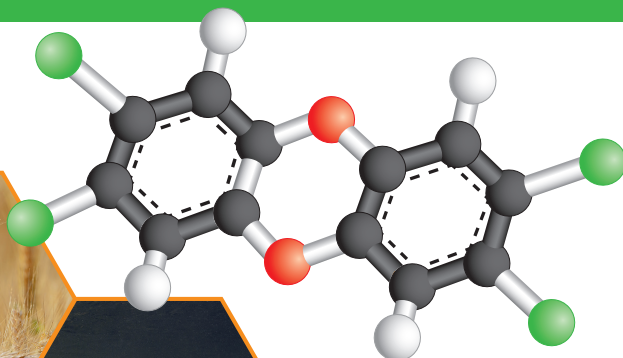




Risques chimiques liés aux aliments

Principes et applications

VALÉRIE CAMEL, GILLES RIVIÈRE,
BRUNO LE BIZEC
Coordonnateurs



Risques
pour
l'Homme ?

Lavoisier
TEC & DOC

SCIENCES & TECHNIQUES AGROALIMENTAIRES (STAA)

Directrice de collection : Marie-Noëlle Bellon-Fontaine, professeur, AgroParisTech (Massy)

Membres du conseil scientifique :

Thierry Bénézech, directeur de recherche, INRA (Villeneuve d'Ascq)

Véronique Bosc, maître de conférences, AgroParisTech (Massy)

Pascal Garry, chercheur, Ifremer (Nantes)

Christophe Hermon, directeur régional du pôle Ouest du CTCPA (Nantes)

Jean-Louis Multon, président de la Société scientifique d'hygiène alimentaire (SSHA, Paris)

Murielle Naïtali, maître de conférences, AgroParisTech (Massy)

Dans la même collection

La chaîne de la viande bovine. Production, transformation, valorisation et consommation, par M.-P. Ellies-Oury, J.-F. Hocquette (coord.), 2018

Les algues alimentaires : bilan et perspectives, par J. Fleurence, 2018

Les 7 fonctions de l'emballage, par P. Dole (coord.), 2018

Risques microbiologiques alimentaires, par M. Naïtali, L. Guillier, F. Dubois-Brissonnet (coord.), 2017

Conception hygiénique de matériel et nettoyage-désinfection pour une meilleure sécurité en industrie agroalimentaire, par M.-N. Bellon-Fontaine, T. Bénézech, K. Boutroux, C. Hermon (coord.), 2016

Traité pratique de droit alimentaire, par J.-L. Multon, H. Temple, J.-L. Viruëga (coord.), 2013

La couleur des aliments – De la théorie à la pratique, par M. Jacquot, P. Fagot, A. Voilley (coord.), 2012

Science et technologie de l'œuf – Production et qualité, volume 1, par F. Nau, C. Guérin-Dubiard, F. Baron, J.-L. Thapon[†] (coord.), 2010

Science et technologie de l'œuf – De l'œuf aux ovoproduits, volume 2, par F. Nau, C. Guérin-Dubiard, F. Baron, J.-L. Thapon[†] (coord.), 2010

Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires, 4^e éd., par B. de Reynal, J.-L. Multon (coord.), 2009

Évaluation sensorielle – Manuel méthodologique, 3^e éd., par F. Depledt, SSHA (coord.), 2009

Bactéries lactiques – De la génétique aux ferments, par G. Corrieu, F.-M. Luquet (coord.), 2008

Les polyphénols en agroalimentaire, par P. Sarni-Manchado, V. Cheynier (coord.), 2006

La spectroscopie infrarouge et ses applications analytiques, 2^e éd., par B. Bertrand, E. Dufour (coord.), 2006

Gestion des problèmes environnementaux dans les industries agroalimentaires, 2^e éd., par R. Moletta (coord.), 2006

Analyse des risques alimentaires, par M. Feinberg, P. Bertail, J. Tressou, P. Verger (coord.), 2006

Bactéries lactiques et probiotiques, par F.-M. Luquet, G. Corrieu (coord.), 2005

Risques et crises alimentaires, par C. Lahellec (coord.), 2005

Retrouvez tous les titres de la collection sur notre site : editions.lavoisier.fr

Pour plus d'informations sur nos publications :



SCIENCES & TECHNIQUES

AGROALIMENTAIRES



VALÉRIE **CAMEL**

GILLES **RIVIÈRE**

BRUNO **LE BIZEC**

Risques chimiques liés aux aliments

Principes et applications

L*avoisier*
TEC & DOC

editions.lavoisier.fr

Direction éditoriale : Jean-Marc Bocabeille
Édition et fabrication : Laurence Sourdillon
Mise en pages et couverture : STDI, Lassay-Les-Châteaux

Photos de couverture : vache (Heidelbergerin, © Pixabay.com) ;
blé (Candiix, © Pixabay.com) ; truites brunes (Rostislav, © Fotolia.com)

LISTE DES AUTEURS

Coordonnateurs

Valérie Camel

Docteur en chimie analytique, ingénieur ESPCI
Professeur de chimie analytique et sécurité sanitaire, UMR Ingénierie Procédés Aliments, AgroParisTech, INRA, Université Paris-Saclay, Massy

Gilles Rivière

Docteur en toxicologie
Chef d'unité, Anses, Maisons-Alfort

Bruno Le Bizec

Docteur en chimie analytique
Professeur en sécurité chimique des aliments, Directeur du laboratoire d'étude des résidus et contaminants dans les aliments (LABERCA), UMR INRA 1329, Oniris, Nantes

Auteurs

Jean-Claude Amiard

Docteur d'État en Radioécologie
Directeur de recherche émérite au CNRS, laboratoire MMS, Université de Nantes, Nantes

Jean-Luc Angot

Docteur vétérinaire
Président de section, inspecteur général de santé publique vétérinaire, Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux (CGAAER), ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, Paris

Jean-Philippe Antignac

Docteur en chimie analytique, ingénieur des techniques des industries agricoles et agro-alimentaires (ENITIAA)
Ingénieur de recherche INRA, Laboratoire d'étude des résidus et contaminants dans les aliments (LABERCA), UMR INRA 1329, Oniris, Nantes

Sandrine Blanchemanche

Docteur en sociologie
Chercheuse, UMR Économie publique, AgroParisTech, INRA, Université Paris-Saclay, Paris

Laurent Bodin

Docteur en pharmacie, doctorat en toxicologie
Chef de projets scientifiques, Anses, Maisons-Alfort

Fabien Bolle

Docteur en Sciences et Gestion de l'Environnement ULB, ingénieur HECh
Responsable Agriculture et sécurité de la chaîne alimentaire au cabinet du ministre des Classes moyennes, des Indépendants, des PME, de l'Agriculture et de l'Intégration sociale, Bruxelles

Karine Boquet

Docteur vétérinaire, inspecteur en chef de la santé publique, docteur en sciences économiques

Secrétaire interministérielle du Conseil national de l'alimentation, Paris

Pierre-Étienne Bouillot

Docteur en droit

Maître de conférences en Alimentation et Droit de l'alimentation, Institut de recherche juridique de la Sorbonne, AgroParisTech, Paris

Céline Brochot

Docteur en biomathématiques

Chercheur, unité Modèles pour l'écotoxicologie et la toxicologie, INERIS, Verneuil-en-Halatte

Géraldine Carne

Master en analyse du risque toxicologique pour le consommateur

Chargée de projets scientifiques, Direction de l'évaluation des risques, Anses, Maisons-Alfort

Mathieu Cladière

Docteur en sciences et techniques de l'environnement

Maître de conférences en chimie analytique, contaminants et santé, UMR Ingénierie Procédés Aliments, AgroParisTech, INRA, Université Paris-Saclay, Massy

Gaud Dervilly-Pinel

Docteur en Sciences des Aliments, ingénieure ENSIA

Ingénieur de recherche, Laboratoire d'étude des résidus et contaminants dans les aliments (LABERCA), UMR INRA 1329, Oniris, Nantes

Sylviane Dragacci

Docteur en biochimie-pharmacologie

Directrice de recherche, Laboratoire de sécurité des aliments, Anses, Maisons-Alfort

Cyril Feidt

Docteur en Sciences Agronomiques, ingénieur ENSAIA

Professeur en Génie des Systèmes Biologiques, Unité Animal et Fonctionnalités des produits Animaux, Université de Lorraine, Vandœuvre-lès-Nancy

Clémence Fillol

Docteur en pharmacie, docteur en Santé publique

Responsable de l'unité Surveillance biologique des expositions et des effets, direction Santé Environnement, Santé publique France, Saint-Maurice

Sandrine Fraize-Frontier

Docteur en biostatistiques

Chef de projets scientifiques, Direction de l'évaluation des risques, Anses, Maisons-Alfort

Jean-Marc Fremy

Docteur en Biologie-Toxicologie

Directeur de recherche, expert auprès de la Direction d'évaluation des risques, Anses, Maisons-Alfort

Yann Guitton

Docteur en physiologie végétale, ingénieur ENITAB

Ingénieur de recherche, Laboratoire d'étude des résidus et contaminants dans les aliments (LABERCA), UMR INRA 1329, Oniris, Nantes

Virginie Hossen

Master en toxicologie, ingénieur-maître en bio-ingénierie
Chargée de mission sécurité alimentaire, Direction générale de la performance économique et environnementale des entreprises, Paris

Julien Jean

Docteur en pharmacie
Chargé de mission scientifique, Direction de l'évaluation des risques, Anses, Maisons-Alfort

Agnès Lefranc

Docteur en écologie
Directrice de l'évaluation des produits réglementés, Anses, Maisons-Alfort

Emmanuelle Lefranc

Doctorante en sciences sociales
Laboratoire Centre Edgar Morin (CEM)/Institut interdisciplinaire de l'anthropologie du contemporain (IIAC), EHESS, Paris

Yassine Mallem

Docteur vétérinaire, Docteur en pharmacologie
Maître de conférences de pharmacologie et thérapeutique vétérinaires, Oniris, Nantes

Francelyne Marano

Docteur d'état en biologie cellulaire
Professeur émérite de biologie cellulaire et de toxicologie, CNRS UMR 8251, Université Paris Diderot, Paris

Aurélie Mathieu-Huart

Docteur en pharmacie
Chef de projets scientifiques, Anses, Maisons-Alfort

Mathilde Merlo

Ingénieur du génie sanitaire
Responsable de l'unité Observatoire des résidus de pesticides et phytopharmacovigilance, Direction de l'évaluation des risques, Anses, Maisons-Alfort

Alexandre Nougadère

Docteur en santé publique et sécurité des aliments, ingénieur agronome ENSAIA
Scientific Program Manager at EFSA, Scientific Committee and Emerging Risks Unit, Parma, Italia

Caroline Orset

Docteur en Sciences économiques
Maître de conférences en économie, UMR Économie publique, AgroParisTech, INRA, Université Paris-Saclay, Paris

Guillaume Perouel

Master en biostatistiques
Chargé de projets, Anses – Unité d'évaluation des risques liés à l'air, Maisons-Alfort

Martine Potin-Gautier

Docteur en chimie-physique mention chimie analytique
Professeur émérite, Laboratoire LCABIE/IPREM, Université de Pau et des Pays de l'Adour, Pau

Hervé Pouliquen

Docteur vétérinaire, Docteur en physico-chimie des bioproduits, diplômé ECVPT
Professeur de pharmacie et toxicologie, Oniris, Nantes

Nathalie Printemps

Docteur en pharmacie
Toxicologue, Direction de l'évaluation des risques, Anses, Maisons-Alfort

Christophe Rousselle

Docteur vétérinaire
Chef d'unité Évaluation de substances chimiques, Direction de l'évaluation des risques, Anses, Maisons-Alfort

Xavier Sarda

Docteur en biologie moléculaire
Chef d'unité Résidus et sécurité des aliments, Direction d'évaluation des produits réglementés, Anses, Maisons-Alfort

Fabienne Séby

Docteur en chimie-physique mention chimie et microbiologie de l'eau
Responsable laboratoire Ultra Traces analyses Aquitaine (UT2A), Pau

Véronique Sirot

Docteur en épidémiologie et santé publique
Chef de projets, Direction de l'évaluation des risques, Anses, Maisons-Alfort

Gaël Thévenot

Docteur vétérinaire et docteur en droit
Responsable de l'unité exécutive Alimentation, santé, environnement (Mastère spécialisé ALISéE), Institut de recherche juridique de la Sorbonne, AgroParisTech, Paris

Véronique Vacchina

Docteur en chimie mention chimie et microbiologie de l'eau
Ingénieur d'applications, laboratoire Ultra Traces analyses Aquitaine (UT2A), Pau

Paule Vasseur

Professeure agrégée de toxicologie
Professeure émérite, Université de Lorraine, CNRS UMR 7360, LIEC, Metz

Jean-Luc Volatier

Ingénieur ENSAE
Adjoint au directeur de l'évaluation des risques, Direction de l'évaluation des risques, Anses, Maisons-Alfort

Florence Zeman

Docteur en écotoxicologie
Chercheur, unité Modèles pour l'écotoxicologie et la toxicologie, INERIS, Verneuil-en-Halatte

LISTE DES SIGLES, ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES

AAH	Amine aromatique hétérocyclique
AAS	Spectrométrie d'absorption atomique
ACP	Analyse en composante principale
ACTE	Apport court terme estimé
ACTEI	Apport court terme estimatif international
ADME	Absorption-Distribution-Métabolisme-Élimination
AE	Alcaloïde de l'ergot
AESA	Autorité européenne de sécurité des aliments
AF	Aflatoxine
AFS	<i>Atomic Fluorescence Spectrometry</i> (spectrométrie de fluorescence atomique)
AFSCA	Agence fédérale belge pour la sécurité de la chaîne alimentaire
Afssa	Agence française de sécurité sanitaire des aliments
Afsset	Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i> (processus analytique de hiérarchisation)
AIEA	Agence internationale de l'énergie atomique
AJE	Apport journalier estimé
AJEI	Apport journalier estimatif international
AJMT	Apport journalier maximal théorique
ALARA	<i>As Low As Reasonably Achievable</i> (aussi bas que raisonnablement atteignable)
AMM	Autorisation de mise sur le marché
ANMV	Agence nationale du médicament vétérinaire
Anses	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
AOP	<i>Adverse Outcome Pathway</i>
AQSIQ	Administration générale de Chine pour la surveillance de la qualité, l'inspection et la quarantaine
AR	Stéroïdes androgènes
ARfD	<i>Acute Reference Dose</i> (dose de référence aiguë)
ARS	Agence régionale de santé
ASN	Autorité de sûreté nucléaire
ASP	<i>Amnesic Shellfish Poisoning</i> (syndrome amnésiant)
ATS	Antithyroïdiens de synthèse
ATSDR	<i>Agency for Toxic Substances and Disease Registry</i>
ATU	Autorisation temporaire d'utilisation
AVAI	Année de vie ajustée sur l'incapacité
AVAQ	Année de vie ajustée sur la qualité
BDF	Budget des familles
BMD	<i>Benchmark Dose</i>
BMDL	Limite inférieure de l'intervalle de confiance de la BMD
BMR	<i>Benchmark Response</i>
BNEVP	Brigade nationale d'enquêtes vétérinaires et phytosanitaires

BPA	Bisphénol A <i>ou</i> Bonnes pratiques agricoles
BPL	Bonnes pratiques de laboratoire
BRAFO	<i>Benefit-Risk Analysis of Foods</i>
CAG	<i>Cumulative Assessment Groups</i>
CAP	Consentement à payer
CCCF	Comité du <i>Codex</i> sur les contaminants dans les aliments
CCFM	Comité du <i>Codex</i> sur les additifs alimentaires
CCMAS	Comité du <i>Codex</i> sur les méthodes d'analyse et d'échantillonnage
CCPR	Comité du <i>Codex</i> sur les résidus de pesticides
CCRVDF	Comité du <i>Codex</i> sur les résidus de médicaments vétérinaires dans les aliments
CDC	<i>Center for Disease Control and Prevention</i>
CE	Carbamate d'éthyle <i>ou</i> Commission européenne <i>ou</i> Électrophorèse capillaire
CIMAP	Comité interministériel de modernisation de l'action publique
CIPR	Commission internationale de protection radiologique
CIPV	Convention internationale pour la protection des végétaux
CIRC	Centre international de recherche sur le cancer
CJCE	Cour de justice des communautés européennes
CMI	Concentration minimale inhibitrice
CNA	Conseil national de l'alimentation
CPVADAAA	Comité permanent des végétaux, des animaux, des denrées alimentaires et des aliments pour animaux
CRM	<i>Certified Reference Materials</i> (matériaux de référence certifiés)
CRPM	Code rural et de la pêche maritime
CRPPH	<i>Committee of Radiation Protection and Public Health of NEA, Nuclear Energy Agency</i> (Comité de radioprotection et de santé publique de l'Agence pour l'énergie nucléaire)
CSP	Code de la santé publique
CSVSP	Comité scientifique des mesures vétérinaires en rapport avec la santé publique
CVMP	<i>Committee for Veterinary Medicinal Products</i>
CVUA	<i>Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Stuttgart</i>
DALY	<i>Disability Adjusted Life Years</i> (années de vie ajustées sur l'incapacité)
DAR	Délai avant récolte
DBP	Dibutylphtalate
DCP	Dispositif de concentration de poisson
DDCSPP	Direction départementale de la cohésion sociale et de la protection des populations
DDPP	Direction départementale de la protection des populations
DEHA	Di(2-éthylhexyl)-adipate
DEHP	Di(2-éthylhexyl)-phtalate
DES	Diéthylstilbestrol
DGAL	Direction générale de l'alimentation
DGCCRF	Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes
DGS	Direction générale de la santé
DHA	Acide docosahexaénoïque

DHT	Dose hebdomadaire tolérable
DHTP	Dose hebdomadaire tolérable provisoire
DI	<i>Daily Intake</i>
DIDP	Phtalate de diisodécyle
DINCH	Diisononyl-cyclohexane 1,2-dicarboxylate
DINP	Phtalate de diisononyl
DIRECCTE	Direction régionale des entreprises, de la concurrence, de la consommation, du travail et de l'emploi
DJA	Dose journalière admissible
DJMTP	Dose journalière maximum tolérable provisoire
DJT	Dose journalière tolérable
DJTP	Dose journalière tolérable provisoire
DL	Dose létale
DLR	Dose limite de référence
DMA	Acide diméthylarsinique
DMENO	Dose ou concentration minimale avec effet nocif observé
DON	Déoxynivalénol
DPA	Degré de protection approprié
DPR	Direction des produits réglementés
DRAAF	Direction régionale de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt
DSE	Dose sans effet
DSENO	Dose ou concentration sans effet nocif observé
DSET	Dose sans effet toxique
DSP	<i>Diarrheic Shellfish Poisoning</i> (syndrome diarrhéique)
DTC	Dithiocarbamates
DTI	Dose totale indicative
DTX	Dérivé dinophysistoxine
EAT	Étude de l'alimentation totale
EATi	Étude de l'alimentation totale infantile
ECHA	<i>European Chemical Agency</i> (Agence européenne des produits chimiques)
EEA	Agence européenne de l'environnement
EFSA	<i>European Food Safety Authority</i> (Autorité européenne de sécurité des aliments ou AESA)
EHDAB	2-Ethylhexyl-4-diméthylaminobenzoate
ELO	Huile de lin époxydée
EMA	<i>European Medicines Agency</i> (Agence européenne du médicament)
ENNS	Étude nationale Nutrition Santé
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i> ou acide eicosapentanoïque
ER	Stéroïdes œstrogènes
ERI	Excès de risque individuel
ERS	Évaluation du(des) risque(s) sanitaire(s)
ERU	Excès de risque unitaire
ESB	Encéphalopathie spongiforme bovine
ESBO	Huile de soja époxydée
ET-AAS	Spectrométrie d'absorption atomique avec four graphite
ETM	Élément trace métallique
EU-RL	Laboratoires européens de référence
F-AAS	Spectrométrie d'absorption atomique avec flamme

- FAO Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
 FB Fumonisine
 FC Facteur de conversion
 FDA *Food and Drug Administration* (Administration américaine des aliments et médicaments)
 FSAI *Food Safety Authority of Ireland* (Autorité irlandaise de sécurité des aliments)
 FT Facteur de transformation/de transfert
 FVO Office alimentaire et vétérinaire
 GBPH Guide de bonnes pratiques d'hygiène
 GC Chromatographie en phase gazeuse
 GH *Growth Hormone* (hormone de croissance)
 GHRH *Growth Hormon Releasing Hormon* (hormone de libération de l'hormone de croissance)
 GIEC Groupement intergouvernemental sur l'évolution du climat
 GMP *Good Manufacturing Practice* (bonnes pratiques de fabrication)
 GRADE *Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation*
 HACCP *Hazard Assessment Critical Control Points* (Analyse des dangers et maîtrise des points critiques)
 HAP Hydrocarbure aromatique polycyclique
 HAS Haute autorité de santé
 HBCDD Hexabromocyclododécane
 HBM *Human Biomonitoring* (Commission allemande pour la biosurveillance humaine)
 HCB Hexachlorobenzène
 HI *Hazard Index* (index de danger)
 HMF Hydroxyméthylfurfural
 HPLC Chromatographie en phase liquide
 HQ Quotient de danger
 HR Haut niveau en résidus
 HSDB *Hazardous Substances Data Bank*
 HSP *Heat Shock Proteins*
 I4C *International Childhood Cancer Cohort Consortium*
 IARC *International Agency for Research on Cancer* (Centre international de recherche sur le cancer ou CIRC)
 IC Intervalle de confiance *ou* Concentration inhibitrice
 ICER *Incremental Cost-Effectiveness Ratio*
 ICP-AES Spectrométrie d'émission atomique à plasma induit
 ICP-MS Spectrométrie de masse à plasma induit
 ICRU *International Commission on Radiation Units and Measurements* (Commission internationale des unités et des mesures radiologiques)
 IGF *Insulin-like growth factor*
 ILO *International Labour Office*
 INCA Études individuelles et nationales de la consommation alimentaire
 INCO Information des consommateurs (règlement)
 INRA Institut national de la recherche agronomique
 INRS Institut national de recherche et de la sécurité

Insee	Institut national de la statistique et des études économiques
InVS	Institut de veille sanitaire (devenu Santé Publique France)
IOC	Commission intergouvernementale océanographique de l'UNESCO
IPCS	<i>International Programme on Chemical Safety</i>
IPSN	Institut de protection et de sûreté nucléaire
IRIS	<i>Integrated Risk Information System</i>
IRPA	<i>International Radiation Protection Association</i> (Association internationale de radioprotection)
IRSN	Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire
ISO	<i>International Standard Organisation</i> (Organisation internationale de normalisation)
ITX	Isopropylthioxanthone
IUPAC	Union internationale de chimie pure et appliquée
Jafa	Jardins familiaux
JECFA	<i>Joint Expert Committee on Food Additives</i> (Comité mixte d'experts de la FAO et de l'OMS)
JMPR	<i>Joint Meeting on Pesticide Residues</i> (Comité mixte d'experts de la FAO et de l'OMS)
KLZH	Laboratoire cantonal de Zürich
LB	<i>Lower Bound</i>
LDA	Laboratoire départemental d'analyse
LER	Laboratoire Environnement-Ressources
LLE	Extraction liquide-liquide
LLS	Limite de libération spécifique
LM	Limite maximale
LMG	Limite de migration globale
LMPR	Limite minimale de performance requise
LMR	Limite maximale de résidus
LMS	Limite de migration spécifique
LNR	Laboratoire national de référence
LOAEL	<i>Lowest Observed Adverse Effect Level</i> (plus petite dose avec effet adverse observé)
LOD	Limite de détection
LOQ	Limite de quantification
LP	Large portion
MAAPRAT	Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du Territoire
MCDA	Matériau au contact des denrées alimentaires
MCRA	<i>Monte Carlo Risk Assessment</i>
MEHP	Mono-(2-éthylhexyl)phthalate
MES	Matière en suspension
MGA	Acétate de mélangestrol
MINEFI	Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie
MMA	Acide monométhylarsonique
MMP	Mono-méthylphthalate
MNNG	N-Méthyl-N'-nitro-N-nitrosoguanine
MoA	<i>Mode of action</i> (mode d'action)
MOE	<i>Margin of Exposure</i> (marge d'exposition)

MOU	Mémorandum de compréhension
MPA	Acétate de médroxyprogestérone
MRL	<i>Minimal Risk Level</i>
MS	Spectrométrie de masse
NIAS	<i>Non-Intentionally Added Substances</i>
NIH	<i>National Institute of Health</i>
NIV	Nivalénol
NMA	Niveau maximal de contamination radioactive admissible pour la commercialisation
NOAEL	<i>No Observable Adverse Effect Level</i> (plus forte dose testée sans effet adverse observé)
NP	Nanoparticule
NQEp	Norme de qualité environnementale provisoire
NRBC	<i>International Cooperation on NRBC malevolent risk</i> (Coopération internationale face au risque de malveillance)
NTP	<i>National Toxicology Program</i>
OA	Acide okadaïque
OAV	Office alimentaire et vétérinaire
OBT	Tritium organique lié
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OEIL	Organisation d'un essai interlaboratoire
OGM	Organisme génétiquement modifié
OIE	Organisation mondiale de la santé animale
OIT	Organisation internationale du travail
OMC	Organisation mondiale du commerce
OMS	Organisation mondiale de la Santé
OPLS	<i>Orthogonal Projections to Latent Structures</i>
OPRI	Office de protection contre les rayonnements ionisants
OT	Ochratoxine
PAT	Patuline
PBPK	<i>Physiologically-Based Pharmacokinetic</i>
PBTK	<i>Physiologically-Based Toxicokinetic</i>
PC	Plan de contrôle
PCB	Polychlorobiphényle
PCDD	Polychlorodibenzo- <i>p</i> -dioxines
PCDF	Polychlorodibenzofurane
PCR	<i>Polymerase Chain Reaction</i>
PE	Perturbateur endocrinien
PFAS	Contaminants perfluoroalkylés
PLS	<i>Partial least squared ou Projection to latent structures</i>
PMS	Plan de maîtrise sanitaire
PNAC	Plan national d'action chlอร์ดécone
PNCOPA	Plan national de contrôle pluriannuel
PNNS	Programme national Nutrition Santé
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'environnement
POD	<i>Point Of Departure</i> (point de départ de la relation dose-réponse)
POP	Polluant organique persistant
PR	Stéroïdes progestagènes
PRIMo	<i>Pesticide Residues Intake Model</i>

PS	Plan de surveillance
PSP	<i>Paralytic Shellfish Poisoning</i> (syndrome paralysant)
PSPC	Plan de surveillance et de contrôle
PTCI	Partenariat transatlantique sur le commerce et l'investissement
PTU	Propylène thiourée
PVC	Polychlorure de vinyle
QALY	<i>Quality Adjusted Life Year</i>
QD	Quotient de danger
(Q)SAR	Relation (quantitative) structure-activité
RASFF	Alerte rapide pour les denrées alimentaires et les aliments pour animaux
RCP	Résumé des caractéristiques du produit
REPHY	Réseau d'observation et de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines
RfD	<i>Reference Dose</i> (Dose de référence)
rGH	Hormone de croissance recombinante
RIVM	<i>National Institute for Public Health and the Environment</i>
RMN	Résonance magnétique nucléaire
RPA	<i>Reference Point for Action</i>
RPF	Facteur de potentialité relative
RPI	Index point de repère
SA	Substance active
SAAF	Spectrométrie d'absorption atomique flamme
SAAFG	Spectrométrie d'absorption atomique à four graphite
SAAGH	Spectrométrie par absorption atomique par génération d'hydrures
SAR	Relation structure-activité
SARM	Modulateurs spécifiques des récepteurs aux androgènes
SCF	<i>Scientific Committee for Food</i>
SCVPH	<i>Scientific Committee on Veterinary Measures relating to Public Health</i> (Comité scientifique des mesures vétérinaires en rapport avec la santé publique)
SFAE	Syndicat français des aliments de l'enfance
SHU	Syndrome hémolytique et urémique
SML	<i>Specific Migration Limit</i> (limite de migration spécifique)
SN	Système nerveux
SNE	Service national d'enquêtes
SPE	Extraction sur phase solide
SPME	Micro-extraction sur phase solide
SPS	Accord sur l'application des mesures sanitaires et phytosanitaires
SRAL	Service régional de l'alimentation
SRL	<i>Specific Release Limit</i>
ST	Somatotropine
STC	<i>Scientific and Technical Committee of the Euratom Treaty</i> (Comité scientifique et technique d'Euratom)
TA	Temps d'attente
TAFTA	<i>TransAtlantic Free Trade Agreement</i>
TBT	Tributylétain
TCDD	2,3,7,8-tétrachlorodibenzo- <i>p</i> -dioxine
TCT	Trichothécène

TDI	<i>Tolerable Daily Intake</i>
TEF	Facteur d'équivalent toxique
TEQ	Concentration en équivalent toxique
TIAC	Toxi-infection alimentaire collective
TM	Teneur maximale
TOXLINE	<i>Toxicology Literature Online</i>
TTC	<i>Threshold of Toxicological Concern</i> (seuil de préoccupation toxicologique)
TTD	<i>Target-organ Toxicity Dose</i> (toxicité sur un organe cible)
TTIP	<i>Transatlantic Trade and Investment Partnership</i>
UB	<i>Upper Bound</i>
UBM	<i>Unified Bioaccessible Method</i>
UE	Union européenne
UF	Facteur d'incertitude
UNSCEAR	<i>United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation</i> (Comité scientifique des Nations Unies sur les effets des sources et des rayonnements ionisants)
US-EPA	Agence américaine pour la protection de l'environnement
USTUR	<i>United States Transuranium and Uranium Registries</i> (registre sur les personnes contaminées durant leur vie professionnelle – États-Unis)
VAN	Valeur actuelle nette
VSVH	Valeur statistique de la vie humaine
VTR	Valeur toxicologique de référence
WEC	<i>Whole Embryo Culture</i> (culture d'embryons)
WHO	<i>World Health Organization</i> (Organisation mondiale de la Santé)
WOE	<i>Weigh Of Evidence</i>
WoS	<i>Web of Science</i>
ZEN	Zéaralénone
ZEP	<i>Zero Equivalent Point</i>

SOMMAIRE

Liste des auteurs	V
Liste des sigles, abréviations et acronymes	IX
Préface (Roger Genet)	XXVII
Avant-propos (Valérie Camel, Gilles Rivière, Bruno Le Bizec)	XXIX
Introduction (Bruno Le Bizec, Gilles Rivière, Valérie Camel)	1

Méthodologie d'évaluation du risque chimique alimentaire

Introduction à la partie 1 (Gilles Rivière)	13
---	----

CHAPITRE 1

Identification du danger (Nathalie Printemps, Christophe Rousselle)	15
1. Établissement du profil toxicologique des substances	15
2. Méthodes de prédiction de la dangerosité des substances	17
2.1. Données humaines	17
2.2. Données animales	18
2.3. Expérimentation <i>in vitro</i>	20
2.4. Méthodes <i>in silico</i>	20
2.5. Méthodes <i>in chemico</i>	23
2.6. Méthodes dites « omiques »	23
3. Classification des substances chimiques	24
4. Conclusion	24

CHAPITRE 2

Caractérisation du danger (Laurent Bodin, Aurélie Mathieu-Huart)	27
1. Généralités sur les valeurs de référence ou VTR	27
1.1. Définition	27
1.2. Principe de construction d'une VTR (hypothèses de construction)	28
1.3. Prise en compte des conditions d'exposition	29
2. Caractérisation des relations dose-réponse	31
2.1. Choix des doses critiques à considérer	31
2.2. Détermination de la <i>benchmark dose</i> et choix du niveau de risque	32
2.3. Ajustement temporel et allométrie	33
2.4. Choix des facteurs d'incertitude	33
2.5. Facteurs d'incertitude et modèles pharmacocinétiques à base physiologique (PBPK)	35
2.6. Niveau de confiance de la VTR	35
3. Perspectives	36
3.1. Meilleure prise en compte de la gravité de l'effet, de sa réversibilité	36
3.2. VTR à partir de données épidémiologiques	36
3.3. VTR et sous-groupes de population vulnérable	37
3.4. VTR sur les mélanges	37

CHAPITRE 3

Exposition alimentaire aux contaminants chimiques et caractérisation du risque chronique (Gilles Rivière, Véronique Sirot)	39
1. Exposition aux contaminants chimiques <i>via</i> les aliments	39
1.1. Données de consommation alimentaire	40

1.2. Données de contamination des denrées alimentaires.....	42
1.3. Méthodes de calculs d'exposition	44
2. Caractérisation du risque.....	48
2.1. Substances à seuil de dose	48
2.2. Substances sans seuil de dose	49
3. Conclusion	50
CHAPITRE 4	
Évaluation de l'exposition à partir de données d'imprégnation (Florence Zeman, Céline Brochot)	51
1. Modélisation toxicocinétique compartimentale et basée sur la physiologie (PBPK)	53
1.1. Modélisation toxicocinétique compartimentale	53
1.2. Modélisation toxicocinétique ou pharmacocinétique basée sur la physiologie (PBPK)	54
2. Cas des composés persistants : exemple des polychlorobiphényles (PCB)	57
3. Cas des composés non persistants : exemple du di(2-éthylhexyl)phtalate (DEHP)	60
4. Conclusion	63
CHAPITRE 5	
Agrégation des expositions (Guillaume Perouel)	65
1. Identification des sources d'exposition à une substance chimique	66
2. Méthode de calculs de l'exposition agrégée.....	67
3. Exemple des travaux d'expertise de l'Anses sur l'exposition des enfants de moins de 6 ans au plomb	69
4. Conclusion et perspectives	73
CHAPITRE 6	
Analyse d'incertitude (Sandrine Fraize-Frontier)	75
1. Définition de l'incertitude	76
2. Classification des sources d'incertitude	76
2.1. Classe « Contexte »	77
2.2. Classe « Méthode »	77
2.3. Classe « Communication »	78
3. Démarche d'analyse d'incertitude	79
3.1. Étape préliminaire – Planification de l'analyse d'incertitude.....	80
3.2. Étape 1 – Identification et description des sources d'incertitude	81
3.3. Étape 2 – Évaluation individuelle des incertitudes	84
3.4. Étape 3 – Évaluation de l'incertitude combinée	84
3.5. Étape 4 – Hiérarchisation des sources d'incertitude	85
3.6. Étape 5 – Communication des résultats de l'analyse d'incertitude	86
4. Conclusion	86
Gestion du risque	
Introduction à la partie 2 (Karine Boquet)	91
1. L'analyse de risque, un outil d'aide à la prise de décision pour faire face aux risques chimiques.....	91
2. Un cadre de gestion des risques commun aux États membres de l'Union européenne	92
3. La maîtrise des risques chimiques d'origine alimentaire repose surtout sur la responsabilité des acteurs économiques	93
4. La nécessaire communication auprès du grand public afin de redonner confiance	94

CHAPITRE 7

Gestion des risques chimiques aux plans mondial, européen et national (Jean-Luc Angot)	95
1. La gestion au plan mondial	95
1.1. Résidu et contaminant : définition de l'OMS	95
1.2. <i>Codex Alimentarius</i>	95
2. La gestion du risque au plan européen	96
2.1. La réglementation européenne	96
2.2. La gouvernance sanitaire européenne	98
3. La gestion au plan national	99
3.1. La réglementation et sa mise en œuvre	99
3.2. La gouvernance sanitaire française	101
3.3. Les évolutions prévues	102
4. Conclusion	103

CHAPITRE 8

Responsabilités juridiques des acteurs de la gestion des risques (Pierre-Étienne Bouillot, Gaël Thévenot)	105
1. Les risques chimiques comme fondement de la responsabilité	106
1.1. La nature juridique des risques chimiques liés à l'alimentation	107
1.2. Les mécanismes de responsabilités pouvant être mis en œuvre	108
2. La mise en œuvre de la responsabilité dans le cadre des risques chimiques liés à l'aliment	110
2.1. L'engagement de la responsabilité facilité dans certains cas	111
2.2. L'engagement de la responsabilité complexifié face à l'incertitude scientifique	113
3. Conclusion et perspectives	116

CHAPITRE 9

Apport de l'économie du risque dans la gestion des risques (Caroline Orset)	119
1. Les risques chimiques dans l'aliment et leurs impacts économiques	122
2. La perception du risque	123
3. Les méthodes économiques	125
3.1. Théorie : modèles de la valeur d'option et des options réelles	125
3.2. Méthodes empiriques	129
4. Conclusion	134

CHAPITRE 10

Perception des risques chimiques dans l'alimentation (Emmanuelle Lefranc)	137
1. Le paradoxe de la perception des risques chimiques alimentaires	137
2. La spécificité des risques alimentaires attribuables aux produits chimiques	139
3. Les individus sont-ils irrationnels face aux risques chimiques ?	140
4. L'information est-elle (in)suffisante ?	142
5. Les risques à l'épreuve des controverses et de la gestion de l'incertitude	144
6. Conclusion	146

CHAPITRE 11

Recommandations de consommation : un outil peu efficace pour réduire les risques (Sandrine Blanchemanche)	149
1. Une expérimentation de terrain pour évaluer les changements de comportement de consommation des ménages	149

2. Un faible impact de l'information sur les consommations	150
3. Une faible mémorisation des informations	151
4. Un ancrage fort des valeurs nutritionnelles positives du poisson	151
5. Conclusion	152

Exemples concrets

Introduction à la partie 3 (Cyril Feidt)	157
--	-----

CHAPITRE 12

Évaluation des risques alimentaires liés au cadmium (Julien Jean, Géraldine Carne)	159
1. Principales caractéristiques toxicologiques	159
1.1. Toxicité chez l'Homme	159
1.2. Valeur toxicologique de référence	159
2. Occurrence du cadmium dans les aliments	160
2.1. Le Cd : un contaminant environnemental	160
2.2. Les aliments les plus contaminés en cadmium	161
3. Évaluation des risques liés à l'exposition alimentaire de la population générale au cadmium	162
3.1. Évaluation des expositions alimentaires de la population générale (enfants et adultes)	163
3.2. Évaluation des risques pour la population générale	164
3.3. Identification des leviers d'action pour diminuer les expositions alimentaires au cadmium	165
4. Mesures de gestion possibles pour diminuer les expositions alimentaires de la population générale au cadmium	166
4.1. Levier « réglementaire » : les teneurs maximales réglementaires	166
4.2. Levier « consommation » : recommandations de consommation	168
4.3. Levier « source » : mesures de gestion à la source	168
5. Conclusion	170

CHAPITRE 13

Évaluation du risque mercure dans les aliments (Jean-Claude Amiard)	173
1. Formes chimiques du mercure	174
1.1. Bioaccessibilité, biodisponibilité, bioaccumulation et bioamplification	175
1.2. Préparations culinaires	175
2. Toxicité du mercure	176
3. Voies d'exposition au mercure	177
3.1. Exposition par la voie alimentaire	177
3.2. Imprégnation au mercure	178
4. Diverses valeurs limites concernant le mercure	179
4.1. Concentrations maximales admissibles dans les aliments	179
4.2. Valeurs toxicologiques de référence pour le mercure	180
5. Exemples d'effets sanitaires dus à la consommation de mercure avec des aliments	180
5.1. L'accident de Minamata	181
5.2. L'exposition de la population amérindienne Wayana de Guyane	182
5.3. L'utilisation du pesticide Panogen	183
5.4. Les risques sanitaires des Féringiens se nourrissant de mammifères marins (globicéphales)	184
6. Gestion du risque mercure	185
6.1. La balance entre bénéfices et risques	185
6.2. Les recommandations alimentaires	185
7. Conclusion	186

CHAPITRE 14

Chlordécone aux Antilles françaises (Cyril Feidt)	191
1. La genèse et le déroulé de la crise	191
1.1. Présentation de la molécule	191
1.2. Alerte précoce : la crise d'Hopewell en 1975	192
1.3. Alertes en série : déclenchement de la crise aux Antilles françaises	194
2. Le transfert vers les aliments	197
2.1. Milieu aquatique	197
2.2. Milieu terrestre	200
3. L'évaluation du risque sanitaire	204
3.1. Dérivation de la VTR chlordécone	204
3.2. Comment établir l'exposition ?	204
3.3. Évaluation du risque sanitaire	207
3.4. Une autre construction : la dose interne	207
4. La gestion de la crise	208
4.1. Une connaissance générée par à-coups ?	208
4.2. Quelles pistes pour la gestion ?	209
4.3. Les conséquences sociales de la crise	214
5. Conclusion	215

CHAPITRE 15

Contaminants néoformés dans les aliments (Valérie Camel, Mathieu Cladière)	219
1. Présentation des néoformés	219
1.1. Procédés ou processus à l'origine des néoformés	219
1.2. Principaux contaminants néoformés et aliments concernés	220
2. Amines aromatiques hétérocycliques	220
2.1. Présentation des molécules	221
2.2. Toxicité	223
2.3. Présence dans les aliments	224
2.4. Évaluation du risque lié aux amines aromatiques hétérocycliques	227
2.5. Gestion du risque	228
3. Acrylamide	228
3.1. Présentation de la molécule	228
3.2. Toxicité	229
3.3. Présence dans les aliments	230
3.4. Évaluation du risque lié à l'acrylamide	233
3.5. Gestion du risque	234
4. Carbamate d'éthyle	235
4.1. Présentation de la molécule	236
4.2. Toxicité	236
4.3. Présence dans les aliments	237
4.4. Évaluation du risque lié au carbamate d'éthyle	239
4.5. Gestion du risque	241
5. Analyse comparative de ces trois exemples	243

CHAPITRE 16

Matériaux et objets au contact des denrées alimentaires (Fabien Bolle)	247
1. Migration/libération – Établissement des limites	248
1.1. Terminologie : « migration, libération, passivation, dissolution »	248
1.2. Établissement des limites dans le cadre du règlement plastique	248
1.3. Établissement des limites selon la résolution Métaux du Conseil de l'Europe	250

2. Contexte réglementaire aux plans français et européen	250
2.1. Le règlement (CE) n° 1935/2004 dit « règlement cadre »	252
2.2. Les autres textes harmonisés au niveau de l'Union européenne	252
2.3. Les organes et textes réglementaires du Conseil de l'Europe	253
2.4. La réglementation française sur les matériaux au contact des aliments	254
3. Risques liés aux matériaux plastiques	256
3.1. Le règlement concernant les matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires	256
3.2. Le bisphénol A	257
3.3. La migration des plastifiants	259
4. Risques liés aux métaux et alliages	262
4.1. L'aluminium	263
4.2. Les aciers inoxydables : la problématique du nickel	265
5. Risques liés aux encres	267
5.1. Présentation	267
5.2. La « crise ITX »	268
6. Conclusions et perspectives	269

CHAPITRE 17

Mycotoxines dans les filières agroalimentaires (Jean-Marc Fremy, Sylviane Dragacci)	273
1. La problématique	273
1.1. Une histoire récente ?	273
1.2. Comment surviennent-elles ?	273
1.3. Que deviennent-elles dans les filières agroalimentaires ?	274
1.4. Quelles toxicités ?	274
1.5. Quelles mycotoxines d'intérêt sanitaire ?	274
2. L'évaluation du risque	276
2.1. Identification du danger	276
2.2. Caractérisation du danger	278
2.3. Exposition et évaluation du risque pour la population française	280
3. La gestion des risques	282
3.1. Les acteurs et les niveaux de gestion	282
3.2. Au niveau du champ	283
3.3. Au niveau de la récolte et du stockage	284
3.4. Au niveau de la transformation	284
3.5. Au niveau de la consommation	285
3.6. Surveillance, réglementations et contrôles	285
4. Les perspectives d'évolution des risques	286
4.1. Les techniques de culture	286
4.2. Le changement climatique	286
4.3. Le comportement du consommateur	287
5. Conclusion	287

CHAPITRE 18

Biotoxines marines dans les coquillages (Virginie Hossen)	289
1. Historique	291
2. Des teneurs maximales et des méthodes analytiques définies au niveau européen	293
3. Des seuils fondés sur une évaluation des risques toxicologiques	294
3.1. Cas de l'acide okadaïque et de ses dérivés dinophysistoxines	294
3.2. Cas des palytoxines	298

4. Une gestion des risques fondée sur la surveillance du milieu marin et des produits mis sur le marché	300
4.1. L'organisation de la surveillance en France	300
4.2. Le REPHY, Réseau d'observation et de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines	301
5. Conclusions et perspectives	305

CHAPITRE 19

Résidus de pesticides dans les aliments (Xavier Sarda, Mathilde Merlo, Alexandre Nougadère) 309

1. L'évaluation <i>a priori</i> des expositions et des risques alimentaires	309
1.1. L'évaluation européenne des substances actives phytopharmaceutiques	310
1.2. Les étapes de l'évaluation du risque pour les consommateurs	310
1.3. La mise sur le marché des préparations phytopharmaceutiques et les nouveaux enjeux	316
2. La surveillance <i>a posteriori</i> des expositions et des risques alimentaires	319
2.1. Contexte réglementaire et surveillance européenne	319
2.2. Surveillance nationale	319
3. Conclusion et perspectives	328

CHAPITRE 20

Résidus de médicaments vétérinaires (Hervé Pouliquen, Yassine Mallem) 333

1. Dispositions législatives et réglementaires	334
1.1. Dispositions nationales et communautaires européennes	334
1.2. Définition législative du médicament vétérinaire	335
2. Mise sur le marché	336
2.1. Les procédures d'AMM	336
2.2. Le dossier de demande d'AMM	337
3. Évaluation des risques liés à la présence de résidus dans les denrées alimentaires d'origine animale	338
3.1. Définitions	338
3.2. Démarche de fixation des limites maximales de résidus	340
3.3. Fixation des temps d'attente	342
4. Conséquences pratiques de la fixation des LMR et de la détermination des temps d'attente	344
4.1. La prescription	344
4.2. Les plans de contrôles et de surveillance	345
5. Conclusions et perspectives	345

CHAPITRE 21

Composés interdits dans les filières : cas particulier des promoteurs de croissance (Gaud Dervilly-Pinel, Bruno Le Bizec) 347

1. Évaluation du risque associé aux promoteurs de croissance interdits dans les filières	348
1.1. Promoteurs de croissance et contexte de leur utilisation en production animale	348
1.2. Évaluation des risques toxicologiques et propositions de limites maximales de résidus	351
2. Gestion du risque	354
2.1. Cadre réglementaire	354
2.2. Évolution des contrôles	356
3. Conclusion	359

CHAPITRE 22

Quelques exemples de crises sanitaires récentes liées aux contaminants chimiques (Valérie Camel) 363

1. L'événement PCB/PCDF en élevage avicole (Belgique, 1999)	363
1.1. Genèse et historique de la crise	363

1.2. Gestion de la crise	366
1.3. Conséquences sanitaires	368
1.4. Conséquences économiques.....	370
1.5. Conséquences politiques	370
1.6. Conséquences réglementaires	370
2. L'événement PCB en élevage porcin (République d'Irlande, 2008)	371
2.1. Genèse et historique de la crise	372
2.2. Gestion de la crise	373
2.3. Conséquences	374
3. L'événement mélamine dans l'industrie laitière (République populaire de Chine, 2008)	375
3.1. Genèse et historique de la crise	376
3.2. Gestion de la crise	378
3.3. Conséquences sanitaires	379
3.4. Conséquences économiques.....	380
3.5. Conséquences pénales et politiques	381
3.6. Conséquences réglementaires	381
4. Quelles leçons tirer de ces crises sanitaires ?	383
4.1. Réaliser des inspections et contrôles réguliers dans les filières	383
4.2. Disposer d'un réseau de laboratoires d'analyse efficient	383
4.3. Assurer la traçabilité dans les filières	384
4.4. Coordonner les actions de gestion des risques	384
4.5. Communiquer sur les actions menées	384

CHAPITRE 23

Radionucléides et aliments (Jean-Claude Amiard)	387
1. Les radionucléides	387
1.1. Présentation et catégories de radionucléides	387
1.2. Sources des radionucléides dans l'environnement	388
1.3. Spécificité de l'estimation du risque radioactif	388
2. La toxicité des radionucléides	389
2.1. La radiotoxicité	390
2.2. Les cancers radio-induits	391
2.3. Les maladies non cancéreuses liées aux rayonnements ionisants	391
3. La contamination des aliments par des radionucléides	392
3.1. Contamination naturelle et artificielle des aliments	392
3.2. Transferts de l'environnement à la chaîne alimentaire	393
3.3. Transferts des radionucléides de la diète à l'Homme	394
4. L'exposition de l'Homme aux radionucléides	395
4.1. Voies d'exposition aux radionucléides	395
4.2. Imprégnation de l'Homme par les radionucléides	398
5. Le risque radiologique	401
5.1. Estimation de la dose d'irradiation	401
5.2. Doses d'irradiation	402
5.3. De la dose à l'effet néfaste	403
6. Les moyens de maîtrise du risque radiologique	404
6.1. Les limites réglementaires dans les denrées alimentaires	404
6.2. La surveillance des radionucléides dans les aliments	407
7. Conclusion	407

Perspectives et développements futurs

Introduction à la partie 4 (Bruno Le Bizec)	413
---	-----

CHAPITRE 24

Effets des faibles doses et relations « dose-effet » non monotones (Francelyne Marano)	415
---	------------

1. Les faibles doses en toxicologie	416
1.1. Que veut-on dire par faible dose ?	416
1.2. Quels sont les mécanismes qui expliquent les effets des faibles doses ?	417
1.3. Des périodes critiques d'exposition	418
1.4. L'intérêt du concept d'exposome	419
2. Les relations dose-effet non monotones	420
2.1. Quand les observe-t-on ?	420
2.2. Comment étudier les relations dose-réponse non monotones ?	422
2.3. Le concept d'hormésis et les réponses non monotones	423
3. Conclusion	424

CHAPITRE 25

Apport et avenir des techniques « omics » dans le domaine de l'évaluation du risque lié aux aliments (Jean-Philippe Antignac, Yann Guitton, Gaud Dervilly-Pinel, Bruno Le Bizec)	427
---	------------

1. Définitions et principes généraux des approches « omics »	428
1.1. Contexte et définitions	428
1.2. De la génération au prétraitement des données « omics »	429
1.3. De l'analyse statistique à l'interprétation des données « omics »	430
2. Intérêt et apport des approches « omics » pour l'évaluation du risque chimique	431
2.1. Le positionnement général	431
2.2. La recherche de biomarqueurs d'exposition	432
2.3. La caractérisation de relations dose-effet	432
2.4. La caractérisation d'effets de mélange	434
2.5. L'étude de modes d'action	434
2.6. Vers une toxicologie plus intégrative au service de l'évaluation du risque	435
3. État des lieux concernant l'application des approches « omics » dans un contexte d'évaluation du risque chimique	436
3.1. Contaminants inorganiques	437
3.2. Contaminants organiques liés aux procédés et/ou filières	438
3.3. Contaminants organiques environnementaux	438
3.4. Toxines	439
4. Quel avenir pour les approches « omics » en évaluation du risque ?	440
4.1. Quels avantages ?	440
4.2. Quelles limites ?	441
4.3. Les approches « omics » au service (aussi) de la gestion du risque	442

CHAPITRE 26

Prise en compte du rapport bénéfice/risque dans les politiques publiques de l'alimentation (Jean-Luc Volatier)	451
---	------------

1. Le rapport bénéfice/risque : origine et définitions	451
2. Les applications du rapport bénéfice/risque dans le domaine alimentaire	452
3. Les méthodes utilisées pour les approches bénéfice/risque en alimentation	454
3.1. Approches bénéfice/risque en l'absence de données cliniques et épidémiologiques	454
3.2. Approches bénéfice/risque en présence de données d'études cliniques ou épidémiologiques	456

3.3. Évolution récente des travaux internationaux en évaluation bénéfique/risque alimentaire, approches par étapes	458
4. Conclusion et perspectives	459
CHAPITRE 27	
Évaluation des mélanges de contaminants chimiques dans les aliments (Paule Vasseur)	461
1. Concepts théoriques et approche pragmatique	464
2. Méthodologies d'évaluation des risques des mélanges chimiques	465
2.1. Évaluation des expositions	465
2.2. Évaluation des dangers et caractérisation des risques	466
3. Sources d'incertitude	476
4. Intérêt et limites des modèles expérimentaux et des données épidémiologiques	477
5. Perspectives	478
CHAPITRE 28	
Biosurveillance (Clémence Fillol, Agnès Lefranc)	485
1. La voie alimentaire est une voie parmi d'autres d'exposition de l'Homme aux agents chimiques	485
2. La mesure de biomarqueurs d'exposition pour l'évaluation intégrée des expositions : intérêts et limites	486
3. Les objectifs de la mesure de biomarqueurs d'exposition	488
3.1. Description des niveaux d'exposition, établissement de valeurs de référence, surveillance des tendances spatiales et temporelles	489
3.2. Identification des déterminants des niveaux d'exposition	490
3.3. Étude des liens entre expositions et santé	492
4. Comment caractériser le risque associé à un niveau de biomarqueur d'exposition ?	492
4.1. L'utilisation des données des études épidémiologiques étiologiques	493
4.2. Le développement de méthodes fondées sur la modélisation	493
5. Conclusion et perspectives	494
CHAPITRE 29	
Éléments traces métalliques dans les aliments : importance de la spéciation (Fabienne Séby, Véronique Vacchina, Martine Potin-Gautier)	497
1. Présentation des éléments traces métalliques	497
1.1. Origine et niveaux de contamination dans les aliments	497
1.2. Problématique des ETM dans les aliments	498
2. Méthodes analytiques pour la caractérisation des ETM et de leurs formes chimiques	503
2.1. Procédures d'échantillonnage et de prétraitement de l'échantillon	504
2.2. Analyse des teneurs totales en élément	505
2.3. Analyses de spéciation	507
2.4. Quantification et validation des méthodes	511
3. Études de cas	513
3.1. Arsenic et ses espèces dans les produits alimentaires à base de riz	513
3.2. Chrome hexavalent (Cr(VI)) dans l'alimentation	515
4. Conclusions et tendances actuelles sur les ETM	516
Conclusion	521
Index	525

PRÉFACE

L'alimentation a pris une place croissante dans notre quotidien en devenant pour le consommateur et les pouvoirs publics une préoccupation de tous les instants. Si les principales angoisses résidaient jadis dans la satisfaction des besoins élémentaires en termes d'accès à la nourriture, l'équation a fondamentalement changé au cours de ces trente dernières années. La stratégie consistant en une production quantitative a progressivement laissé la place à des préoccupations plus qualitatives : la sécurité sanitaire de l'alimentation, sa qualité nutritionnelle et gustative sont aujourd'hui les priorités dans les pays développés. Les consommateurs français et européens se déclarent de plus en plus préoccupés par leur possible exposition *via* l'alimentation à des résidus de substances chimiques, additifs alimentaires, pesticides, polluants industriels ou matériaux au contact des aliments. L'évocation de denrées importées de pays-tiers pouvant contenir des résidus médicamenteux ou phytosanitaires provoque de plus en plus souvent de vives réactions voire un rejet de la part des consommateurs. Malgré un processus européen d'évaluation et de contrôle des denrées alimentaires parmi les plus stricts au monde, les crises sanitaires ou les fraudes se sont succédées, depuis l'émergence de l'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB) en 1990, la fraude à la viande de cheval, les contaminations alimentaires par les dioxines ou les PCB, la mélamine, et jusqu'au fipronil dans les œufs en 2017 ; toutes ces crises érodent la confiance des consommateurs dans les politiques menées en matière de sécurité sanitaire des aliments et dans les opérateurs des filières agro-alimentaires. Pour rehausser la protection de la santé du consommateur, l'Union européenne poursuit la mise en place d'un arsenal réglementaire toujours plus perfectionné, qui aspire à rendre encore plus efficace la maîtrise de la sécurité sanitaire dans une responsabilisation conjointe des acteurs publics et privés, sans pour autant endiguer ce qui apparaît comme une crise de confiance des consommateurs.

L'ambition de ce livre est d'expliquer, autour des principes fondateurs de l'analyse de risques, comment les acteurs s'organisent pour évaluer le risque, proposer des mesures de gestion des risques identifiés et enfin communiquer sur le risque, expliquer les options de gestion et susciter l'adhésion des consommateurs aux décisions publiques mises en œuvre. À travers les différentes contributions de cet ouvrage que Valérie Camel, Gilles Rivière et Bruno Le Bizec ont coordonné, le lecteur trouvera les éléments d'analyse qui lui permettront de construire sa propre opinion sur ce sujet où bien souvent la passion l'emporte sur la raison, et où le ressenti et le subjectif supplantent la réalité. Nul doute que cet ouvrage restera comme une référence de l'état de l'art en termes d'analyse du risque chimique associé à l'alimentation. J'espère que vous prendrez comme moi beaucoup de plaisir à lire cet ouvrage.

Roger Genet

Directeur général de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation,
de l'environnement et du travail (Anses)

AVANT-PROPOS

Le principal objectif de cet ouvrage est de donner aux lecteurs les éléments essentiels à la compréhension des rouages de l'analyse de risque au regard des dangers chimiques liés à notre alimentation et telle qu'elle est aujourd'hui généralement pratiquée dans le monde, en France en particulier. Nous avons choisi de séparer les processus qui sont typiquement ceux du périmètre de l'évaluation du risque de ceux réservés à la gestion de ce dernier. Alors que la première phase de la démarche est de nature scientifique et traditionnellement conduite par des agences sanitaires spécialisées, la seconde tombe dans le giron du politique en étant concrètement pilotée par les grandes directions générales des administrations.

Nous avons choisi d'illustrer ces grands principes par une sélection de cas pratiques, traités par des spécialistes français que nous avons invités en raison de leur expertise sur ces sujets. Ces derniers concernent des substances chimiques le plus souvent historiques parfois plus émergentes, organiques ou inorganiques, tombant dans la définition de résidus de substances réglementées ou encore contaminants de l'environnement d'origine anthropique ou non. Nous avons estimé nécessaire de conclure cet ouvrage, qui compte 29 chapitres et 44 contributeurs, par une projection de ce que pourraient être les perspectives en termes de stratégies d'évaluation et de gestion du risque, mais aussi les défis actuels ou futurs dans ce domaine et les disciplines afférentes.

Valérie Camel
Gilles Rivière
Bruno Le Bizec

La qualité sanitaire des aliments est l'objet de préoccupations croissantes chez les consommateurs français et européens, alors que paradoxalement les systèmes mis en place ces trente dernières années pour assurer cette qualité sont de plus en plus opérants.

Il existe une grande diversité de dangers chimiques susceptibles de se retrouver dans les denrées alimentaires. Assurer la protection des consommateurs vis-à-vis de leur alimentation demeure un enjeu majeur de santé publique. L'analyse des risques constitue la stratégie méthodologique de choix permettant d'élaborer des normes en matière de sécurité sanitaire des aliments.

Risques chimiques liés aux aliments : principes et applications a pour ambition d'expliquer, autour des principes fondateurs de l'analyse de risques, comment les acteurs s'organisent pour évaluer le risque, proposer des mesures de gestion et enfin communiquer sur le risque. Des exemples concrets mais aussi les projections de ce que pourraient être les perspectives en termes de stratégies d'évaluation et de gestion du risque, ainsi que les défis actuels ou futurs dans ce domaine et les disciplines afférentes, sont présentés dans les quatre grandes parties de cet ouvrage.

- Méthodologie d'évaluation du risque chimique alimentaire
- Gestion du risque
- Exemples concrets
- Perspectives et développements futurs

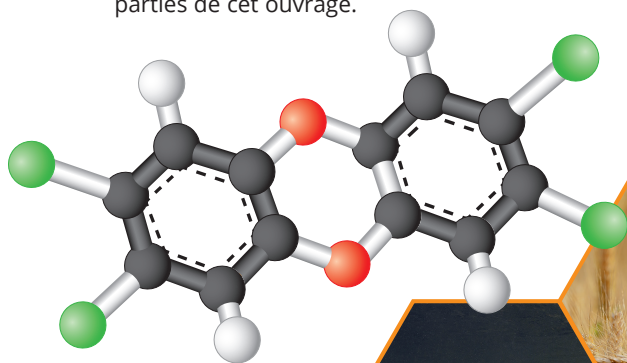
Cet ouvrage s'adresse aux opérateurs des filières agro-alimentaires, aux étudiants et enseignants-chercheurs dans le domaine agro-alimentaire ou sanitaire, ainsi qu'aux consommateurs désireux de comprendre et d'approfondir la problématique des risques liés aux contaminants alimentaires.

VALÉRIE CAMEL est Docteur en chimie analytique, professeur de chimie analytique et sécurité sanitaire à AgroParisTech, Université Paris-Saclay, Paris.

GILLES RIVIÈRE est Docteur en toxicologie, chef d'unité adjoint à l'Anses en charge de l'évaluation des risques chimiques liés aux aliments, Maisons-Alfort.

BRUNO LE BIZEC est Docteur en chimie analytique, professeur en sécurité chimique des aliments, Directeur du laboratoire d'étude des résidus et contaminants dans les aliments, Nantes.

Ils sont entourés d'une cinquantaine de spécialistes, tous experts de ces sujets.



**Risques
pour
l'Homme ?**

