

# LES ESSAIS COMPARATIFS DE PRODUCTIVITE EN ARBORICULTURE FRUITIERE

par H. REBOUR  
Chef du Service de l'Arboriculture



## SOMMAIRE

- I. — CONSIDERATIONS GENERALES.
- II. — LES CONDITIONS PARTICULIERES DE L'EXPERIMENTATION FRUITIERE.
  - a) Le milieu :
    - 1° Les facteurs météorologiques ;
    - 2° Le sol ;
    - 3° Les méthodes culturales ;
    - 4° Le saisonnement ;
    - 5° Causes accidentelles de variation.
  - b) La plante :
    - 1° Lenteur d'entrée en production ;
    - 2° Longévité économique ;
    - 3° Effets d'inertie ;
    - 4° Variations génétiques ;
    - 5° Développement de la plante.
  - c) Le complexe plante-milieu ;
  - d) Vues lointaines ;
  - e) Les problèmes financiers.
- III. — ETUDE DES COEFFICIENTS DE VARIATION DE LA PRODUCTION.
  - a) Coefficients individuels de variation des arbres ;
  - b) Coefficients de variation entre les arbres.
- IV. — L'ORGANISATION DES ESSAIS COMPARATIFS.
  - a) Choix du milieu ;
  - b) Choix du matériel végétal ;
  - c) Nombre d'arbres à mettre en expérience ;
  - d) Dispositif expérimental.
- V. — SUPERFICIE A DONNER A UNE STATION EXPERIMENTALE.
- VI. — CONCLUSIONS.

## INTRODUCTION

Jusqu'à une date récente, l'expérimentation fruitière a été conduite suivant des méthodes empiriques : Deux groupes d'arbres, souvent composés de quelques unités chacun, étaient mis en comparaison et des déductions sans appel étaient tirées des résultats bruts de la différence des récoltes.

Le calcul des probabilités est venu démontrer l'incertitude de procédés aussi primitifs, que le simple bon sens condamnait. On peut, maintenant, mesurer le degré de précision des essais et trouver, par le calcul, les dispositifs expérimentaux les plus avantageux.

L'interprétation statistique des résultats demande une certaine formation mathématique et l'on tend à la confier à des spécialistes. Cependant, ceux qui ont la charge d'organiser et de conduire les essais doivent nécessairement connaître les ressources que leur offrent ces méthodes, desquelles dépend pour une bonne part le dispositif expérimental. Les ignorer serait s'exposer à poursuivre des expériences longues et coûteuses dans des conditions leur enlevant toute signification.

Ces connaissances s'imposent tout spécialement pour les *essais de rendement* des arbres fruitiers, qui portent sur une matière extrêmement fluctuante, renfermant des causes d'erreur plus fréquentes et plus étendues que dans n'importe quelle autre branche de l'expérimentation agricole. Par une coïncidence malheureuse, cette partie est la plus pauvrement traitée dans les ouvrages spécialisés.

C'est pourquoi il nous a paru utile de résumer à l'usage du personnel chargé de l'expérimentation fruitière et de tous ceux qui, de près ou de loin, s'intéressent à l'accroissement de la production des vergers, les principes directeurs s'inspirant des méthodes mathématiques d'interprétation des résultats. Il s'agissait de transposer, dans le domaine des réalisations, des connaissances théoriques souvent décevantes, car elles nous révèlent les faiblesses de nos conceptions passées et les difficultés qui s'opposent à la réalisation de nos projets.

Nous aboutissons à des conclusions qui permettront de limiter strictement le cadre de l'expérimentation fruitière à ses possibilités réelles, en éliminant tous les travaux dont les conclusions erronées ne pourraient qu'amener confusion et désordre dans les techniques culturales.

# Les essais comparatifs de productivité en culture fruitière



## I. — CONSIDERATIONS GENERALES

Pour donner des résultats inattaquables, les essais comparatifs devraient être effectués dans des conditions d'homogénéité parfaites de matériel végétal et de milieu, le seul facteur variable étant celui dont on désire étudier l'action.

La recherche se rapproche de cet idéal en créant des milieux artificiels de culture. Si ce procédé est facilement applicable aux êtres inférieurs et reste possible pour les plantes annuelles à petit développement, il apparaît plus difficilement réalisable pour les cultures fruitières. Il ne dispenserait pas d'ailleurs des essais comparatifs sur le terrain, faisant l'objet de cette note, qui restent nécessaires pour transposer dans le domaine pratique les résultats obtenus en laboratoire.

L'expérimentation au champ n'opère pas dans des conditions d'homogénéité pleinement satisfaisantes et ne peut se mettre à l'abri de multiples causes de variation. A l'examen, ce défaut apparaît encore plus prononcé pour les arbres fruitiers que pour les plantes annuelles. Nous en donnerons les raisons.

Le calcul statistique des probabilités offre maintenant à l'expérimentateur un excellent moyen de contrôler son travail et de mesurer le degré de confiance qu'il peut avoir dans les résultats. Mais il faut opérer dans des conditions strictement définies que l'arboriculteur a souvent du mal à respecter en raison de l'instabilité des facteurs qui entrent en jeu.

L'un des caractères les plus influencables, qui est en même temps le plus important au point de vue pratique, semble être la productivité. Le poids de la récolte des arbres fruitiers varie considérablement d'un individu à l'autre, d'une situation à l'autre, d'une année à l'autre. Cette instabilité est d'ailleurs extrêmement attrayante pour l'expérimentateur qui cherche précisément à faire varier le poids de la récolte dans un sens avantageux pour le producteur. Mais elle ne va pas sans exercer une influence fâcheuse sur la précision des résultats.

Pour conduire des essais comparatifs de rendements avec une rigueur suffisante, l'arboriculteur se trouve aux prises avec des difficultés certaines. Les principes généraux de l'expérimentation agricole étant connus, nous nous limiterons dans cette note à l'étude de l'expérimentation fruitière dans sa phase qui constitue le trait d'union entre la recherche pure et la vulgarisation.

Nous examinerons successivement : les conditions particulières de l'expérimentation fruitière, la mesure des variations de rendement, l'organisation des essais comparatifs, puis nous tirerons une conclusion en proposant quelques moyens propres à améliorer le degré de confiance que l'on peut accorder à l'expérimentation.

## II. — LES CONDITIONS PARTICULIERES DE L'EXPERIMENTATION FRUITIERE

Pour plus de commodité, nous analyserons séparément les caractères inhérents au milieu, puis ceux qui concernent la plante. Il est évident que milieu et plante forment un complexe dont il est nécessaire de considérer à part la *résultante*.

### a) LE MILIEU PHYSIQUE ET HUMAIN.

Une véritable constellation de facteurs, dont beaucoup sont irrégulièrement répartis, conjuguent leur action pour créer le milieu, aussi les variations de celui-ci sont-elles illimitées, ce qui rend difficile le dégagement de lois générales. On n'a d'ailleurs pas toujours la possibilité de définir le milieu avec une précision suffisante, ce qui rend les transpositions délicates.

On se trouve ainsi dans l'obligation de multiplier les essais dans des conditions écologiques variées afin de déterminer l'influence de chacun des principaux facteurs. On s'attachera, malgré les difficultés que cela présente, à noter et décrire aussi exactement que possible les caractères du milieu, afin de faire donner toute leur signification à des essais coûteux.

En principe, on opère dans les conditions naturelles de la production, en se rapprochant des connaissances que l'on possède sur la faculté d'adaptation des arbres. Cependant, on peut être amené à courir des risques, lorsqu'il s'agit de délimiter l'aire d'adaptation de la culture commerciale de certaines espèces ou variétés peu connues.

Les principaux éléments du milieu physique et humain susceptibles d'exercer une influence sur les résultats expérimentaux sont :

1° les facteurs météorologiques ; 2° le sol ; 3° les méthodes culturales ; 4° le saisonnement ; 5° les causes accidentelles. Nous les passerons successivement en revue.

1° *les facteurs météorologiques.* — En général, ils n'occasionnent que des variations peu sensibles entre parcelles contiguës au cours d'une année agricole, mais font apparaître des différences marquées d'une année à l'autre.

Au point de vue statistique, on peut tenir compte de ces irrégularités dans l'interprétation des résultats par l'analyse de la covariation. L'amplitude des écarts met l'expérimentateur dans l'obligation de prolonger ses essais dans le temps. On ne peut juger définitivement la valeur d'une variété, ou d'une méthode, que lorsqu'elle a subi l'épreuve répétée des caprices de la météorologie.

Nos vergers nord-africains sont particulièrement soumis à un élément fort gênant dans la conduite des essais : le vent. Qu'il s'agisse de cultures non protégées, où les lignes situées du côté des courants aériens les plus fréquents sont handicapées par rapport à leurs voisines situées « sous le vent », ou que l'on ait affaire à des plantations entourées de rideaux brise-vent, où la protection s'estompe à mesure qu'on s'éloigne des abris, tandis que les arbres proches des haies entrent en compétition avec celles-ci, l'irrégularité des rendements est de règle et le dispositif expérimental doit être conçu en fonction du gradient de fertilité déterminé par le vent. L'élimination des productions anormales est obligatoire.

2° *Le sol.* — C'est le facteur le plus préoccupant pour l'expérimentateur, par les variations qu'il présente en des lieux voisins. En culture fruitière, la situation se complique de l'influence du sous-sol, qui peut s'exercer sur une grande profondeur dans certaines cultures sèches.

La complexité de la nature du terrain, de son origine, des traitements qu'il a pu subir, déroute souvent le technicien. Les caractères physiques et chimiques peuvent varier ensemble ou séparément. La pente, même lorsqu'il s'agit de micro-relief, est à considérer. Quand on examine les arbres d'un verger, on ne manque pas d'être frappé des variations sensibles de l'état de prospérité qui accompagnent les changements de la nature du terrain.

On a cherché à remédier à l'hétérogénéité du sol en réduisant la surface des parcelles soumises aux essais. Si cette méthode a donné satisfaction avec les plantes annuelles, nous verrons qu'elle est difficilement applicable en arboriculture.

3° *Les méthodes culturales.* — On peut distinguer les travaux qui s'appliquent à l'ensemble de la plantation et ceux qui sont particuliers à chaque individu.

Parmi les premiers, l'irrigation est assez difficile à uniformiser, la tête des éléments se trouvant plus copieusement arrosée. La fumure bénéficie rarement d'un épandage absolument régulier. Parmi les seconds, la taille doit s'adapter à la conformation, de chaque sujet. Si la pesée des bois abattus permet d'en contrôler individuellement la sévérité, ses irrégularités n'en persistent pas moins. L'éclaircie des fruits ne s'opère pas d'une façon mathématique. La mise en place des arbres elle-même peut avoir été plus ou moins soignée suivant les individus, ceux-ci étant enterrés plus ou moins profondément, etc.

Ainsi, en culture fruitière, l'individu marque l'expérimentation de son empreinte. Il constitue une entité qui diffère de la voisine par les traitements particuliers qu'il réclame pour donner une production maximum. Des soins absolument uniformes ne pourraient qu'accentuer l'hétérogénéité de la récolte ; ils ne se conçoivent d'ailleurs pas pour la taille, l'éclaircie des fruits, etc., mais il faut beaucoup de doigté dans l'application de traitements différents pour ne pas accuser encore davantage la disparité des rendements.

1° *Le saisonnement.* — Il existe un saisonnement annuel qui affecte l'ensemble de la récolte des plantations, et un saisonnement individuel qui n'obéit pas au même rythme. Nous avons vu que le premier phénomène était redevable de l'analyse de la covariance qui en neutralise les effets du point de vue interprétation des résultats. Il relève souvent des conditions météorologiques, plus ou moins favorables à la production et, à cet égard, ne peut être considéré comme spécialement attaché aux cultures fruitières. Quant au second, il tire son origine de l'épuisement des matières de réserve indispensables à un bon départ de la végétation et les variations désordonnées qui le caractérisent échappent à tout contrôle et à toute analyse. Le saisonnement est d'autant plus fréquent que les arbres sont plus âgés, aussi les vieilles plantations ne conviennent-elles guère pour les essais comparatifs de rendement.

On ne peut lutter contre le saisonnement que par des artifices culturaux basés sur une alimentation abondante du végétal en eau et en matières fertilisantes.

C'est dire que les essais en milieu aride ne peuvent guère lui échapper.

5° *Causes accidentelles de variation.* — Les attaques parasitaires, accidents météorologiques, blessures, chutes de fruits, mauvaises her-

bes, les viroses, les carences peuvent affecter différemment les arbres d'un même carré. Enfin, les larcins, qu'on ne peut guère empêcher avec des produits aussi tentants, sont très inégalement répartis.

## b) LA PLANTE.

La nature pérenne des arbres les classe à part dans l'expérimentation agricole : Lenteur d'entrée en production, longévité économique, effets d'inertie dus aux réserves alimentaires, variations génétiques, grand développement de la plante posent des problèmes très particuliers.

Les dispositifs expérimentaux doivent être choisis avec soin car on ne peut songer à les modifier en cours d'expérimentation.

1° *Lenteur d'entrée en production.* L'organisation méthodique des essais comparatifs de rendements nécessite une préparation d'autant plus longue que les premières récoltes présentent des coefficients de variation très élevés. Il faut attendre l'assagissement de la végétation pour obtenir une précision acceptable dans l'interprétation des résultats, ce qui peut demander de 5 à 15 ans après la multiplication.

2° *Longévité économique.* Ce facteur qui ne joue pas pour les plantes annuelles ne peut être incorporé dans certains résultats qu'après un temps fort long. Si l'on compare le comportement du pommier sur franc, sur doucin ou sur paradis, les conclusions définitives ne pourront être tirées qu'en se basant sur la *durée de la production*. On discute de l'influence du mode de multiplication, sexué ou asexué, de l'olivier sur sa longévité. Aucune expérience probante n'a été tentée, car elle demanderait au minimum un siècle ! L'évaluation de la longévité présente un gros intérêt pour les cultures qui nécessitent des investissements importants et dont la durée est relativement courte, comme le Pêcher.

3° *Effets d'inertie.* L'activité végétative de l'arbre varie durant son existence. Elle croît dans le jeune âge, se stabilise, puis décroît ensuite. Des précautions doivent être prises en conséquence pour l'interprétation des résultats. Les réserves alimentaires constituées par la plante obligent très souvent à un allongement de la période d'essais.

On peut, par exemple, à l'aide de l'incision annulaire, augmenter la production sur une ou deux années. Mais on ne saurait se contenter d'enregistrer ces résultats, car l'opération peut avoir des effets dépressifs sur les récoltes suivantes, en raison de la limitation des réserves alimentaires, et se solder finalement par un déficit si elle n'a pas été pratiquée avec toute la modération indispensable.

On découvrirait de même que la taille, la fumure, etc., marquent leurs effets sur plusieurs années.

Il n'est plus possible de séparer nettement les résultats des années culturales, comme on le fait avec les plantes annuelles. Le végétal tire parti de réserves accumulées au cours de l'année précédente et il constitue de nouvelles provisions pour l'année suivante. Dans l'état actuel de nos connaissances, nous ne pouvons mesurer cette activité, qui doit varier d'un individu à l'autre. En conséquence, les essais devront porter sur plusieurs années consécutives. Cela n'est pas absolument spécial aux cultures fruitières, car d'autres raisons, les conditions climatiques, variables d'une année à l'autre, obligent à opérer sur une période assez longue, quelle que soit la plante. En agriculture, ce sont les résultats moyens d'une longue période, une dizaine d'années, qui comptent.

Mais tandis qu'avec les cultures annuelles l'expérimentateur travaille avec un matériel végétal renouvelé chaque année, qu'il peut aisément changer d'emplacement, il se trouve toujours en face des mêmes arbres, sur un même sol, avec des réserves agissant d'une année à l'autre, lorsqu'il aborde les cultures fruitières. L'effet d'accumulation des causes non contrôlées peut devenir gênant.

Les phénomènes d'inertie ne permettent pas de modifier profondément les essais sur un même arbre sans observer des temps morts assez prolongés. Aussi, est-il plus avantageux, dans un établissement d'expérimentation, d'échelonner les essais dans le temps que de les étendre dans l'espace, dans le but d'aller plus vite. Si les résultats sont plus lointains, on peut, en compensation, mener de front un plus grand nombre de recherches.

Toutefois, pour se prémunir contre les effets d'accumulation qui caractérisent un essai isolé, il est indispensable de ménager quelques répétitions dans l'espace, au minimum trois, ce qui améliorera notablement les conditions d'interprétation des résultats.

4° *Variations génétiques.* — Les arbres fruitiers étant souvent multipliés par des méthodes asexuées, il semblerait qu'ils sont ainsi dans une situation privilégiée par rapport aux plantes annuelles. En réalité, l'expérimentateur se trouve presque toujours aux prises avec l'hétérogénéité du poids des récoltes.

En ce qui concerne les porte-greffes issus de semis, les variations s'expliquent d'elles-mêmes, les fécondations croisées qui sont de règle chez les arbres fruitiers engendrent des descendance fort inconstantes. Le prélèvement des semences sur un même arbre ne peut que diminuer dans une faible mesure ces incertitudes génétiques. Il faut



faire exception pour les plants nucellaires des Citrus, qui bénéficient de la même stabilité que la propagation végétative.

Les plants provenant de multiplication asexuée ont une réputation de stabilité que le perfectionnement variétal tend à leur faire perdre, notamment lorsque l'origine génétique est une variation de bourgeon. Les variétés ainsi obtenues, comme l'oranger Washington Navel, par exemple, ont tendance à une certaine instabilité : les mutations relativement fréquentes auxquelles elles donnent naissance obligent à les sélectionner rigoureusement. Mais ce sont ces variétés perfectionnées qui intéressent tout particulièrement l'arboriculture moderne.

D'autre part, des différences très sensibles dans les rendements peuvent avoir comme origine la transmission de *maladies à virus* par bouturage ou greffage (Psorose, par exemple).

Si les arbres se caractérisent par la variation individuelle de leurs rendements, il est heureusement possible de mesurer les récoltes de chacun avec précision. On peut individualiser aisément les sujets soumis aux essais, en marquant les troncs ou en étiquetant les arbres et en les signalant par des lettres et des numéros. Il devient possible d'estimer l'écart type individuel et de calculer le nombre de sujets à soumettre aux essais pour obtenir une précision désirée avec un degré de probabilité déterminé.

5° *Développement de la plante.* — La plupart des arbres fruitiers prennent un grand développement, ce qui se traduit par l'obligation d'opérer sur des surfaces importantes. En dehors des problèmes financiers, qui seront examinés plus loin, ce caractère soulève des difficultés dues à l'hétérogénéité du sol. S'il est nécessaire d'échapper aux *effets de bordure*, la superficie augmente considérablement en raison de l'étendue occupée par les racines. Le nombre des arbres à mettre en œuvre peut être multiplié de 2 à 4, ainsi que le montre la liste suivante :

Nombre d'arbres à mettre en œuvre avec bordure simple pour obtenir

100 arbres soumis aux essais, une ligne par parcelle

(La bordure du tour n'est pas comprise)

Arbres isolés .....	400	Parcelles de 6 arbres...	233
Parcelles de 2 arbres...	300	— 7 arbres...	229
— 3 arbres...	266	— 8 arbres...	225
— 4 arbres...	250	— 9 arbres...	222
— 5 arbres...	240	— 10 arbres...	220

#### c) LE COMPLEXE PLANTE-MILIEU.

Pour des commodités d'exposition, nous avons séparé les influences de la plante de celles du milieu. En réalité l'une ne va pas sans l'autre et, en arboriculture fruitière encore plus que dans les autres branches, il apparaît le plus souvent difficile de séparer l'influence génétique de celle du milieu. Il faudrait, pour cela, étudier le comportement de la descendance dans des situations variées, ce qui demanderait du temps et des moyens qui ne seraient pas toujours en rapport avec l'importance des résultats cherchés. On peut cependant penser que l'influence du végétal est dominante.

Avec les plantes annuelles, il suffit le plus souvent de travailler sur des souches homogènes, que l'on sait bien obtenir à présent, pour que le comportement individuel d'un plant s'estompe au milieu de plusieurs centaines ou plusieurs milliers de ses congénères. Pour échapper à l'hétérogénéité du sol, on recommande de ne pas dépasser une superficie de 10 ares par bloc soit une centaine de milliers d'individus pour les céréales. S'il s'agissait d'oliviers, la même surface ne contiendrait que 10 sujets. Pour les Citrus, on aurait affaire à une vingtaine de pieds. L'action de l'individu reparaît, et l'on se trouve pris dans un dilemme. L'extrême variabilité des récoltes d'un arbre à l'autre oblige à augmenter le nombre des sujets mis en expérience afin d'atténuer l'action individuelle. D'autre part, l'hétérogénéité du milieu oblige l'expérimentateur à réduire la surface des parcelles.

On ne peut donc se mettre à l'abri d'une certaine imprécision des résultats, qui dépassera largement celle dont est frappée l'expérimentation sur plantes annuelles.

#### d) VUES LOINTAINES.

L'expérimentation vise deux buts :

- 1° Amélioration des productions existantes ;
- 2° Amélioration des futures plantations.

Dans un pays comme l'Afrique du Nord, qui doit nécessairement étendre ses cultures dans une large mesure pour nourrir une population en constante voie d'accroissement, l'expérimentateur doit particulièrement se préoccuper de l'avenir.

Les résultats de l'expérimentation fruitière ne sont livrés qu'après de longs délais. Leur transposition dans la pratique, quand il s'agit de nouveaux clones, par exemple, ne répercute ses effets sur le plan

commercial qu'après plusieurs lustres : la Clémentine, découverte en 1902, n'est apparue sur les mercuriales qu'en 1920 et ne fait l'objet d'un commerce important que depuis une quinzaine d'années.

L'avenir est aux clones de grande productivité. Ils élimineront progressivement les individus médiocres qui encombrant encore nos vergers. Aussi l'expérimentation devra-t-elle porter tout particulièrement sur des plants sélectionnés pour leur haute productivité.

Il pourrait paraître plus facile et moins coûteux d'obtenir un accroissement de rendement de 20 kg. par arbre sur des sujets produisant 30 kg. que sur des individus donnant régulièrement 100 kg. de fruits. Au lieu de considérer le résultat partiel de l'expérience, si l'on embrasse l'ensemble de la question économique, on s'aperçoit que le prix de revient du kilog de fruits reste à l'avantage des gros porteurs.

D'ailleurs, les traitements à appliquer à des cultures attardées sont bien connus et leur diffusion relève beaucoup plus de la psychologie que de la technique. L'expérimentation ne doit point perdre son temps à refaire des essais cent fois vérifiés et doit se garder de se substituer à la vulgarisation, quel que soit l'attrait de la facilité.

#### e) PROBLEMES FINANCIERS.

Ils se posent sous un double jour : celui des investissements et celui de la rentabilité.

L'expérimentation fruitière nécessite des capitaux très importants. Le besoin de mettre en œuvre un certain nombre d'individus pour obtenir un degré de précision acceptable entraîne la création de parcelles d'essai d'assez grande surface. Or, un hectare d'agrumes revient actuellement à 1.500.000 francs pour 200 arbres dont une bonne partie seront neutralisés par les bordures pour les essais nécessitant ce dispositif. Avec les bordures de carré, de brise-vent et celles entourant les parcelles d'essai, on peut compter que plus de la moitié des arbres se trouvent éliminés. Le pied soumis à expérience revient alors à 15.000 francs.

Une expérimentation ne se justifie que si les résultats sont rentables et à condition que les chances de les obtenir soient assez élevées. En culture fruitière, il est nécessaire de serrer ces questions de près car le nombre des essais est fatalement limité par l'importance des investissements. Toute tentative qui n'aurait pas un champ d'application suffisamment vaste pour la rendre largement payante doit être

rejetée. En raison de la multiplicité des problèmes que pose notre jeune arboriculture, l'établissement du plan d'expérimentation, classant les besoins par ordre de priorité, s'avère très délicate. On fait intervenir les notions d'économie qui doivent dominer les conditions techniques, dans la mesure où ces dernières ne s'opposent pas à la réalisation des projets.

Il s'agit, en définitive, de trouver un compromis entre la nécessité de mettre en œuvre un nombre d'arbres aussi réduit que possible et celle, non moins impérieuse, d'obtenir un degré acceptable de précision dans les résultats. Il est indispensable, pour cela, de connaître le degré de variabilité de la production des arbres que l'on se propose de soumettre à des essais. Ce degré de variabilité est caractérisé par le *coefficient de variation*.

### III. — ETUDE DES COEFFICIENTS DE VARIATION DE LA PRODUCTION DES ARBRES FRUITIERS

Différents Auteurs ont signalé la grande variabilité individuelle de la production fruitière. JACK et SANDS (cités par MASSIBOT) ont montré que le coefficient de variation  $\frac{(100 \sigma)}{\bar{x}}$  des plantations de cocotiers est de l'ordre de 37 %. RUTGERS (cite par MASSIBOT) a, de son côté, étudié les rendements individuels de 135 palmiers à huile durant 4 années et a trouvé des coefficients de variation compris entre 45 et 59 %. MIGUEL ORTEGO NIETO, dans son « Estudio sobre experimentacion en el olivar », cite, pour 216 arbres, des coefficients de 40,7 en 1937, 36 en 1938, et 40,6 en 1939. A East Malling, les coefficients de variation des pommiers oscillent entre 30 et 40 % pour les arbres greffés sur franc, tandis qu'ils s'abaissent de 15 à 20 % sur les sujets clonaux de la Station. PIERIS et SALGADO donnent, pour 300 cocotiers, un coefficient de 23,96 par parcelle de 3 arbres, soit 41,5 pour l'individu. MONCIÉRO, opérant sur le Dattier, à la Station expérimentale Louis Trabut d'El Arfiame (Sud-Algérien), obtient, sur une moyenne de 2 années, un coefficient de 20,8, soit 29,4 pour une année. Les dattiers Degla contrôlés par WERTHEIMER à la Station d'Aïn ben Noui, près de Biskra, ont un coefficient plus élevé : 41,3 % (Tableau I).

**TABLEAU I**

*Coefficients individuels de variation de différentes espèces fruitières*

AUTEURS	PAYS	ESPECES	COEFFICIENT DE VARIATION %
Jack et Sands.		Cocotier.	37
Rutgers.		Palmier à huile.	45 à 59
Ortego Nieto.	Espagne.	Olivier.	36 à 40,7
Station expérimentale.	East Malling.	Pommier.	15 à 40
Pieris et Salgado.		Cocotier.	23,1
Monciéro.	Algérie.	Dattier.	20,8
Wertheimer.	Algérie.	Dattier.	41,3
Station expérimentale.	Boufarik.	Agrumes.	36,1 à 45,7

Ces chiffres montrent l'amplitude des variations individuelles de la production et l'impossibilité, qui en découle, d'opérer sur des arbres isolés. On doit donc former des groupes aussi homogènes que possible, comparables entre eux. Mais on sait que chaque sujet occupe une surface relativement grande et coûte cher à établir. Pour réaliser un compromis entre ces deux exigences opposées, on est amené à calculer le nombre minimum d'individus par parcelle à soumettre aux essais pour obtenir un degré de précision acceptable.

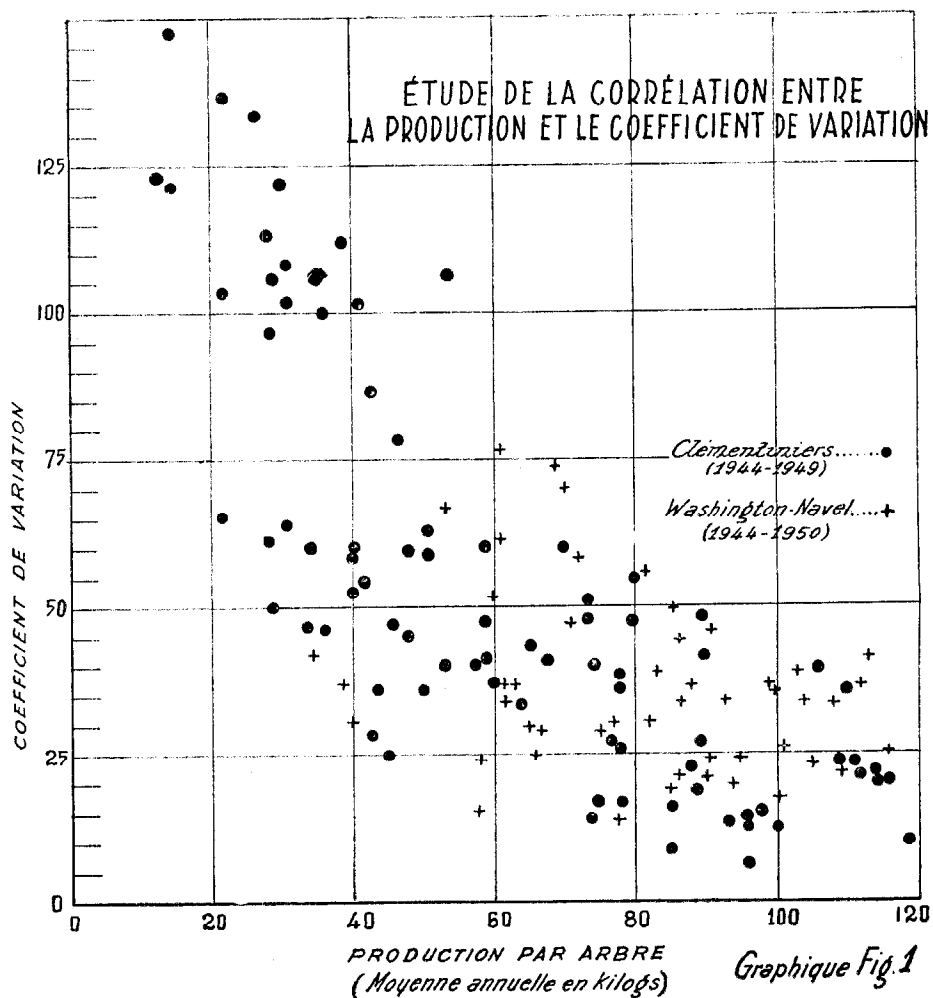
On admet couramment que, pour se trouver dans des conditions expérimentales acceptables, le coefficient de variation ne doit pas dépasser 10 à 15 %. Ce sont ces normes que nous nous fixerons pour les rendements des arbres fruitiers, avec une probabilité de 0,05.

Avec le concours de M. BLONDEL, Chef de la Station expérimentale d'Arboriculture de Boufarik, de ses adjoints, MM. CHAUX et CASSIN, et du personnel de l'Établissement, les récoltes individuelles des arbres de la Station ont été pesées chaque année depuis 1944, ce qui a permis de calculer les coefficients de variation des arbres et des parcelles.

**a) COEFFICIENTS DE VARIATION DE CHAQUE ARBRE  
AU COURS DE 5 ANNEES.**

Il faut s'attendre à ce que chaque arbre pris isolément manifeste un coefficient de variation élevé au cours de plusieurs années, en raison du saisonnement qui est de règle en culture fruitière.

Dans une parcelle de 84 Clémentiniers sur Bigaradier plantés en 1928, espèce bien connue pour les caprices de sa production, mais qui se montre relativement régulière à la Station de Boufarik, les coefficients de variation par arbre des récoltes de 1914 à 1948 s'échelonnent de 6 à 148 %, avec une moyenne de 53,6 %.



On constate une certaine corrélation entre le poids de la récolte et sa variation : ce sont les gros porteurs qui se montrent les plus réguliers (graphique de la Figure 1). Dans le carré de Clémentiniers, 12 arbres atteignent des coefficients de variation dépassant 100 %, leur production individuelle moyenne n'est que de 30 kg. de fruits contre près de 60 kg. pour l'ensemble de la parcelle.

Une autre parcelle, composée de 56 Orangers Washington Navel sur Bigaradier plantés en 1928, a été suivie de 1944 à 1950. Les calculs

de variation de chaque arbre portent sur 6 ans : 1944 à 1949. Les coefficients de variation sont plus resserrés que pour l'exemple précédent : ils vont de 14,63 à 77,1 avec une moyenne de 32 %. (Les individus infertiles ont été éliminés). La moyenne des 6 années donne une récolte annuelle de 73 kg. 450 par pied.

#### b) COEFFICIENTS DE VARIATION ENTRE LES ARBRES.

Ce test est particulièrement intéressant dans les essais comparatifs qui nécessitent un matériel expérimental homogène.

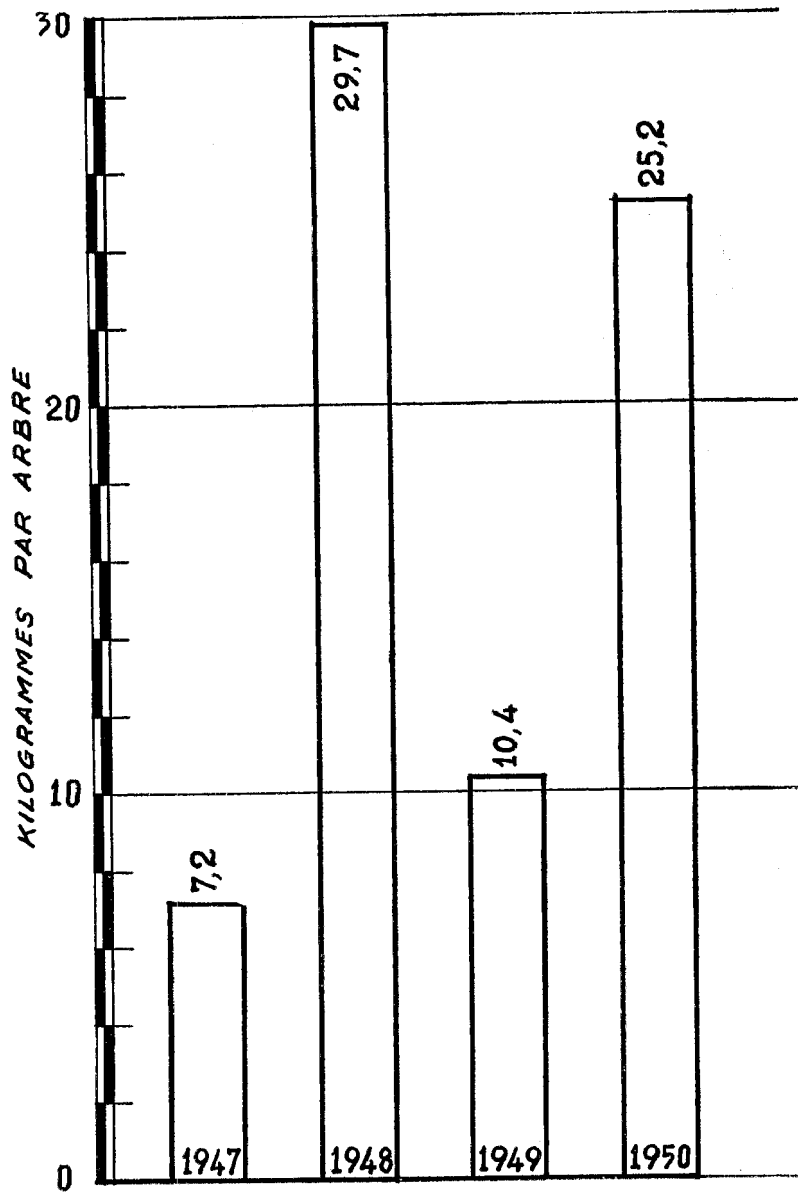
Les calculs statistiques, établis pour les parcelles de Clémentinier et d'Oranger Washington Navel, ont donné des résultats portés au Tableau II.

TABLEAU II

*Récoltes et coefficients individuels de variation*

ANNEES	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	Moyenne
CLEMENTINIER								
Récolte moyenne par arbre en kg . . . . .	61,60	79,44	62,54	46,95	76,00	31,34	72,56	61,49
Coefficient de variation . . .	52,6	40,5	48,3	55,5	38,5	36,5	47,8	45,7
ORANGER WASHINGTON NAVEL								
Récolte moyenne par arbre en kg . . . . .	123,00	68,00	78,60	78,57	86,37	52,84	59,34	78,14
Coefficient de variation . . .	27,8	27,0	28,5	38,0	36,6	40,	54,8	36,1

Si l'on s'en réfère aux chiffres de ce tableau, l'importance de la récolte d'une année ne paraît pas être en relation avec le coefficient de variation, et il semble indifférent du point de vue statistique, de faire porter les essais sur une année de forte production ou sur une année creuse. On rencontre des coefficients élevés, pour le Clémentinier, aussi bien en année déficitaire (1947 : 55,5), qu'en année de grosse productivité (1950 : 47,8), tandis que les coefficients bas portent aussi bien sur la récolte exceptionnelle de 1948 : 38,5, que sur la plus faible de toutes (1949 : 36,5). Les trois années de plus grosse production ont un coefficient moyen de 42,3, tandis que pour les trois années



### RÉCOLTES DE PAGANES

A LA STATION EXPÉRIMENTALE D'ARBORICULTURE  
DE BOUFARIK

Âge des sujets : 20 ans en 1950

*Les poids sont exprimés en kilogrammes par arbre.*



de faible production, le coefficient est 48,2, chiffre assez voisin du précédent.

Le coefficient de variation de la parcelle Washington Navel s'aggrave régulièrement par suite des manifestations d'une attaque de psorose qui rend finalement les arbres impropres à l'expérimentation.

Pour les Clémentiniers, la moyenne générale des coefficients de variation *entre années* a été évaluée plus haut à 53,6 %, tandis qu'entre les arbres, pour une même année, la moyenne s'abaisse à 45,7 % (tableau II).

L'effet des années (*action du temps*) a donc été supérieur à la différence entre arbres voisins, pour une même année (*action de l'espace*). Les conditions météorologiques ont manifesté une influence un peu plus active que celle du complexe plante-sol, ce qui n'est pas fait pour surprendre les arboriculteurs, qui connaissent bien les variations notables de la production dues au *saisonnement annuel* (Graphique Fig. I bis).

De tous ces chiffres, qui mettent en relief la variabilité extrême des récoltes fruitières, nous pouvons déduire quelques indications générales utiles pour la conduite des essais.

Tout d'abord, il faut s'efforcer de réduire les écarts individuels par un choix éclairé du milieu et des plants. Mais ce choix est souvent limité. Deux moyens permettent de tourner la difficulté : On augmente le nombre d'arbres soumis aux essais, et la précision de l'expérience se trouve ainsi améliorée théoriquement en fonction de la racine carrée de ce nombre (1). On choisit ensuite un dispositif expérimental approprié.

#### IV. — L'ORGANISATION DES ESSAIS COMPARATIFS

##### a) CHOIX DU MILIEU.

Les sondages destinés à étudier le sol devront porter sur une profondeur en rapport avec la puissance d'enracinement des arbres. Il ne suffit pas que la surface soit d'aspect uniforme, le sous-sol doit présenter la même homogénéité. En culture sèche, la reconnaissance du terrain peut aller, pour l'Olivier, l'Amandier, le Figuier, de 2 m. en zone à pluviométrie supérieure à 500 m/m, à 5 et 6 mètres sous climat aride. L'un des grands mérites des pédologues est d'avoir rappelé aux agriculteurs l'influence de la composition du sous-sol. Les

---

(1) Sauf augmentation de l'hétérogénéité du sol.

techniciens de l'expérimentation fruitière ne doivent pas manquer de faire appel à la nouvelle science du sol avant de décider de l'emplacement de leurs parcelles d'essais.

## b) CHOIX DU MATERIEL VEGETAL.

L'expérimentation de l'avenir opérera sur des plants uniformisés : les semences, boutures ou greffons seront, pour le sujet comme pour l'espèce exploitée, prélevées sur un nombre d'arbres aussi réduits que possible et sélectionnés comme représentant bien le type à essayer. Les porteurs de mutation seront soigneusement éliminés. Cette méthode implique de très longs délais, mais elle est susceptible d'améliorer la précision des résultats et fera réaliser des économies.

Actuellement, le cas le plus fréquent concerne des essais effectués sur des parcelles dont on connaît insuffisamment l'origine. Les résultats seraient décevants si l'on n'étudiait pas au préalable les sujets qui sont destinés à l'expérimentation.

Il suffit de considérer les plans sur lesquels la production individuelle des arbres de la Station de Boufarik est enregistrée pour se rendre compte de l'hétérogénéité de la production (Fig. 2 à 14). Ce n'est qu'en rassemblant un certain nombre de rendements dont les variations se compensent plus ou moins, que l'on peut prétendre atteindre une précision acceptable.

En fonction des renseignements que nous possédions sur les récoltes individuelles portant sur 7 années, il était intéressant d'effectuer des tests d'homogénéité, sortes d'essais à blanc tentés dans le but d'estimer le degré de précision qu'il est possible d'atteindre, malgré l'instabilité de la matière à traiter.

*Distribution des rendements.* — Les graphiques fig. 15 et 16 représentent la distribution des rendements dans les parcelles de Clémentinier et d'Oranger Washington Navel. On y a rassemblé tous les résultats du poids annuel des récoltes par arbre pour la période 1944 à 1950, afin de grouper un nombre suffisant de mesures.

Le trait le plus frappant de ces courbes est représenté par le nombre anormal des faibles producteurs, qui introduit un élément de perturbation dans le calcul des probabilités. Ce sont les sujets complètement infertiles qui provoquent cette anomalie, aussi a-t-on intérêt à les éliminer. On doit s'efforcer de constituer des parcelles exemptes d'arbres infertiles, ceux-ci devant toujours être traités à part.

## POIDS DE LA RECOLTE PAR ARBRE

*en kilogrammes de fruits dans le carré des Clémentiniers  
de la Station Expérimentale d'Arboriculture de Boufarik*

Année 1944 (Fig. 2)

37	43	47	45	10	47	45	42	42	15	37	30	15	14
79	52	84	74	45	31	75	78	70	95	45	91	28	5
75	80	43	40	72	76	95	90	18	30	100	105	30	21
70	75	45	70	68	72	81	45	97	65	70	48	45	15
90	92	75	70	45	105	82	105	55	66	0	106	80	40
70	110	102	48	95	110	25	95	30	0	60	102	95	8

Année 1945 (Fig. 3)

60	20	70	66	53	70	43	110	132	99	66	70	49	60
90	28	100	66	80	99	110	60	114	132	99	115	75	30
20	50	35	30	60	80	66	110	76	86	120	82	110	30
34	95	42	55	80	100	120	100	130	125	130	85	80	25
66	35	32	85	55	89	115	130	126	135	8	140	86	80
0	15	66	49	66	130	15	140	130	0	10	100	80	65

Année 1946 (Fig. 4)

56	52	54	27	11	55	72	80	69	28	29	36	47	43
94	7,5	93	8	33	61	73	86	83	127	64	50	56	40
10	5	35	5	53	72	108	102	80	68	100	84	63	31
38	25	31	32	90	88	95	68	117	68	110	35	48	42
15	45	36	99	60	110	110	118	40	79	2	95	102	78
0	80	4	75	115	110	3	125	60	0	43	130	95	45

Année 1947 (Fig. 5)

39	24	56	4	1,5	13	66	46	53	25	78	19	53	25
75	0	98	0	0	4	55	31	72	70	50	47	12	24
0	0,5	5	0	25	49	78	83	70	86	75	56	21	26
30	3	19	1	70	60	89	85	94	110	107	42	30	39
18	9	1	77	55	79	83	110	58	108	12	88	109	28
4	46	9	22	37	91	39	172	128	133	117	78	29	23

Année 1948 (Fig. 6)

35	43	117	0	0	17	28	94	108	104	140	88	76	69
86	1	105	1	0	22	35	46	102	121	128	86	87	59
6	0	29	3	22	107	98	117	122	144	135	120	92	60
50	6	3	0	63	79	106	76	138	164	139	85	93	59
64	1	1	101	104	101	91	132	122	165	40	142	87	64
69	37	15	70	77	149	34	184	97	0	42	143	90	60

Moyenne des années 1944 à 1948 (Fig. 7)

45	42	69	20	15	40	51	74	80	54	70	43	43	40
85	10	96	30	31	43	65	60	88	109	73	73	51	31
22	27	29	15	46	77	89	100	73	77	112	69	63	33
44	41	28	31	74	79	98	75	115	106	111	59	59	36
51	36	29	86	64	96	96	119	80	110	12	114	93	58
28	47	39	53	78	116	22	143	89	26	34	90	78	40

POIDS DE LA RECOLTE PAR ARBRE

*en kilogrammes de fruits*  
*dans le carré des Orangers Washington Navel*  
*de la Station Expérimentale d'Arboriculture de Boufarik*

Année 1944 (Fig. 8)

90	120	95	130	0	80	90	150	100	120	95	60	90
160	165	150	65	60	155	135	120	138	145	150	110	120
40	150	145	95	160	0	155	152	168	150	120	165	163
130	92	68	90	92	95	170	128	100	172	170	145	120

Année 1945 (Fig. 9)

66	33	70	84	0	56	80	102	98	84	86	80	56
86	50	52	45	28	84	58	69	58	80	90	88	75
58	56	35	30	56	0	60	58	76	70	84	80	0
40	66	56	50	60	58	90	85	95	96	76	70	75

Année 1946 (Fig. 10)

54	44	75	113	3	81	87	110	98	96	88	75	72
54	50	77	46	24	90	48	75	101	77	102	90	91
45	75	43	65	109	0	75	95	105	104	54	68	70
61	76	62	75	78	75	115	102	121	105	72	70	82

Année 1947 (Fig. 11)

50	30	91	118	3	110	103	109	126	80	141	83	95
92	70	89	46	34	79	65	75	108	75	112	130	161
35	84	47	60	110	2	42	74	81	77	46	106	75
72	58	52	52	36	70	132	83	98	107	87	73	72

Année 1948 (Fig. 12)

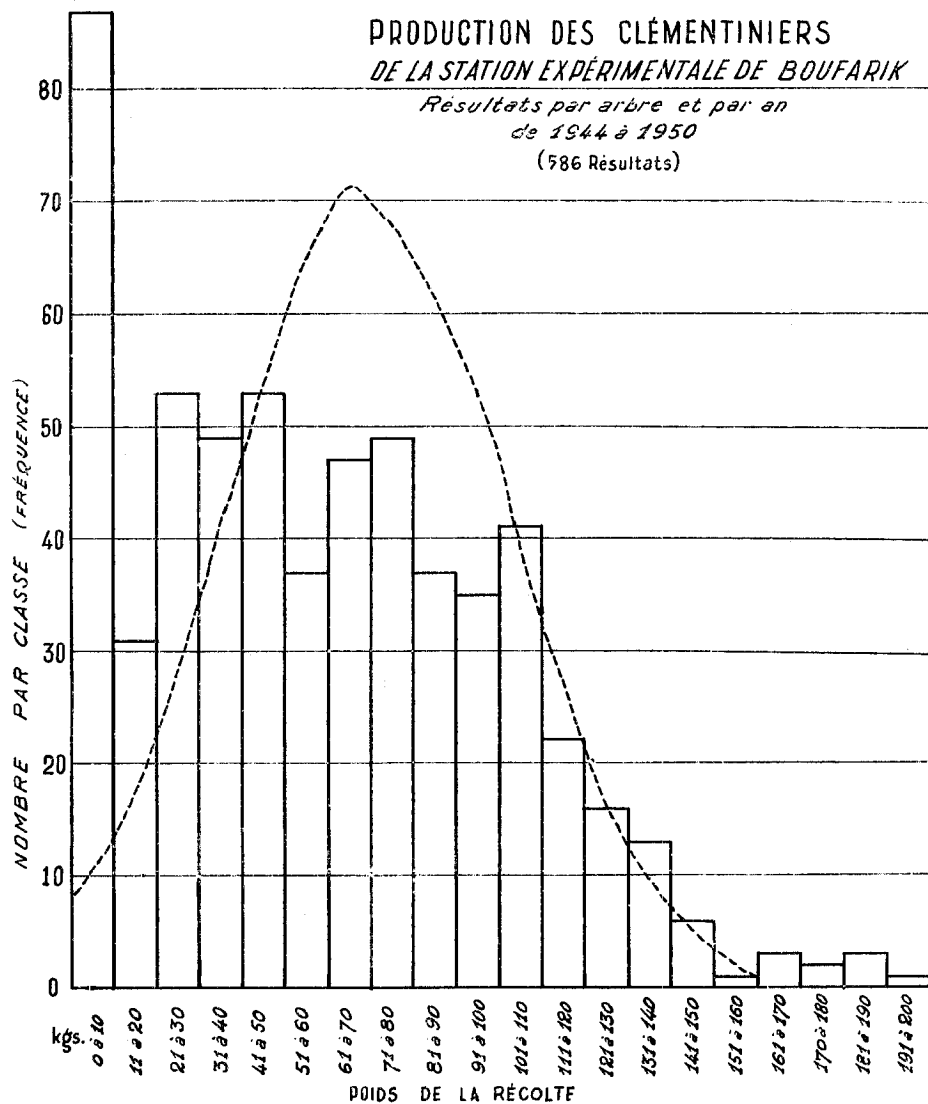
89	59	116	164	12	89	109	116	110	96	130	95	96
110	68	92	77	41	86	66	130	74	80	124	89	81
41	54	40	72	124	3	62	96	120	93	56	107	78
146	34	65	71	69	54	120	88	138	158	110	90	97

Année 1949 (Fig. 13)

505	35	77	87	13	45	56	68	73	62	90	76	45
465	11	77	67	21	22	15	61	64	63	75	63	40
14	1	8	53	59	4	38	44	76	66	27	71	56
35	64	44	57	36	25	46	81	50	41	83	56	46

Moyenne des années 1944 à 1949 (Fig. 14)

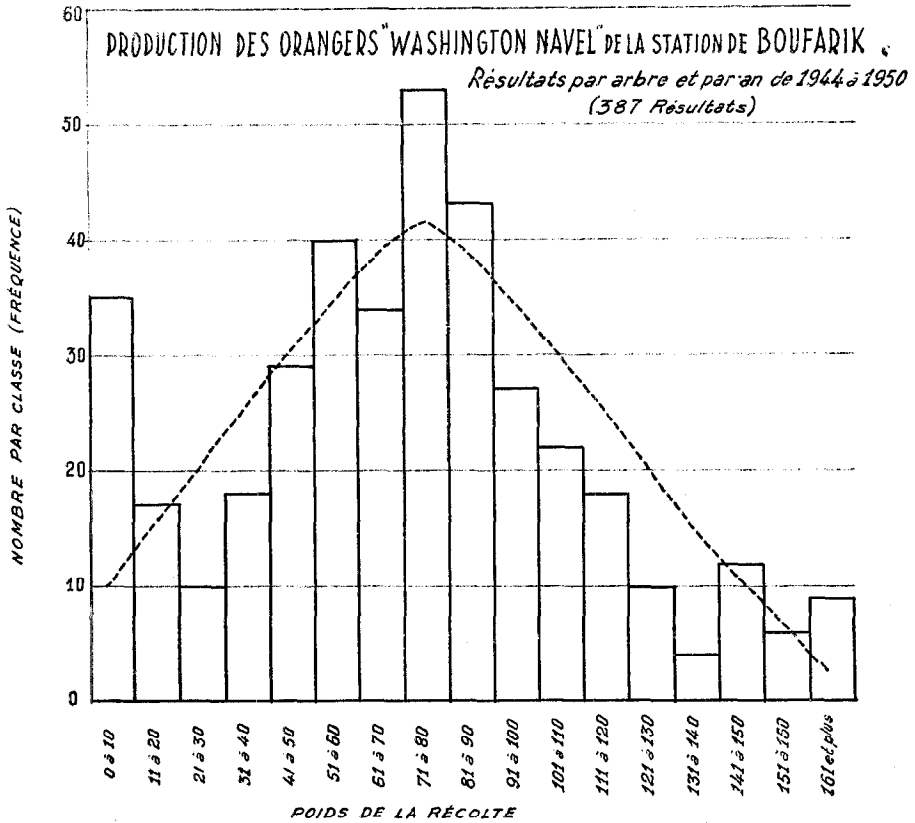
68,58	53,5	86,16	116	5,16	76,83	87,5	109,16	100,83	89,66	105	78,16	75,66
91,4	69	88,33	57,66	34,66	86	64,76	71,66	90,5	87	101	95	78
38,83	70	61,33	62,5	103	1,5	72	86,5	104,33	93,33	64,5	99,5	73,66
80,66	65	57,83	65,83	61,3	62,83	112,16	94,50	108,66	113,16	99,66	83,66	82



EN COLONNES: FRÉQUENCES OBSERVÉES  
 EN POINTILLÉ: FRÉQUENCES CALCULÉES

Fig. 15

On constate que certains arbres se montrent régulièrement très productifs au cours des 7 années, tandis que d'autres se montrent constamment de médiocres porteurs. Une corrélation s'observe entre rendements et écarts-types (graphique fig. I). D'où l'idée de tenir compte du potentiel individuel de productivité des arbres pour l'interprétation des résultats.



EN COLONNES : FRÉQUENCES OBSERVÉES  
EN POINTILLÉ : FRÉQUENCES CALCULÉES

Graphique Fig.16

*Potentiel de productivité.* — Quel degré de confiance peut-on accorder à la transposition des résultats des essais à blanc effectués avant l'expérimentation ? Le potentiel de productivité d'un arbre se maintient-il suffisamment constant pour qu'on puisse en tenir compte dans les comparaisons futures ? Pour répondre à ces questions, nous avons comparé quelques lots de 5 élémentiniers en prenant comme base les moyennes de rendement de 1944 à 1948. Les récoltes 1949 (année de faible production) et 1950 (forts rendements) font apparaître des discordances assez prononcées (tableau III).



TABLEAU III

Comparaison de lots de 5 clémentiniers d'après leur productivité

DESIGNATION DES LOTS	POIDS DE LA RECOLTE annuelle par arbre			DIFFERENCE % entre les lots par rapport au premier		
	1944-1948	1949	1950	1944-1948	1949	1950
A ( 1 <sup>er</sup> lot.....	84,44	47,2	85,6			
( 2 <sup>e</sup> lot.....	94,88	56,4	88,4	+ 12,4	+ 19,5	+ 3,3
B ( 1 <sup>er</sup> lot.....	46,52	5,6	41,8			
( 2 <sup>e</sup> lot.....	65,64	21,6	42,4	+ 39,7	+ 286,0	+ 1,4
C ( 1 <sup>er</sup> lot.....	90,36	54,2	92,6			
( 2 <sup>e</sup> lot.....	90,20	48,2	111,0	0,2	11,1	+ 19,9
D ( 1 <sup>er</sup> lot.....	32,16	8,4	30,2			
( 2 <sup>e</sup> lot.....	31,84	6,8	21,8	1,0	19,1	27,8
E ( 1 <sup>er</sup> lot.....	105,48	61,4	90,4			
( 2 <sup>e</sup> lot.....	105,48	45,8	114,4	+ 0,9	25,4	+ 26,6

A et B. — Arbres de chaque lot contigus, pris au hasard par tirage au sort du premier numéro.

C. — Arbres contigus choisis en raison de l'égalité de leurs récoltes par lot. — Forte productivité.

D. — Arbres dispersés choisis en raison de l'égalité de leurs récoltes par lot. — Faible productivité.

E. — Arbres dispersés choisis en fonction de l'égalité de leurs récoltes par lot et leur faible coefficient de variation individuel.

Ces aberrations ne doivent pas surprendre. Si le potentiel de productivité était un facteur stable, la sélection clonale ne présenterait pas de grandes difficultés. Et l'on sait que la recherche de clones gros producteurs est loin d'être facile.

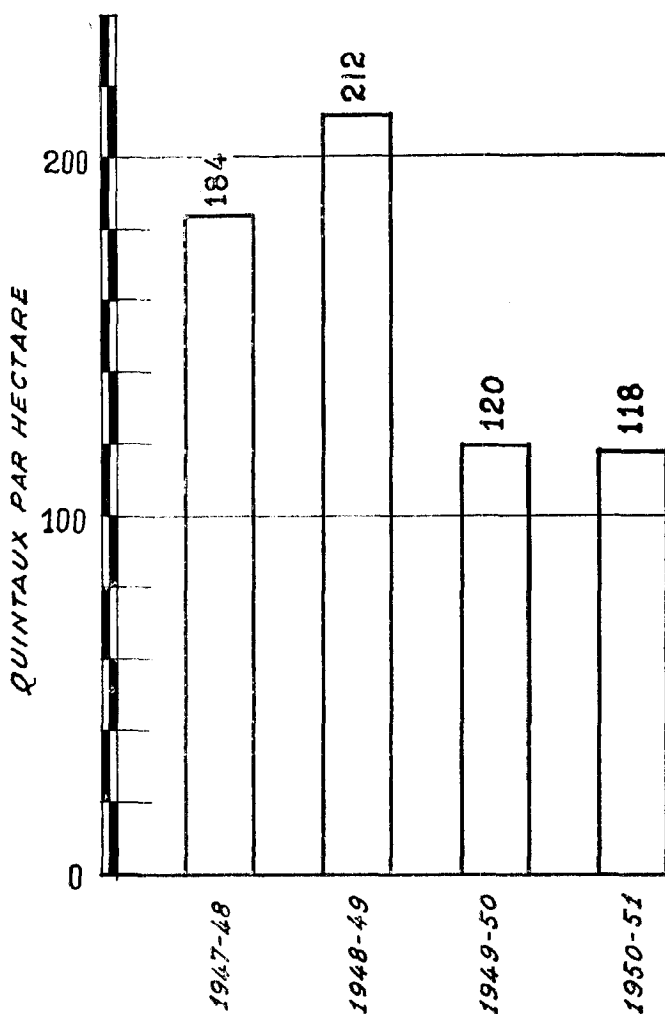
Afin de préciser l'ampleur de ces écarts, nous avons répété ces calculs arbre par arbre, pour les parcelles entières de Clémentinier et d'Oranger Washington Navel, en prenant comme termes de comparaison les moyennes annuelles des récoltes 1944-1948 d'une part et 1949-50 d'autre part. Nous avons établi, pour chaque arbre, le rapport :

Production moyenne 1949 et 1950

Production moyenne de 1944 à 1948

Les résultats globaux sont les suivants :

	Moyennes individuelles	Coefficients de variation
Clémentiniers .....	0,733	57,7
Orangers Washington Navel .....	0,664	30,8



### RENDEMENTS

*du carré des Orangers Washington Navel  
de la Station Expérimentale d'Arboriculture  
de BOUFARIK*

*Nombre d'arbres : 52*

*Âge des arbres en 1950-51 : 19 ans*

*Distances de plantation : 7<sup>m</sup> x 6<sup>m</sup>*

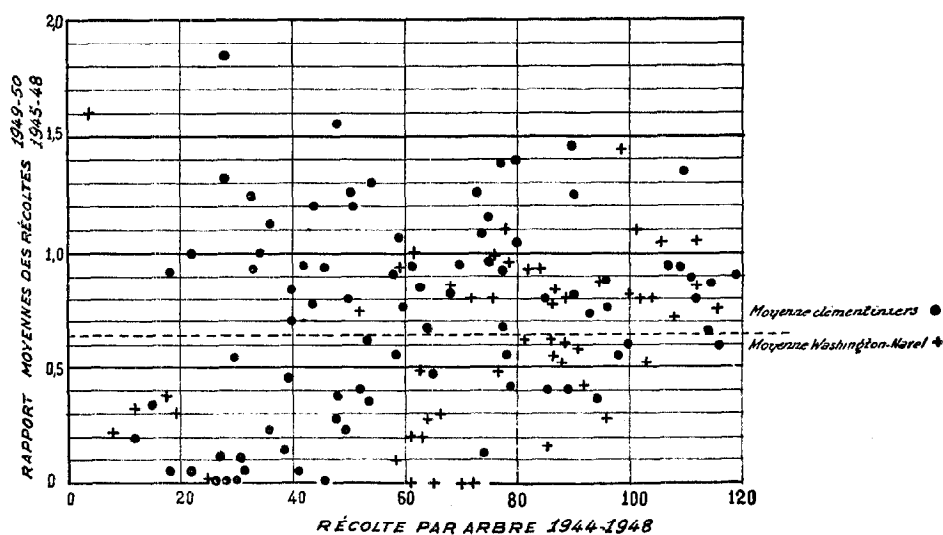
*Les rendements portés sur le graphique sont exprimés  
en quintaux par hectare*

*La baisse des années 1949-1950 et 1950-1951 résulte d'une forte attaque de psorose en voie de guérison en 1951, et de dégâts répétés dus à l'Anthracnose, qui ont cessé en 1950-51*

Récolte 1950  
 Le rapport  $\frac{\text{Récolte 1950}}{\text{Récolte moyenne 14-18}}$  s'établit en moyenne, pour Washington Navel à 0,695 avec un coefficient de variation de 33,3.

Dans tous ces calculs, les arbres infertiles ont été éliminés.

On remarque une corrélation, assez faible d'ailleurs, entre l'importance des rendements et le coefficient de variation annuelle. Ce sont les arbres les plus chargés en fruits qui s'écartent le moins de la moyenne. Les faibles porteurs voient les valeurs de leurs coefficients de variation s'éparpiller de chaque côté de l'axe de la moyenne (graphique fig. 17). Il y a un intérêt évident à éliminer les arbres infertiles.



ÉTUDE DE LA VARIATION DES DÉCOLTES DANS LE TEMPS *Graphique Fig.17*  
 CORRÉLATION ENTRE LA PRODUCTIVITÉ ET LA STABILITÉ

En rassemblant les 23 plus gros porteurs du carré de Clémentiniers, on arrive à abaisser le coefficient de variation à 35 % (au lieu de 57,7), pour une moyenne des rapports de 0,807.

Ces écarts sont cependant trop considérables pour qu'il soit possible de tenir aveuglément compte du potentiel individuel des arbres dans l'interprétation des résultats. Certes, l'analyse de la covariation peut apporter un concours intéressant en chiffrant l'action des différences initiales des arbres, ce qui permet de ne pas attribuer aux traitements une influence due au potentiel de productivité. Mais une certaine part d'erreur subsiste dans ces calculs.

On a constaté que les essais préalables ayant pour but de déterminer le gradient de fertilité du sol ne sont pas d'une grande utilité pour les plantes annuelles lorsque le terrain d'expérience est convenable. Le degré de confiance que l'on peut accorder aux essais à blanc sur arbres fruitiers pour l'interprétation des résultats n'est pas beaucoup plus élevé. Cependant, on ne doit pas les négliger dans le choix des parcelles d'expérience car ils permettent d'éliminer les erreurs grossières et de réduire ainsi le nombre des sujets à mettre en œuvre, ce qui présente un intérêt certain en arboriculture.

Lorsqu'il n'est pas possible d'évaluer individuellement le poids des récoltes, *on donnera généralement la préférence aux vergers à gros rendements globaux, qui présentent le plus de chances d'avoir une production uniforme.*

Le cas peut cependant se rencontrer de recherches en vue de l'amélioration de la productivité des arbres peu fertiles, qui offrent un certain intérêt en raison de l'ampleur des marges qu'elles recèlent. On peut alors se contenter d'un faible degré de précision.

#### c) NOMBRE D'ARBRES A METTRE EN EXPERIENCE.

Les rendements fruitiers sont trop variables pour que l'on puisse fonder des essais sur des résultats isolés. On estime que le coefficient de variation des parcelles à comparer ne devrait pas être supérieur à 10-15 %.

Il est facile de calculer, en partant des coefficients de variation individuels indiqués plus haut, le nombre des arbres nécessaires pour ramener cette donnée à 10 ou 15 %, le degré de précision étant proportionnel à la racine carrée du nombre de sujets (tableau IV).

TABLEAU IV  
*Nombre d'arbres à mettre en expérience pour obtenir une précision donnée*

COEFFICIENTS DE VARIATION INDIVIDUELS	COEFFICIENT DE VARIATION A OBTENIR	
	15 %	10 %
25	3	6
30	4	9
35	5,5	12
40	7	16
45	9	20
50	11	25
55	14	30

En dehors du nombre d'arbres en expérience intervient un autre facteur que nous allons examiner : leur disposition.

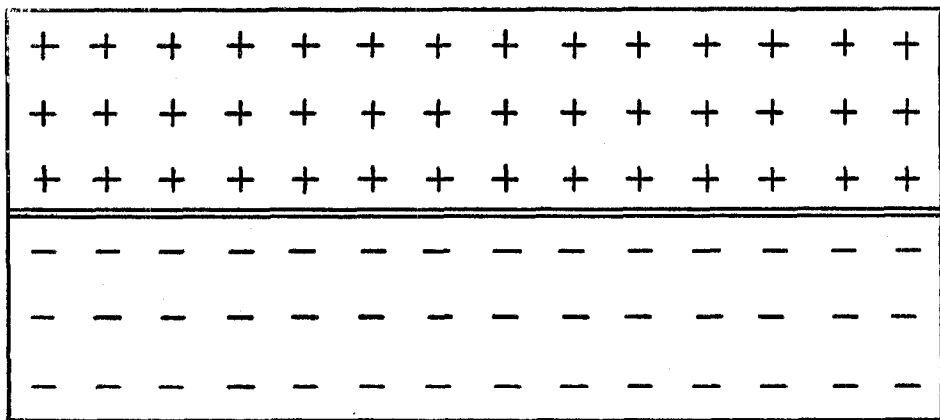
#### d) DISPOSITIF EXPERIMENTAL.

Les essais à blanc vont permettre d'avoir une idée du dispositif qui conviendrait le mieux à la parcelle de Clémentiniers. On testera les méthodes d'appariement, des bloes et du carré latin.

*Appariement.* - Pour que cette méthode présente des avantages, il serait nécessaire de pouvoir constituer des couples semblables, avec une bonne corrélation positive des résultats.

Les différentes combinaisons que l'on veut réaliser montrent que ce groupement n'est guère possible. La variation désordonnée des rendements explique le peu d'intérêt qui s'attache au système de l'appariement.

On peut cependant comparer deux lots en les considérant comme indépendants pour la comparaison des moyennes. Ce procédé n'est pas très précis et oblige à travailler sur un nombre d'arbres relativement élevé (fig. 18 et tableau V).



*Arbres groupés dans le sens de la longueur  
de la parcelle. Carré entier*

*Fig. 18*

*Plus petite différence significative % = 20,3*

*Différence % entre les rendements : 17,6*

TABLEAU V

*Comparaisons de deux lots de Clémentiniers*  
*Essais à blanc sur 5 années*  
 (Analyse de la variation totale)

FIGURES	PARTIE EN EXPERIENCE	NOMBRE d'arbres par série	DIFFERENCE pour cent (a) entre les deux récoltes	PLUS PETITE DIFFERENCE significative pour cent (a)	PAPPORT  (4)/(5)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
18	Arbres groupés, carré entier	42	17,6	20,3	0,86
19	Arbres éparpillés, carré ent.	42	7,62	20,66	0,36
20	Moitié de carré, en long A	21	1,38	27,81	0,15
20	Moitié de carré, en long B	21	10,3	29,4	0,35
21	Arbres isolés avec bordures	9	23,42	42,69	0,54

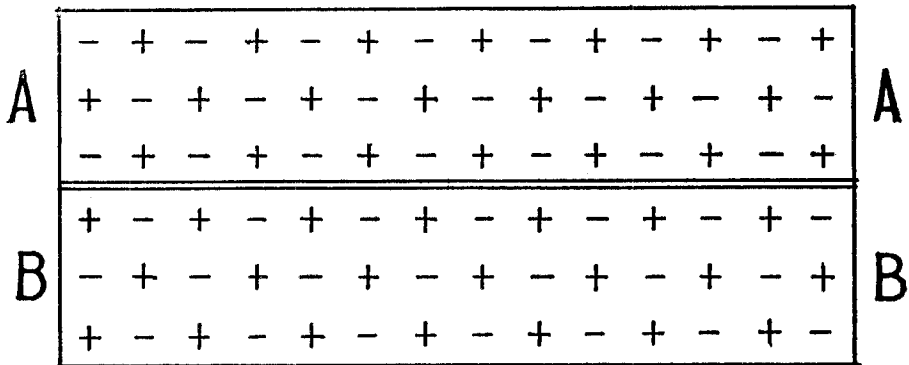
(a) de la moyenne des deux parcelles. — (5) indique le degré de précision.  
 (6) indique si les parcelles sont comparables  
 >1= non comparables. <1= présumé comparable.

Pour obtenir des lots traité et témoin aussi semblables que possible, on peut former un mélange homogène en prenant alternativement un arbre traité, un arbre témoin. Les résultats obtenus sur le carré de clémentiniers de Boufarik sont assez satisfaisants, même lorsqu'on ne considère que la moitié de la parcelle (tableau V et fig. 19 à 20).

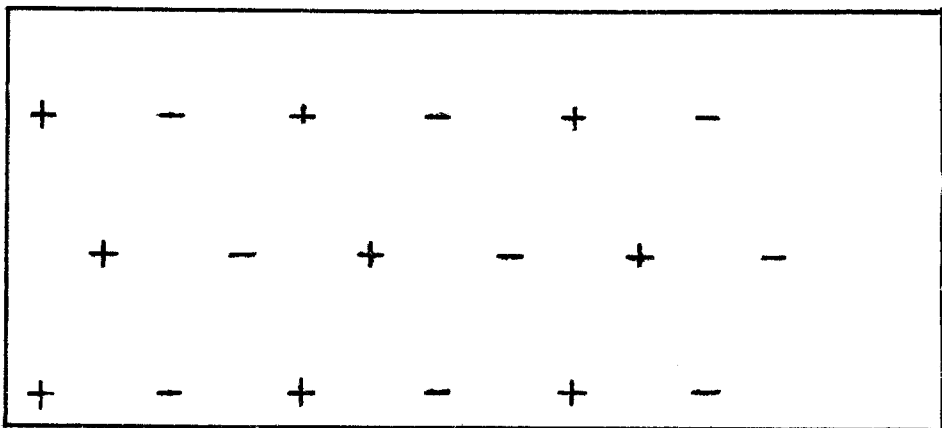
-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-

*Arbres éparpillés. Carré entier*  
*Plus petite différence significative % = 20,66*  
*Différence % entre les récoltes = 7,62*

*Fig. 19*



*Arbres éparpillés. Demi-carrés en long. Fig. 20*  
*Plus petites différences significatives % A = 27.81 B = 29.4*  
*Différences % entre les récoltes A = 4.38 B = 10.3*



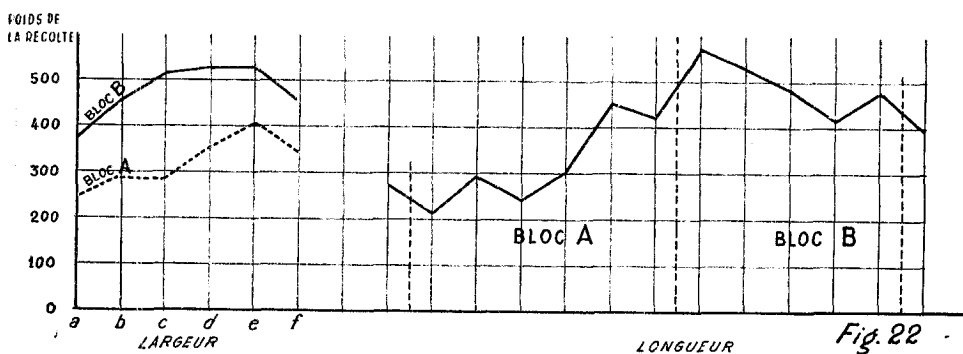
*Arbres éparpillés avec bordures. Carré entier. Fig. 21*  
*Plus petite différence significative % : 42,69*  
*Différence % entre les récoltes : 23,42*

La précision tombe très rapidement lorsque le nombre des arbres est restreint (fig. 21).

L'éparpillement des arbres traités peut devenir très gênant pour certains essais utilisant des moyens mécaniques. Le nombre des sujets prenant une part active aux essais diminue considérablement lorsqu'on doit se garder des effets de bordure (fumure) (Cas 21). Par contre, certaines pratiques comme la taille, l'incision annulaire, se prêtent bien à ce dispositif.

Pour apparier réellement les lots par couples analogues, on pourrait songer à grouper les arbres d'après leur potentiel de productivité en supposant qu'il se maintienne. Mais nous avons déjà mis en évidence la fragilité de cette hypothèse.

*Méthode des blocs.* — C'est le procédé expérimental de choix pour les plantes pérennes, mais il importe de travailler sur des populations homogènes et de rechercher les dispositifs susceptibles de réduire l'erreur expérimentale. Celle-ci sera d'autant plus faible que l'homogénéité à l'intérieur de chaque bloc sera plus parfaite. On cherche à vérifier cette uniformité au moyen « d'essais à blanc ». S'il existait un gradient de fertilité convenablement orienté, on pourrait éviter ses effets défavorables en dirigeant la grande longueur des parcelles dans le même sens (fig. 22 et 23).



#### DÉTERMINATION DES GRADIENTS DE FERTILITÉ

*Les gradients de fertilité sont plus prononcés dans le sens de la longueur pour le bloc A et égaux pour le bloc B.*

*Les parcelles des blocs seront donc orientées dans ce sens*

BLOC "A" : Largeur : de 246 à 407  
Longueur : de 210 à 450

BLOC "B" : Largeur : de 374 à 528  
Longueur : de 415 à 570

DIFFÉRENCES : Largeur : 161  
Longueur : 240

DIFFÉRENCES : Largeur : 154  
Longueur : 155

Fig. 22. — Détermination des gradients de fertilité des blocs de la figure 23

L'analyse des résultats des essais à blanc s'effectue par la méthode de la variation totale. On obtient les indications suivantes :

1° *La variation totale de l'expérience.* — Pour un ensemble de rendements donnés, sa valeur ne change pas, quelle que soit la disposition des parcelles à l'intérieur des blocs.

2° *La variation entre blocs.* — Comme la précédente, elle n'est pas affectée par la répartition des parcelles à l'intérieur de chaque bloc.



3° *La variation entre traitements hypothétiques* se trouve sous la dépendance du groupement des parcelles suivant les traitements.

4° *La variation de l'erreur expérimentale*, qui est le complément de la précédente, pour une même expérience, et varie, par conséquent, en sens inverse.

On peut écrire :

$$\text{Variation de l'erreur} + \text{variation entre traitements} = \text{Variation totale} - \text{variation entre blocs.}$$

Pour un ensemble de rendements donnés, les valeurs des deux membres de l'égalité restent fixes, quel que soit le dispositif adopté pour l'ordre des parcelles. Ce sont les composants de la première partie qui changent, la variation de l'erreur étant d'autant plus faible que la variation entre traitements est plus forte et inversement. Si l'on réalise, pour un essai à blanc déterminé, différentes combinaisons de parcelles, on s'aperçoit que la variation entre traitements hypothétiques subit des modifications qui entraînent des transformations en sens opposé dans la valeur de la variation de l'erreur. C'est pourquoi il est formellement prescrit de répartir, dans chaque bloc, les parcelles au hasard en prenant toutes les précautions voulues pour éviter les influences étrangères.

Lorsque les blocs sont relativement homogènes, comme c'est généralement le cas dans les essais portant sur plantes annuelles, la variation entre traitements hypothétiques est faible. Pour différentes combinaisons de parcelles, elle n'a qu'une influence négligeable sur la variation de l'erreur. C'est pourquoi les essais à blanc sont testés sur cette valeur « ce qui constitue la technique la plus rationnelle » (MASSIBOT, JOACHIM).

Il en est tout autrement avec les arbres fruitiers et les exemples que nous allons citer prouvent combien il serait imprudent de se cantonner à une seule estimation de l'erreur dérivée d'une unique combinaison de parcelles.

La loi des grands nombres peut, seule, donner une idée de l'erreur moyenne. Cette dernière ne présente pas un intérêt très grand avec les essais à blanc, puisque les résultats des années suivantes peuvent être quelque peu différents, mais il y a avantage à s'en rapprocher lorsqu'on effectue les essais réels. Pour cela, il faut opérer sur un assez grand nombre de répétitions. Nous retompons dans la nécessité de multiplier les essais pour pallier l'hétérogénéité des récoltes, principe qui domine l'expérimentation fruitière.

1° - 2 blocs de 6 parcelles de 6 arbres sans bordure. — 6 traitements et témoins, de 1 à 6.

Blocs .....	A						B						Coefficients de variation	Plus petite différence significative %
	a	b	c	d	e	f	a	b	c	d	e	f		
Combinaison donnant la plus faible variance de l'erreur expérimentale	1	2	3	4	6	5	1	2	4	5	6	3	4,45	11,45
Combinaison donnant la plus forte variance de l'erreur .....	1	2	3	4	6	5	6	5	3	2	1	4	20,99	53,97

2° - 2 blocs de 3 parcelles de 6 arbres avec bordure. — 3 traitements et témoins, de 1 à 3.

Blocs .....	A						B						Coefficients de variation	Plus petite différence significative %
	a	b	c	d	e	f	a	b	c	d	e	f		
Combinaison donnant la plus faible variance de l'erreur expérimentale	1	1	2	3	3	2	1	1	3	3	2	2	9,5	14,1
Combinaison donnant la plus forte variance de l'erreur .....	1	1	2	3	3	2	2	3	3	1	1	2	7,9	12,8
	1	1	2	3	3	2	2	3	3	1	1	2	21,5	30,9
	1	1	2	3	3	2	2	3	3	1	1	2	20,1	30,2

Pour un même essai à blanc sur verger, on peut avoir des résultats significatifs ou non, suivant les combinaisons à l'intérieur des blocs. Une corrélation positive maximum entre les résultats parcelles donnera l'erreur expérimentale la plus faible. Une corrélation inverse fournira l'erreur la plus élevée. On retombe dans les mêmes inconvénients qu'avec la méthode d'appariement, mais amortis par un nombre plus élevé de parcelles en comparaison.

BLOC A		BLOC B	
	<i>a</i>		<i>a'</i>
	<i>b</i>		<i>b'</i>
	<i>c</i>		<i>c'</i>
	<i>d</i>		<i>d'</i>
	<i>e</i>		<i>e'</i>
	<i>f</i>		<i>f'</i>

*Fig. 23.*

Il n'est pas sans intérêt de pousser dans le détail l'étude de l'influence de la répartition des parcelles sur la précision de l'expérience.

Pour évaluer l'erreur expérimentale la plus faible, il faut réaliser entre les sommes des traitements hypothétiques l'écart le plus considérable. Il suffit, pour cela, de classer les parcelles de chaque bloc dans un même sens d'après leur productivité. On inclut, dans un premier traitement, la parcelle de chaque bloc ayant le rendement le plus faible (voir tableau VII, 1<sup>er</sup> traitement n° 1). Le second traitement comprendra les parcelles suivantes, et ainsi de suite, le dernier groupant les parcelles dont la production est la plus élevée (N° 6). La somme des carrés de la variation entre traitements atteint ainsi sa valeur maximum, et l'erreur expérimentale, qui en est le complément, est réduite en conséquence.

Voici un exemple, basé sur la division du carré de Clémentiniers en 2 blocs de 6 parcelles de 6 arbres aménagés selon la figure 23.

Le poids moyen des récoltes sur 5 années est le suivant pour l'ensemble des parcelles (tableau VI).

TABLEAU VI

*Rendement des parcelles*

PARCELLES	BLOC A	BLOC B
a	246	374
b	283	459
c	283	518
d	351	525
e	107	528
f	355	460

Pour calculer le résultat le moins favorable, on opère de façon inverse, en groupant les rendements les plus élevés avec les plus faibles, pour obtenir des totaux aussi peu différents que possible (tableau VII, 2°). La somme des carrés est réduite au minimum, ce qui donne à l'erreur expérimentale la valeur la plus élevée qu'elle puisse atteindre.

D'après ce qui vient d'être dit, les deux combinaisons extrêmes suivantes peuvent être réalisées (tableau VII).

## A. — CALCULS COMMUNS AUX DEUX COMBINAISONS.

$$\text{Moyenne des rendements} = \frac{\sum (x)}{N} = \frac{4.789}{12} = 399$$

Somme des carrés de chaque parcelle  $\sum (x^2) = 2.020.459$

$$\text{Facteur de correction } y = \frac{\sum (x)^2}{N} = \frac{4.789^2}{12} = 1.911.210.$$

Somme des carrés des écarts par rapport à la moyenne générale :

$$\sum (x^2) - y = 2.020.459 - 1.911.210 = 109.249$$

partie due à l'effet des blocs :

$$\frac{\sum (T^2_b)}{n_1} - y = \frac{1925^2 + 2864^2}{6} - 1.911.210 = 73.477$$

Il reste, pour la partie due à l'effet des traitements fictifs et à l'erreur expérimentale :

$$109.249 - 73.477 = 35.772$$

Cette somme va se décomposer différemment suivant les deux cas 1° et 2°.

TABLEAU VII

*Recherche des variances*

1 <sup>o</sup> RECHERCHE DE LA PLUS FAIBLE VARIANCE DE L'ERREUR EXPERIMENTALE						
TRAITEMENTS	BLOC A		BLOC B		TOTAUX	CARRES
	Parcelles	Récoltes	Parcelles	Récoltes		
1	a	246	a'	374	620	384.400
2	b	283	b'	459	742	550.564
3	c	283	f'	460	743	552.049
4	d	351	e'	518	869	755.161
5	f	355	d'	525	880	774.400
6	e	407	e'	528	935	874.225
		1.925		2.864	4.789	3.890.799

2 <sup>o</sup> RECHERCHE DE LA PLUS FORTE VARIANCE DE L'ERREUR EXPERIMENTALE						
TRAITEMENTS	BLOC A		BLOC B		TOTAUX	CARRES
	Parcelles	Récoltes	Parcelles	Récoltes		
1	a	246	e'	528	774	599.076
2	b	283	d'	525	808	652.864
3	c	283	e'	518	801	641.601
4	d	351	f'	460	811	657.721
5	f	355	b'	459	814	662.596
6	e	407	a'	374	781	609.961
		1.925		2.864	4.789	3.823.319

## B. CALCULS PAR COMBINAISON.

1<sup>o</sup> Recherche de la plus faible variance de l'erreur expérimentale.

a) partie due à l'effet des traitements.

$$\frac{\sum (T^2)}{n_b} - Y = \frac{3.890.799}{2} - 1.911.210 = 34.189$$

b) partie due à l'erreur expérimentale (par différence).

$$35.772 - 34.189 = 1.583$$

avec  $(n_b - 1) (n_t - 1)$  degrés indépendants = 5 (1)

$$V_e \text{ variance de l'erreur : } \frac{1583}{5} = 316$$

Ecart-type de l'erreur  $\sigma = \sqrt{V_e} = \sqrt{316} = \pm 17,77$ 

$$\text{Coefficient de variation } = \frac{\sigma \times 100}{m} = \frac{17,77 \times 100}{399} = \pm 4,45$$

$$\text{Erreur-type de la différence } \sigma_d = \sqrt{\frac{2 \times V_e}{n_b}} = \sqrt{\frac{2 \times 316}{2}} = \pm 17,77$$

Plus petite différence significative pour  $P = 0,05$ 

$$d = t \sigma_d = 2,571 (\pm 17,77) = \pm 45,68$$

Ecart-type de la moyenne parcelaire :

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{V_e}{n_b}} = \sqrt{\frac{316}{2}} = \pm 12,57$$

2<sup>o</sup> Recherche de la plus forte variance de l'erreur expérimentale.

a) partie due à l'effet des traitements :

$$\frac{3.823.819}{2} - 1.911.210 = 699$$

(1) Cas schématisé à deux blocs seulement, alors que 3 auraient été nécessaires pour obtenir le minimum indispensable de 10 degrés indépendants.

b) partie due à l'erreur expérimentale :

35.772 - 699 = 35.073 avec 5 degrés indépendants.

$$\text{Variance de l'erreur} = \frac{35.073}{5} = 7.014$$

$$\text{Écart-type de l'erreur} = \sqrt{7.014} = \pm 83,76$$

$$\text{Coefficient de variation} = \frac{83,76 \times 100}{399} = \pm 20,99$$

$$\text{Erreur-type de la différence} : \sqrt{\frac{2 \times 7.014}{2}} = \pm 83,76$$

Plus petite différence significative pour P = 0,05 :

$$2,571 (\pm 83,76) = \pm 215,34$$

$$\text{Écart-type de la moyenne parcellaire} = \sqrt{\frac{7.014}{2}} = \pm 59,2$$

L'influence des traitements hypothétiques, qui aurait plus ou moins faussé l'expérience, si elle avait eu lieu, ressort dans le tableau VIII qui résume les calculs précédents :

TABLEAU VIII

*Variances comparées des traitements et de l'erreur*

COMBINAISON DONNANT	TRAITEMENTS			ERREUR EXPERIMENTALE		
	Somme des carrés	Degrés de liberté	Variance	Somme des carrés	Degrés de liberté	Variance
Erreur la plus faible	34.189	5	6.838	1.583	5	316
Erreur la plus forte	699	5	140	35.073	5	7.014

Dans le premier cas, la comparaison des variances donne :

$$\frac{6.838}{316} = 21,6$$

La table F donne pour  $n_1 = 5$ ,  $n_2 = 5$  et P = 0,05, la limite 5,95. La différence entre traitements hypothétiques est donc hautement significative, ce qui, dans des conditions semblables à celles de l'essai à blanc, nous aurait conduit à des conclusions fausses.