

# HISTORIQUE DE L'EXPÉRIMENTATION CULTURALE

par **J. A. MASSIBOT** (1)

INGÉNIEUR AGRICOLE ET D'AGRONOMIE COLONIALE,

L'agriculture ancienne est née tout entière d'observations accumulées pendant de longues séries d'années. Elle s'est transmise de proche en proche sous forme de traditions culturelles et, dans les classes et les pays à civilisation plus avancée, par des ouvrages d'ailleurs fort peu nombreux ne touchant que quelques privilégiés, car la masse ne savait pas lire.

En France, l'agriculture que nous décrit OLIVIER DE SERRES dans son « Théâtre d'agriculture et mesnage des champs » édité vers 1600, n'était pas plus avancée vers cette époque qu'au temps des Romains. Au début du 19<sup>e</sup> siècle, aucun changement notable n'était venu modifier cet état de choses, (on pourrait d'ailleurs faire des remarques analogues pour l'agriculture des pays tropicaux avant l'arrivée des Européens). C'est que l'agriculture reposait surtout sur l'empirisme et des idées intuitives. La méthode expérimentale n'existait pas à cette époque où l'on procédait par le raisonnement philosophique à priori, et l'on pouvait, avec raison, considérer l'agriculture comme étant uniquement un art. Car, si les anciens ont fait de bonnes observations, si le praticien a apporté le fruit de son expérience, la science expérimentale pouvait seule instruire sur les relations de cause à effet, sur le déterminisme des phénomènes qu'une observation séculaire ne pouvait expliquer. Il fallait attendre que des principes scientifiques vissent d'abord contrôler l'empirisme, puis établir les lois naturelles des phénomènes pour qu'une amélioration des pratiques ancestrales devienne

possible. C'est au cours du dix-neuvième siècle que les progrès de la science amenèrent les chercheurs à appliquer les découvertes récentes à l'agriculture et à l'industrie. Si des progrès moins rapides et moins apparents ont été obtenus par leur application à l'agriculture, alors qu'elle conduisait à un bouleversement profond de la production industrielle, elles n'en ont pas moins provoqué une évolution notable des méthodes agricoles qui se poursuivra intensément après la fin des hostilités, les peuples devant faire un effort considérable pour panser leurs plaies et améliorer les conditions de vie de leurs ressortissants.

L'expérimentation culturelle, inconnue jusqu'au dix-neuvième siècle, a joué un rôle important dans l'évolution de l'agriculture au cours des cent dernières années.

Et, il est actuellement reconnu que les possibilités de progrès découvertes au laboratoire doivent être essayées au champ avant d'être recommandées au praticien qui ne peut utiliser que des techniques ayant fait leurs preuves. Dans ces conditions, l'avenir de l'expérimentation culturelle est considérable, car elle restera longtemps encore le banc d'essais définitif qui tranchera la valeur utilitaire des découvertes de laboratoire.

Pendant longtemps, la technique des essais culturels a été assez rudimentaire et empirique, de telle sorte qu'on pouvait dire avec juste raison que les essais en plein champ constituaient le recours obligatoire à l'« empirisme contrôlé ». Cependant, elle est devenue une science exacte, grâce à l'emploi des méthodes statistiques et de techniques expérimentales appropriées dont elle est particulièrement redevable aux travaux de STUDENT (1908), de FISHER (1924) et de leurs élèves.

Dans l'avenir, son développement permettra le perfectionnement accéléré de l'agriculture en instaurant un passage aussi rapide et complet que possible au banc d'essais que constitue le champ, des

(1) Cet article est le premier d'une série d'extraits d'un ouvrage à paraître de M. J. A. MASSIBOT: « La Technique des essais culturels et des études d'écologie agricoles ». La Rédaction est heureuse de pouvoir offrir aux lecteurs les prémices d'un ouvrage si original et bien documenté qui sera le livre de chevet des agronomes chargés d'expérimenter en plein champ.

découvertes de laboratoire dont elle mettra en évidence tout ce qu'elles sont susceptibles de procurer, permettant d'en retirer, dans le minimum de temps, le maximum de profits.

On peut distinguer trois grandes périodes successives dans l'évolution de la technique des essais au champ :

1° La période des précurseurs, dite, à tort, période classique, coïncidant avec le 19<sup>e</sup> siècle.

2° La période d'expansion (1900-1923) qui correspond à une grande vogue des essais au champ sans que ceux-ci soient conduits avec une technique scientifique, vogue due au développement croissant de la génétique et de l'emploi des engrais chimiques.

3° La période moderne, ou scientifique, dont les initiateurs et les animateurs ont été STUDENT et surtout FISHER. Cette période, à laquelle nous participons, a fait de la technique des essais culturaux une véritable science dont les possibilités immenses, et encore peu exploitées, seront à la base d'une amélioration marquée de l'agriculture.

#### I. — PÉRIODE DES PRÉCURSEURS (dix-neuvième siècle).

On se souvient de l'expérience classique de FRANKLIN mettant en évidence l'action du plâtre sur une prairie de légumineuses. Il s'agissait là d'une observation qualitative comme on s'était borné à en faire jusqu'à cette époque, mais non d'un essai comparatif de rendement. C'est BOUSSINGAULT (1) qui eut le premier l'idée d'évaluer le rendement de ses cultures expérimentales et imagina la méthode quantitative. Il étudia, de 1839 à 1847, le bilan d'une rotation culturale faisant intervenir des fumures. Celles-ci et le produit récolté étaient pesés et leur richesse déterminée par l'analyse. Il exprimait, en fonction de la matière sèche, les quantités de carbone, d'hydrogène, d'azote et de cendres exportées par les récoltes successives de la rotation, qu'il comparait aux apports par les fumures. La balance des exportations et des importations, intéressant toute la rotation, lui montra que les exportations dépassaient les apports par les fumures sans que le sol manifestât des signes de fatigue. L'expérimentation de Boussingault porta sur une parcelle d'environ 7 hectares de superficie. A part certaines imperfections, les essais de BOUSSINGAULT répondaient au but poursuivi; toutefois, ils ne pouvaient que conduire à une vue synthétique du problème posé.

(1) BOUSSINGAULT (1802-1887) passa par l'École des Mineurs de Saint-Étienne, partit très jeune en Amérique du Sud où il fit partie de l'État-Major de BOLIVAR durant la guerre de libération. Rentré en France, il fut d'abord professeur de Chimie à la Faculté des Sciences de Lyon, puis, en 1829, il fut titulaire de la chaire d'agriculture du Conservatoire des Arts et Métiers. Sa femme possédait une grande ferme à Pechelbronn (Bas-Rhin) où il entreprit de nombreux essais contrôlés par un laboratoire de chimie qu'il avait fait construire sur la ferme. Ce fut lui qui appliqua pour la première fois l'analyse chimique à l'étude des problèmes agricoles. Son œuvre lui valut d'être, en son époque, appelé le père de l'agronomie. Sa méthode consistait à déterminer l'état initial d'une substance et à lui comparer l'état final.

LAWES et GILBERT, à Rothamstead, entreprirent, de leur côté, dès 1848, une expérimentation culturale qui est restée célèbre. Leurs compte rendus de travaux n'insistent pas sur la technique expérimentale employée. Selon HALL, leurs publications sont « moins des compte-rendus de l'ensemble d'un essai que des discussions de ceux des résultats portant sur l'idée poursuivie par LAWES et GILBERT ». Toutefois, ces agronomes apportaient un soin extrême à l'exécution de leurs essais. Tandis que BOUSSINGAULT n'avait fait porter son expérimentation que sur une seule parcelle uniformément traitée, LAWES et GILBERT firent des comparaisons de rendement de parcelles différemment fumées, mais non répétées.

LAWES, agronome de grand talent, avait sans nul doute reconnu les effets néfastes de l'hétérogénéité du sol, car il connaissait à fond chacune des particularités de son terrain.

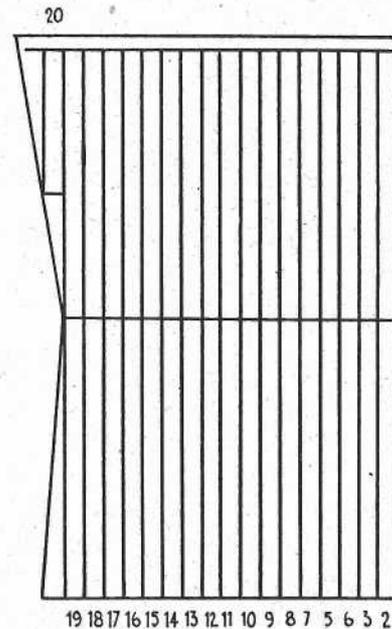


Fig. 1: Parcelles allongées et étroites (Champ de Broadbalk).

Le champ de Broadbalk (Fig. 1), sur lequel travailla continuellement LAWES, fut divisé en parcelles de deux tiers d'acres environ chacune, longues et étroites, qui réduisaient le mieux possible l'hétérogénéité du sol. Rien n'y fut laissé au hasard. Les dimensions des parcelles furent étudiées pour tenir compte des moyens de travail (labourage) dont disposait la ferme. Des piquets indicateurs permanents furent placés dans chaque parcelle qui occupa le même emplacement pendant toute la durée de l'expérience. Celle-ci portait sur l'utilisation des engrais chimiques comparativement à celle des engrais organiques.

D'après EDEN, LAWES, ayant pris beaucoup de peine avec sa technique, se reposait sur des résultats à longue échéance afin de surmonter les difficultés provenant de l'hétérogénéité du sol.

Toutefois, en augmentant le nombre des parcelles, en le portant à plus de vingt, il courait le risque que l'hétérogénéité du sol soit trop imparfaitement éliminée entre les bandes situées aux deux extrémités opposées du champ d'essais, surtout s'il existait un gradient de fertilité perpendiculaire à la longueur des bandes.

En 1852, LAWES et GILBERT adoptèrent un plan expérimental nouveau et ingénieux, que l'on appela *dispositif en croix*, et qui devint le modèle de la très grande majorité des expériences culturales entreprises dans la seconde moitié du dix-neuvième siècle.

Pour éviter l'effet néfaste de l'hétérogénéité du sol, le terrain de Hoos (Fig. 2) réservé aux essais sur orge, fut divisé en bandes étroites attribuées aux différentes combinaisons d'engrais minéraux et, à travers cette chaîne, était tissée une trame de différentes sortes d'engrais azotés. Cette disposition a été comparée à un *châle écossais*. Elle réalisait une bonne utilisation du terrain, car chaque parcelle donnait, avec une validité égale, la valeur d'un engrais minéral déterminé, en présence de différentes fumures azotées considérées. En outre, il réduisait l'effet de l'hétérogénéité du sol et, les répétitions d'un traitement étant alors inconnues, le champ de Hoos constituait la perfection susceptible d'être atteinte à l'époque à laquelle il correspondait.

Il comporte deux parcelles témoins non fumées situées à des extrémités opposées en A et en A'. LAWES utilisait leur rendement moyen, auquel il comparait l'effet des fumures utilisées. EDEN note

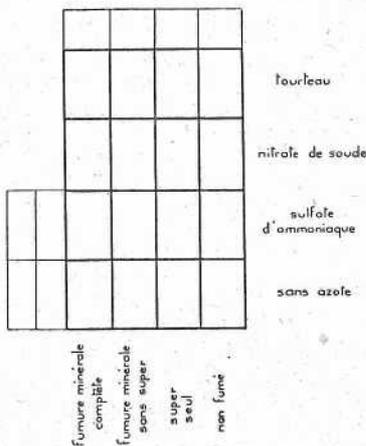


Fig. 2 : Dispositif en croix (Champ de Hoos Rothamsted).

qu'après une période de 76 années (1852-1928), pendant laquelle ce champ a été utilisé tel que LAWES l'avait créé, employant les mêmes fumures sur les

mêmes parcelles, la différence entre les rendements moyens de ces deux parcelles témoins était de 47,25 litres pour un rendement moyen de 510,7 litres. Le dispositif de Hoos était donc très satisfaisant, et l'étude des propriétés mécaniques du sol de ce champ, entreprise par KOEN et HAINES, a prouvé qu'il était remarquablement uniforme. Le choix de ce terrain d'essais fut donc parfaitement réussi, et c'est pourquoi les résultats auxquels il a conduit ont une valeur toute particulière.

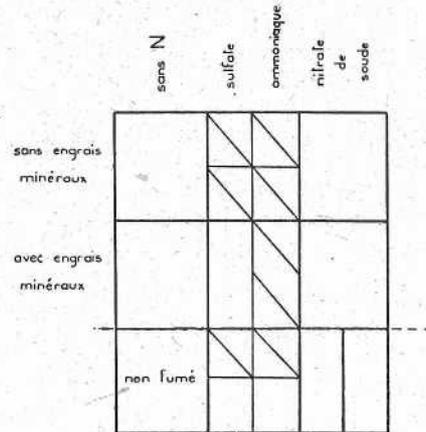


Fig. 3 : Dispositif en croix, Champ de Woburn (les parcelles hachurées ont reçu de la chaux).

LAWES et GILBERT organisèrent des essais de plantes racines et de légumineuses d'après le même plan expérimental sur les terrains de Barn field et de Hoos field de la Station de Rothamsted.

En 1877, la Société Royale d'Agriculture d'Angleterre établit des essais semblables à Woburn, portant sur des cultures permanentes de blé et d'orge (Fig. 3), mais on modifia le système du châle écossais. Les sous-parcelles ont été introduites après les trente premières années d'expérimentation, dans le but de fournir une comparaison entre l'effet d'un apport répété, annuel ou bisannuel, de divers engrais minéraux azotés, et pour tenir compte de la nécessité de chauler ce sol léger de sable vert, sans quoi les résultats obtenus n'auraient eu qu'une valeur académique. Les parcelles recevant continuellement du sulfate d'ammoniaque ont été chaulées de temps en temps. Le rendement du blé cultivé sans interruption et sans fumure depuis 1877, a baissé de 8 quintaux de grain-hectare à 6,5 quintaux pendant les 20 premières années (1877-1896). Par la suite, la diminution du rendement a été très lente et la récolte s'est maintenue aux environs de 6 quintaux de grain à l'hectare. Des résultats semblables ont été obtenus à Grignon, sur le champ d'expériences créé en 1875 par DEHERAIN, qui permet la comparaison de parcelles recevant chaque année une fumure minérale complète avec d'autres parcelles

non fumées depuis un temps plus ou moins long. Signalons, en passant, que l'étude de la variation du rendement de ces cultures permanentes, faites sur un sol non fumé pendant une période relativement longue, depuis 1841 à Rothamsted, depuis 1877 à Woburn, depuis 1875 à Grignon, jusqu'à nos jours, montre que les réserves du sol peuvent, pendant de longues années, suffire à assurer les faibles rendements de la culture extensive, à condition que soient prises les mesures nécessaires pour éviter la dégradation de ce sol.

## II. — PÉRIODE D'EXPANSION, 1900-1923.

Les essais de Rothamsted stimulèrent les agronomes qui, au début du XX<sup>e</sup> siècle, commencèrent à employer leur technique un peu partout. Ce fut aux États-Unis d'Amérique que l'expansion de l'expérimentation culturale, commencée durant la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, fut la plus marquée, tandis qu'en Angleterre, on se contentait de poursuivre les essais mis en route par les pionniers de Harpenden.

Les compte rendus publiés aux États-Unis, au cours de la période d'expansion, montrent l'emploi de types d'expérimentation culturale les plus divers, mais aucun d'eux ne traduit la même continuité qu'à Rothamsted.

Toutefois, dans ce grand pays neuf où l'on avait un besoin pressant d'informations scientifiques précises pour le mettre en valeur, les nombreux essais exécutés en plein champ, dans un temps relativement court, avec des méthodes critiquables pour l'époque à laquelle elles correspondaient, conduisirent à des résultats souvent contradictoires. Aussi, la littérature agronomique américaine du début du XX<sup>e</sup> siècle traduit-elle des doutes sur l'intérêt de l'expérimentation culturale. Certains agronomes s'élevèrent contre cette critique, car les résultats contradictoires et insuffisants obtenus jusqu'ici leur paraissaient dus à une mauvaise exécution ou à un mauvais dispositif. En 1907, fut créé le « Journal of the American Society of Agronomy », dont les rédacteurs avaient pour objectif l'étude des méthodes d'expérimentation. Tandis que les agronomes étudiaient la solution de leurs difficultés, divers expérimentateurs, en différents pays, firent appel au calcul des probabilités pour interpréter les résultats de leurs essais culturaux.

En 1909, Egorov, en Russie, faisait appel à la déviation moyenne des rendements parcellaires comme mesure de l'hétérogénéité du sol, et il étudia la variation de cette erreur avec l'augmentation de la surface des parcelles. Divers auteurs publièrent, vers 1910-1916, des compte-rendus de travaux relatifs à cette question, parmi lesquels il convient de retenir ceux de WOOD et STRATTON et de MERCER et HALL, ces derniers expérimentateurs travaillant en collaboration avec STUDENT. WOOD et STRATTON examinèrent

la variation du rendement parcellaire d'une culture d'uniformité et, en calculant l'erreur probable affectant un rendement parcellaire et la moyenne des résultats, ils conclurent que la surface optimum de la parcelle était de l'ordre de 1/80<sup>e</sup> d'acre (50 m<sup>2</sup> environ) pour le blé, les céréales secondaires, les pommes de terre, les prairies, les betteraves fourragères. La variabilité des rendements parcellaires à laquelle ils aboutirent fut sans doute sous-estimée, car leurs comparaisons étaient basées sur un nombre de parcelles plus grand que celui employé habituellement. Toutefois, *ils eurent le mérite d'attirer l'attention sur l'« erreur de parcelle » et de proposer d'y pallier en recourant à la répétition des traitements étudiés.*

MERCER et HALL insistaient, de leur côté, sur la nécessité d'un choix judicieux du champ d'essais et d'employer des parcelles d'une surface convenable ; leurs expériences les amenèrent à proposer des parcelles de 1/40<sup>e</sup> d'acre (100 m<sup>2</sup> environ) de superficie.

Parmi les dispositifs les plus employés pendant cette période du début du XX<sup>e</sup> siècle, il faut retenir la méthode de la parcelle témoin et celle des rangs que nous allons examiner rapidement. C'est également à cette époque que l'on remarqua et étudia l'hétérogénéité du sol et l'influence des bordures.

### *Méthode de la parcelle témoin répétée ou des contrôles multiples.*

Elle fut très employée au commencement de notre siècle, à un moment où l'on se trouvait en présence, de par les débuts de la génétique, d'une quantité sans cesse croissante de variétés nouvelles. Pour pallier les inconvénients de la méthode de la parcelle simple, HOLTSMARK et LARSEN, en Suède, essayèrent, les premiers, de combiner le contrôle de l'hétérogénéité du sol avec l'économie du terrain en répétant les parcelles témoins. A des intervalles réguliers, de trois ou quatre ou cinq parcelles, devait se trouver une répétition d'une variété standard à laquelle toutes les comparaisons étaient rapportées.

Les auteurs suédois, qui utilisaient généralement des témoins répétés toutes les trois parcelles, employaient la moyenne des trois contrôles les plus proches comme terme de comparaison, et ils corrigeaient leurs moyennes des traitements en se reportant à la moyenne de tous les témoins de l'expérience.

D'autres expérimentateurs, surtout américains, comparaient le résultat d'une parcelle traitée à la moyenne des deux témoins encadrants. Parfois, en se basant sur le fait admis hypothétiquement que le gradient de fertilité entre les deux témoins encadrants était uniforme, on calculait la fertilité potentielle des parcelles intermédiaires, correspondant au rendement qu'elles auraient eu si elles avaient porté la culture standard. Cette méthode, dite du *témoin théorique* est encore utilisée dans les essais par appareillage.

Dans d'autres cas, on faisait la moyenne générale du rendement des témoins à laquelle on comparait le rendement de tout traitement intéressé. Pour tenir compte de la variation totale du champ d'essais, on corrigeait le rendement de chaque traitement d'une valeur égale à la différence entre le rendement moyen des témoins et le rendement du témoin le plus proche de la parcelle traitée considérée.

Les inconvénients de ces diverses méthodes sont résumés par EDEN qui note que ceux-ci surpassent nettement leurs avantages. Tout d'abord, les comparaisons de variétés ne peuvent être faites qu'en passant par l'intermédiaire des variétés témoins appropriées : les rendements comparés sont donc entièrement hypothétiques. Par ailleurs, après avoir obtenu ces rendements corrigés, il n'existe pas d'appréciation des erreurs de correction. Enfin, le système de distribution des traitements entraîne des erreurs systématiques pouvant fausser les résultats obtenus. Dans ces conditions, il est donc vain d'essayer de réduire une source d'erreur en en introduisant une autre, même si l'on espère que la seconde source d'erreur sera plus petite que la première. Ces méthodes, que l'on retrouve parfois encore dans des travaux récents, sont donc à abandonner.

#### *Méthode des rangs :*

Au lieu de récolter la surface entière des parcelles d'essai semées en lignes, ARNY et quelques autres agronomes, étudièrent diverses techniques d'échantillonnage de celle-ci. Ils supposaient qu'en récoltant un petit échantillon d'une parcelle, (celui-ci correspondait souvent à une ligne semée dans le sens de la longueur), ils obtiendraient des erreurs plus petites qu'en récoltant la parcelle toute entière. D'après STUDENT, le raisonnement de ARNY était fallacieux car de nombreuses constatations ont montré que les erreurs ainsi obtenues ne sont jamais moins grandes qu'en utilisant la totalité de la superficie. Cependant, cette méthode peut, dans le cadre de l'expérimentation scientifique, donner des résultats intéressants, à la condition de lui appliquer les principes de l'échantillonnage.

#### *Hétérogénéité du sol :*

Les travaux de HARRIS ont montré qu'il existe une haute corrélation entre les rendements des parcelles contiguës. Cet auteur étudia diverses cultures et calcula le coefficient de corrélation de nombreux champs d'essais, qu'il appelait coefficient d'hétérogénéité.

#### *Effets de bordure :*

L'emploi généralisé de parcelles de petites dimensions a appelé l'attention des chercheurs sur le rendement des lignes situées en périphérie, qui est influencé par les conditions particulières de végétation offertes aux

plantes qu'elles nourrissent. ARNY a apporté une contribution importante à ces études. Il mit en évidence que le seul moyen satisfaisant d'éviter l'effet de bordure provenant, soit des sentiers non cultivés, soit des différences de possibilités offertes par le voisinage d'une culture à croissance plus ou moins rapide ou développée, consistait à récolter à part les rangs situés sur le pourtour de la parcelle pour les éliminer du rendement de cette dernière.

L'intérêt des bordures s'accroît avec la tendance qui consistait à employer des parcelles de plus en plus étroites et allongées pour réduire l'influence de l'hétérogénéité du sol.

A cet égard, il convient de signaler que les divers expérimentateurs n'étaient pas d'accord sur l'emploi de ces parcelles étroites et allongées car, à cette époque, on n'avait pas encore pris en considération ce que l'on appelle le gradient de fertilité (la direction d'accroissement ou de diminution de la fertilité). C'est à DAY que revient le mérite d'avoir mis en évidence que, dans un sol donné, la parcelle carrée était préférable à la parcelle allongée et étroite dont la plus grande dimension était parallèle à la direction de moindre variation de la fertilité. Il ne recommandait l'utilisation des parcelles allongées et étroites qu'en les orientant de façon que leur longueur soit parallèle au gradient de fertilité.

### III. — PÉRIODE DE L'EXPÉRIMENTATION CULTURALE SCIENTIFIQUE,

Au début du vingtième siècle, beaucoup de chemin avait été fait depuis l'expérience de BOUSSINGAULT. On savait que l'expérimentation culturale devait être basée sur la comparaison des rendements de parcelles répétées, et que la surface, la forme et l'orientation de celles-ci avaient une influence sur la validité des comparaisons. En outre, on avait cherché à examiner la signification des comparaisons grâce à l'emploi des méthodes statistiques qui commençaient à retenir l'attention des expérimentateurs. Toutefois, cet emploi des méthodes statistiques, fait au dernier stade de l'expérience, ne constituait qu'un adjuvant, mais il ne pouvait conduire à une amélioration de l'expérimentation. Un très important progrès eut lieu lorsque STUDENT, en 1911, puis FISHER, vers 1923, employèrent les méthodes statistiques pour l'établissement du plan expérimental, en montrant que le procédé mathématique d'analyse des résultats devait être approprié au dispositif expérimental employé.

Leurs travaux ont mis en évidence que l'expérimentation, et l'expérimentation culturale en particulier, doit comporter :

- un procédé statistique d'analyse des résultats,
- un dispositif expérimental approprié,
- un critérium de signification des résultats permettant leur interprétation.

EDEN fait remarquer, avec juste raison, que si les méthodes statistiques ont une importance considérable dans la conduite de l'expérimentation, elles ne sont cependant pas, et ne doivent surtout pas devenir une fin en elles-mêmes.

Nous examinerons très sommairement les grandes lignes des techniques de STUDENT ET DE FISHER.

a) *Méthode de Student.* — Les travaux de STUDENT, qui fut le premier à avoir compris l'avenir de l'expérimentation scientifique, ont un aspect de modernisme qui en fait le trait d'union entre les méthodes empiriques d'expérimentation et les plus récents aspects de la technique moderne des essais culturaux. Dès 1908, STUDENT avait étudié la distribution des petits échantillons et publié un critérium permettant d'apprécier leur signification (le critérium z que FISHER étendit et transforma en critérium t).

Dans un appendice à un article de MERCER et HALL, publié en 1911, STUDENT décrivait la méthode d'appariement des résultats qui est souvent appelée *méthode de Student*. Le fait le plus marquant de ce dispositif est que les différences moyennes entre les rendements à comparer, d'où l'on a éliminé la variabilité du sol grâce au dispositif adopté, sont interprétées en se référant à une erreur calculée également après élimination de cette variabilité du milieu. C'était la première application de la corrélation, précédemment notée, entre les rendements des parcelles contigües, qui avait, jusqu'à STUDENT, considérablement gêné les expérimentateurs.

Après les premières publications de STUDENT, on a eu tendance, en Amérique, à croire que la méthode d'appariement était applicable à tous les types d'expérimentation jusqu'alors employés, et on en fit ainsi, fréquemment, une mauvaise application.

b) *Méthode de Fisher dite de l'analyse de la variation totale d'une expérience.* — STUDENT et FISHER, au même moment et indépendamment, eurent l'idée d'analyser la variation totale enregistrée dans un essai cultural. La simplicité de la méthode de FISHER l'a faite préférer à celle de STUDENT que nous n'examinerons pas ici car elle n'est pas employée.

Rappelons rapidement le principe de la méthode de FISHER d'analyse de la variation totale d'une expérience, méthode appelée généralement *analyse de la variance*, bien que ce ne soit pas la variance que l'on analyse, mais ses deux composants : la somme des carrés des écarts et le nombre de degrés indépendants. Si un certain nombre de résultats sont répartis entre un certain nombre de classes contenant chacune un nombre égal d'observations, la somme des carrés des écarts de la variation totale est divisible en deux parties. Par exemple, si nous avons k séries contenant chacune n résultats individuels, la somme des carrés des écarts de la variation totale est égale à :

$$\sum_1^k n [(x - \bar{x})^2] = n \sum_1^k [(\bar{x}_p - \bar{x})^2] + \sum_1^k [\sum_1^n [(x_p - \bar{x}_p)^2]]$$

formule dans laquelle :

x désigne tout résultat expérimental,

$\bar{x}$  la moyenne générale de tous les résultats de l'expérience,

$\bar{x}_p$  toute moyenne d'une des k séries considérées,

$x_p$  étant un résultat individuel de toute série considérée.

La variance correspondant à chacun des termes de l'équation précédente est obtenue en le divisant par le nombre de degrés indépendants qui lui revient.

L'analyse de la variation totale de l'expérience est résumée ci-dessous :

ANALYSE DE LA VARIATION TOTALE DE L'EXPÉRIENCE

CONSTITUANTS DE LA VARIATION TOTALE	SOMME DES CARRÉS DES ÉCARTS	NOMBRE DE DEGRÉS INDÉPENDANTS	VARIANCE
Variation totale .....	$\sum [(x - \bar{x})^2]$	kn - 1	$\frac{\sum [(x - \bar{x})^2]}{kn - 1}$
Variation entre les classes, .....	$n \sum [(\bar{x}_p - \bar{x})^2]$	k - 1	$\frac{n \sum [(\bar{x}_p - \bar{x})^2]}{k - 1}$
Variation à l'intérieur des classes	$\sum_1^k [\sum_1^n [(x_p - \bar{x}_p)^2]]$	k (n - 1)	$\frac{\sum_1^k [\sum_1^n [(x_p - \bar{x}_p)^2]]}{k(n - 1)}$

Tous les calculs des éléments de la variation totale sont faciles à effectuer à partir des résultats expérimentaux, et la variance de la variation existant à l'intérieur des classes peut servir de mesure à l'erreur expérimentale à partir de laquelle on peut évaluer la signification des différences entre les moyennes de chacune des classes au moyen des critères z de

FISHER ou F de SNEDECOR.

Cette méthode est employée dans les essais en blocs et en carrés latins.

c) *Possibilités de l'expérimentation culturale scientifique.* — Les méthodes d'expérimentation culturale scientifique permettent des comparaisons à l'aide d'un critérium de signification éprouvé et qui peut être

appliqué par tous les chercheurs. Elles évitent le coefficient d'appréciation personnelle, faisant que les expériences empiriques ne donnaient pas des conclusions comparables. En outre, l'expérimentateur retire de son essai des renseignements pouvant le guider quand il tentera de réduire les erreurs expérimentales et de supprimer les fautes de technique. Les difficultés dues à l'hétérogénéité du sol sont actuellement surmontées sans avoir recours — sauf pour la méthode de STUDENT — aux rendements calculés ou corrigés. On peut envisager des essais effectués plusieurs années en un même lieu, ou en différentes localités au cours d'une même saison, ce qui élargit considérablement la valeur des conclusions auxquelles on aboutit. Dans ces conditions, l'expérimentation donne un maximum d'informations avec un minimum de moyens (personnel, terrains, semences, engrais, etc) et d'efforts. EDEN, qui a une grande expérience des essais culturaux à Ceylan, estime, par ailleurs, que les essais modernes peuvent être exécutés sans difficultés avec du personnel indigène peu évolué et peu instruit.

Pourvu que le responsable de l'essai fasse un plan expérimental soigneusement détaillé, les travailleurs indigènes, qui acceptent d'ailleurs facilement une routine, s'habitueront aux exigences de l'expérimentateur et mèneront à bien la tâche qui leur sera confiée.

Les essais comparatifs de rendement sont de plus en plus indispensables car, si, lorsque la science faisait ses premiers pas, on pouvait escompter obtenir, par la seule observation qualitative des phénomènes, des découvertes sensationnelles, susceptibles d'apporter des améliorations très importantes de la production, au fur et à mesure qu'elle progresse, les améliorations de cette dernière sont plus difficiles à déceler, car elles sont moins marquées. Leur recherche est plus délicate et exige une technique de plus en plus perfectionnée des essais culturaux, qui sont, ainsi que nous l'avons déjà dit, le banc d'essais définitif des possibilités de progrès découvertes au laboratoire. Toutefois, jusqu'à maintenant, les expérimentateurs se sont trop bornés à l'évaluation du rendement sans chercher à étudier la façon dont il avait été obtenu, ce qui reviendrait à examiner les conditions de vie imposées à la plante cultivée.

Les essais culturaux doivent donc être doublés d'un contrôle bioclimatologique nécessitant, parallèlement à l'évaluation des rendements, la mesure de la variation des facteurs climatiques, et d'un contrôle biochimique capable de préciser le mode de nutrition d'un végétal ayant donné une certaine production dans un milieu biologique, climatique et édaphique déterminé.

#### BIBLIOGRAPHIE :

- BOUSSINGAULT J.B. — Annales de Chimie et Physique, 1841, 3 : 208. Économie rurale considérée dans ses rapports avec la Chimie, la Physique et la Météorologie, 2<sup>e</sup> édit. Paris, 1851.
- DAVY - HUMPHERY. — Éléments of agricultural chemistry. London, 1813.
- EDEN T. — The development of field experiments in agricultural research. The Trop. Agriculturist., 1935, 2, 3, 4.
- HALL A.D. — 1) The Book of the Rothamsted Experiments. Rothamsted, Harpenden. 2) The technique of field experiments Rothamsted, Harpenden.
- FISHER R.A. — Statistical methods for research workers, 1925, 1944, Oliver and Boyd Edinburgh.
- GILBERT J.H. — Introduction to the Study of the Scientific principles, of agriculture, 1884, Roth. Mem. 6, n° 1. Memoranda of the origin plan, and results of the field and other. Experiments, etc., 1898.
- GREGOIRE A. — Rapports X<sup>e</sup> cong. Internat. Agric. Gand 1913.
- GREY E. — Reminiscences : Rothamsted Experimental Station, Harpenden, 1922.
- GUERILLOT J. — L'histoire et les buts de la Station agronomique de Grignon. Ann. Agro., 1935, 610-621.
- LAWES J.B. and GILBERT J.H. — Report of Br. Ass. 1851, Roth. Mem 1, n° 16.
- RODEWALD V. — Die Mitscherlichsche Ausgleichsrechnung zur Ausschaltung der Ungleichheit des Bodens auf den Versuchsfeldern, Fühling's Landw. Zeitung, 1920, a, 69, n° 19-20, p. 371-378.
- SCHNEIDEVIND W., MEYER D. and MUNTER F. — Parzellengrößen. Versuche (Arbeiten der D.L.G. fasc. 296), Berlin, Paul Parey, 1919, p. 1-51.
- TRUE A. Ch. — A History of Agricultural Experimentation and Research in the United States 1607-1925. United Dept. of Agriculture Miscellaneous Publications n° 251. Washington, 1927, 321 pages.
- VATER H. — Ausgleichsrechnung bei Boden kulturversuchen (Mittellung. aus der Kgl. Sachs. Forstl. Versuchsanstalt zu Tharandt) Berlin, Paul Parey, 1918.
- WOOD T.B. and STRATTON F.I.M. — The interpretation of experimental results. Journal of Agric. Sc., 1920, 3 : 415-440. Rothamsted Experimental Station Report for, 1931. Woburn Field Experiments, Guide to, Roy, Agric. Soc., 1921.