

Semestre : 5

Unité d'enseignement : Méthodologie

Matière 1 : Expérimentation agricole

Crédits : 4

Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement : Maîtrise des principes de l'expérimentation agricoles. - Notions de choix de dispositifs expérimentaux, d'échantillonnage et d'observation- Notions d'analyse des résultats, d'interprétation et de discussion. Connaissances préalables recommandées : Mathématiques et bio statistiques.

Introduction : Intérêts et principes de l'expérimentation agricole

1 - Intérêt

L'expérimentation agricole est une méthode utilisée en agriculture pour évaluer l'efficacité ou l'impact de différentes pratiques, traitements ou techniques sur les cultures, les sols ou d'autres aspects liés à l'agriculture. Elle implique la mise en place d'une étude contrôlée dans laquelle des variables sont manipulées et mesurées pour obtenir des résultats scientifiques et des informations utiles pour la prise de décisions agricoles. L'expérimentation agricole joue un rôle essentiel dans le développement de pratiques agricoles efficaces et durables.

Les principaux intérêts de l'expérimentation agricole sont énumérés ci-après :

1-Évaluation des pratiques agricoles : L'expérimentation agricole permet d'évaluer l'efficacité et l'impact des différentes pratiques agricoles, telles que les techniques de culture, l'utilisation des intrants (engrais, pesticides, etc.) et les méthodes de gestion des sols. En comparant les résultats de

différentes pratiques, il est possible de déterminer celles qui sont les plus bénéfiques en termes de rendement des cultures, de qualité des produits, de rentabilité et de durabilité environnementale.

2-Prise de décision basée sur des données scientifiques : L'expérimentation agricole fournit des données scientifiques et objectives sur lesquelles les agriculteurs, les agronomes et les décideurs peuvent s'appuyer pour prendre des décisions éclairées. Cela permet d'optimiser les choix de pratiques agricoles en fonction des objectifs spécifiques, des conditions locales et des contraintes économiques.

3-Développement de nouvelles technologies et innovations : L'expérimentation agricole favorise le développement de nouvelles technologies, de nouvelles variétés de cultures et d'autres innovations agricoles. En testant de nouvelles idées dans un cadre contrôlé, il est possible d'évaluer leur potentiel avant de les appliquer à grande échelle. Cela contribue à l'amélioration continue des pratiques agricoles et à l'adoption de solutions novatrices pour relever les défis actuels et futurs de l'agriculture.

4-Validation des résultats de recherche : L'expérimentation agricole permet de valider les résultats de recherche obtenus en laboratoire ou dans d'autres contextes. En reproduisant les conditions réelles sur le terrain, il est possible de vérifier si les conclusions tirées à partir de recherches antérieures sont applicables et pertinentes dans le contexte agricole réel.

2- Principes

Les principes clés de l'expérimentation agricole comprennent la randomisation des traitements, la réplication des essais, le contrôle des variables indépendantes et la collecte rigoureuse de données. Ces principes

visent à minimiser les biais et les variations indésirables, et à obtenir des résultats fiables et reproductibles.

En expérimentation agricole, le biais fait référence à une erreur systématique qui fausse les résultats de l'étude. Il survient lorsque certaines caractéristiques ou conditions spécifiques influencent les résultats de manière non aléatoire, introduisant ainsi une distorsion dans l'interprétation des données. Le biais peut compromettre la validité et la fiabilité des conclusions de l'expérience.

Exemple de Biais

Supposons qu'une étude cherche à évaluer l'effet de deux types d'engrais (engrais **A** et engrais **B**) sur le rendement d'une culture spécifique. Les chercheurs décident d'utiliser deux champs différents pour chaque type d'engrais. Cependant, ils remarquent que l'un des champs est plus fertile, avec une meilleure qualité du sol, une meilleure exposition au soleil et une meilleure irrigation naturelle. Le deuxième champ est moins fertile, avec des sols de qualité inférieure et une irrigation moins adéquate.

Dans cette situation, il y a un biais potentiel qui peut fausser les résultats. Le champ plus fertile, où l'engrais **A** est appliqué, peut naturellement produire un rendement supérieur en raison de ses meilleures conditions, indépendamment de l'effet réel de l'engrais **A**. De même, le champ moins fertile, où l'engrais **B** est appliqué, peut produire un rendement inférieur en raison de ses conditions moins favorables, indépendamment de l'effet réel de l'engrais **B**.

Dans cet exemple, le biais est introduit par les différences inhérentes entre les champs utilisés pour les traitements. Pour minimiser le biais, les

chercheurs devraient plutôt appliquer les deux types d'engrais de manière aléatoire dans chaque champ, en utilisant des parcelles ou des blocs expérimentaux pour contrôler les variations locales. Cela permettrait de comparer directement les effets des deux engrais, en éliminant ou en réduisant l'effet potentiel des différences entre les champs.

En résumé, le biais en expérimentation agricole se produit lorsque des facteurs externes influencent les résultats de manière non aléatoire. Il est important de le reconnaître, de le minimiser et de le contrôler afin d'obtenir des résultats fiables et représentatifs.

En combinant l'expérimentation agricole avec d'autres approches, telles que la modélisation informatique, les enquêtes sur le terrain et l'observation des pratiques des agriculteurs, il est possible de générer des connaissances approfondies sur les systèmes agricoles et de promouvoir une agriculture durable, rentable et respectueuse de l'environnement.

Chapitre I : Définitions

1- Notion de facteur et Objet

En expérimentation agricole, les notions de facteur et d'objet sont des concepts importants pour comprendre comment les traitements sont appliqués et évalués. Voici une explication de ces termes :

1.1 Facteur : Un facteur est une variable indépendante qui est manipulée dans une expérience agricole. Il représente une condition ou une pratique spécifique qui est étudiée pour évaluer son effet sur les cultures, les sols ou d'autres aspects agricoles. Par exemple, un facteur pourrait être le type d'engrais utilisé, différentes doses d'engrais, la densité de semis, le régime

d'irrigation, de différents traitements phytosanitaires, etc. L'objectif est de comparer les effets de différentes valeurs ou niveaux du facteur sur les variables de réponse.

1.2 Objet : Un objet, également appelé unité expérimentale, est l'entité à laquelle les traitements sont appliqués et évalués dans une expérience agricole. Il peut s'agir d'une parcelle de terrain, d'une serre, d'un pot de culture, d'un animal ou d'autres unités spécifiques à l'expérience. Les objets sont sélectionnés de manière à représenter la population cible à laquelle les résultats seront généralisés. Par exemple, si l'expérience vise à évaluer le rendement des cultures, les objets pourraient être des parcelles de terrain représentatives de la région ou des conditions de culture spécifiques.

Dans une expérience agricole, les facteurs sont attribués aux objets de manière aléatoire ou selon un plan expérimental prédéfini. Cela permet de minimiser les biais et de fournir une base solide pour l'inférence statistique. Les mesures et les observations sont ensuite effectuées sur les objets pour évaluer les effets des facteurs sur les variables de réponse.

Exemples de Facteur Habituels en Protection des végétaux

En protection des végétaux, plusieurs facteurs peuvent être étudiés à l'aide d'une analyse de variance (ANOVA) pour évaluer leur impact sur la santé et la productivité des plantes. Voici quelques exemples de facteurs couramment étudiés :

1-Facteur de traitement : Il s'agit du facteur principal d'intérêt dans une étude de protection des végétaux. Il peut inclure l'application de différents

traitements tels que des pesticides, des fongicides, des herbicides ou des biostimulants. L'objectif est de déterminer si ces traitements ont un effet significatif sur la croissance des plantes, la résistance aux maladies, la qualité des fruits, etc.

2-Facteur environnemental : Les conditions environnementales peuvent avoir un impact majeur sur la santé des plantes. Des facteurs tels que la température, l'humidité, l'ensoleillement, la pluviométrie et la qualité du sol peuvent être étudiés pour évaluer leur influence sur la croissance des plantes et leur susceptibilité aux maladies.

2-Facteur génétique : La génétique des plantes peut jouer un rôle important dans leur résistance naturelle aux maladies et aux ravageurs. Des études peuvent être menées pour comparer différentes variétés ou lignées génétiques de plantes et déterminer si elles présentent des différences significatives en termes de résistance aux maladies ou de tolérance aux ravageurs.

3-Facteur de gestion agricole : Les pratiques de gestion agricole telles que l'irrigation, la fertilisation, la rotation des cultures et la densité de plantation peuvent également être étudiées à l'aide d'une ANOVA pour évaluer leur impact sur la santé des plantes. Par exemple, on peut comparer différentes stratégies d'irrigation pour déterminer laquelle est la plus efficace pour prévenir les maladies fongiques.

4-Facteur de traitement post-récolte : En plus des facteurs liés à la croissance des plantes sur le terrain, des études peuvent également être réalisées pour évaluer l'efficacité des traitements post-récolte tels que le stockage, l'emballage et les conditions de transport sur la qualité des produits végétaux, la conservation et la prévention des maladies post-récolte.

2- Notion d'unité expérimentale : Une unité expérimentale est l'entité à laquelle les traitements sont appliqués et mesurés. Il peut s'agir d'une parcelle de terrain, d'une serre, d'un pot de culture, d'un animal ou d'autres unités spécifiques à l'expérience. Les unités expérimentales doivent être choisies de manière à minimiser les variations indésirables et à permettre une comparaison précise des traitements.

Réplication : La réplication consiste à répéter les traitements sur plusieurs unités expérimentales pour réduire les variations aléatoires et obtenir des résultats plus fiables. La réplication permet de fournir des données statistiquement significatives et de déterminer si les différences observées entre les traitements sont réellement dues à l'effet du facteur étudié.

3- Notions d'observations

Dans une expérimentation agricole, différentes mesures et observations sont effectuées pour évaluer les effets des traitements sur les variables d'intérêt. Cela peut inclure des mesures de croissance des plantes, des analyses chimiques du sol, des mesures de rendement, des évaluations de la qualité des cultures, etc

4- Notions d'analyse de la variance

L'analyse de variance (ANOVA) est une méthode statistique utilisée pour comparer les moyennes de plusieurs groupes et déterminer s'il existe des différences significatives entre ces groupes. L'ANOVA repose sur le calcul de la statistique F, également appelée statistique de Fisher-Snedecor.

Etapes de calcul de l'analyse de variance à un facteur

Etape1 : Posez les Hypothèses

- **L'hypothèse nulle** $H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ c'est-à-dire que le facteur étudié n'a pas d'effet sur la variable indépendante (comptée ou mesurée).
- **L'hypothèse alternative** $H_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$ c'est-à-dire que le facteur étudié a un effet sur la variable dépendante (comptée ou mesurée).
-

Etape 2 : calcul des degrés de libertés (DDL)

- Degré de liberté factoriels (DDL_F) (intergroupes)

$$DDL_F = k - 1$$

K= nombre de groupe ou classe

- Degré de liberté résiduels (DDL_R) (intragroupes)

$$DDL_R = n - k$$

n = nombre total d'observation

- Degré de liberté total (DDL_T)

$$DDL_T = n - 1$$

Etape 3 : calcul des moyennes de chaque groupe (SCE_F)

On calcule les moyennes arithmétiques de chaque groupe (niveau) qui compose le facteur étudié. Par exemple des variétés de blé, des doses d'irrigation, des milieux différents...ect

Etape 4 : Calcul des sommes des carrés des écarts factoriels (SCE_F)

$$(SCE_F) = n_1 (\bar{x}_1 - \bar{X})^2 + n_2 (\bar{x}_2 - \bar{X})^2 + n_3 (\bar{x}_1 - \bar{X})^2 + n_3 (\bar{x}_3 - \bar{X})^2 + \dots \text{ect}$$

$n_1, n_2, n_3 \dots$ se sont les groupes ou niveaux du facteur étudié,

\bar{X} : moyenne globale de toutes les observations, tout groupe confondu,

$\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3 \dots$ se sont les moyennes calculées pour chaque groupe

Etape 5 : Calcul des sommes des carrés écarts résiduels (SCE_R), appelés (erreurs) à l'aide de la relation suivante :

$$SCE_R = \sum (x_i - x_j)^2$$

où x_i est la valeur de l'observation i dans le groupe j et x_j est la moyenne du groupe j .

La relation précédente peut s'écrire comme suit :

$$SCE_R = S_1^2 (n_1 - 1) + S_2^2 (n_2 - 1) + S_3^2 (n_3 - 1) + \dots \text{ect}$$

S_1^2, S_2^2 et $S_3^2 \dots$ représente les variances des groupes étudiés, sachant que la qu'ici la variance est le carré de l'écart type de l'échantillon.

Etape 6 : Calcul des sommes des carrés écarts totaux (SCE_T) :

$$SCE_T = SCE_F + SCE_R$$

Etape 7 : Calcul des carrés moyens factoriels (CM_F), Résiduels (CM_R) et Total (CM_T)

$$CM_F = (SCE_F) / (DDL_F)$$

:

$$CM_R = (SCE_R) / (DDL_R)$$

$$CM_T = (SCE_T) / (DDL_T)$$

Etape 8 : Calcul de la statistique F :

$$F = (SCE_F / df \text{ entre}) / (SCE_R / df \text{ intra})$$

La statistique F suit une distribution de Fisher-Snedecor avec df entre et df intra degrés de liberté.

Pour interpréter les résultats de l'ANOVA, on compare la valeur calculée de la statistique F à une valeur critique correspondante à un niveau de signification donné. Si la valeur calculée de F est supérieure à la valeur critique, on peut conclure qu'il y a une différence significative entre les groupes.

Etape 9 : Probabilité

1- Calcul exacte de la probabilité

On peut faire recours au calcul de la probabilité associée P-value à l'aide de logiciels spécialisé ou certaines tel que la loi suivante qui existe sur Excel sous la forme suivante :

$$P\text{-value} = \text{LOI.F}(F_{\text{obs}} ; \text{ddl1} ; \text{ddl2})$$

2-Interprétation

Au seuil de %, quand P-value > à 0.05, cela veut dire que les différences obtenues ne sont pas significatives, l'hypothèse nulle d'égalité des moyennes est retenue. Dans le cas contraire, c'est-à-dire la P-value < 0.05,

les différences obtenues sont significatives, l'hypothèse nulle est donc rejetée.

Tableau de synthèse de l'analyse de variance à un Facteur

Source de variation	DDL	SCE	CM	F	Probabilité (Pr)
Variation Factorielle	K-1	SCE_F	$CM_F = (SCE_F) / (DDL_F)$	$F_{obs} = (CM_F) / (CM_R)$	Pr= LOI.F(F_{obs} ;ddl1 ;ddl2) à calculer avec Excel ou logiciels spécialisés
Variation Résiduelle	n- k	SCE_R	$CM_R = (SCE_R) / (DDL_R)$		
Variation Total	n-1	SCE_T			

Exemple d'application

Le nombre de graine par épi échaudé sous l'effet des vents chauds chez trois variétés de blé sont comme suit :

Variété 1 : 5 ; 8 ; 12 ; 11 ; 10

Variété 2 : 9 ; 10, 14 ; 11 ; 12

Variété 3 : 10,14, 16, 12, 18

Calculer : SCE_F , SCE_R , SCE_T , DDL et la statistique F

Solution

Tableau de synthèse de l'analyse de variance à un Facteur

Source de variation	DDL	SCE	CM	F	Prob
Variété	2	58.133	29.0667	4.07	0.0447
Résiduelle	12	85.600	7.1333		
Variation Totale	14	143.733			