

Avant-propos

Le recours aux approches quantitatives est moins fréquent en recherche académique en sciences de l'éducation et de la formation qu'il ne l'est dans d'autres sciences sociales et humaines. Un corollaire en est la relative rareté des outils pédagogiques susceptibles de permettre à un large public d'étudiants, enseignants, praticiens et chercheurs en éducation et formation de s'initier rapidement et efficacement aux méthodes et outils quantitatifs. Ce qui, en retour, ne saurait favoriser ni la familiarité avec ces outils, ni le recours à ces approches. Or s'il est évident qu'il n'y a pas à tout aborder sous l'angle quantitatif en éducation et formation, il est en revanche certain que des analyses quantitatives sont parfois indispensables.

Cet ouvrage propose une introduction aux principales méthodes quantitatives contemporaines d'analyse et de recherche en éducation et formation. L'objectif en est de permettre à des éducationnistes non-familiers de ces méthodes de s'y initier aisément afin d'être capables, lorsque nécessaire, d'y avoir recours de façon pertinente dans le cadre de leurs travaux d'étude et de recherche. L'ambition est de les guider et de les soutenir dans la mise en œuvre de ces démarches, méthodes et outils. La priorité de l'ouvrage est donc de présenter de façon simple et pratique une large gamme de méthodes

existantes ; d'expliquer, pour chacune d'entre elles, ce à quoi elle sert et à quel type de question d'étude ou de recherche en éducation et formation elle peut permettre de répondre ; d'en montrer la logique d'ensemble ; d'illustrer comment, en termes pratiques, la mettre en œuvre ; et de préciser comment en interpréter les résultats.

L'ouvrage s'adresse tout particulièrement aux étudiants en Licence, Master et Doctorat en sciences de l'éducation et de la formation. Commencer à s'initier dès la première année de Licence à l'approche quantitative, puis acquérir progressivement de nouvelles méthodes au fil du cursus, donne à l'étudiant une plus grande latitude quant au choix des approches, et les meilleures chances de concevoir clairement, maîtriser rapidement et mettre en œuvre efficacement des procédures quantitatives s'il y a lieu, lorsque sera venu le moment d'organiser sa recherche de mémoire ou de thèse, puis d'en entreprendre la phase d'investigation empirique.

L'objectif de cet ouvrage n'est clairement pas de former des statisticiens ou des chercheurs en statistique. Priorité est à la mise en œuvre concrète de méthodes par des utilisateurs qui n'en sont pas familiers. Il ne sera donc question ici ni de théories statistiques ni de leurs fondements mathématiques. Il s'agit essentiellement de poser les principaux repères grâce auxquels un

utilisateur pourra, de façon informée, sélectionner la méthode pertinente pour son travail ; en argumenter le choix ; en engager la mise en œuvre – le cas échéant avec appel éclairé à des personnes-ressources, et en interaction intelligente avec elles – ; et en tirer des conclusions utiles à ses analyses.

Pour que l'ensemble de ce pari puisse être tenu, il importait que l'ouvrage soit accessible. Le texte est donc présenté sans formalisation inutile ni développement mathématique superflu. L'essentiel est ainsi mis à disposition sous forme compacte, sachant que le lecteur qui souhaitera en savoir plus et aller plus loin pourra toujours se référer à la riche littérature qui existe sur ces questions dans différentes branches de l'analyse quantitative : statistique, biostatistique, économétrie, psychométrie, sociométrie, édumétrie, notamment.

Précisons à ce stade que les méthodes présentées dans cet ouvrage débordent du cadre de l'édumétrie. Telle qu'entendue traditionnellement, l'édumétrie se focalise sur la mesure dans les processus d'apprentissage. Les méthodes présentées ici peuvent – au moins pour certaines d'entre elles – s'appliquer à l'analyse des processus d'apprentissage. Mais elles ont aussi vocation à s'appliquer en dehors, dans l'analyse des *contextes* mêmes au sein desquels l'apprentissage prend place, qu'il s'agisse de contextes institutionnels,

sociaux ou économiques, ainsi que dans la perspective plus large de l'analyse des politiques d'éducation et de formation.

Cet ouvrage s'adresse à un large public d'enseignants-chercheurs, chercheurs, chargés d'études, doctorants et étudiants dans le domaine de l'éducation et de la formation au sens large. Il est conçu comme un outil à disposition de ceux qui souhaiteraient accompagner l'apprentissage et/ou étendre leur palette de compétences dans le champ du quantitatif. Il n'a pas pour objet d'imposer la perspective quantitative là où elle ne se justifierait pas. Je forme le vœu qu'il réponde aux besoins de son public.

Introduction

Cet ouvrage est un compagnon de route de l'éducationniste dans l'exploration, la maîtrise progressive et l'exploitation du potentiel des méthodes quantitatives pour l'analyse et la recherche en éducation et formation. Il est conçu de façon à accompagner l'utilisateur, des premiers stades de l'apprentissage jusqu'à une relative autonomie. À cette fin, l'étendue du contenu présenté est des plus larges, allant des notions de base de statistique descriptive jusqu'à des méthodes avancées comme la modélisation par équations structurelles. L'objectif est de permettre un apprentissage progressif et organisé de ces méthodes. Chaque chapitre fait appel à des connaissances présentées dans les chapitres précédents. Le lecteur pourra ainsi mesurer lui-même, chapitre après chapitre, le chemin parcouru. Mais bien entendu, l'ouvrage permet aussi au lecteur qui dispose déjà des bases, d'aller directement au chapitre traitant de la méthode spécifique à laquelle il envisage d'avoir recours.

Cet ouvrage s'inscrit dans une logique de construction de compétences, suivant une approche pratique et concrète, à finalité opérationnelle. Ce n'est ni une encyclopédie, ni un traité théorique, ni un recueil de savoirs abstraits dont l'intérêt pratique resterait un mystère. C'est essentiellement un guide de méthode pour, étape par étape, se doter de compétences en analyse quantitative et être capable de mettre en œuvre

ces compétences dans le cadre de travaux d'étude et de recherche en éducation et formation.

Contenu et organisation de l'ouvrage

L'ouvrage est divisé en trois parties, précédées par un chapitre liminaire introduisant les notions de base.

Le chapitre liminaire (Chapitre 1) présente et illustre des notions telles que celles d'individu, population, variable, indice, série statistique, distribution statistique, courbe normale, ainsi que les indicateurs basiques de statistique descriptive. L'accent est mis dans ce chapitre sur des outils qui reviennent fréquemment par la suite dans l'ouvrage, et plus généralement en analyse quantitative, et dont la bonne compréhension est indispensable à une progression aisée.

Suivent trois parties consacrées respectivement aux principes de collecte et de préparation de données, aux méthodes d'analyse de données, et à la modélisation des relations entre variables.

La première partie (chapitres 2 et 3) présente les principales étapes préalables à une démarche quantitative. Le chapitre 2 est consacré aux méthodes de collecte des données, mettant l'accent sur les aspects cruciaux mais rarement présentés que constituent la vérification de la validité et de la lisibilité de questionnaires, ainsi que l'échantillonnage. Le chapitre 3 rappelle les règles générales de la préparation des

données. L'attention y est attirée sur la question de la gestion des valeurs aberrantes. Les principales méthodes de standardisation des données y sont exposées.

La deuxième partie de l'ouvrage (chapitres 4 à 15) présente une gamme étendue de méthodes d'analyse de données. Les chapitres 4 et 5 introduisent respectivement l'analyse lexicométrique et l'analyse classificatoire, rarement présentées mais dont le potentiel est non négligeable pour les chercheurs en sciences de l'éducation et de la formation. Les chapitres 6 à 12 présentent la philosophie, les méthodes et les conditions d'utilisation des principaux tests statistiques, sans aucun doute les outils les plus rapidement accessibles pour une approche quantitative efficace en recherche en éducation et formation. Les outils de mesure de la corrélation et de l'association, aisément accessibles eux aussi, sont présentés au chapitre 13. Le chapitre 14 présente l'analyse factorielle exploratoire, le chapitre 15 l'analyse de variance.

La troisième partie (chapitres 16 à 22) est consacrée à la modélisation des relations entre variables. Elle présente de façon détaillée un répertoire de modèles d'analyse de variance et de régression.

N'ont été retenues que des méthodes qui présentent un intérêt évident par rapport à des problématiques de recherche en éducation et formation, et pour la mise en

œuvre desquelles, par ailleurs, l'utilisateur peut s'appuyer de façon substantielle sur des logiciels statistiques.

Tout au long de l'ouvrage, la mise en œuvre des méthodes est illustrée au travers d'exemples¹.

Le recours aux logiciels statistiques

Cet ouvrage s'appuie de façon essentielle sur l'usage de logiciels statistiques. Ceux-ci ont, en effet, l'avantage d'automatiser un certain nombre de calculs qui ne présentent pas toujours en eux-mêmes un intérêt conceptuel considérable. Les logiciels facilitent en ce sens la maîtrise progressive des méthodes quantitatives. Disposer d'emblée d'un bon logiciel permet de ne pas être bloqué par le caractère parfois un peu fastidieux du calcul manuel et des manipulations préparatoires sur un tableur non spécialisé. Disposer d'un bon logiciel statistique est indispensable pour éviter des sources inutiles de découragement et d'erreurs de calcul.

Dans cet esprit, l'équipement de base recommandé est le tableur Excel de Microsoft, à compléter avec

¹ Le fichier Excel des tableaux de données analysés dans les exemples est téléchargeable à l'adresse :
<https://methodes-quantitatives-en-sciences-de-leducation-71.websself.net/>

XLSTAT², le logiciel statistique en langue française sans doute le plus pédagogique et le plus simple d'utilisation pour un utilisateur non familier à l'heure actuelle. XLSTAT, en version de base, permet de couvrir la plupart des thèmes de cet ouvrage³. Mais évidemment, le concept de l'ouvrage n'entraîne aucune contrainte quant aux types de logiciels à utiliser, de sorte que le lecteur reste libre d'opter, en fonction de ses préférences, pour toute autre solution logicielle à sa convenance⁴.

² <https://www.xlstat.com/fr/>. Un grand nombre de tutoriels guidant l'utilisateur d'XLSTAT sont librement accessibles sur internet.

³ Des ressources complémentaires sont indiquées lorsque ce n'est pas le cas.

⁴ Par exemple, Minitab ou SPSS représentent d'excellentes alternatives. Des solutions gratuites – mais plus partielles – existent aussi. Excel en soi, tout d'abord, qui sans constituer un logiciel statistique complet, couvre déjà, en cumulant ses fonctions statistiques (sous l'onglet *Formules*) et son utilitaire d'analyse (sous l'onglet *Données*), une large gamme de besoins. De même, XLSTAT offre depuis 2018 une version gratuite quoique limitée à seulement quelques fonctions. À titre complémentaire, divers sites internet permettent de télécharger gratuitement des modules de calcul statistique en fonction des besoins, par exemple,

- en français : AnaStats

<http://www.anastats.fr/outils.php> ;

- en anglais : Real Statistics (<http://www.real-statistics.com/>). Ce site met à disposition un ensemble d'outils, le « Real Statistics Resource Pack », téléchargeable à l'adresse <http://www.real-statistics.com/free-download/real-statistics-resource-pack/>. Une fois le téléchargement et l'installation effectués conformément aux instructions, il peut s'avérer nécessaire d'accéder aux *Propriétés* du fichier téléchargé (par un clic droit) et de le *Débloquer* (en face du message « *Ce fichier provient d'un autre ordinateur...* » dans l'onglet *Général*). La combinaison de touches « Ctrl m » dans Excel donne accès à la fenêtre de sélection des outils d'analyse de données (analyse de variance, régression, etc.) du pack. Le pack comprend aussi des fonctions statistiques, permettant de réaliser de nombreux tests statistiques, et qui s'utilisent comme les autres fonctions d'Excel, c'est-à-dire après avoir inscrit le signe = dans une cellule de feuille de calcul.

Enfin, des logiciels statistiques gratuits eux aussi mais beaucoup plus complets existent, par exemple SAS ou R, téléchargeables sur internet. Cependant, ils nécessitent un minimum de programmation.

Table des matières

AVANT-PROPOS	1
INTRODUCTION	5
LISTE DES ENCADRÉS	19
CHAPITRE 1. NOTIONS DE BASE	21
1.1. INDIVIDU, POPULATION, VARIABLE	21
1.2. INDICE	25
1.3. INDICATEURS DE STATISTIQUE DESCRIPTIVE	27
1.3.1. <i>Indicateurs de tendance centrale</i>	28
1.3.1.1. Fréquence	29
1.3.1.2. Mode	29
1.3.1.3. Médiane	30
1.3.1.4. Moyenne arithmétique	30
1.3.1.5. Moyenne géométrique	31
1.3.2. <i>Indicateurs de dispersion</i>	34
1.3.2.1. Minimum, maximum, extremum, étendue	34
1.3.2.2. Quartiles, déciles, centiles	34
1.3.2.3. Écart à la moyenne : écart moyen, écart-type et variance	40
1.3.2.4. Coefficient de variation	44
1.4. COVARIANCE	47
1.5. DISTRIBUTION STATISTIQUE ET COURBE NORMALE	50
PREMIÈRE PARTIE : COLLECTER ET PRÉPARER LES DONNÉES	57
CHAPITRE 2. COLLECTER LES DONNÉES	59
2.1. L'ENQUÊTE PAR QUESTIONNAIRE	61
2.1.1. <i>Préparation du questionnaire</i>	62
2.1.1.1. Conception du questionnaire	62
2.1.1.2. Phase pilote	67
2.1.1.2.1. Couverture du champ	67
2.1.1.2.2. Fiabilité	71
2.1.1.2.3. Cohérence interne	75
2.1.1.2.4. Intelligibilité	80
2.1.2. <i>Échantillonnage</i>	83
2.1.2.1. Composition de l'échantillon	84
2.1.2.1.1. Échantillonnage non-probabiliste	84
2.1.2.1.2. Échantillonnage probabiliste	89
2.1.2.2. Taille de l'échantillon	98

12 *Introduction Pratique aux Méthodes Quantitatives*

2.2. L'ENQUÊTE PAR ENTRETIEN	106
CHAPITRE 3. PRÉPARER LES DONNÉES	109
3.1. VALEURS ABERRANTES	110
3.2. STANDARDISATION.....	111
3.2.1. <i>Standardisation par centration - réduction</i>	113
3.2.2. <i>Standardisations max-min</i>	119
3.2.2.1. Standardisation max-min en intervalle [0 ; 1]	120
3.2.2.2. Standardisation max-min autour de zéro.....	123
3.2.2.3. Standardisation max-min dans un intervalle quelconque.....	126
3.2.3. <i>Standardisation par moyenne ou écart-type</i>	128
DEUXIÈME PARTIE : ANALYSER LES DONNÉES	131
CHAPITRE 4. LEXICOMÉTRIE : L'ÉTUDE QUANTITATIVE DE TEXTES	133
4.1. ÉTABLIR LE CADRE DE RÉFÉRENCE	134
4.2. RÉPERTORIER LES FORMES PAR FRÉQUENCE D'OCCURRENCE.....	136
4.3. ANALYSE SÉMANTIQUE.....	138
CHAPITRE 5. ANALYSE CLASSIFICATOIRE : DISCERNER DES GROUPES HOMOGÈNES	141
5.1. PARTITIONNEMENT UNIVARIÉ	143
5.2. MÉTHODE K-MEANS	146
5.3. CLASSIFICATION ASCENDANTE HIÉRARCHIQUE	150
5.4. CLASSIFICATION EN CLASSES LATENTES	153
CHAPITRE 6. INTRODUCTION AUX TESTS STATISTIQUES : LES TENDANCES APPARENTES SONT-ELLES RÉELLEMENT SIGNIFICATIVES ?	159
6.1. PROBLÉMATIQUE	159
6.2. LOGIQUE GÉNÉRALE DES TESTS STATISTIQUES.....	161
CHAPITRE 7. LES TESTS DE COMPARAISON DE VARIANCES	169
7.1. CAS 1 – COMPARAISON D'UNE VARIANCE À UNE RÉFÉRENCE : TEST DE CONFORMITÉ	169
7.2. CAS 2 – COMPARAISON DE DEUX VARIANCES.....	174
7.2.1. <i>Les variables sont normalement distribuées</i>	175
7.2.1.1. Test de Levene et test de Bartlett	176
7.2.1.2. Test F de Fisher.....	180
7.2.2. <i>Les variables ne sont pas normalement distribuées</i>	184
7.3. CAS 3 – COMPARAISON DE PLUS DE 2 VARIANCES	189

7.4. TABLEAU RÉCAPITULATIF DES TESTS DE COMPARAISON DE VARIANCES.....	193
CHAPITRE 8. LES TESTS DE COMPARAISON DE MOYENNES	195
8.1. CAS 1 – COMPARAISON D’UNE MOYENNE À UNE RÉFÉRENCE : TESTS DE CONFORMITÉ	196
8.1.1. <i>Situation 1 – On ignore la variance de la population-mère .</i>	196
8.1.2. <i>Situation 2 – On connaît la variance de la population-mère</i>	201
8.2. CAS 2 – COMPARAISON DE DEUX (OU PLUS) MOYENNES D’UN MÊME GROUPE OU DE GROUPES APPARIÉS.....	205
8.2.1. <i>Comparaison de deux moyennes d’un même groupe ou de groupes appariés.....</i>	206
8.2.1.1. <i>Situation 1 – On ne connaît pas la variance de la série des différences pour l’ensemble de la population-mère</i>	207
8.2.1.2. <i>Situation 2 – On connaît la variance de la série des différences pour l’ensemble de la population-mère</i>	215
8.2.2. <i>Comparaison de trois moyennes (ou plus) d’un même groupe ou de groupes appariés.....</i>	218
8.3. CAS 3 – COMPARAISON DE DEUX (OU PLUS) MOYENNES DE GROUPES INDÉPENDANTS	221
8.3.1. <i>Comparaison de deux moyennes de groupes indépendants</i>	221
8.3.1.1. <i>Situation 1 – On ignore la variance de la variable pour chacune des deux populations-mères.....</i>	222
8.3.1.2. <i>Situation 2 – On connaît la variance de la variable pour chacune des deux populations-mères.....</i>	231
8.3.2. <i>Comparaison de trois (ou plus) moyennes de groupes indépendants</i>	235
8.4. TABLEAU RÉCAPITULATIF DES TESTS DE COMPARAISON DE MOYENNES	238
CHAPITRE 9. LES TESTS DE COMPARAISON DE PROPORTIONS.....	241
9.1. CAS 1 – COMPARAISON D’UNE PROPORTION OBSERVÉE À UNE PROPORTION THÉORIQUE	241
9.2. CAS 2 – COMPARAISON DE DEUX PROPORTIONS	243
9.2.1. <i>Situation 1 – Comparaison de deux proportions sur échantillons indépendants</i>	243
9.2.2. <i>Situation 2 – Comparaison de deux proportions sur échantillons appariés</i>	245
9.3. CAS 3 – COMPARAISON DE PLUS DE DEUX PROPORTIONS.....	252
9.4. TABLEAU RÉCAPITULATIF DES TESTS DE COMPARAISON DE PROPORTIONS	256
CHAPITRE 10. TEST DE COMPARAISON DE MÉDIANES.....	259

CHAPITRE 11. LES TESTS DU KHI-CARRÉ 263

11.1. PRINCIPES GÉNÉRAUX DES TESTS DU KHI-CARRÉ 264
 11.2. TEST DU KHI-CARRÉ D'AJUSTEMENT..... 268
 11.3. TEST DU KHI-CARRÉ D'INDÉPENDANCE 279
 11.4. TEST DU KHI-CARRÉ D'HOMOGENÉITÉ 301

CHAPITRE 12. LES TESTS D'ÉQUIVALENCE : LA MOYENNE D'UN ÉCHANTILLON EST-ELLE SUFFISAMMENT PROCHE D'UNE RÉFÉRENCE OU DE LA MOYENNE D'UN AUTRE ÉCHANTILLON ?..... 309

12.1. PROBLÉMATIQUE 309
 12.2. DÉMARCHÉ..... 311
 12.2.1. Définition de l'intervalle d'équivalence 311
 12.2.2. Hypothèses du test d'équivalence et procédure des tests unilatéraux 312
 12.2.3. Interprétation 313

CHAPITRE 13. CORRÉLATION ET ASSOCIATION : MESURER L'INTENSITÉ D'UN LIEN ENTRE DEUX VARIABLES 319

13.1. COEFFICIENT DE CORRÉLATION LINÉAIRE DE PEARSON..... 321
 13.2. MESURE DE LA CORRÉLATION LINÉAIRE ENTRE PLUS DE DEUX VARIABLES QUANTITATIVES 328
 13.3. COEFFICIENT DE CORRÉLATION DE RANG DE SPEARMAN 338
 13.4. COEFFICIENT DE CORRÉLATION DE RANG DE KENDALL 348
 13.5. CORRÉLATION BISÉRIELLE PONCTUELLE 352
 13.6. MESURE DE L'INTENSITÉ DE L'ASSOCIATION ENTRE VARIABLES QUALITATIVES 359
 13.6.1. Outils applicables uniquement aux relations entre variables qualitatives ordinales 360
 13.6.2. Outils applicables aux relations entre variables qualitatives, qu'elles soient nominales ou ordinales..... 364
 13.6.2.1. Outils spécifiques aux tableaux 2X2 364
 13.6.2.1.1. Q de Yule 364
 13.6.2.1.2. Y de Yule..... 365
 13.6.2.2. Outils applicables aux tableaux de contingence ayant au moins deux lignes et au moins deux colonnes en général 367
 13.6.2.2.1. Mesure de l'intensité globale..... 368
 13.6.2.2.1.1. Le Φ de Pearson 368
 13.6.2.2.1.2. Le V de Cramer 371
 13.6.2.2.1.3. Le T de Tschuprow 372

13.6.2.2.2. Mesure de l'intensité locale : le pourcentage d'écart maximum (PEM) local.....	373
CHAPITRE 14. REPÉRER DES FACTEURS SOUS-JACENTS : L'ANALYSE FACTORIELLE EXPLORATOIRE	381
14.1. PROBLÉMATIQUE.....	381
14.2. DÉMARCHE GÉNÉRALE DE L'ANALYSE FACTORIELLE EXPLORATOIRE	382
14.2.1. <i>Tableau des valeurs propres</i>	385
14.2.2. <i>Tableau des coordonnées factorielles</i>	386
14.2.3. <i>Coordonnées des observations</i>	390
CHAPITRE 15. ANALYSE DE VARIANCE : MESURER LES EFFETS DE L'APPARTENANCE À UNE CATÉGORIE SPÉCIFIQUE.....	393
15.1. ANOVA À UN FACTEUR.....	394
15.2. ANOVA MULTIFACTORIELLE.....	417
15.3. MANOVA : L'ANOVA MULTIVARIÉE	430
15.3.1. <i>Manova monofactorielle</i>	431
15.3.2. <i>Manova multifactorielle</i>	445
TROISIÈME PARTIE : MODÉLISER ET ANALYSER DES RELATIONS ENTRE VARIABLES	463
CHAPITRE 16. MODÉLISER UNE RELATION ENTRE DES FACTEURS QUALITATIFS ET UNE VARIABLE-RÉPONSE QUANTITATIVE	465
16.1. DÉFINITION DU MODÈLE.....	465
16.2. NORMALITÉ DES RÉSIDUS	472
16.3. STABILITÉ DE LA VARIANCE DES RÉSIDUS : CONDITION D'HOMOSCÉDASTICITÉ	474
16.4. INDÉPENDANCE DES RÉSIDUS.....	476
16.4.1. <i>Distribution aléatoire des résidus</i>	476
16.4.2. <i>Indépendance des résidus par rapport à chaque variable indépendante</i>	477
16.4.3. <i>Non-autocorrélation des résidus</i>	484
16.5. CONDITIONS DE VALIDITÉ NON REMPLIES : RESTRUCTURER ET/OU REPARAMÉTRER LE MODÈLE	488
16.5.1. <i>La condition de normalité des résidus n'est pas remplie ...</i>	488
16.5.2. <i>Situation d'hétéroscédasticité</i>	490
16.5.3. <i>La condition d'indépendance des résidus n'est pas remplie</i> 491	
16.5.3.1. <i>Distribution non-aléatoire des résidus et/ou dépendance des résidus par rapport à la variable explicative</i>	491
16.5.3.2. <i>Autocorrélation des résidus</i>	491

CHAPITRE 17. RÉGRESSION LINÉAIRE SIMPLE : MODÉLISER UNE RELATION DE DÉPENDANCE ENTRE DEUX VARIABLES QUANTITATIVES 515

17.1. MODÉLISER LA RELATION.....	515
17.1.1. Estimation des paramètres et opérationnalisation du modèle	522
17.1.2. Fiabilité et validité du modèle	525
17.2. PORTÉE EXPLICATIVE DU MODÈLE	527
17.3. FONCTION D'ANALYSE ET PRÉVISION	528

CHAPITRE 18. RÉGRESSION LINÉAIRE MULTIPLE : MODÉLISER UNE RELATION ENTRE DEUX (OU PLUS) VARIABLES QUANTITATIVES INDÉPENDANTES ET UNE VARIABLE QUANTITATIVE DÉPENDANTE 539

CHAPITRE 19. PRENDRE EN COMPTE L'INFLUENCE DE VARIABLES QUANTITATIVES ET QUALITATIVES SUR UNE VARIABLE-RÉPONSE QUANTITATIVE 553

19.1. RÉGRESSION LINÉAIRE MULTIPLE AVEC VARIABLES QUALITATIVES	553
19.2. L'ANALYSE DE COVARIANCE.....	566
19.2.1. Conditions de validité	569
19.2.1.1. Indépendance entre covariables et facteurs	569
19.2.1.2. Existence d'une relation linéaire entre chaque covariable et la variable dépendante	572
19.2.1.3. Homogénéité des pentes des droites de régression	573
19.2.2. Exemple	574

CHAPITRE 20. RÉGRESSION POLYNOMIALE ET RÉGRESSION NON-LINÉAIRE : PRENDRE EN COMPTE DES NON-LINÉARITÉS DANS LES RELATIONS ENTRE VARIABLES QUANTITATIVES 587

20.1. RÉGRESSION POLYNOMIALE.....	587
20.2. RÉGRESSION NON-LINÉAIRE	594
20.3. EXEMPLE.....	600

CHAPITRE 21. RÉGRESSION LOGISTIQUE : ANALYSER L'INFLUENCE DE FACTEURS QUANTITATIFS ET/OU QUALITATIFS SUR UNE VARIABLE-RÉPONSE QUALITATIVE..... 611

21.1. CONDITIONS DE VALIDITÉ.....	613
21.1.1. Conditions préalables	614
21.1.2. Condition de linéarité	619
21.2. RÉGRESSION LOGISTIQUE DICHOTOMIQUE.....	621

21.3. RÉGRESSION LOGISTIQUE MULTINOMIALE	661
21.4. RÉGRESSION LOGISTIQUE ORDINALE	674
CHAPITRE 22. MODÈLES D'ÉQUATIONS STRUCTURELLES : MESURER L'EFFET DE CONSTRUITS ABSTRAITS	685
22.1. DÉMARCHE GÉNÉRALE D'UTILISATION DES MODÈLES D'ÉQUATIONS STRUCTURELLES.....	686
22.2. EXEMPLE	692
CONCLUSION GÉNÉRALE	703
INDEX.....	705
RÉFÉRENCES.....	715
ANNEXES.....	719
ANNEXE 1. TABLE DE $Z_{\alpha 2}$	721
ANNEXE 2. TABLE DE FISHER-SNEDECOR AU SEUIL DE SIGNIFICATIVITÉ DE 5%.....	729
ANNEXE 3. TABLE DE STUDENT POUR TEST BILATÉRAL POUR 1 À 1000 DEGRÉS DE LIBERTÉ.....	749
1. Seuils de significativité de 1% à 5%.....	749
2. Seuils de significativité de 10% à 50%.....	751
ANNEXE 4. TABLE DU KHI-CARRÉ AUX SEUILS DE SIGNIFICATIVITÉ DE 10%, 5%, 1% ET 1%, POUR 1 À 1000 DEGRÉS DE LIBERTÉ	753
ANNEXE 5. TABLE DE DURBIN-WATSON AU SEUIL DE SIGNIFICATIVITÉ DE 5% POUR MODÈLES AVEC CONSTANTE	763
1. $n = 6$ à 15 ; $k' = 1$ à 3	763
2. $n = 6$ à 15 ; $k' = 4$ à 6	764
3. $n = 6$ à 15 ; $k' = 7$ à 10	765
4. $n = 16$ à 200 ; $k' = 1$ à 3	765
5. $n = 16$ à 200 ; $k' = 4$ à 6	767
6. $n = 16$ à 200 ; $k' = 7$ à 9	770
7. $n = 16$ à 200 ; $k' = 10$ à 12	772
8. $n = 16$ à 200 ; $k' = 13$ à 15	774
9. $n = 16$ à 200 ; $k' = 16$ à 18	776
10. $n = 16$ à 200 ; $k' = 19$ ou 20	778
ANNEXE 6. TABLE DU COEFFICIENT DE CORRÉLATION DE PEARSON AUX SEUILS DE SIGNIFICATIVITÉ DE 10%, 5% ET 1%, POUR 1 À 300 DEGRÉS DE LIBERTÉ.....	781

Liste des encadrés

ENCADRÉ 1.1 – RELATIONS LINÉAIRES ET NON-LINÉAIRES.....	49
ENCADRÉ 2.1 – ESTIMER LA MOYENNE OU UNE PROPORTION DANS LA POPULATION-MÈRE À PARTIR DE LA MOYENNE OU DE LA PROPORTION DANS L'ÉCHANTILLON	93
ENCADRÉ 15.1 – ANOVA : LE CADRE THÉORIQUE	395
ENCADRÉ 16.1 – UTILISATION DE LA TABLE DE DURBIN-WATSON	485
ENCADRÉ 17.1 – ESTIMATION DES PARAMÈTRES DE RÉGRESSION	516
ENCADRÉ 20.1 – EXEMPLES DE COURBES DE MODÈLES POLYNOMIAUX	591
ENCADRÉ 20.2 – EXEMPLES DE COURBES DE MODÈLES NON-LINÉAIRES	597