

CHAPITRE I

LE BUT ET LES CONDITIONS DE L'EXPÉRIENCE

1.1. Définition du but de l'expérience

1.1.1. Expériences à objectif unique

1° La définition claire et précise du but de l'expérience est toujours un élément essentiel du protocole expérimental. Dans certains cas, lorsque l'objectif à atteindre est à première vue unique et évident, cette définition peut paraître très simple. Mais en réalité, il en est rarement ainsi.

Considérons par exemple le problème, apparemment élémentaire, de la comparaison des rendements de différentes variétés (races, provenances, origines ou descendance) d'une même espèce végétale ou animale. Ce problème peut en fait recouvrir des situations aussi différentes que la comparaison de toutes les variétés, considérées sur pied d'égalité, en vue d'identifier la ou les « meilleures » d'entre elles, la comparaison de toutes les variétés ou, plus vraisemblablement, de toutes les descendance, en vue d'estimer certains coefficients d'héritabilité, la comparaison d'une ou plusieurs variétés nouvelles avec une ou plusieurs variétés de référence, bien connues, en vue d'assurer, le cas échéant, la diffusion de la ou des variétés nouvelles faudrait-il préciser clairement, dans chaque cas, ce que l'on entend par « meilleur » ou « supérieur ».

2° Il n'est sans doute pas inutile de dire ou de rappeler ici que la définition d'un objectif précis nécessite un minimum de connaissances préalables des phénomènes à étudier. Ces connaissances peuvent être acquises en général par une étude bibliographique et critique, ne conduisant pas seulement à une énumération de références, mais bien à une synthèse et à des conclusions, formulées par exemple sous forme d'hypothèses. Ces connaissances préalables pourront également être élargies par des essais ou des observations préliminaires.

L'expérimentateur averti ne ménagera pas ses efforts à ce stade de la recherche, car il saura que tout enrichissement de ses connaissances de départ doit lui permettre de mieux organiser son expérience ou son programme d'expériences et, vraisemblablement, d'en tirer un profit beaucoup plus grand. Cette remarque est particulièrement importante pour les expériences ou les programmes d'expériences de longue durée, très fréquents dans le domaine agronomique (programmes de sélection, même pour les cultures annuelles. expériences relatives aux rotations des cultures, aux cultures pérennes et aux grands animaux et. surtout, expériences

1.1.2. Expériences à objectifs multiples

Le plus souvent, cependant, les expériences agronomiques possèdent simultanément plusieurs objectifs, soit que l'on désire étudier deux ou plusieurs variables relatives à une même série d'individus (rendement en racines et richesse saccharine de différentes variétés de betterave sucrière, par exemple). Soit que l'on se propose d'effectuer, en plus des mesures de

croissance ou de rendement, des observations relatives aux conditions de croissance et de développement (précocité, maladies, etc.). Il importera dans ce cas de bien identifier les différents objectifs, en spécifiant leur ordre de priorité, de manière à accorder, au moment de la planification, toute l'attention nécessaire à l'objectif ou aux objectifs les plus importants.

Dans certains cas aussi, la multiplicité des objectifs proviendra du fait qu'outre son but principal, de recherche, l'expérience devra servir d'outil didactique, de démonstration ou de vulgarisation, à l'intention des praticiens (agriculteurs ou éleveurs par exemple).

1.2. Définition des conditions de l'expérience

1.2.1. Expériences « en station » et « hors station »

En vue d'atteindre un même objectif ou, au moins, des objectifs semblables, une même expérience peut en réalité être organisée dans des conditions très différentes. Nous ferons volontiers, à ce propos, la distinction entre expériences « en station » et expériences « hors station ».

Par expérience en station, nous entendons une expérience qui est organisée de façon très stricte, au sein d'une station de recherche, d'un laboratoire ou, d'une façon générale, de tout milieu qui peut être surveillé de près (chambres de culture ou serres, par exemple). Par expérience hors station, nous entendons au contraire une expérience qui est organisée dans un cadre moins bien contrôlé et généralement plus proche de la pratique (chez des cultivateurs ou en forêt, par exemple).

La distinction entre les deux situations n'est pas toujours très nette, mais. Lorsqu'elle existe, elle peut conduire à des différences importantes au niveau de la planification de l'expérience.

L'expérience « en station » sera souvent plus artificielle et elle pourra porter sur un matériel, végétal ou animal, plus homogène. De plus, les conditions de travail permettront dans de nombreux cas l'utilisation d'équipements ou de locaux spéciaux, conduisant à la définition d'unités expérimentales (parcelles notamment) plus petites.

Par contre, les expériences hors station porteront le plus souvent sur un matériel plus hétérogène et seront généralement soumises à plus d'aléas. Il en résultera, entre autres choses, qu'elles seront fréquemment caractérisées par l'emploi d'unités expérimentales plus grandes et, malgré cela, par une plus grande variabilité des résultats obtenus.

1.2.2. Expériences préliminaires, principales et de confirmation

Dans l'ensemble d'un programme de recherche, une distinction peut aussi être faite entre expériences préliminaires ou essais orientatifs, expériences essentielles ou essais principaux et expériences de confirmation.

Les expériences préliminaires servent à dégrossir un problème nouveau et leur organisation est parfois fort sommaire, notamment en raison du fait que le matériel expérimental dont on dispose à ce stade de la recherche est souvent peu abondant (petits lots de semences par exemple). Les expériences principales constituent le nœud du travail de recherche et doivent retenir toute l'attention du chercheur, qui évitera à ce niveau toute concession abusive à la facilité ou aux contingences matérielles. Les expériences de confirmation, enfin, ont pour objectif de vérifier, dans des conditions aussi proches que possible de la pratique, la validité des conclusions obtenues aux stades antérieurs.

Il est évident que la distinction introduite ici n'est pas indépendante de celle qui a été mentionnée au cours du paragraphe précédent, les expériences préliminaires et principales étant souvent des expériences « en station » et les expériences de confirmation étant normalement des expériences hors station.

À titre d'illustration, nous pouvons citer le cas d'un programme de sélection qui comporterait successivement des essais de triage, des essais comparatifs et des essais « multi locaux ». Comme leur nom l'indique, les essais de triage devraient permettre d'effectuer un premier choix parmi un grand nombre de variétés (provenances, origines, etc.) peut-être très disparates ; les essais comparatifs seraient destinés à comparer, toujours en station et dans des conditions très strictes, les variétés qui auraient été retenues au premier stade ; et les essais « multi locaux » auraient pour but de vérifier hors station le comportement des quelques variétés finalement sélectionnées, et cela dans toute la région de diffusion potentielle de ces variétés et au cours de plusieurs années successives

CHAPITRE 2

LE CHOIX DES OBJETS

2.1. Les notions de facteur et d'objet

2.1.1. La notion de facteur

Nous appellerons facteur toute série d'éléments de même nature qui peuvent être comparés au cours d'une expérience, tels qu'une série de variétés, un ensemble de produits phytosanitaires, différentes doses d'un même engrais, différentes températures, différentes pressions, etc. Ces facteurs peuvent être divisés en facteurs qualitatifs, caractérisés par des éléments qui ne peuvent pas être classés a priori (variétés, produits phytosanitaires, etc.), et en facteurs quantitatifs, dont les éléments se classent au contraire de façon logique a priori (différentes doses d'un même engrais, différentes températures, différentes pressions, etc.).

Les différents éléments individuels dont il vient d'être question seront aussi appelés variantes ou niveaux. Le terme variante convenant mieux dans le cas des facteurs qualitatifs et le terme niveau dans le cas des facteurs quantitatifs.

Nous verrons ultérieurement qu'aux facteurs essentiels, qui constituent l'objet même de l'expérience, viennent souvent s'ajouter des facteurs accessoires, liés à la variabilité du matériel expérimental (facteur blocs, par exemple).

2.1.2. La notion d'objet

Nous appellerons objet toute variante ou niveau d'un facteur unique, de même que toute combinaison de variantes ou de niveaux de deux ou plusieurs facteurs.

Nous pouvons citer à titre d'exemples d'objets, dans le cas d'un seul facteur, une variété donnée ou un type donné de labour et, dans le cas de deux facteurs, l'association d'une variété donnée à un herbicide donné, la combinaison d'une température et d'une pression données, etc.

Dès le moment où la liste des objets à mettre en expérience est arrêtée, il importe que ceux-ci soient toujours clairement définis dans le protocole expérimental, au même titre d'ailleurs que toutes les autres conditions de l'expérience (par exemple, en productions végétales, les modalités de travail du sol, la fumure de base, la date, la densité et la profondeur du semis, etc., et en productions animales, les conditions d'élevage, l'alimentation de base, etc.)

2.2. Expériences faisant intervenir un seul facteur

2.2.1. Le choix des variantes ou des niveaux

1° Dans le cas d'un facteur qualitatif unique, le problème du choix des différentes variantes ne se pose généralement pas, celles-ci étant définies en même temps que le but de l'expérience (comparaison de quelques variétés données de froment, par exemple).

Il peut arriver cependant, notamment dans certaines études de génétique, qu'un choix doive être fait au départ parmi un grand nombre de variantes possibles (comparaison d'un nombre nécessairement limité de descendances, à choisir parmi un grand nombre de descendances disponibles, par exemple). Lorsque l'on ne possède pas d'autre critère et que l'on désire obtenir des informations relatives à tout l'ensemble initial de variantes, ce choix sera généralement réalisé par tirage au sort ou échantillonnage. En conservant toujours le plus grand nombre possible de variantes.

On notera que, dans les éventuelles analyses de la variance relatives aux résultats de telles expériences, le critère de classification qui concerne le facteur dont les variantes ont été choisies de cette manière sera un critère aléatoire.

2° Dans le cas d'un facteur quantitatif par contre, le problème du choix des niveaux reste entier. Le plus souvent, ceux-ci seront choisis, dans l'ensemble du domaine de variation que l'on désire étudier, selon une progression arithmétique (par exemple : 100, 200 et 300 kg d'azote par hectare) ou selon une progression géométrique au moins approximative (par exemple 1. 2. 4 et 8 g d'une matière active ou d'une substance de croissance donnée par plante).

D'une façon générale également, le nombre de niveaux choisis sera toujours aussi élevé que possible, même si, en conséquence, le nombre de répétitions pour chacun des niveaux doit être considérablement réduit. En particulier, on notera que, si deux niveaux peuvent suffire pour mettre en évidence l'influence d'un facteur, et éventuellement, pour établir une relation linéaire entre ce facteur et les résultats de l'expérience, il faut disposer d'au moins trois niveaux pour pouvoir vérifier l'hypothèse de linéarité de cette relation et pour localiser un éventuel optimum.

2.2.2. Témoin ou objet de référence

1° Lors de toute planification d'expérience, on examinera l'opportunité de considérer ou non un ou plusieurs témoins ou objets de référence, qui pourraient être, par exemple, une ou quelques variétés largement utilisées dans la région considérée, un ensemble d'individus qui ne sont soumis à aucun des traitements étudiés (parcelles sans engrais), un ensemble d'individus soumis à un traitement classique. Considéré comme point de référence (parcelles traitées avec un herbicide bien connu), etc.

On évitera cependant d'introduire systématiquement un témoin quand celui-ci n'est pas essentiel pour atteindre l'objectif prévu au départ, notamment lorsque l'on sait a priori que les différences dues au facteur étudié sont considérables. Dans un essai de fumure organisé sur des sols très pauvres, par exemple, on pourra s'abstenir de prévoir l'existence de parcelles sans engrais. le cas échéant, on introduira plutôt une fumure de référence couramment utilisée dans la région considérée, pour autant qu'une telle fumure existe, et s'il s'impose, pour des raisons de vulgarisation ou de démonstration, de disposer de parcelles non traitées, on prévoira l'existence de telles parcelles en marge ou en bordure de l'expérience proprement dite, sans y consacrer toute la place qui revient à chacun des autres objets considérés.

L'exemple du paragraphe 6.5 et les photographies de la planche 3 illustrent bien une situation où la présence de parcelles témoins au sein même de l'expérience n'est pas indispensable.

2° Si, par contre, le témoin ou l'objet de référence constitue un des éléments essentiels de l'expérience, on pourra parfois lui consacrer utilement plus d'importance qu'à chacun des autres objets. Lorsque l'on considère uniquement comme but de l'expérience la comparaison d'une série de p objets (p variétés nouvelles, par exemple) avec un objet de référence (une variété ancienne, par exemple), on peut démontrer que la précision des comparaisons est maximum quand le nombre de répétitions n , de l'objet de référence et le nombre de répétitions n de chacun des p autres objets sont liés par la relation

$$n_0 = n\sqrt{p}$$

Cette propriété conduit à adopter deux fois plus de répétitions pour l'objet de référence que pour les autres objets lorsque ceux-ci sont au nombre de quatre ou cinq, trois fois plus de répétitions lorsqu'ils sont au nombre d'une dizaine, etc. Dans ce dernier cas, le gain de précision obtenu de cette façon peut atteindre 20 % environ.

Pour 10 objets en effet, y compris l'objet de référence, si on dispose de 60 unités expérimentales, par exemple, si on consacre 6 unités à chacun des 10 objets et si la variance des unités expérimentales est égale à σ^2 , la variance de la différence entre la moyenne \bar{x}_i , de l'un ou l'autre objet et la moyenne \bar{x}_0 de l'objet de référence est:

$$\left(\frac{1}{6} + \frac{1}{6}\right)\sigma^2 = 2\sigma^2/3$$

Si par contre, dans les mêmes conditions, on consacre 5 unités expérimentales à chacun des 9 objets, à l'exclusion de l'objet de référence, et 15 unités à ce dernier, la variance de la différence de moyennes devient :

$$\left(\frac{1}{5} + \frac{1}{15}\right)\sigma^2 = 4\sigma^2/15$$

soit une valeur inférieure de 20 % à $2\sigma^2/3$.

3° Dans les différentes situations évoquées ci-dessus, le ou les témoins sont toujours considérés de la même façon que chacun des autres objets, notamment au niveau de la répartition au hasard au sein du dispositif expérimental qui aura été choisi.

Il peut arriver cependant, surtout dans des champs d'expérience très hétérogènes, qu'il soit utile de répartir des parcelles témoins de façon systématique (par exemple, un témoin toutes les trois parcelles, de telle sorte que chaque parcelle puisse être comparée directement au témoin qui se trouve à son côté). Dans ce cas, il y aura lieu de tenir compte du caractère systématique de la répartition des parcelles témoins, au moment de l'analyse des résultats.

2.3. Expériences faisant intervenir deux ou plusieurs facteurs

2.3.1. Principes généraux

1° Très souvent, une même expérience fait intervenir simultanément deux ou plusieurs facteurs, qualitatifs ou quantitatifs. Pour chacun d'eux, la détermination du nombre de niveaux et le choix des différents niveaux se réalisent alors selon les mêmes principes que dans le cas d'un seul facteur. Mais en ce qui concerne la manière dont les différents facteurs sont associés l'un à l'autre, une distinction doit être faite entre expériences factorielles et expériences non factorielles.

Nous qualifierons de factorielle toute expérience dont les objets sont tels que chacun des niveaux d'un facteur est associé à chacun des niveaux de l'autre ou des autres facteurs, l'ensemble des objets constituant donc, dans les cas les plus simples à deux facteurs, un maillage carré ou rectangulaire complet. Par contre, nous qualifierons de non factorielle toute expérience qui ne présente pas cette propriété.

2° Les expériences factorielles ont l'avantage de conduire, par l'analyse de la variance, à des décompositions et à des interprétations simples, en terme d'effets principaux et d'interactions. Dans le domaine agronomique notamment, ce type d'expériences rencontre très souvent la préférence des chercheurs.

Ces expériences ont cependant l'inconvénient d'introduire rapidement, pour plus de deux facteurs, des nombres considérables d'objets. Aussi, d'autres systèmes, non factoriels (ou en tout cas non factoriels au sens strict que nous avons adopté). ont-ils été proposés.

Dans les paragraphes suivants, nous donnerons quelques indications complémentaires relatives à ces deux catégories d'expériences. Mais avant cela, nous voudrions insister sur l'intérêt que présente le fait de toujours augmenter au maximum le nombre de facteurs considérés simultanément, même si, ici également, le nombre de répétitions doit être réduit en conséquence. Il ne faudra cependant pas perdre de vue que cette remarque s'applique difficilement au cas des expériences « hors station », dont les premières qualités sont en général la simplicité et la facilité de réalisation.

CHAPITRE 3

LE CHOIX DES UNITÉS EXPÉRIMENTALES

1.1. La notion d'unité expérimentale

L'unité expérimentale est l'unité de base de l'expérience, qui est traitée individuellement dès le départ. qui est l'objet d'au moins une observation et qui est également considérée individuellement au cours du dépouillement des résultats. Dans une expérience en champ, en verger ou en forêt, cette unité sera le plus souvent une parcelle, constituée d'une certaine étendue de terrain ou d'un certain nombre de plantes.

Mais la notion d'unité expérimentale est en fait beaucoup plus large. Toujours dans le domaine des productions végétales, l'unité de base de l'expérience peut être aussi une plante (un arbre, par exemple), une partie de plante (une branche, une feuille ou une partie de feuille, par exemple) ou un groupe d'organes particuliers (un lot de graines, par exemple).

De même, en matière de productions animales, l'unité expérimentale pourra être un animal isolé, un groupe d'animaux ou une partie d'animal (un membre, par exemple), l'observation étant éventuellement limitée à une période de durée donnée.

Dans le domaine industriel, il pourra s'agir de tout élément ou groupe d'éléments traité individuellement (boîte de conserve, groupe de boîtes de conserve, éprouvette prélevée dans une bille de bois ou un panneau de fibres, etc.). Enfin, dans un laboratoire de physique ou de chimie, l'unité expérimentale sera le plus souvent l'unité servant de base aux manipulations qui sont réalisées (quantité fixée d'un produit donné, par exemple)

3.2. La dimension des unités expérimentales

3.2.1. Principes généraux

1° Au point de vue purement théorique, on peut démontrer qu'il y a généralement intérêt à définir, dans un terrain d'une dimension donnée ou, d'une façon générale, pour un matériel expérimental d'une certaine ampleur, des unités expérimentales de dimension aussi petite que possible.

Pour justifier ce principe, nous considérerons par exemple le cas de lots d'animaux dont on pourrait supposer que les différents individus sont indépendants les uns des autres. Pour p lots de n animaux, en désignant par σ_A^2 la variance entre lots et par σ^2 la variance entre animaux dans les lots, on peut démontrer que la variance de la moyenne générale \bar{X} de tout ensemble de pn observations est :

$$\sigma_{\bar{X}}^2 = \frac{\sigma_A^2}{p} + \frac{\sigma^2}{pn}$$

Pour un nombre donné d'animaux pn et pour autant que la variance σ_A^2 ne soit pas nulle, la variance de la moyenne est donc minimale lorsque l'effectif n est égal à 1, c'est-à-dire lorsque chaque lot ne comporte qu'un seul animal.

Il est évident cependant que la constitution de lots plus nombreux, formés chacun d'un animal ou d'un très petit nombre d'animaux et devant être traités chacun individuellement, provoque généralement des dépenses ou des pertes de temps supplémentaires, qui peuvent éventuellement être chiffrées. On peut donc essayer de minimiser, non plus la variance de la moyenne, mais bien le coût total de l'opération. En général, cette seconde approche du problème ne modifie toutefois pas fondamentalement le principe énoncé au début de ce paragraphe.

De même, ce principe n'est pas modifié de façon sensible par le fait que les individus qui constituent une même unité expérimentale ne sont pas indépendants les uns des autres, comme le sont par exemple les arbres d'une même parcelle de verger ou de forêt.

2° Par contre, diverses contingences pratiques s'opposent généralement de façon très nette à l'utilisation d'unités expérimentales de petites dimensions.

Il se peut par exemple que, dans une expérience relative à des animaux, on ne dispose pas d'un nombre suffisant de cages ou de stalles pour élever individuellement chacun des animaux ou pour constituer un grand nombre de lots d'effectif très réduit.

De même, dans une expérience en champ, en verger ou en forêt, la dimension de la parcelle devra être suffisamment grande pour que l'on obtienne des résultats représentatifs (rendements par parcelle suffisamment élevés pour pouvoir être observés sans erreurs excessives, prélèvements d'échantillons suffisamment importants pour permettre la réalisation d'analyses foliaires, etc.). De plus, dans de nombreux cas, les parcelles devront pouvoir être traitées à l'aide d'engins mécaniques (travail du sol, pulvérisation, etc.), qui nécessitent des étendues assez grandes, liées notamment au type de matériel utilisé.

3° En réalité, la dimension des unités expérimentales résulte donc d'un compromis entre les principes théoriques et les contingences pratiques. Bien qu'il n'existe aucune règle absolue en la matière, nous croyons utile de donner ici quelques ordres de grandeur, relatifs aux principaux types de productions végétales.

En horticulture (cultures maraichères et cultures fruitières telles que le melon. Le fraisier, etc.), sans utilisation de moyens mécaniques à l'intérieur des parcelles, on adoptera souvent des dimensions de l'ordre du mètre carré ou de quelques mètres carrés, de manière à disposer d'au moins 5 à 10 plantes par parcelle.

En arboriculture fruitière, on sera tenté d'adopter la même norme de 5 plantes au moins par parcelle. Mais, avec des écartements de quelques mètres, on arrivera rapidement à des parcelles de l'ordre de l'are et, de ce fait, à des expériences de très grande étendue. Aussi, devra-t-on fréquemment réduire le nombre d'arbres par parcelle, voire même utiliser des « parcelles » constituées d'un seul arbre et dites « mono-arbres »

En grandes cultures et en cultures herbagères, on adoptera souvent des dimensions de l'ordre de l'are ou de la dizaine d'ares, en relation notamment avec les moyens mécaniques utilisés.

En sylviculture enfin, les dimensions des parcelles sont extrêmement variables, en fonction de la durée des expériences et de l'âge des peuplements considérés : les pépinières et les jeunes plantations s'apparentent respectivement à l'horticulture et à l'arboriculture fruitière, tandis que certaines expériences relatives à des peuplements forestiers âgés peuvent nécessiter des parcelles de 25 à 50 ares, voire même 1 hectare ou plus.

A ce propos, on se rappellera que les conditions mêmes dans lesquelles l'expérience est organisée constituent un élément important de la décision à prendre en matière de dimensions de parcelles. La présence éventuelle de bordures, auxquelles sera consacré le paragraphe suivant, est un autre élément de base de cette décision.

3.2.2. Les bordures

1° Dans la plupart des expériences relatives aux productions végétales, des interférences plus ou moins importantes peuvent exister entre parcelles voisines, soit parce que les traitements appliqués aux différentes parcelles (épanchages d'engrais, pulvérisations, etc.) ne peuvent pas s'arrêter exactement aux limites des parcelles, soit parce que le système racinaire des plantes franchit tout naturellement ces limites, soit encore parce que se produisent des phénomènes particuliers de concurrence ou de contagion entre plantes de parcelles contiguës.

Pour éviter que ces interférences n'influencent les résultats, on peut limiter l'observation à la partie centrale de chacune des parcelles, en considérant le pourtour comme constituant une simple bordure.

La figure 1 indique ce que pourraient être la partie observée ou utile de quatre parcelles et leurs bordures, par exemple pour différentes variétés d'une même espèce végétale. Dans le premier cas, les lettres majuscules A, B, C et D indiquent les plantes ou les arbres qui seront effectivement mesurés, tandis que les lettres minuscules a, b, c et d représentent les bordures, constituées des mêmes variétés, dans le deuxième cas, les mêmes lettres majuscules indiquent toujours les plantes ou les arbres qui seront mesurés et les « 0 » forment des lignes simples de bordures constituées d'une variété témoin. On notera que, dans ce deuxième cas, les individus « témoins » ne sont pas considérés, comme un objet supplémentaire qui sera observé et analysé au même titre que les autres objets.

a	a	a	a	a	b	b	b	b	b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a	A	A	A	a	b	B	B	B	b	0	A	A	A	0	0	B	B	B	0
a	A	A	A	a	b	B	B	B	b	0	A	A	A	0	0	B	B	B	0
a	a	a	a	a	b	b	b	b	b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
d	d	d	d	d	c	c	c	c	c	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
d	D	D	D	d	c	C	C	C	c	0	D	D	D	0	0	C	C	C	0
d	D	D	D	d	c	C	C	C	c	0	D	D	D	0	0	C	C	C	0
d	d	d	d	d	c	c	c	c	c	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figure 1 : exemple de parcelles entourées de bordures de deux types différents.

2° La dimension des bordures devra toujours être fixée en tenant compte à la fois du matériel disponible et de l'importance des interférences qui peuvent exister entre les parcelles voisines.

Dans certains cas (arbres tout à fait isolés, dans un verger par exemple), il ne se justifie pas de prévoir quelque bordure que ce soit. Dans d'autres situations, par contre, il s'impose d'établir des bordures correspondant à une ou plusieurs lignes de plantation.

Mais il faut noter que toute bordure, aussi réduite soit elle, occupe rapidement une proportion importante du terrain disponible : dans les deux exemples de la figure 1, cette proportion est respectivement de 70 % et de 62 %, la surface utile des parcelles ne représentant que 30 ou 38 % de la surface totale.

Aussi a-t-on souvent tendance, en pratique, à réduire et même à supprimer bordures, alors que, cependant, des interférences entre objets voisins doivent de toute évidence être attendues. Tel est le cas notamment pour certaines expériences horticoles et forestières constituées de « parcelles » mono-arbres, essentiellement en raison du fait que l'on désire comparer, par exemple, un grand nombre (plusieurs dizaines) de variétés ou de provenances et qu'il ne serait pas possible de prévoir, dans ces conditions, plusieurs répétitions de parcelles comportant chacune à la fois plusieurs arbres à mesurer et une bordure.

3° Indépendamment des bordures dont chaque parcelle peut être pourvue individuellement, il est souvent nécessaire dans les expériences en champ, au sens large, de prévoir l'existence de sentiers ou de chemins d'accès et, parfois, d'une bordure générale isolant du milieu extérieur l'ensemble du terrain d'expérience.

On notera que tous ces éléments tendent à diminuer encore la proportion de la surface disponible qui est utilisée pour effectuer les observations, cette proportion étant, d'une façon générale, d'autant plus petite que les parcelles individuelles sont peu étendues.

Les photographies des planches 1 à 4 donnent diverses illustrations de ce que peuvent être les bordures, sentiers, etc. et les légendes des planches 2 et 4 fournissent quelques indications complémentaires au sujet de la manière de délimiter, en pratique, les parcelles.

4° La notion de bordure peut être appliquée aussi aux expériences qui font intervenir des animaux, si on considère comme analogues aux bordures les périodes d'adaptation à de nouvelles alimentations ou, d'une façon générale, à de nouveaux traitements.

Pour un animal qui devrait être soumis par exemple à trois alimentations (A, B et C), au cours de trois périodes consécutives de deux semaines, comportant chacune un temps d'adaptation de 9 jours et une période d'observation de 5 jours, on pourrait adopter le schéma suivant :

b b b b b b b b b B B B B B a a a a a a a a a A A A A A c c c c c c c c c C C C C C

dans lequel les lettres minuscules désignent les journées d'adaptation et les lettres majuscules les journées d'observation.

On notera que, dans ce cas, l'unité expérimentale est en fait la période de deux semaines, Sa longueur peut être discutée dans les mêmes termes que les dimensions d'une parcelle d'expérience en champ.

1.2. La forme des unités expérimentales

1° Dans le cas des expériences en champ, au sens large, en même temps que la dimension des parcelles, il faut en définir la forme.

Lorsque le terrain ou le matériel disponible est relativement homogène, il y a généralement intérêt à adopter une forme de parcelle aussi carrée que possible.

C'est en effet dans ce cas que les interférences entre parcelles voisines sont les plus réduites et que l'importance relative des bordures éventuelles est la plus faible.

Si, par contre, le terrain ou le matériel disponible présente une hétérogénéité marquée dans une direction donnée, il peut être plus intéressant d'adopter des parcelles rectangulaires, allongées parallèlement à la direction générale de cette hétérogénéité. Cette direction est souvent appelée gradient de fertilité, même si les différences de « fertilité » résultent en fait de circonstances telles que, par exemple, l'existence de différentes conditions de drainage ou d'alimentation en eau, le long d'un terrain en pente, ou d'un gradient d'éclairement ou de température, dans une serre ou une chambre de culture.

De même, lorsque le terrain présente ou risque de présenter une forte hétérogénéité « en taches » ce qui se produit fréquemment dans les régions de mise en culture récente (présence de termitières ou de restes de termitières, de souches, etc), on adoptera de préférence des parcelles de forme allongée, qui permettent de mieux recouper les zones de fertilités différentes.

2° Mais à ces principes généraux, s'opposent souvent, ici également, des contingences pratiques liées notamment à la mécanisation.

Dans de nombreux cas, la largeur des parcelles ou la largeur de leur partie utile est essentiellement fonction de la largeur de travail des outils de préparation du sol, de semis, de

pulvérisation ou de récolte. Il en résulte fréquemment qu'en grandes cultures, par exemple, les parcelles d'expériences sont très allongées.

On remarquera à ce propos que cet allongement ne fait qu'augmenter encore l'importance relative des bordures éventuelles.

3° Dans les essais destinés à comparer différents écartements ou différentes distances de plantation, le recours à des unités expérimentales comportant toutes le même nombre d'individus conduirait inévitablement à l'adoption de parcelles de dimensions variables, qu'il serait bien difficile d'agencer sur le terrain.

On remplace parfois de tels ensembles de parcelles par des unités qui réunissent, de façon progressive, les différents écartements étudiés. Il peut s'agir notamment de lignes de plantation inégalement espacées, dans une ou dans deux directions, ou de segments d'anneaux circulaires, au sein de chacun desquels les plantations sont faites aux intersections de rayons et de circonférences concentriques de plus en plus éloignées les unes des autres.

CHAPITRE 4

LE CHOIX DES OBSERVATIONS

4.1. Les observations essentielles

1° Dans la plupart des expériences agronomiques, les observations essentielles ont trait à des rendements, à des croissances, en poids ou en hauteur par exemple, ou à des teneurs en l'un ou l'autre élément. Dans tous les cas, les mesures devront être faites avec le plus grand soin, selon une procédure suffisamment précise pour assurer une bonne reproductibilité. Il en sera de même d'ailleurs pour les comptages éventuels (nombre de fleurs, de fruits, d'insectes ou de mauvaises herbes, par exemple).

Certaines observations se font également à l'aide d'échelles, traduisant par exemple des couleurs ou des degrés de développement de maladies. Une attention toute particulière devra alors être consacrée à l'élaboration de ces échelles (définition précise des différentes catégories, notamment), de manière à assurer le caractère objectif et suffisamment reproductible des observations.

2° Dès la planification de l'expérience, il y aura lieu de définir également de façon aussi précise que possible les dates auxquelles les observations doivent être réalisées, et donc la durée de l'expérience, la fréquence éventuelle des observations et le fait qu'elles doivent s'étendre à l'ensemble des unités expérimentales ou à une partie d'entre elles seulement, soit que des bordures doivent être exclues, soit qu'il faille procéder par échantillonnage à l'intérieur des différentes unités (prélèvement d'échantillons pour effectuer, par exemple, des déterminations de matière sèche, de richesse en sucre, etc.). Dans ce cas, la méthode d'échantillonnage sera elle-même définie de façon précise.

3° Enfin, il est utile de prévoir dès le départ le mode d'enregistrement ou de collecte ou de saisie des données qui sera adopté (utilisation de registres, de feuilles volantes ou de fiches spéciales, par exemple). En particulier, on évitera toute la mesure du possible les transcriptions successives,

De plus, si un traitement des observations par ordinateur est envisagé on s'efforcera d'automatiser au maximum la collecte des données, par l'utilisation l'autre moyen d'enregistrement automatique ou semi-automatique. De nombreux dispositifs existent en effet à l'heure actuelle (perforateurs de cartes rubans et encodeurs sur disques ou sur bandes magnétiques connectés aux appareils de mesure, utilisation de cartes graphitées ou de documents destinés à une lecture optique, etc.) et il est devenu possible d'automatiser très ment, voire même d'intégrer complètement, dans certains cas, la collecte et le traitement des données

4.2. Les observations accessoires

Indépendamment des observations essentielles, qui constituent l'objectif même de l'expérience, il importe d'effectuer, du début à la fin, un maximum d'observations considérées comme accessoires, mais qui peuvent parfois jouer un rôle non négligeable au moment de l'interprétation des résultats.

Ces observations peuvent être systématiques, et éventuellement prévues dès le départ, comme le seraient par exemple des mesures de poids initiaux d'animaux, de comptages de nombres de betteraves par m², etc. De telles observations peuvent alors être utilisées notamment comme variables auxiliaires ou « covariables » au cours d'analyses de la covariance

Des observations complémentaires peuvent aussi être faites de façon occasionnelle ou accidentelle. En particulier, tout incident ou tout accident intervenant en cours d'expérience devrait être enregistré de façon précise, de manière à pouvoir servir à expliquer, le cas échéant, certaines anomalies qui seraient constatées en d'expérience.

Quelques indications relatives aux différents types d'observations qu'il peut être utile de réaliser au cours ou à la fin d'une expérience sont également données par COX 1958