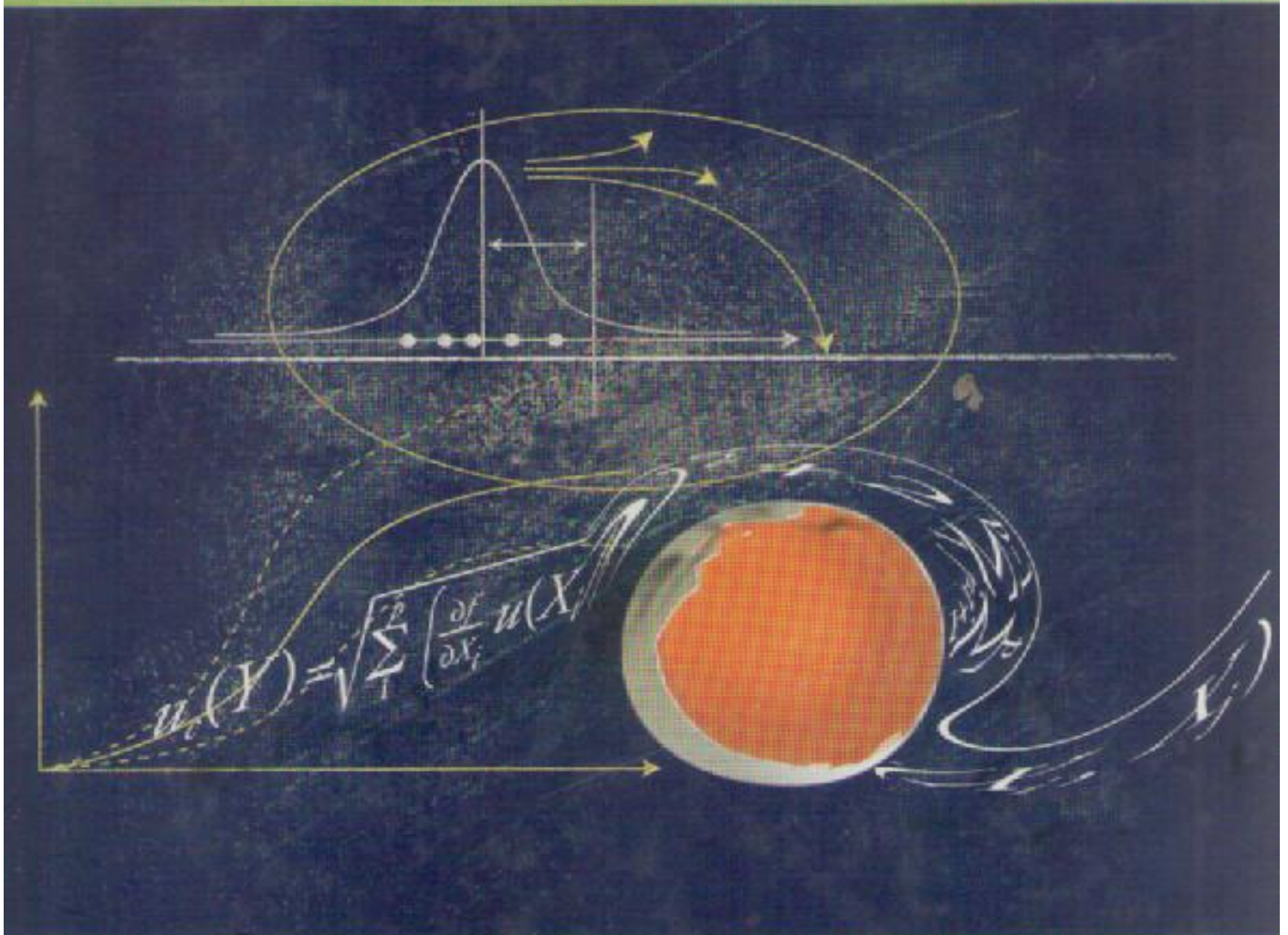




COLLECTION  
SCIENCES & TECHNIQUES  
AGROALIMENTAIRES

Max Feinberg • Patrice Bertail • Jessica Tressou • Philippe Verger  
*coordonnateurs*



# Analyse des risques alimentaires

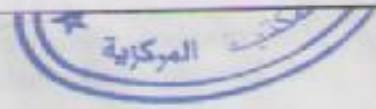
Editions  
**TEC**  
& **DOC**

*Lavoisier*



2-664-24-1

SCIENCES & TECHNIQUES  
AGROALIMENTAIRES



Président du Directoire : J.-L. MULTON

# Analyse des risques alimentaires

coordonnateurs

Max Feinberg, Patrice Bertail,  
Jessica Tressou et Philippe Verger



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

11, rue Lavoisier  
F 75008 Paris

LONDRES - PARIS - NEWYORK

# Table des matières

<b>Introduction</b> .....	1
---------------------------	---

## *Première partie*

### **Données**

#### *Chapitre 1*

<b>Recueil des consommations alimentaires</b> ( <i>France Caillavet, Pierre Combris et Véronique Nichèle</i> ) .....	15
1. Introduction .....	15
2. Bilans alimentaires .....	16
3. Grandes enquêtes françaises de consommation .....	18
3.1. Enquêtes INSEE sur les approvisionnements alimentaires .....	18
3.2. Enquête INSEE « Consommation alimentaire » .....	18
3.2.1. Champ de l'enquête .....	18
3.2.2. Collecte des informations .....	19
3.2.3. Une base de données retraçant l'évolution de la consommation .....	20
3.3. Enquête INSEE « Budget des familles » .....	20
3.3.1. Caractéristiques de l'enquête .....	21
3.3.2. Recueil des quantités achetées .....	21
4. Panels d'achats – Exemple du panel Secodip .....	22
4.1. Échantillon .....	23
4.2. Champ couvert .....	23
4.3. Collecte des données .....	24
5. Enquêtes individuelles de consommation – Exemple de l'enquête INCA .....	25
5.1. Enquête INCA .....	25
5.2. Représentativité de la population .....	25
5.3. Champ couvert et recueil des informations .....	26

6. Appréhender la consommation de sous-populations – Exemple des populations défavorisées.....	27
6.1. Prise en compte de la population défavorisée dans les enquêtes générales de consommation alimentaire.....	27
6.1.1. Information sur les critères de pauvreté.....	28
6.1.2. Mauvaise représentativité de la population pauvre.....	28
6.1.3. Accès difficile aux populations défavorisées.....	29
6.1.4. Appréhension de la consommation alimentaire.....	29
6.2. Enquêtes spécifiques sur l'alimentation des populations défavorisées.....	30
6.2.1. Manque de représentativité des échantillons.....	30
6.2.2. Recueil limité d'informations sur la consommation alimentaire.....	30
7. Complémentarité des sources.....	31
7.1. Essai de mise en correspondance de l'enquête Consommation alimentaire de l'INSEE et du panel Secodip.....	31
7.2. Méthode.....	32
7.2.1. Classification des produits alimentaires étudiés.....	32
7.2.2. Calcul des consommations moyennes.....	35
7.2.3. Harmonisation des achats de produits frais des panels Secodip (1996-2001).....	36
7.3. Résultats : les séries d'achats de produits alimentaires.....	36
8. Conclusions.....	43

## *Chapitre 2*

<b>Composition des aliments (Max Feinberg).....</b>	<b>45</b>
1. Diversité des constituants présents dans les aliments.....	45
1.1. Essai de classification des analytes.....	45
1.2. Variabilité des teneurs.....	49
1.2.1. Non normalité.....	50
1.2.2. Censure des données.....	50
1.2.3. Rôle de la limite de détection ou de quantification.....	50
1.2.4. Gamme dynamique et gamme d'étalonnage.....	51
2. Diversité des méthodes d'analyse.....	52
2.1. Principales techniques d'analyse.....	52
2.1.1. Effets de matrice.....	52
2.1.2. Instabilité des échantillons ou des analytes.....	52
2.1.3. Coût des analyses.....	52
2.2. Niveaux de qualité des résultats.....	56
2.2.1. Critères métrologiques.....	56
2.2.2. Critères socio-économiques.....	56
2.3. Normalisation des méthodes.....	57
3. Cycle de vie des méthodes.....	60
3.1. Intérêt du cycle de vie.....	60
3.2. Critères de performance.....	61
3.3. Limites de détection et de quantification.....	61
4. Compétence des laboratoires et accréditation.....	67
4.1. Principes de la qualité des laboratoires.....	67
4.1.1. Le personnel.....	67

6. Appréhender la consommation de sous-populations – Exemple des populations défavorisées . . . . .	27
6.1. Prise en compte de la population défavorisée dans les enquêtes générales de consommation alimentaire . . . . .	27
6.1.1. Information sur les critères de pauvreté . . . . .	28
6.1.2. Mauvaise représentativité de la population pauvre . . . . .	28
6.1.3. Accès difficile aux populations défavorisées . . . . .	29
6.1.4. Appréhension de la consommation alimentaire . . . . .	29
6.2. Enquêtes spécifiques sur l'alimentation des populations défavorisées . . . . .	30
6.2.1. Manque de représentativité des échantillons . . . . .	30
6.2.2. Recueil limité d'informations sur la consommation alimentaire . . . . .	30
7. Complémentarité des sources . . . . .	31
7.1. Essai de mise en correspondance de l'enquête Consommation alimentaire de l'INSEE et du panel Secodip . . . . .	31
7.2. Méthode . . . . .	32
7.2.1. Classification des produits alimentaires étudiés . . . . .	32
7.2.2. Calcul des consommations moyennes . . . . .	35
7.2.3. Harmonisation des achats de produits frais des panels Secodip (1996-2001) . . . . .	36
7.3. Résultats : les séries d'achats de produits alimentaires . . . . .	36
8. Conclusions . . . . .	43

## Chapitre 2

<b>Composition des aliments (Max Feinberg) . . . . .</b>	<b>45</b>
1. Diversité des constituants présents dans les aliments . . . . .	45
1.1. Essai de classification des analytes . . . . .	45
1.2. Variabilité des teneurs . . . . .	49
1.2.1. Non normalité . . . . .	50
1.2.2. Censure des données . . . . .	50
1.2.3. Rôle de la limite de détection ou de quantification . . . . .	50
1.2.4. Gamme dynamique et gamme d'étalonnage . . . . .	51
2. Diversité des méthodes d'analyse . . . . .	52
2.1. Principales techniques d'analyse . . . . .	52
2.1.1. Effets de matrice . . . . .	52
2.1.2. Instabilité des échantillons ou des analytes . . . . .	52
2.1.3. Coût des analyses . . . . .	52
2.2. Niveaux de qualité des résultats . . . . .	56
2.2.1. Critères métrologiques . . . . .	56
2.2.2. Critères socio-économiques . . . . .	56
2.3. Normalisation des méthodes . . . . .	57
3. Cycle de vie des méthodes . . . . .	60
3.1. Intérêt du cycle de vie . . . . .	60
3.2. Critères de performance . . . . .	61
3.3. Limites de détection et de quantification . . . . .	61
4. Compétence des laboratoires et accréditation . . . . .	67
4.1. Principes de la qualité des laboratoires . . . . .	67
4.1.1. Le personnel . . . . .	67

4.1.2. Installations et conditions ambiantes .....	67
4.1.3. Méthode d'essai et d'étalonnage, y compris l'échantillonnage .....	68
4.1.4. Équipement .....	68
4.1.5. Traçabilité du mesurage .....	68
4.1.6. Échantillonnage .....	68
4.1.7. Manutention et transport des objets d'essai et d'étalonnage .....	68
4.2. Accréditation des laboratoires .....	69
5. Validation des méthodes .....	70
6. Analyses interlaboratoires .....	73
6.1. Types d'analyses interlaboratoires .....	73
6.2. Répétabilité et reproductibilité selon la norme ISO 5725 (1996) .....	74
6.3. Exemple de calcul .....	76
6.4. Variations de la reproductibilité en fonction de la concentration .....	79
7. Incertitude des mesures en chimie .....	82
7.1. Bases métrologiques .....	82
7.2. Méthodes de calcul de l'incertitude .....	84
7.3. Utilisations pratiques de l'incertitude .....	85
8. Traçabilité des mesures et matériaux de référence .....	87
8.1. Matériaux de référence certifiés (MRC) .....	87
8.2. Essais d'aptitude .....	89
8.3. Tests d'homogénéité pour un matériau de référence .....	92
9. Limites maximales de résidus (LMR) .....	94
9.1. Rôle des LMR .....	94
9.1.1. LMR .....	94
9.1.1. LMR européennes .....	94
9.1.2. LMR établies par le Codex alimentarius .....	94
9.1.3. LMR nationales .....	95
9.2. Nouvelles limites maximales en pesticides pour les produits d'alimentation humaine ou animale .....	96
9.2.1. Aliments concernés .....	96
9.2.2. Limite par défaut et limites spécifiques .....	96
9.2.3. Exceptions aux limites .....	97
9.2.4. Fixation, modification et suppression des LMR .....	97
9.2.5. Contrôle des LMR .....	97
9.3. Interprétation des LMR .....	98

### Chapitre 3

<b>Nomenclatures et codifications des aliments (Jayne Ireland) .....</b>	<b>101</b>
1. Nomenclature et qualité des données .....	101
1.1. Identification d'un aliment par son nom .....	102
1.2. Stockage de l'aliment dans une base de données .....	103
1.3. Identification des aliments dans les bases de données nationales .....	104
2. Systèmes internationaux de classification des aliments .....	106
2.1. Normes alimentaires du Codex alimentarius .....	106
2.2. Classification CCPR pour l'alimentation humaine et animale .....	107
2.3. Classification GSC pour les contaminants et les toxines dans les aliments .....	108
2.4. Classifications CFCS et CIAA .....	108

2.5. Classification Eurocode	110
2.6. Classification EFG	111
2.7. Comparaison des systèmes de classification des aliments	112
3. Systèmes de description des aliments	113
3.1. INFOODS	113
3.2. LanguaL	116
3.3. Vers un système intégré	119
4. Intercomparaison des données au niveau européen	120
4.1. Action COST 99	120
4.2. ENDB (Epic Nutrient Data Base)	121
4.3. EuroFIR	122

## Deuxième partie

### Méthodes normalisées de calcul

#### Chapitre 4

<b>Méthodes classiques d'évaluation du risque (Philippe Verger)</b>	125
1. Identification et caractérisation du danger	127
1.1. Toxicité aiguë	127
1.2. Toxicité subchronique	128
1.3. Toxicité sur la fonction de reproduction	128
1.4. Toxicité pour le système nerveux	128
1.5. Génotoxicité	129
1.6. Carcinogénicité	129
1.7. Toxicité pour le système immunitaire	130
1.8. Allergie alimentaire	130
1.9. Tests <i>in vitro</i>	130
2. Évaluation de l'exposition	131
2.1. Première étape : méthodes dites de <i>screening</i>	133
2.2. Deuxième étape : évaluation de l'exposition maximale	135
2.3. Troisième étape : évaluation de l'exposition moyenne	136
3. Caractérisation du risque	137

#### Chapitre 5

<b>Élaboration des valeurs toxicologiques de référence et relations dose-réponse (Nathalie Bonvallot, Frédéric Dor et Cédric Duboudin)</b>	141
1. Définitions et historique	142
2. Schéma général de construction des VTR	149
2.1. Identification des dangers	149
2.2. Choix de l'effet critique et la sélection d'une étude	151
2.3. Choix du scénario d'extrapolation	152
3. Effets toxiques à seuil	153
3.1. Détermination de la dose critique	154
3.2. Application de facteurs de sécurité	155

3.3. Limites	157
4. Effets toxiques sans seuil	161
4.1. Détermination d'une dose équivalente pour l'homme (extrapolation inter-espèces)	161
4.2. Extrapolation dans le domaine des faibles doses	162
4.2.1. Modèles d'extrapolation	163
4.2.2. Extrapolation graphique	165
4.3. Limites	165
4.4. Absence de consensus pour l'extrapolation	167
5. Évolutions méthodologiques récentes	167
5.1. Estimation de la dose critique : Benchmark dose	167
5.2. « Margin of exposure » : MOE	169
5.3. Modèles « <i>Physiologically-based pharmacokinetic</i> » (PBPK)	169
5.4. Facteurs d'incertitude	171
5.5. Relation structure-activité	172
6. Méthodes en développement	173
6.1. Régression catégorielle	173
6.2. Approche probabiliste	174
7. Conclusion	175

### Troisième partie

## Évaluations statistiques des risques d'exposition

### Chapitre 6

<b>Introduction à l'approche probabiliste (Patrice Bertail et Jessica Tressou)</b>	179
1. Motivations	179
2. Données	182
2.1. Consommation alimentaire	182
2.2. Contamination des aliments	182
2.3. Appariement des données de consommation et de contamination	183
3. Notations et formalisme statistiques	183
4. Évaluation de l'exposition	184
4.1. Approche « déterministe »	184
4.2. Approches probabilistes : construction de la distribution d'exposition	185
4.3. Grandeurs d'intérêt	188
5. Quelques exemples	188
5.1. Métaux lourds dans les produits de la mer	189
5.1.1. Description des données	189
5.1.2. Exemples de distributions obtenues	190
5.2. Ochratoxine A (OTA) dans l'alimentation totale	191
5.2.1. Description des données	191
5.2.2. Exemples de distributions obtenues	193
5.3. L'acrylamide (ACR) dans l'alimentation totale	193
5.3.1. Description des données	193
5.3.2. Exemple de distributions obtenues	194

## Chapitre 7

**Évaluation empirique des risques : une approche de type Monte-Carlo**

<i>(Patrice Bertail et Jessica Tressou)</i> .....	197
1. Introduction .....	197
2. Quelques principes de bases .....	199
2.1. Bootstrap .....	199
2.2. Méthode plug-in et bootstrap .....	201
2.3. Bootstrap et calcul de Monte-Carlo .....	203
2.4. Succès et échec du bootstrap .....	204
2.5. Intervalles de confiance bootstrap .....	205
2.5.1. La méthode « basic percentile » .....	206
2.5.2. La méthode t-percentile .....	207
2.5.3. Choix du nombre de rééchantillonnages .....	207
3. Estimation de la probabilité de dépasser un seuil $d$ .....	208
3.1. Notations et estimateur plug-in .....	208
3.2. Approximation par une U-statistique incomplète .....	209
3.3. Comportement asymptotique de l'estimateur plug-in .....	210
3.4. Approximation de la variance : jackknife ou bootstrap .....	211
3.4.1. Estimation de la variance globale par bootstrap .....	211
3.4.2. Estimation de $\mathbb{V}(\psi_c(C_1, \dots, C_r))$ et des $\mathbb{V}(\psi_c(Q_j))$ par jackknife .....	211
4. Intervalles de confiance .....	213
4.1. Construction des intervalles .....	213
4.2. Algorithme de calcul .....	213
4.2.1. Étape d'estimation .....	213
4.2.2. Étape de rééchantillonnage .....	214
4.2.3. Calcul des intervalles de confiance (IC) .....	214
4.3. Validation .....	215
5. Illustration : risque d'exposition à l'OTA .....	215
6. Annexe A : Quelques résultats sur les U-statistiques .....	216
7. Annexe B : Les justifications asymptotiques du bootstrap .....	222
7.1. Développement d'Edgeworth .....	223
7.2. Propriétés asymptotique du Bootstrap de la moyenne .....	225
7.3. Bootstrap du processus empirique .....	227
7.4. Bootstrap du processus fractile .....	228
7.5. Bootstrap de U-V statistiques .....	228
7.6. Bootstrap des fonctionnelles différentiables .....	229

## Chapitre 8

<b>Problèmes de censure des données et traitement</b> <i>(Jessica Tressou)</i> .....	231
1. Estimation paramétrique de la censure .....	232
2. Estimation non paramétrique pour des données censurées .....	233
2.1. Estimateur de Kaplan-Meier pour des données censurées à gauche .....	233
2.2. Estimation de la probabilité de dépasser un seuil $d$ .....	235
2.3. Mise en œuvre pratique .....	235
2.3.1. Étape d'estimation .....	236

2.3.2. Premier niveau de rééchantillonnage .....	236
2.3.3. Second niveau de rééchantillonnage .....	237
3. Illustration : risque d'exposition à l'OTA .....	238
4. Annexe C : Justifications théoriques de la méthode non paramétrique .....	242
4.1. Comportement asymptotique de l'estimateur de Kaplan-Meier pour des données censurées à gauche .....	243
4.2. Comportement asymptotique de $\hat{\theta}(d)$ .....	245

### Chapitre 9

#### Évaluation des petits risques – Théorie des valeurs extrêmes

(Patrice Bertail et Jessica Tressou) .....	249
1. Valeurs extrêmes et estimation de l'index de Pareto .....	250
1.1. Valeurs extrêmes .....	250
1.2. Loi de Pareto et Pareto généralisée .....	253
1.3. Estimateur de Hill .....	256
1.4. Estimation indirecte : méthode POT .....	260
2. Modélisation et caractérisation des populations à risque .....	261
2.1. Caractérisation des populations à risques à partir de la loi des excès .....	262
2.2. Facteurs déterminant l'appartenance à la zone à risque .....	264
2.3. Application : caractérisation des populations exposées au mercure .....	264

### Chapitre 10

#### Les méthodes de correction de biais des estimateurs de type Hill

(Patrice Bertail, Antoine Boisson, Sandrine Lebon et Jessica Tressou) .....	269
1. Estimateurs classiques, mise en évidence du biais .....	270
1.1. Estimateurs classiques : définitions et propriétés .....	270
1.2. Fonctions à variation lente et biais .....	272
1.3. Quelques simulations .....	273
2. Méthode de correction du biais .....	276
2.1. Description du modèle .....	276
2.2. Estimation des paramètres .....	277
3. Mise en œuvre sur données simulées .....	278
4. Illustration : risques d'exposition au mercure et à l'acrylamide .....	280
5. Annexe D – Éléments de justification de l'approximation par régression exponentielle pour une fonction à VL en puissance .....	282

### Chapitre 11

#### Combinaison de sources de données par vraisemblance empirique

(Patrice Bertail et Amélie Crépet) .....	285
1. Introduction .....	285
2. Méthodes de calage sur marges et de vraisemblance empirique .....	286
2.1. Principe du calage sur marges .....	286
2.2. Vraisemblance empirique pour la moyenne .....	288

3. Extension au problème de combinaison de différentes sources de données . . . . .	290
3.1. Méthode 1 – Produit des rapports de vraisemblance de chaque échantillon . . . . .	290
3.2. Méthode 2 – Rapport de vraisemblance empirique unique . . . . .	292
4. Généralisation à des indicateurs de risque . . . . .	293
5. Application aux données de consommation de produits de la mer . . . . .	296
5.1. Données . . . . .	296
5.2. Choix des variables sociodémographiques et rapprochement des nomenclatures . . . . .	297
5.3. Application 1 – Combinaison de sources pour l'estimation de la moyenne de la consommation . . . . .	299
5.4. Application 2 – Risque d'exposition au mercure . . . . .	302
6. Conclusion . . . . .	303

### Chapitre 12

<b>Application informatique : le logiciel CARAT</b> ( <i>Patrice Buchs, Lydie Soler et Jessica Tressou</i> ) . . . . .	305
1. Introduction . . . . .	305
2. Préparation des données . . . . .	306
2.1. Présentation des données de consommation et de contamination . . . . .	306
2.1.1. Données de consommation . . . . .	306
2.1.2. Données de contamination . . . . .	307
2.2. Définition des données dans CARAT . . . . .	309
2.2.1. Groupes de produits . . . . .	309
2.2.2. Groupes d'individus . . . . .	310
2.3. Création d'une étude . . . . .	312
2.3.1. Choix du contaminant . . . . .	312
2.3.2. Choix des groupes d'individus . . . . .	313
2.3.3. Choix des groupes de produits . . . . .	313
2.4. Facteurs de conversion des données . . . . .	313
2.4.1. Application d'un facteur de « process » sur les données de consommation . . . . .	313
2.4.2. Conversion des mesures de contamination . . . . .	314
2.5. Transfert des données . . . . .	314
2.6. Récapitulatif et choix des types de calculs statistiques . . . . .	315
3. Calcul déterministe . . . . .	317
3.1. Traitement des données censurées . . . . .	317
3.2. Agrégation des données de contamination . . . . .	318
3.3. Calcul de l'exposition . . . . .	318
4. Calcul non paramétrique . . . . .	320
4.2. Traitement des données de consommation . . . . .	320
4.2. Traitement des données de contamination . . . . .	320
4.2.1. Traitement « classique » de la censure . . . . .	320
4.2.2. Traitement de la censure avec Kaplan Meier . . . . .	321
4.3. Calcul de l'exposition . . . . .	322
5. Construction d'intervalles de confiance (IC) par bootstrap . . . . .	323
Mode d'application du bootstrap . . . . .	325
6. Résultats et sorties disponibles dans CARAT . . . . .	326

6.1. Types de sortie.....	326
6.2. Calcul déterministe.....	327
6.3. Calcul non paramétrique.....	330
7. Conclusion et perspectives.....	333

### Quatrième partie

## Utilisation des résultats pour la gestion du risque

### Chapitre 13

#### Commission du *Codex alimentarius* et gestion des risques

(Sandrine Blanchemanche).....	339
1. Introduction.....	339
2. Gestion des risques au niveau international : la Commission du <i>Codex alimentarius</i> .....	339
2.1. Objectifs.....	339
2.2. Composition et structure.....	340
2.3. Procédure d'adoption des normes.....	342
2.4. Le tournant de 1995 : normes du <i>Codex alimentarius</i> et échanges commerciaux.....	343
2.4.1. Extrait de l'accord SPS – Article 5.....	344
3. Analyse de risque : un cadre de travail.....	346
3.1. Analyse des risques : l'adoption progressive d'un cadre de travail au <i>Codex alimentarius</i> .....	346
3.1.1. Principes de travail pour l'analyse des risques destinés au <i>Codex</i> .....	346
3.1.2. Principes de travail pour l'analyse des risques destinés aux gouvernements.....	347
3.2. Autres facteurs légitimes : le dossier épineux de la gestion des risques.....	348
4. Introduction de l'évaluation socio-économique dans l'analyse de risque.....	351
4.1. À quelle étape du processus de l'analyse de risque ?.....	352
4.2. Quelles méthodes ?.....	353
5. Communication sur les risques : un processus interactif.....	357
6. Conclusion.....	359

### Chapitre 14

Aspects économiques (Estelle Gozlan et Stéphan Marette).....	361
1. Introduction.....	361
2. Principes de l'analyse coûts-bénéfices (ACB).....	362
2.1. Étapes de l'analyse coûts-bénéfices.....	362
2.2. Évaluation des risques.....	362
Acceptabilité sociale de l'analyse coûts-bénéfices (ACB).....	364
2.3. Évaluation monétaire des risques et des bénéfices liés à leur réduction.....	364
2.4. Problème de l'actualisation des bénéfices et coûts futurs.....	365
3. Effets des outils de gestion du risque sur le fonctionnement des marchés.....	367
3.1. Présentation simple des mécanismes de marché.....	367

3.2. Méthodes empiriques de quantification de la demande et du coût lié à la sécurité .....	371
3.3. Liens entre marché et État pour garantir la sécurité des consommateurs .....	372
4. Financement de la gestion des risques et des politiques de contrôle des agences .....	373
5. Politiques de sécurité comme barrières aux échanges dans un contexte international .....	376
6. Conclusion .....	379
<b>Conclusions générales .....</b>	<b>381</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>383</b>

Le développement récent de l'analyse des risques dans le domaine alimentaire et la structuration de l'activité d'expertise sanitaire ont fait émerger un besoin de normes et de référentiels établis sur des bases scientifiques, avec l'objectif de connaître et prévoir les atteintes possibles à la santé. Bien **identifier les risques alimentaires** permet de les gérer au mieux et **assurer la meilleure sécurité possible**.

### **Une méthode scientifique pour un ouvrage pratique**

Cet ouvrage recense **les méthodes et les méthodologies associées à l'analyse du risque dans le domaine agroalimentaire** : élaboration des valeurs toxicologiques de référence et relations dose-réponse, évaluations statistiques des risques d'exposition, évaluation empirique des risques, évaluation des petits risques... La plupart des méthodes sont basées sur une extrapolation de l'animal à l'homme ou de la cellule à l'organisme entier, ainsi que sur des modèles mathématiques de simulation de la toxicité ou de l'exposition.

Ce livre s'attache également à démontrer **comment l'évaluation sert à définir des normes sanitaires** ou à identifier des groupes à risque. Dans une **approche résolument pratique**, les auteurs ont fait le choix d'insister sur l'évaluation quantitative du risque.

L'équipe d'auteurs est composée de nutritionnistes, toxicologues, chimistes, biologistes, mathématiciens, économistes, sociologues. Cette diversité répond au besoin d'une **approche transversale** de l'analyse des risques dans le domaine agroalimentaire.

**Max Feinberg**, docteur en chimie, ingénieur agronome, est directeur de recherche à l'Institut national de la recherche agronomique (Inra), Unité Met@risk, Paris.

**Patrice Bertail** est professeur à l'université Paris X, membre du Groupe des écoles nationales d'économie et statistique (GENES). Il est également chercheur à l'ENSAE et au Centre de recherche en économie et statistique (CREST).

**Jessica Tressou**, docteur en mathématiques appliquées, est chercheur à la Hong Kong University of Science and Technology.

**Philippe Verger**, docteur en médecine, est directeur de l'unité Met@risk de l'Inra Paris.

2-7430-0894-6



9782743008949