

AGRICULTURE D'AUJOURD'HUI  
*Sciences, Techniques, Applications*



# Méthodes expérimentales en agronomie

Pratique et analyse



Michel Vilain

2<sup>e</sup> édition

*Editions*  
**TEC**  
& **DOC**

*Lavoisier*

# Table des matières

**Introduction à la première édition** ..... 1

**Introduction à la deuxième édition** ..... 3

## Première partie

### Les outils statistiques

#### Chapitre 1

##### Rappels de statistique

1. Deux notions fondamentales : population et échantillon ..... 7

2. Caractéristiques statistiques ..... 8

    2.1. Les données ..... 8

    2.2. Caractérisation et notations ..... 8

    2.3. Rappels des définitions ..... 8

    2.4. Variance et degré de liberté ..... 10

    2.5. Variables aléatoires et loi de probabilité ..... 10

    2.6. Représentations graphiques ..... 10

3. Principales distributions ..... 11

    3.1. La loi binomiale ..... 11

    3.2. La loi normale ..... 12

        3.2.1. La distribution normale à une dimension ..... 12

        3.2.2. Distribution normale à 2 dimensions ..... 14

    3.3. Autres distributions statistiques ..... 14

        3.3.1. La distribution de Student ..... 15

        3.3.2. La distribution de  $\chi^2$  ..... 15

        3.3.3. Distribution de F ..... 17

#### Chapitre 2

##### Théorie de l'échantillonnage et estimation

1. Théorie de l'échantillonnage ..... 19

    1.1. Généralités ..... 19

1.2.	Distributions d'échantillonnage . . . . .	20
1.3.	Distributions et relations d'échantillonnage des principaux paramètres statistiques . . . . .	20
1.3.1.	Distribution d'échantillonnage de la moyenne $\bar{X}$ . . . . .	20
1.3.2.	Distribution d'échantillonnage de la fréquence F . . . . .	21
1.3.3.	Distribution d'échantillonnage de la variance et de l'écart type . . . . .	21
1.3.4.	Distributions d'échantillonnage de différence ou de somme . . . . .	22
1.4.	Illustrations . . . . .	23
2.	Estimation des paramètres d'une population . . . . .	28
2.1.	Estimation ponctuelle . . . . .	29
2.1.1.	Notion d'estimateur . . . . .	29
2.1.2.	Estimateur de la moyenne . . . . .	29
2.1.3.	Estimateur de la variance et de l'écart type . . . . .	29
2.1.4.	Estimateur d'une proportion . . . . .	30
2.2.	Estimation par intervalle de confiance . . . . .	30
2.2.1.	Intervalle de confiance d'une moyenne . . . . .	30
2.2.2.	Intervalle de confiance d'une proportion . . . . .	32
2.2.3.	Intervalle de confiance d'une différence . . . . .	33
2.2.4.	Intervalle de confiance d'une variance et d'un écart type . . . . .	34
2.3.	Variations des estimations . . . . .	35
3.	Détermination de l'effectif d'un échantillon . . . . .	36
3.1.	Précision pour une moyenne . . . . .	37
3.2.	Précision pour une proportion . . . . .	37

### Chapitre 3

#### Les problèmes de comparaison

1.	Les types de comparaison . . . . .	39
2.	Les tests d'hypothèses . . . . .	40
3.	Les risques d'erreur . . . . .	41
4.	Puissance d'un test . . . . .	42
5.	Principaux types de tests . . . . .	43
6.	Conditions d'application . . . . .	43

### Chapitre 4

#### Méthodes de comparaison de deux paramètres

##### Section 1

#### Tests relatifs à deux moyennes

1.	Tests d'égalité . . . . .	46
1.1.	Échantillons d'effectifs élevés . . . . .	46
1.1.1.	Principe du test . . . . .	46
1.1.2.	Applications commentées . . . . .	47

1.2. Échantillons d'effectifs faibles . . . . .	48
1.2.1. Principe du test . . . . .	48
1.2.2. Application commentée . . . . .	49
1.3. Récapitulation . . . . .	40
2. Tests de conformité . . . . .	50
2.1. Cas où l'échantillon a un effectif élevé . . . . .	51
2.2. Cas où l'échantillon a un effectif faible . . . . .	51
2.3. Autre mode de raisonnement . . . . .	51
2.4. Applications commentées . . . . .	51
3. Cas particulier d'échantillons appariés . . . . .	53
4. Puissance d'un test . . . . .	54
4.1. Définition . . . . .	54
4.2. Principaux facteurs de variations de la puissance . . . . .	56
5. Effectif minimal des échantillons . . . . .	57

## Section 2

### Tests relatifs aux proportions et aux variances

1. Tests relatifs aux proportions . . . . .	58
1.1. Tests d'égalité . . . . .	58
1.1.1. Principe . . . . .	58
1.1.2. Application commentée . . . . .	59
1.2. Tests de conformité . . . . .	59
1.2.1. Principe du test . . . . .	59
1.2.2. Application commentée . . . . .	60
2. Tests relatifs aux variances et aux écarts types . . . . .	60
2.1. Tests d'égalité de 2 variances . . . . .	60
2.2. Tests d'égalité de plus de 2 variances . . . . .	62
2.2.1. Le test de Bartlett . . . . .	62
2.2.2. Le test de Hartley . . . . .	63
2.3. Tests de conformité d'une variance ou d'un écart type . . . . .	63

## Chapitre 5

### Comparaison de moyennes de plusieurs populations

#### Section 1

#### L'analyse de la variance

1. Pourquoi utiliser la variance ? . . . . .	66
2. Présentation et identification des données . . . . .	67
3. Test de comparaison et analyse de la variance à un seul facteur . . . . .	69
3.1. Principe du test . . . . .	69
3.2. Simulation des variations de F . . . . .	70
4. Analyse de la variance à un facteur . . . . .	71
4.1. L'équation générale de la variance . . . . .	71

4.2. Calculs pratiques des variations . . . . .	73
4.3. Récapitulation . . . . .	74
4.4. L'analyse de la variance : méthode d'estimation . . . . .	76
4.5. Applications numériques . . . . .	76
5. Analyse de la variance à deux facteurs . . . . .	81
5.1. Présentation des données . . . . .	81
5.2. Équation d'analyse de la variance pour 2 facteurs . . . . .	82
5.3. Exécution pratique des calculs . . . . .	84
5.4. Le test de Tukey . . . . .	86
5.5. Application numérique . . . . .	86
6. Analyse de la variance à plus de 2 facteurs . . . . .	88
7. Importance des hypothèses . . . . .	88

### Section 2

#### Comparaisons multiples de moyennes

1. Généralités . . . . .	89
2. Les différents tests . . . . .	89
2.1. Le test t . . . . .	90
2.2. Le test de Dunnett . . . . .	91
2.3. Le test de Newman et Keuls . . . . .	91
2.4. Le test de Duncan . . . . .	92
3. Exemples comparatifs . . . . .	92

### Chapitre 6

#### Méthodes de comparaison de distributions

1. La problématique . . . . .	95
2. Le critère $\chi^2$ . . . . .	96
2.1. L'élaboration du critère . . . . .	96
2.2. Formules et conditions d'application . . . . .	96
2.3. Les tests . . . . .	97
2.3.1. Test d'ajustement . . . . .	97
2.3.2. Test d'indépendance . . . . .	97
3. Applications commentées . . . . .	98
4. Les tests de normalité . . . . .	102
4.1. Utilisation des coefficients de Pearson . . . . .	102
4.2. Ajustement et test $\chi^2$ . . . . .	102
4.3. Droite de Henry . . . . .	105

### Chapitre 7

#### Régression et corrélation

1. Généralités . . . . .	109
2. La régression . . . . .	110
2.1. La régression linéaire . . . . .	110

2.2.	Linéarisation	116
2.3.	Quelques cas de régression non linéaire	117
2.4.	Régression comportant plusieurs variables explicatives	118
3.	Corrélation	118
3.1.	Décomposition de la variation totale	118
3.2.	Mesure de la corrélation	119
3.3.	Expressions du coefficient de corrélation linéaire	119
3.4.	Variance liée	120
3.5.	Corrélation de rangs	121
4.	Tests relatifs à la corrélation et la régression	124
4.1.	Échantillonnage des coefficients de régression et de corrélation	124
4.2.	Tests relatifs au coefficient de corrélation linéaire	126
4.3.	Test relatif au coefficient de régression	127
4.4.	Tests au moyen de l'analyse de variance	130
4.4.1.	Test d'une corrélation	130
4.4.2.	Test de linéarité de la régression	130
4.4.3.	Application à la régression entre les poids et les longueurs des épis de maïs	132
5.	Application de la régression à l'analyse des essais	135
6.	Qualité et intérêt d'une régression	136

## Chapitre 8

### Analyse des données

1.	Généralités	139
2.	Les données	139
2.1.	Les types de variables	139
2.2.	La présentation des données	140
3.	Rappel des méthodes d'analyse classiques	140
4.	Les méthodes d'analyse multidimensionnelle	144
4.1.	L'analyse en composantes principales	145
4.2.	Analyse factorielle des correspondances	147
4.3.	Les méthodes de classification	149
4.4.	La méthode de segmentation	149
4.5.	L'analyse factorielle discriminante	149

## Deuxième partie

### Pratique et analyse de l'expérimentation

## Chapitre 9

### Notions générales sur l'expérimentation

1.	Le protocole expérimental	153
2.	Le vocabulaire de l'expérimentation	154

2.1. Les facteurs et les traitements . . . . .	154
2.2. Parcelles et dispositifs expérimentaux . . . . .	155
3. Intervention des facteurs de variabilité . . . . .	156
3.1. Les principales causes de variabilité . . . . .	156
3.2. Mise en évidence de la variabilité . . . . .	157
3.3. Appréciation de la variabilité . . . . .	158
3.3.1. Généralités . . . . .	158
3.3.2. Étude d'un exemple . . . . .	158
4. Principes généraux de l'expérimentation . . . . .	160
4.1. La nécessité des répétitions . . . . .	161
4.2. La répartition au hasard . . . . .	161
4.3. Interprétation statistique . . . . .	162

## Chapitre 10

### Essais et dispositifs expérimentaux

1. Les principaux types d'essais . . . . .	165
1.1. Essais simples et essais complexes . . . . .	165
1.2. Durée des essais et réseaux d'essais . . . . .	166
2. Notion d'interaction et essai factoriel . . . . .	166
2.1. Mise en évidence . . . . .	166
2.2. Intérêts et inconvénients des essais factoriels . . . . .	167
2.3. Mesure de l'interaction . . . . .	168
3. Les principaux dispositifs expérimentaux . . . . .	169
3.1. Dispositif en couples . . . . .	170
3.2. Dispositif en randomisation totale . . . . .	170
3.3. Dispositif en blocs aléatoires complets . . . . .	171
3.4. Dispositif en carré latin . . . . .	172
3.5. Dispositifs avec parcelles subdivisées . . . . .	174
3.5.1. Dispositif en split-plot . . . . .	174
3.5.2. Dispositif en criss-cross . . . . .	175
3.5.3. Comparaison des dispositifs expérimentaux . . . . .	176
3.6. Dispositifs expérimentaux particuliers . . . . .	176

## Chapitre 11

### Conception, réalisation et conduite des essais

1. Le plan d'expérimentation . . . . .	179
1.1. Nécessité d'un plan . . . . .	179
1.2. Élaboration d'un plan d'expérimentation . . . . .	180
1.2.1. Le thème de l'expérimentation . . . . .	180
1.2.2. Le choix des traitements . . . . .	181
1.2.3. Le choix du dispositif et du matériel expérimental . . . . .	182
1.2.4. Le choix du nombre de répétitions . . . . .	184
1.3. Élaboration du plan parcellaire . . . . .	185
1.3.1. Les caractéristiques parcellaires . . . . .	185

1.3.2. Allées et dégagements . . . . .	187
1.3.3. Affectation des traitements aux parcelles . . . . .	188
1.4. Site expérimental et localisation . . . . .	189
1.5. Le protocole expérimental . . . . .	190
1.6. Budget d'une expérimentation . . . . .	190
1.7. Simulation et recherche d'un dispositif . . . . .	190
2. Installation et conduite d'un essai . . . . .	193
2.1. Localisation parcellaire . . . . .	193
2.2. Implantation d'un essai . . . . .	193
2.3. La conduite de l'essai . . . . .	195
2.3.1. Les objectifs et conditions d'intervention . . . . .	195
2.3.2. L'installation des cultures . . . . .	196
2.3.3. Les apports . . . . .	196
3. Les observations et la récolte . . . . .	198
3.1. Les conditions de réalisation . . . . .	198
3.2. Les observations et les notations . . . . .	198
3.3. La récolte . . . . .	200
4. Le compte-rendu . . . . .	202

## Chapitre 12

### Analyse et interprétation des essais

#### Section 1

#### Directives générales

1. Le recueil et l'examen des données . . . . .	204
2. Traitement et interprétation des données . . . . .	205
3. L'interprétation automatique . . . . .	208
4. Compte-rendu et diffusion . . . . .	209

#### Section 2

#### Interprétation d'essais simples

1. Analyse d'essais en randomisation totale et en blocs aléatoires complets . . . . .	211
1.1. Principes d'analyse pour un essai en randomisation totale . . . . .	211
1.2. Principes d'analyse pour un essai en blocs aléatoires complets . . . . .	212
1.3. Exemples . . . . .	213
2. Essais en carré latin . . . . .	222
2.1. Principe d'analyse . . . . .	222
2.2. Exemple . . . . .	223
Annexe – Analyse de la variance et théorème de Pythagore . . . . .	227

2.5. L'échantillonnage à plusieurs degrés et à plusieurs phases . . . . .	330
2.5.1. L'échantillonnage à deux degrés . . . . .	330
2.5.2. L'échantillonnage à deux phases . . . . .	334

## Section 3

## Interprétation d'essais factoriels

1. Essais en blocs aléatoires complets . . . . .	229
1.1. Principe de l'analyse . . . . .	229
1.2. Exemples d'analyse . . . . .	231
2. Essais en split-plot . . . . .	238
2.1. Principe de l'analyse . . . . .	238
2.2. Exemples . . . . .	240
3. Essais en criss-cross . . . . .	247
3.1. Principe de l'analyse . . . . .	247
4. Récapitulation et comparaisons des analyses selon le dispositif . . . . .	252

## Chapitre 13

## Problèmes particuliers

1. Les conditions d'applications de l'analyse de variance et les transformations . . . . .	255
1.1. Rappels des conditions d'application . . . . .	255
1.2. La transformation des variables . . . . .	256
1.2.1. Les principales transformations . . . . .	256
1.2.2. Le choix d'une transformation . . . . .	257
1.3. Exemples . . . . .	257
2. Résultats manquants et résultats aberrants . . . . .	267
2.1. Les origines et justifications . . . . .	267
2.2. Analyses avec données manquantes . . . . .	267
2.2.1. Les possibilités et les conséquences . . . . .	268
2.2.2. Remplacement et corrections . . . . .	268
2.3. Exemples d'essais incomplets . . . . .	269
2.3.1. Analyse après abandon des blocs 4 et 5 incomplets . . . . .	269
2.3.2. Analyse des résultats en randomisation totale . . . . .	270
2.3.3. Analyse après estimation de données manquantes . . . . .	271
2.3.4. Autre méthode . . . . .	273
3. Compléments d'interprétation . . . . .	274
4. Les essais répétés . . . . .	286
4.1. Principe d'analyse d'une série d'essais . . . . .	287
4.2. Cas des cultures pérennes . . . . .	294
5. Les dispositifs non classiques . . . . .	294

*Troisième partie***La modélisation***Chapitre 14***Modèles et prédiction**

1. Généralités . . . . .	297
2. Les différents types de modèles mathématiques . . . . .	297
3. Élaboration d'un modèle . . . . .	298
3.1. Les principales étapes . . . . .	298
3.2. Les variables et la forme des modèles . . . . .	299
3.3. Utilisation des modèles . . . . .	300
4. Exemples de recherche d'un modèle . . . . .	300
4.1. Recherche d'un premier modèle . . . . .	300
4.2. Recherche d'un deuxième modèle . . . . .	304
4.3. Autres modèles possibles . . . . .	307
5. Qualité d'un modèle . . . . .	310
5.1. Résidus et distribution des résidus . . . . .	310
5.2. Test statistique . . . . .	310
6. La prédiction . . . . .	310

*Quatrième partie***Les méthodes d'échantillonnage  
et les enquêtes***Chapitre 15***Échantillonnage et sondage***Section 1***Méthodes d'échantillonnage et de sondage**

1. Les problèmes d'échantillonnage . . . . .	316
1.1. Généralités . . . . .	316
1.2. Définition et notation . . . . .	316
1.3. Les erreurs lors de l'échantillonnage . . . . .	317
1.4. L'effectif optimal des échantillons . . . . .	317
1.5. Les méthodes d'échantillonnage . . . . .	318
2. Les méthodes probabilistes . . . . .	319
2.1. L'échantillonnage aléatoire simple . . . . .	319
2.2. L'échantillonnage systématique . . . . .	320
2.3. L'échantillonnage par grappes . . . . .	322
2.4. L'échantillonnage avec stratification . . . . .	326
2.5. L'échantillonnage à plusieurs degrés et à plusieurs phases . . . . .	330
2.5.1. L'échantillonnage à deux degrés . . . . .	330
2.5.2. L'échantillonnage à deux phases . . . . .	334

## Section 2

## Pratique de l'échantillonnage

1. Présentation de la population . . . . .	337
1.1. Origine et constitution . . . . .	337
1.2. Principaux paramètres statistiques de la population . . . . .	338
2. Le plan d'échantillonnage . . . . .	339
2.1. Les éléments d'un plan d'échantillonnage . . . . .	339
2.2. Définition des objectifs . . . . .	340
2.3. Précision et effectif des échantillons . . . . .	340
2.4. La base d'échantillonnage . . . . .	342
2.5. Les données et leur utilisation . . . . .	343
2.6. Notation et valeurs de référence . . . . .	344
2.7. Les méthodes d'échantillonnage retenues . . . . .	345
3. Échantillonnage aléatoire . . . . .	345
3.1. Principe et application . . . . .	345
3.2. Échantillonnage aléatoire simple . . . . .	346
3.2.1. Étude et analyse d'un échantillon . . . . .	346
3.2.2. Étude d'une série d'échantillons . . . . .	347
3.3. Échantillonnage aléatoire par groupes . . . . .	349
3.3.1. Échantillonnage de groupes linéaires . . . . .	349
3.3.2. Échantillonnage de groupes rectangulaires . . . . .	350
4. Échantillonnage systématique . . . . .	352
4.1. Principe et réalisation . . . . .	352
4.2. Choix de la raison . . . . .	352
4.3. Étude d'un échantillon . . . . .	353
4.4. Étude des distributions d'échantillonnage . . . . .	354
5. Échantillonnage en grappes . . . . .	356
5.1. Généralités et modalités pratiques . . . . .	356
5.2. Étude et analyse d'un échantillon . . . . .	356
5.3. Étude des séries d'échantillons . . . . .	358
5.3.1. Échantillonnage en grappes linéaires . . . . .	358
5.3.2. Échantillonnage en grappes rectangulaires . . . . .	359
6. Échantillonnage avec stratification . . . . .	361
6.1. Généralités et modalités pratiques . . . . .	361
6.2. Extraction et analyse d'un échantillon . . . . .	361
6.3. Étude d'une série d'échantillons . . . . .	363
7. Échantillonnage à deux degrés . . . . .	365
7.1. Généralités et réalisation . . . . .	365
7.2. Étude et analyse d'un échantillon . . . . .	365
7.3. Présentation des séries d'échantillons . . . . .	368
7.3.1. Série d'échantillons : 10 UP/6 US . . . . .	368
7.3.2. Série d'échantillons : 6 UP/10 US . . . . .	369
7.4. Remarques . . . . .	370
8. Le sous-échantillonnage . . . . .	371
8.1. Les possibilités . . . . .	371

8.2. Les techniques de sous-échantillonnage .....	372
8.3. Modèles hiérarchisés. ....	372

### Section 3

#### Comparaison des méthodes

1. Estimations et efficacité des méthodes .....	377
2. Normalité des distributions d'échantillonnage .....	378
2.1. Les objectifs et les moyens .....	378
2.2. Application .....	378
3. Les équations des droites d'ajustement .....	379
3.1. Exemple d'ajustement .....	379
3.2. Ajustement des poids moyens .....	381
3.3. Ajustement des fréquences .....	383

<b>Annexes</b> .....	385
Annexe 1. Population 1440 : Bas 1440 .....	386
Annexe 2. Populations dérivées POP 236 et POP 353 .....	388
Annexe 3. Échantillonnage en grappes .....	389
Annexe 4. Échantillonnage avec stratification .....	390
Annexe 5. Échantillonnage à 2 degrés .....	391

### Chapitre 16

#### Notions générales sur les enquêtes

1. Généralités .....	393
2. Les types et la réalisation d'une enquête .....	393
3. Les méthodes de sondage .....	395
4. Le questionnaire d'enquête .....	396
5. Traitement et interprétation des données .....	397

<b>Conclusion générale</b> .....	399
----------------------------------	-----

<b>Tables statistiques</b> .....	401
Table 1. Distribution de la loi normale réduite .....	403
Table 2. Distribution de la loi de Student .....	404
Table 3. Distribution de $\chi^2$ .....	405
Tables 4. Distribution de F .....	
4.1. Probabilité 0,95 .....	406
4.2. Probabilité 0,975 .....	407
4.3. Probabilité 0,99 .....	408
Tables 5. Test de Harley .....	
5.1. Valeurs critiques $\alpha = 0,05$ .....	409
5.2. Valeurs critiques $\alpha = 0,01$ .....	409
Tables 6. Test de Newman et Keuls .....	
6.1. Valeurs critiques $\alpha = 0,05$ .....	410
6.2. Valeurs critiques $\alpha = 0,01$ .....	411

Tables 7. Test de Dunett ..... 412

    7.1. Valeurs critiques  $\alpha = 0,05$  ..... 412

    7.2. Valeurs critiques  $\alpha = 0,01$  ..... 413

Tables 8. Test de Duncan ..... 414

Table 9. Seuils de signification à 5 % et 1 % des coefficients  
de corrélation ..... 416

**Bibliographie générale** ..... 417

**Index** ..... 419

Annexes : ..... 440

    Annexe 1. Population 1440 : Bas 1440 ..... 440

    Annexe 2. Populations dérivées POP 235 et POP 252 ..... 441

    Annexe 3. Échantillonnage en grappes ..... 442

    Annexe 4. Échantillonnage avec stratification ..... 443

    Annexe 5. Échantillonnage à deux degrés ..... 444

    3.3. Échantillonnage aléatoire par groupes ..... 445

        3.3.1. Échantillonnage de groupes linéaires ..... 445

        3.3.2. Échantillonnage de groupes rectangulaires ..... 446

4. Échantillonnage sur les endures ..... 447

    4.1. Principes ..... 447

    4.2. Choix de la nature de l'enquête ..... 448

    4.3. Les méthodes de sondage ..... 449

    4.4. Étude des distributions d'échantillonnage ..... 450

    4.5. Questionnaire d'enquête ..... 451

    4.6. Traitement et interprétation des données ..... 452

    4.7. Généralités ..... 453

    4.8. Étude et analyse d'un échantillon ..... 454

    4.9. Étude des séries d'échantillons ..... 455

        4.9.1. Échantillonnage en grappes linéaires ..... 456

        4.9.2. Échantillonnage en grappes rectangulaires ..... 457

    4.10. Tables statistiques ..... 458

        Table 1. Distribution de la loi normale réduite ..... 459

        Table 2. Distribution de la loi de Student ..... 460

        Table 3. Distribution de  $\chi^2$  ..... 461

        Table 4. Distribution de F ..... 462

        Table 5. Probabilité 0,95 ..... 463

        Table 6. Probabilité 0,975 ..... 464

        Table 7. Probabilité 0,99 ..... 465

        Table 8. Test de Hailey ..... 466

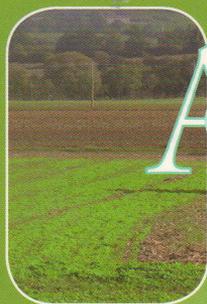
        Table 9. Valeurs critiques  $\alpha = 0,05$  ..... 467

        Table 10. Valeurs critiques  $\alpha = 0,01$  ..... 468

        Table 11. Test de Newman et Keuls ..... 469

        Table 12. Valeurs critiques  $\alpha = 0,05$  ..... 470

        Table 13. Valeurs critiques  $\alpha = 0,01$  ..... 471



# M

**Méthodes expérimentales en agronomie** est essentiellement axé sur la méthodologie : conception et planification des expériences, aspects pratiques, échantillonnage, essais, exemples d'applications, analyse des résultats, utilisation de l'outil informatique...

À l'occasion de cette deuxième édition entièrement revue, la rédaction de certains chapitres a été totalement reprise et complétée. C'est le cas en particulier pour deux d'entre eux : la conception et la réalisation de l'expérimentation ainsi que l'obtention des échantillons où la réalisation pratique et l'interprétation statistique des données ont été des préoccupations permanentes.

L'architecture de l'ouvrage a été intégralement conservée : présentation des outils statistiques puis exposé de leurs utilisations en expérimentation et en échantillonnage où la limitation des développements mathématiques, l'un des objectifs constants lors de la première édition, a été totalement respectée. De nouveaux exemples ont été développés.

À l'heure où la production biologique marque de son empreinte l'agronomie et l'agriculture, cet ouvrage servira à valider les techniques innovantes de substitution proposées en permettant d'effectuer les expérimentations indispensables pour en faire des techniques valables. Très didactique, il est accessible au plus grand nombre de lecteurs : étudiants en agronomie, élèves de BTS de l'enseignement agricole ou techniciens des industries agrochimiques et des organisations agricoles.

**Michel Vilain** ingénieur agronome, licencié ès sciences, est également auteur de *La production végétale*, ouvrage en deux volumes paru chez le même éditeur.

