plus haut de six éléments à quatre doses, on pourrait se contenter d'après M. V. HOMÈS de six traitements cationiques et anioniques, 5 traitements pour le rapport anions/cations (en étant large), et enfin les 4 doses anions + cations :

soit 15 combinaisons. Mais l'application de ces principes au milieu naturel fait intervenir d'autres facteurs, qui peuvent ôter aux approximations admises par HOMÈS leur caractère négligeable. En particulier, les éléments contenus dans le sol lui-même peuvent faire dévier considérablement les équilibres mis réellement à la disposition de la plante, surtout dans le cas de déficiences ou excès marqués. On peut alors envisager de considérer le sol et la plante comme un tout, auquel on apporte de l'engrais et dont on mesure l'augmentation de rendement (et non le rendement lui-même) ; c'est ce que M. V. HOMÈS lui-même a fait par la suite, en introduisant une parcelle-témoin sans engrais. Mais cela ne suffit pas toujours.

On trouvera ci-après des références bibliographiques sur les améliorations et modifications qui ont été apportées à la méthode depuis la parution du livre de M. V. HOMÈS. Extrêmement intéressante et originale est celle de L. RICHARD (I. R. C. T.).

En fin de compte, indépendamment des considérations logiques qui peuvent amener à la choisir ou à l'écartier, la méthode semblerait :

- inapplicable dans tous les sols très déséquilibrés,
- applicable directement dans les sols très pauvres, *a fortiori* en culture sur milieu artificiel,
- applicable avec des aménagements plus ou moins importants dans les autres cas.

Le bananier et l'ananas, exigeant de forts apports fertilisants, devraient s'y prêter lorsque le sol sur lequel on les cultive n'est pas particulièrement riche ou ne présente pas une carence marquée.

P. M. P.

BIBLIOGRAPHIE A CONSULTER

- M. V. HOMÈS. — L'alimentation minérale des plantes et le problème des engrais chimiques. — Ed. MASSON, Paris, 1953. — 152 p.
- M. V. HOMÈS. — Aspects récents de l'application de la méthode des variantes systématiques à la détermination des besoins alimentaires des végétaux. — *Bull. Soc. fr. Physiol. vég.*, déc. 1955, n° 3, p. 54-66 (Doc. IFAC n° 4514).
- M. V. HOMÈS. — Détermination rationnelle des besoins des plantes en éléments nutritifs. — 14th int. hort. Congress — 1955 — Report, WAGENINGEN, vol. 2, p. 951-955 (Doc. IFAC n° 6793).
- M. V. HOMÈS. — Engrais équilibrés. *Bull. agr. Congo belge*, juin 1958, vol. 49, n° 3, p. 635-656 (Doc. IFAC n° 7418).
- M. V. HOMÈS. — Le problème de l'extension en matière d'engrais. — *Fertilité*, oct.-nov. 1959, n° 8, p. 11-17 (Doc. IFAC n° 11602).
- L. RICHARD. — Adaptation au milieu naturel de la méthode des variantes systématiques. — *Fertilité*, juin. 1959, n° 7, p. 21-31 (Doc. IFAC n° 10370).
- BRAUD, DAESCHLER, MEGIE et RICHARD. — Application de la méthode des variantes systématiques à l'étude des fumures minérales. Résultats et observations. Possibilités d'un diagnostic foliaire du cotonnier. Coton et fibres tropicales, déc. 1959, vol. 14, n° 3, p. 371-374 (Doc. IFAC n°...).
- P. H. MARTENS. — La formulation des engrais chimiques par le calcul équivalent. — *Ann. Gembloux*, juil.-sep. 1958, vol. 64, n° 3, p. 215-244 (Doc. IFAC n° 7762).

