

# **PRINCIPES D'EXPÉRIMENTATION**

Planification des expériences  
et analyse de leurs résultats

Pierre Dagnelie

## **TABLE DES MATIÈRES**

**2012**

Presses agronomiques de Gembloux

[pressesagro.gembloux@ulg.ac.be](mailto:pressesagro.gembloux@ulg.ac.be)

[www.pressesagro.be](http://www.pressesagro.be)

ISBN 978-2-87016-117-3

**ou**

Édition électronique

[www.dagnelie.be](http://www.dagnelie.be)



# Table des matières

<b>Introduction</b> .....	13
Observation et expérimentation. Historique. Protocole expérimental. Plan général. Objectif. Deux tendances générales. Logiciels. Bibliographie. Documentation par internet.	
<b>1 Le but et les conditions de l'expérience</b> .....	23
1.1 Définition du but de l'expérience .....	24
Expérience à objectif unique. Expérience à objectifs multiples.	
1.2 Définition des conditions de l'expérience .....	26
Expériences plus ou moins importantes. Stratégie ou programme expérimental. Conditions réglementaires.	
<b>2 Les facteurs et les traitements ou objets</b> .....	31
2.1 Concepts de base .....	32
La notion de facteur. La notion de traitement ou objet.	
2.2 Les expériences à un facteur .....	35
Le choix des modalités. Les témoins ou objets de référence.	
2.3 Les expériences factorielles et factorielles fractionnaires .....	38
Principes généraux. Les expériences factorielles complètes. Les expériences factorielles fractionnaires.	
2.4 Les autres expériences à deux ou plusieurs facteurs .....	54
L'étude des surfaces de réponse. L'étude des mélanges. Les plans optimaux. Les expériences organisées en deux ou plusieurs phases. Les expériences numériques.	
<b>3 Les unités expérimentales</b> .....	79
3.1 La notion d'unité expérimentale .....	80
3.2 Les dimensions des unités expérimentales .....	81
Principes généraux. Les bordures et les périodes tampons.	

3.3	La forme des unités expérimentales .....	86
3.4	Le nombre de répétitions .....	88
3.5	La variabilité du matériel expérimental .....	93
	Principes généraux. L'étude de la variabilité par le modèle de SMITH. L'étude de la variabilité par l'analyse spatiale.	
3.6	Exemple : expérience d'uniformité .....	97
	Présentation et données. Interprétation des résultats : modèle de SMITH. Interprétation des résultats : analyse spatiale.	
<b>4</b>	<b>Les observations .....</b>	<b>107</b>
4.1	Différents types d'observations .....	108
4.2	La nature et l'enregistrement des observations .....	110
<b>5</b>	<b>Les expériences complètement aléatoires .....</b>	<b>115</b>
5.1	Principes .....	116
5.2	Analyse des résultats .....	118
5.3	Discussion .....	120
5.4	Exemple 1 : expérience complètement aléatoire à deux facteurs ...	123
	Présentation et données. Analyse des résultats. Importance de la randomisation.	
5.5	Exemple 2 : expérience complètement aléatoire à quatre facteurs ..	131
	Présentation et données. Interprétation des résultats : analyse de la variance. Interprétation des résultats : demi-diagramme de probabilité. Interprétation des résultats : régression multiple. Étude de deux expériences factorielles fractionnaires.	
<b>6</b>	<b>Les expériences en blocs aléatoires complets .....</b>	<b>147</b>
6.1	Principes .....	148
	Les expériences en champ. Quelques autres situations.	
6.2	Analyse des résultats .....	151
6.3	Discussion .....	152
6.4	Exemple 1 : expérience en blocs aléatoires complets (planification)	156
	Présentation. Parcelles sans bordures. Parcelles avec bordures.	
6.5	Exemple 2 : expérience en blocs aléatoires complets (analyse de résultats) .....	164
	Présentation et données. Analyse des résultats : analyse de la variance. Analyse des résultats : régression.	

<b>7 Les expériences en parcelles divisées (<i>split-plot</i>) et en bandes croisées (<i>split-block</i>)</b> .....	175
7.1 Principes .....	176
Les expériences en blocs aléatoires complets et parcelles divisées. Autres dispositifs expérimentaux en parcelles divisées. Les expériences en bandes croisées.	
7.2 Analyse des résultats .....	180
Les expériences en blocs aléatoires complets et parcelles divisées. Autres dispositifs expérimentaux en parcelles divisées. Les expériences en bandes croisées.	
7.3 Discussion .....	184
7.4 Exemple 1 : expérience en blocs aléatoires complets et parcelles divisées .....	187
Présentation et données. Analyse des résultats.	
7.5 Exemple 2 : expérience en blocs aléatoires complets et bandes croisées .....	194
Présentation et données. Analyse des résultats.	
<b>8 Les expériences en carré latin et avec permutation des objets (<i>cross-over</i>)</b> .....	201
8.1 Principes .....	202
Le carré latin. Le dispositif avec permutation des objets ( <i>cross-over</i> ).	
8.2 Analyse des résultats .....	205
Le carré latin. Le dispositif avec permutation des objets ( <i>cross-over</i> ). Notions complémentaires.	
8.3 Discussion .....	209
8.4 Quelques cas particuliers et extensions du carré latin .....	210
8.5 Exemple 1 : expérience en carré latin .....	214
Présentation et données. Analyse des résultats.	
8.6 Exemple 2 : expérience avec permutation des objets ( <i>cross-over</i> ) ..	221
Présentation et données. Analyse des résultats.	
<b>9 Les expériences en blocs aléatoires incomplets : expériences non factorielles</b> .....	227
9.1 Principes .....	228
Généralités. Les blocs incomplets équilibrés. Les réseaux carrés équilibrés et les réseaux équilibrés. Les carrés latins incomplets. Les dispositifs partiellement équilibrés. Le cas des surfaces de réponse et des plans optimaux.	

9.2	Analyse des résultats .....	242
	Les blocs incomplets équilibrés. Les réseaux carrés équilibrés et les carrés latins incomplets.	
9.3	Discussion .....	247
9.4	Exemple 1 : expérience en blocs incomplets équilibrés .....	249
	Présentation et données. Analyse des résultats.	
9.5	Exemple 2 : expérience en réseau carré équilibré .....	253
	Présentation et données. Analyse des résultats.	
<b>10</b>	<b>Les expériences en blocs aléatoires incomplets : expériences factorielles</b> .....	<b>259</b>
10.1	Principes .....	260
	Généralités. La confusion complète. La confusion partielle. Les expériences factorielles fractionnaires et à répétition unique. Quelques principes de construction.	
10.2	Analyse des résultats .....	268
10.3	Discussion .....	270
10.4	Exemple : expérience avec confusion complète .....	271
	Présentation et données. Analyse des résultats.	
<b>11</b>	<b>Les facteurs lieux et temps</b> .....	<b>277</b>
11.1	Les expériences répétées dans l'espace et/ou dans le temps .....	278
	Principes. Analyse des résultats. Discussion.	
11.2	Les mesures répétées à différents moments sur les mêmes unités expérimentales .....	287
	Principes. Analyse des résultats. L'étude des successions de cultures ou rotations.	
11.3	Exemple 1 : expériences répétées en plusieurs endroits .....	294
	Présentation et données. Analyse des résultats.	
11.4	Exemple 2 : expériences répétées en plusieurs endroits et au cours de plusieurs années .....	303
	Présentation et données. Analyse des résultats.	
11.5	Exemple 3 : mesures répétées à différents moments .....	311
	Présentation et données. Analyse des résultats.	
11.6	Exemple 4 : comparaison de successions de cultures .....	319
	Présentation. Analyse des résultats.	

<b>12 Notions complémentaires</b> .....	323
12.1 Introduction .....	324
12.2 Les cultures mélangées .....	324
12.3 Quelques questions relatives au voisinage des parcelles .....	326
Les dispositifs expérimentaux équilibrés pour les parcelles voisines. Les dispositifs expérimentaux avec témoins systématiques. L'analyse des résultats avec ajustement en fonction des parcelles voisines.	
12.4 L'analyse de la variance et ses généralisations .....	332
L'analyse de la variance orthogonale et non orthogonale. L'analyse de la covariance. Le modèle linéaire général. Le modèle linéaire mixte et le modèle linéaire généralisé. L'analyse de la variance à plusieurs dimensions.	
12.5 Les données manquantes .....	351
12.6 L'étude des résidus de l'analyse de la variance .....	352
12.7 L'analyse de deux ou plusieurs variables .....	354
12.8 Les méthodes bayésiennes .....	358
12.9 La simulation de résultats d'expériences .....	358
<b>Synthèse</b> .....	363
Généralités. La planification des expériences. La réalisation des expériences. L'analyse et l'interprétation des résultats. Et puis encore ...	
<b>Tables</b> .....	373
Permutations aléatoires de 10, 20 et 50 nombres. Carrés latins de base.	
<b>Index bibliographique</b> .....	377
<b>Index des traductions et sigles anglais</b> .....	399
<b>Index des matières</b> .....	405