

I. R. A. T.

COLLOQUE SUR L'EXPERIMENTATION
REGIONALE ET MULTILOCALE

20 Juillet 1964

QUELQUES EXEMPLES D'EXPERIMENTATIONS MULTILOCALES
REALISEES A L'ETRANGER EN MATIERE DE FERTILISATION.

Sous l'impulsion, notamment de la Commission Internationale du Riz, émanation de l'Organisation pour l'Alimentation et l'Agriculture (F.A.O.) un certain nombre de pays asiatiques ont réalisé, ces dernières années, des expérimentations multilocalles à très grande échelle tendant à définir, pour les services de vulgarisation, les meilleures formules de fumure minérale pour le riz. L'expérimentation réalisée au Bihar (Inde), dont on trouvera par ailleurs un compte rendu relativement exhaustif, peut-être considérée comme le prototype achevé de ces travaux.

D'autres comptes-rendus ont paru, relatifs à des travaux menés

en Thaïlande (News Letter Juin 1963)
 en Birmanie (News Letter Sept. 1962)
 au Pakistan (News Letter Juin 1961)
 à Ceylan (News Letter vol. VIII, n° 1, Janv. 1959 dont nous ne disposons pas).

Une expérimentation de conception analogue a été réalisée en Nigéria sur l'arachide (Il en est rendu compte dans Empire Journal of Experimental Agriculture, vol. XXXI, n° 24, octobre 1963 par P.R. GOLDSWORTHY et R. HEATHCOTE).

Ces travaux, parce qu'ils présentent un certain nombre de traits communs, parce- qu'ils ont été menés à bien dans des pays du tiers monde, et parce que c'est en utilisant une méthode analogue que l'IRAT entend maintenant trouver les réponses aux questions qui lui sont posées par les pays qui lui ont confié leur Recherche Agronomique, méritent que nous leur portions quelque attention :

La considération essentielle qui a conduit à adopter cette méthode de travail est qu'il est difficile, à supposer qu'il existe des stations expérimentales dans les régions où se posent les problèmes, de définir l'aire où les résultats qu'elles ont obtenus se montreront valables. Ceci pour deux raisons qui tiennent :

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 22434

Cote : B

a) aux stations elles-mêmes, dont le passé cultural est fort différent (fumures répétées très souvent) de celui du milieu cultural naturel et où les techniques utilisées sont souvent supérieures, ce qui entache les résultats qu'elles obtiennent d'une erreur en plus ou en moins par rapport à ce milieu, à laquelle il est difficile de fixer même un ordre de grandeur.

b) au milieu lui-même dont diverses hiérarchies d'hétérogénéités (géologiques, topographiques, climatiques, humaines, etc.) sont susceptibles d'affecter les réponses à une fumure minérale donnée sans qu'il soit possible au vulgarisateur, chargé de faire appliquer cette fumure, de prévoir, à partir des résultats d'une station, ceux qui seront obtenus sur leur terrain par les cultivateurs.

De plus, il semblait évident que le résultat type que l'on devait se proposer d'atteindre était la définition, pour des zones aussi étendues que possible, de fumures moyennes aussi avantageuses que possible. En effet il paraît impossible, en raison du degré actuel d'évolution, tant des cultivateurs que des structures d'encadrement, d'arriver à la définition des fumures optima pour chaque cas particulier. (Par convention, on appelle ici fumure optimum celle pour laquelle la différence entre le prix de revient de la fumure et le prix de vente de l'excédent de récolte qu'elle procure est maximum)

I - Le premier problème qui se pose dans ces conditions est celui de la définition de ces zones.

Il a semblé logique de les définir comme entités écologiques, en fonction de critères tels que :

- La géologie (roche mère)
- Le climat (pluviométrie surtout)
- Le mode de formation du sol (alluvions colluvions)
- La texture
- Les caractéristiques chimiques
- Les associations végétales qu'il porte.

En même temps on percevait la possibilité de définir ces zones par les résultats mêmes de l'expérimentation multilocale, en regroupant dans une même "zone d'application" tous les points où les essais ont donné des résultats analogues.

Les deux démarches ont été suivies, le plus souvent simultanément, leur subordination réciproque étant laissée à l'initiative intuitive des responsables de chaque action de recherche.

La considération, a posteriori, des résultats obtenus montre que la seconde démarche, bien qu'apparemment plus empirique, est moins décevante que la première.

En effet, l'analyse du milieu, pour être complète, devrait tenir compte, sans doute, d'un certain nombre de facteurs dont on ignore la nature exacte et que l'on ne sait donc pas mesurer. C'est ce qui explique l'échec général enregistré dans tous ces travaux lorsque l'on a cherché à mettre en évidence des corrélations entre les réponses aux engrais et les diverses caractéristiques, notamment chimiques, des terrains d'essai.

Il n'en reste pas moins que la détermination, préalable à l'expérimentation, des entités écologiques est indispensable car elle représente une simplification importante des opérations de recherche. Elle contribue en effet à restreindre et à orienter le choix des thèmes d'expérimentation ; il serait en effet impossible de tout expérimenter, et probablement vain d'expérimenter n'importe quoi.

Si les connaissances manquent souvent pour la définition, a priori, de ces entités écologiques, il faudra néanmoins s'efforcer de les rassembler, de les extraire quelquefois des archives où elles sommeillent et de les mettre en oeuvre. La première approximation que l'on en dégagera, à sanctionner ou à modifier par les résultats de l'expérimentation, représentera déjà un pas important vers l'objectif poursuivi : la définition des zones à réponses homogènes.

II - Le second problème est celui des thèmes de l'expérimentation. Les travaux examinés ici ayant uniquement trait à la fertilisation, ces thèmes se trouvent déjà limités. Ils le sont plus encore si, comme c'est assez souvent le cas, les travaux antérieurs ou les connaissances acquises ont permis de mettre déjà en évidence des facteurs limitants privilégiés. Ainsi en Nigéria du Nord n'a-t-on travaillé que sur les carences en soufre et en Phosphore pour les terrains à arachides. Pour le riz, les expérimentations ont toujours porté sur les trois éléments majeurs, N, P et K.

III - Le nombre des points d'essai à implanter pour obtenir des résultats valables est très certainement fonction à la fois de l'étendue de la zone, de la variabilité des résultats à l'intérieur de cette zone et des moyens matériels disponibles. Rien dans la documentation dont nous disposons ne nous permet de savoir comment ces nombres ont été déterminés.

Il semble toutefois, qu'en l'absence de critères rationnels, la tendance ait été de réaliser le plus grand nombre d'essais possible dans la limite des moyens disponibles, et même de créer ces moyens dans la mesure où, souvent, ils n'existaient pas ou n'étaient qu'embryonnaires.

C'est ainsi qu'au Bihar la campagne 1960-61 a vu 19.440 essais mis en place par une équipe de 648 agents. L'opération avait démarré en 1948 avec 50 agents seulement, mais, dès le départ elle avait nécessité la création d'un véritable service administratif, chargé de cette tâche et d'elle seule.

Au Pakistan Oriental, le nombre d'essais mis en place, uniquement sur riz, est passé de 116 en 1957 à 1299 en 1960.

En Birmanie et en Thaïlande, toujours sur riz, les nombres totaux d'essais réalisés sont respectivement de 604 et 600, en 3 et 4 ans.

En Nigéria, entre 1959 et 1961, 520 essais ont été menés sur 57 points d'essais répartis en 18 zones qui ont ainsi pu être regroupées en quatre grandes régions.

Partout il semble que le nombre d'essais à réaliser a paru si grand qu'il a fallu créer, souvent de toutes pièces, les structures nécessaires pour les mener à bien et de toute évidence, bien que les articles étudiés n'y fassent aucune allusion, trouver le financement nécessaire.

IV - Les dispositifs expérimentaux utilisés

Ils sont extrêmement variables d'un travail à l'autre, et parfois même, au cours du temps, dans un même travail.

Ils peuvent être très simples, comme ceux réalisés en Nigéria qui compareraient à un témoin sans fumure deux doses de superphosphates, de complexités diverses, comprenant notamment des comparaisons annexes entre divers vecteurs (urée - sulfate d'ammoniaque ou fumier pour l'azote, farine d'os ou superphosphate, etc.) Parfois même comme en Birmanie, ces essais, sans répétitions, ne sont pas conçus en vue d'une interprétation statistique.

Cependant on assiste souvent à une décantation au cours des années :

En Thaïlande, on avait commencé par des factoriels N.P.K 2^3 et l'on en est venu à comparer 4 doses d'azote en présence d'une seule dose de phosphore et (dans certaines régions seulement) de potassium.

Au Bihar, où l'aspect méthodologique du travail a été le plus étudié on est arrivé, après divers tâtonnements à utiliser le dispositif factoriel 3^3 , à une seule répétition, les 3 sous blocs de cette répétition étant implantés dans 3 rizières différentes du même village. En outre, chaque sous bloc comportait une parcelle témoin sans fumure.

Une partie des essais factoriels réalisés au Bihar a été analysée à Rothamsted, par une équipe de statisticiens sous la direction de F. YATES. Les résultats de cette analyse ont été publiés dans Empire Journal of Experimental Agriculture, Vol. XXVII, n° 28. En voici le résumé :

"Le calculateur électronique de Rothamsted a été utilisé pour faire l'analyse combinée de 238 essais 3^3 à une seule répétition sur le riz, exécutés dans l'Etat de Bihar (Inde) pendant la campagne 1956-1957. Les trois blocs de chaque répétition étaient dans 3 rizières séparées d'un même village. On montre que ceci a peu d'effet sur l'estimation des interactions ou de l'erreur expérimentale. Les essais atteignent une précision satisfaisante et montrent de bonnes réponses à N et à P et de plus faibles réponses à K. Il y a des variations considérables d'un village à l'autre. La corrélation entre les réponses et les types de sols (argile, limon, ou sable) est faible.

L'usage du dispositif $3 \times 3 \times 3$ marque une innovation intéressante dans des essais de ce type ; on verra d'après les résultats obtenus qu'elle a été abondamment justifiée par la précision accrue de l'expérimentation et l'élargissement du spectre des informations obtenues".

Il est certain que ce type d'essais, malgré le volume et la précision des informations qu'il permet d'obtenir présente l'inconvénient de nécessiter pour son interprétation des opérations complexes et des spécialistes hautement qualifiés.

V - Le choix des points d'essai

Il est souvent fait par tirage au hasard (Birmanie, Bihar).

Souvent aussi les modalités du choix ne sont pas indiquées et l'on peut en conclure que les considérations de commodité matérielle ont été prédominantes.

Comme pour ce qui concerne le nombre des essais, les raisons théoriques qui imposeraient le choix au hasard des points d'essai n'apparaissent pas dans les documents en notre possession. Il est permis de penser qu'un certain bon sens doit pouvoir suppléer au hasard pour ce choix en conduisant à écarter les emplacements nettement aberrants pour une raison ou l'autre. Il serait souhaitable de pouvoir asseoir cette opinion sur un raisonnement rigoureux car le choix au hasard représente un travail matériel considérable pour le recensement exhaustif des champs, travail que l'on aimerait pouvoir éviter sans s'écarter de la rigueur expérimentale.

VI - Les résultats

A) Les Aires d'applicabilité

Ils sont toujours indiqués pour une entité géographique mais la taille de cette entité varie.

Au Bihar, on considère le "thana" : Bloc de développement communautaire. Sa surface n'est pas indiquée. Elle doit être cependant minime puisqu'il s'agit de groupes de quelques villages.

Au Pakistan Oriental, les résultats sont définis pour chaque "centre". Le travail a porté sur 50 de ces centres, chacun d'eux ayant un rayon de 8 km et une surface de 200 km².

En Birmanie, il s'agit des districts (18 pour l'ensemble du pays : 678.000 km²).

En Thaïlande, ce sont les 4 régions : Sud, Nord, Centre et Nord-Est totalisant 514.000 km².

Enfin en Nigéria du Nord, les régions ayant été préalablement délimitées sur une base à la fois pédologique et phytosociologique ont des étendues variables. La plus grande atteint approximativement 150.000 km².

B) Type des résultats obtenus

Ces résultats consistent quelquefois (Birmanie, Thaïlande) à donner, pour chaque entité, la réponse moyenne à une ou plusieurs doses déterminées de fumure.

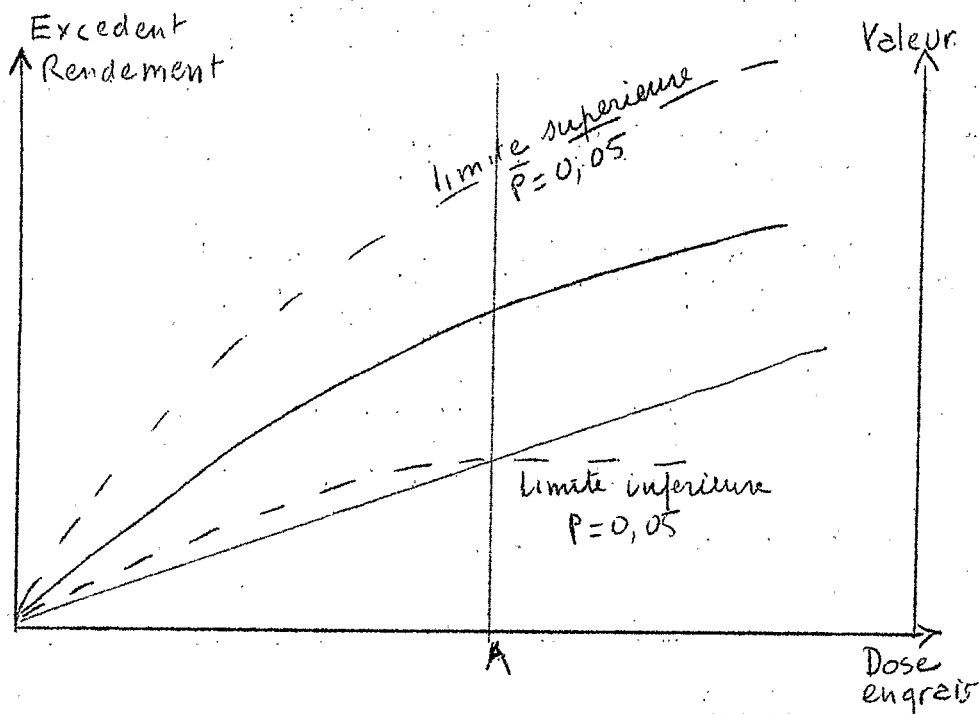
Ils se traduisent alors par un tableau du type de celui obtenu en Thaïlande.

Région	Témoin	Accroissement de rendement $N_1 = 12,5 \text{ N/ha}$ $P = 25 \text{ P}^{205}/\text{ha}$ $K = 25 \text{ K}_2\text{O}/\text{ha}$						
		N1	P	N1P	N2 P	N3 P	N4 P	N4 PK
Nord	2654	282	431	515	638	692	773	910
Centre	1855	297	407	651	771	833	979	996
Nord-Est	1203	199	368	622	756	892	972	1212
Sud	2072	249	489	820	981	1033	964	988

Ces chiffres moyens n'ont pas à mon avis grande signification pour des régions aussi étendues s'ils ne sont pas assortis d'une estimation de leur écart type (qui existe sans doute mais ne figure pas dans le document analysé). Il semble aventuré de les utiliser à l'état brut pour une campagne de vulgarisation.

En Nigéria, on a abouti, pour chaque région, à dresser une courbe donnant la réponse moyenne de l'arachide à des doses croissantes d'un élément.

Ces courbes sont du type figuré ci-dessous (équation de la forme $y = ax^2 + bx + c$). Elles matérialisent de façon intéressante les limites supérieures et inférieures entre lesquelles la réponse moyenne réelle a 95 chances sur 100 de figurer.



De telles courbes permettent aussi de se faire une idée de la rentabilité de l'action des engrais. En effet, elles portent, à droite en ordonnées les valeurs monétaires correspondant aux excédents de revenu et au prix de revient des engrais apportés.

L'examen de la courbe ci-dessus permet donc d'affirmer qu'en moyenne, pour une série de champs représentatifs de la région considérée et pour une suite d'années, l'apport de superphosphate sur les cultures d'arachide sera rentable jusqu'à la dose A, avec la probabilité de 95 %. Mais rien dans la méthode suivie ne permet le même genre de détermination de la dose d'engrais rentable pour un point donné.

La formule moyenne définie n'a donc strictement d'intérêt que pour l'économie globale d'une région préalablement définie. Les auteurs du travail précisent bien que: "Les limites entre lesquelles peut varier la réponse pour un champ particulier sont beaucoup plus larges que pour la moyenne d'une zone, et si l'on désire déterminer une telle réponse, le seul moyen de le faire sera de réaliser un essai sur ce champ".

Ceci se traduit par le fait que chaque individu amené à utiliser la formule moyenne ainsi définie, a un certain nombre de chances, non négligeable, de perdre de l'argent au lieu d'en gagner. L'action de vulgarisation doit en tenir compte.

Au Pakistan Oriental, bien que les réponses moyennes, du type de celles fournies par le tableau thaïlandais aient été déterminées, leur intérêt n'est considéré que comme accessoire et l'on s'est attaché à déterminer, pour chaque centre, la formule à vulgariser on se basant sur 3 considérations différentes :

- Les réponses observées sur la moyenne des points d'essai (15) de ce centre
- Le profit net procuré par la fumure. C'est la différence entre le prix de l'excédent de production et le prix de l'engrais. On cherche à se rapprocher du profit maximum.
- La rémunération de l'argent investi en engrais. C'est le rapport entre le prix de l'excédent de production et le prix de l'engrais. On cherche aussi à ce qu'il soit maximum et l'on admet qu'il ne doit pas être inférieur à 2.

Comme les essais menés dans ce pays n'ont porté que sur une seule dose de chaque élément (40 unités à l'hectare) employés seuls ou combinés (NP - NPK) les recommandations élaborées à la suite de la campagne d'essai portent sur cette dose, et il n'a pas été nécessaire de passer par les fonctions de production. (courbes de réponse).

On aboutit ainsi au tableau suivant :

Formules rentables pour différents centres

Formule

Urée + super + chlorure potasse	pour	19 centres
Urée + farine d'os + chlorure potasse	"	10 centres
Urée + super	"	5 centres
Sulfate d'ammoniaque + super	"	5 centres
Sulfate d'ammoniaque + super + potasse	"	2 centres
Urée + farine d'os	"	1 centre.

Ce type de recommandations semble plus empirique que celui formulé par exemple en Nigéria du Nord. Il est fondé sur une mathématique plus sommaire. Il me paraît cependant plus propre à inspirer confiance, à la fois au paysan et au vulgarisateur (ce qui est essentiel).

Au Bihar enfin, où l'appareil mathématique a été utilisé autant que l'on pouvait le faire, on a dressé pour chaque thana et chaque élément (fort heureusement les interactions étaient négligeables entre les éléments), des courbes de réponse basées sur l'équation de Mitscherlich. (voir essais de fumures dans les rizières villageoises au Bihar.)

En dérivant par rapport à la dose x d'engrais l'expression qui donne le profit net et en annulant cette dérivée, on en tire la valeur de x pour laquelle le profit est maximum.

Cette valeur de x est ensuite "ajustée aux conditions locales particulières, et l'on tient compte des analyses de sol de chaque champ individuel", pour formuler les recommandations.

Il ne s'agit donc plus du tout d'une formule de fumure moyenne, ou "de confection" mais bien, pour chaque cas particulier, de la définition d'une formule de fumure "sur mesure". Nous ne pouvons que nous en réjouir pour les cultivateurs de ce pays qui sont ainsi assurés du maximum de chances de profit ; mais comment ces recommandations individuelles sont-elles portées à leur connaissance ? Rien dans le document analysé ne l'indique, et il est permis de supposer que, pour qu'un tel travail porte ses fruits, l'organisme de vulgarisation doit être remarquablement étoffé et efficace.

Ce qui amène à poser la question, par laquelle je conclurai sans y répondre.

Faut-il rechercher des résultats adaptés au système de vulgarisation dont on dispose, ou bâtir ce système en fonction des résultats obtenus ?