

CHIMIE

Techniciens - Ingénieurs

# PCB, environnement et santé

Jean-Claude Amiard,  
Thierry Meunier, Marc Babut  
*coordonnateurs*

- Une synthèse de référence
- Toutes les données scientifiques, techniques et réglementaires
- Des études de cas détaillées et de nombreux exemples

**L**avoisier  
TEC & DOC



# **PCB, environnement et santé**

## **Chez le même éditeur**

*Chimie et pollutions des eaux souterraines*

O. Atteia, 2015

*Le traitement des déchets*

R. Moletta (coord.), 2015

*Le risque radioactif. Devenir des radionucléides dans l'environnement et impacts sur la santé*

J.-C. Amiard, 2013

*Les risques chimiques environnementaux. Méthodes d'évaluation et impacts sur les organismes*

J.-C. Amiard, 2011

*Introduction à l'écochimie – Les substances chimiques de l'écosystème à l'homme*

F. Ramade, 2011

*Modélisation du devenir des composés organiques dans les aquifères*

O. Atteia, 2011

*Écologie – Approche scientifique et pratique*

C. Faurie, C. Ferra, P. Médori, J. Dévaux, J.-L. Hemptinne, 6<sup>e</sup> édition, 2011

*Traité du risque chimique*

N. Margossian, 2010

*Les polluants et les techniques d'épuration des fumées. Cas des unités de traitement et de valorisation des déchets.*

S. Biccchi, M. Boulinguez, K. Diard, Record, 2<sup>e</sup> édition, 2009

*Les biomarqueurs dans l'évaluation de l'état écologique des milieux aquatiques*

J.-C. Amiard, C. Amiard-Triquet, 2008

*Introduction à l'écotoxicologie*

F. Ramade, 2007

*Métrologie en chimie de l'environnement*

P. Quevauviller, 2006

*Procédés électriques de mesure et de traitement des polluants*

E. Hnatiuc (coord.), 2002

# PCB, environnement et santé

**Jean-Claude Amiard, Thierry Meunier, Marc Babut**

*Coordonnateurs*

**L***avoisier*  
**TEC & DOC**

editions.lavoisier.fr

*Direction éditoriale* : Fabienne Roulleaux

*Édition* : Élodie Lecoquerre

*Fabrication* : Estelle Perez

*Couverture* : Isabelle Godenèche

*Composition* : STDI

## Liste des auteurs

**Jean-Claude AMIARD**

*Directeur de recherche émérite au CNRS en Écotoxicologie*

CNRS et université de Nantes, MMS Écotoxicologie, Nantes

**Marc BABUT**

*Chercheur, ingénieur en chef des Ponts, des Eaux et des Forêts*

IRSTEA, Centre de Lyon-Villeurbanne, UR MALY, Laboratoire d'écotoxicologie, Villeurbanne

**Pierre-Marie BADOT**

*Professeur des universités*

Université de Franche-Comté-CNRS, UMR 6249, Laboratoire de Chrono-environnement, Besançon

**Christine BAZIN**

*Écotoxicologue, chef de projet*

Insavalor-Provademse, Villeurbanne

**Martine BLANCHARD**

*Maître de conférences de l'EPHE*

UMR 7619, université Paris VI, Paris

**Marc CHEVREUIL**

*Directeur d'études de l'EPHE*

UMR 7619, université Paris VI, Paris

**Sébastien DENYS**

*Directeur adjoint*

Département Santé Environnement, InVS, Saint-Maurice

**Marc DESMET**

*Professeur, Directeur*

GéHCO (GéoHydrosystèmes Continentaux), EA 6293, université de Tours, Tours

**Cyril FEYDT**

*Professeur des universités*

UR-AFPA, université de Lorraine, INRA, Vandœuvre-lès-Nancy

**Agnès FOURNIER**

*Ingénieur de recherche*

UR-AFPA, université de Lorraine, INRA, Vandœuvre-lès-Nancy

**Philippe GIRAUDEAU**

*Biologiste lichénologue*

AAIR LICHENS, Carquefou

**Stefan JURJANZ**

*Maître de conférences*

UR-AFPA, université de Lorraine, INRA, Vandœuvre-lès-Nancy

**Bruno LE BIZEC**

*Professeur en sécurité chimique de l'aliment et Directeur du LABERCA (Laboratoire national de référence français en charge des contaminants chimiques organiques persistants)*

LABERCA, Oniris, Nantes

**Christelle LOPES**

*Maître de conférences*

UMR CNRS 5558, LBBE, Biométrie et Biologie Évolutive, université Lyon 1, Villeurbanne

**Michel MARCHAND**

*Ancien chercheur et responsable du programme de surveillance environnementale et sanitaire des eaux littorales de l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer)*

Nantes

**Philippe MARCHAND**

*Responsable de l'unité contaminants organiques du LABERCA (Laboratoire national de référence français en charge des contaminants chimiques organiques persistants)*

LABERCA, Oniris, Nantes

**Thierry MEUNIER**

*Directeur Éco-responsabilité, Santé, Sécurité*

Séché Environnement, Paris

**Brice MOURIER**

*Docteur, chercheur*

Coordinateur de la chaire d'excellence « Grandes retenues et Qualité des eaux »

Groupement de recherche Eau, Sol, Environnement (GRESE, EA 4330), université de Limoges, Limoges

**Jean-François NARBONNE**

*Professeur émérite à l'université de Bordeaux I*

UMR CNRS 5805 EPOC, Laboratoire de toxico et physico-toxicochimie de l'environnement, Groupe de biochimie toxicologique, université Bordeaux 1, Talence

**Henri PERSAT**

*Chargé de recherche-HDR*

CNRS, UMR 5023, LEHNA, Laboratoire d'Écologie des hydrosystèmes naturels et anthropisés, université Lyon 1, Villeurbanne

**Guido RYCHEN**

*Professeur des universités*

UR-AFPA, université de Lorraine, INRA, Vandœuvre-lès-Nancy

**Marie-Jeanne TEIL**

*Maître de conférences de l'EPHE*

UMR 7619, université Paris VI, Paris

**Jacek TRONCZYNSKI**

*Chercheur scientifique*

Ifremer Centre Atlantique, département de Ressources biologiques et environnement, unité Biogéochimie et écotoxicologie, Nantes

**Vincent VACCHER**

*Responsable de l'organisation des essais interlaboratoires au sein du LABERCA (Laboratoire national de référence français en charge des contaminants chimiques organiques persistants)*

LABERCA, Oniris, Nantes

**Paule VASSEUR**

*Professeur de toxicologie émérite à l'université de Lorraine*

UMR CNRS 7360 LIEC, université de Lorraine, Metz

**Katrin VORKAMP**

*Senior scientist in environmental chemistry*

Department of Environmental Science, Aarhus University, Roskilde (Denmark)



## Liste des sigles, abréviations et acronymes

0+	Désigne les juvéniles de poissons dans leur première année de vie
2,4,7,8 TCDD	2,4,7,8 tétrachlorodibenzodioxine
Σ7PCB	Somme des 7 PCBi estimée à 25 % des équivalents Aroclor
Φ	Fraction de molécules adsorbées
AAJ	Apport alimentaire journalier
ADEME	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
ADN	Acide désoxiribonucléique
AEP	Alimentation en eau potable
AESA	Autorité européenne de sécurité des aliments
AFP	Agence France Presse
Afssa	Agence française de sécurité sanitaire des aliments
AhR	Affinité pour le récepteur Aryl ou récepteur aux dioxines ( <i>aryl hydrocarbon receptor</i> )
ALARA	<i>As low as reasonably achievable</i>
AMPASEL	Association de mesure de la pollution atmosphérique de Saint-Étienne et du département de la Loire
APCI	Ionisation à pression atmosphérique
APMS	Arrêté préfectoral de mise sous séquestre
ARS	Agence régionale de santé
ATSDR	<i>Agency for Toxic substances and Disease Registry, Toxicological profiles</i>
BAC	Critère d'évaluation ambiante
B[a]P	Benzo[a]pyrène
BARPI	Bureau d'analyse des risques et pollutions industrielles

BASIAS	Inventaire historique de sites industriels et activités de service
BASOL	Base de données sur les sites et sols pollués
BCD	Déchloration par bases catalysées
BCF	Facteur de bioconcentration.
BIPRO	<i>Beratungsgesellschaft für Integrierte Problemösungen</i>
BMDL	<i>Lower limit of the 95% confidence intervalle of the benchmark dose</i>
BRGM	Bureau de recherches géologiques et minières
BSAF	<i>Biota-sediment accumulation factor</i> , facteur d'accumulation sédiment-biote
BSOB	<i>Binghampton State Office Building</i>
CALIPSO	Étude des consommations alimentaires de produits de la mer et imprégnation aux éléments traces, polluants et omégas 3
CAR	<i>Constitutive activated-androstane receptor</i>
CARSAT	Caisse d'assurance-retraite et de la santé au travail
CBR	Concentration seuil tissulaire (en anglais <i>critical body residue</i> ).
CDC	<i>Centers for Disease Control and Prevention</i>
CE	Commission européenne
CE <sub>50</sub>	Concentration effective pour 50 % des organismes testés
CEE	Communauté économique européenne
CEN	Comité européen de normalisation
CERCHAR	Centre d'études et recherches des charbonnages de France
CFR	<i>Code of Federal Regulation</i>
CIEM	Conseil international pour l'exploration de la mer
CITEPA	Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique
CL <sub>50</sub>	Concentration létale pour 50 % des organismes testés
CMEO	Concentration minimale avec effet observé
CMR	Cancérogène, mutagène ou reprotoxique
CPP	Comité de prévention et de protection
CRAM	Caisse régionale d'assurance-maladie
CSAA	Comité scientifique européen de l'alimentation animale
CYP	Cytochrome P450
DCE	Directive cadre sur l'eau
DCSMM	Directive cadre stratégique pour le milieu marin
DDPP	Direction départementale de la protection des populations
DDSV	Direction départementale des services vétérinaires
DGAL	Direction générale de l'alimentation
DGCCRF	Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes
DGXI	<i>Directorate-General for the Environment of the European Commission</i>

DHA	Acide docosahexaénoïque
DIN	<i>Deutsches Institut für Normung</i>
DJT	Dose journalière tolérable
DLLME	Extraction liquide-liquide dispersive
DREAL	Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement
DTBT	Désorption thermique à basse température
EAC	Critères d'évaluation environnementale
ECOD	Éthoxycoumarine- <i>O</i> -dééthylase
EEGLE	<i>Episodic Events: Great Lakes Experiment</i>
EFSA	<i>European Food Safety Authority</i> – Autorité européenne de sécurité des aliments
EI	Impact électronique
ENNS	Étude nationale nutrition santé
EPA	Acide eicosapentanoïque
EPA	<i>Environment Protection Agency</i>
EPFL	École Polytechnique de Lausanne
EPTR	<i>European Pollutant Release and Transfer Register</i>
EQRS	Évaluation quantitative des risques sanitaires
EROD	Éthoxy-résorufine- <i>O</i> -dééthylase
ERP	Établissement recevant du public
ERS	Évaluation du risque sanitaire
ESR	Étude simplifiée des risques
EU-OSHA	<i>European Agency for Safety and Health at Work</i>
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
FAV	<i>Final acute value</i> – Valeur toxique aiguë finale
FCV	<i>Final chronic value</i> – Valeur chronique finale
FDA	<i>Food and Drug Administration</i> , États-Unis
FT-MS	Système temps de vol
GC/ECD	Chromatographie en phase gazeuse sur colonne remplie couplée à une détection par capture d'électrons
GC-MS	Chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse
GCxGC	Chromatographie en phase gazeuse double dimension
GESIPOL	Gestion intégrée des sites pollués
GIP	Groupement d'intérêt public
GJIC	Récepteurs cellulaires d'inhibition de la communication intercellulaire
GPR	Réduction chimique en phase gazeuse
GUS	<i>Groundwater Ubiquity Score</i>
HACCP	<i>Hazard Analysis Critical Control Point</i> – Analyse des dangers, points critiques pour la maîtrise

HRGC-HRMS	Chromatographie gazeuse haute résolution couplée à la spectrométrie de masse haute résolution
IADN	<i>Integrated Atmospheric Deposition Network</i>
IARC	<i>International Agency for Research on Cancer</i>
ICPE	Installations classées pour l'environnement
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IEM	Interprétation de l'état des milieux
IFA	<i>Institut für Arbeitsschutz der Deutsche Gesetzlichen Unfallversicherung</i>
Ifremer	Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer
IGH	Immeuble de grande hauteur
INERIS	Institut national de l'environnement industriel et des risques
INRS	Institut national de recherche et de sécurité
IREP	Registre français des émissions polluantes des installations industrielles
ISO	Organisation internationale de normalisation
IUPAC	<i>International Union of Pure and Applied Chemistry</i>
IVM	<i>Institut vor Mileuvraagstukken</i> , Pays-Bas
JOCE	Journal officiel de l'Union européenne
JORF	Journal officiel de la République française
$K_{ow}$	Coefficient de partage octano/eau
LABERCA	Laboratoire d'étude des résidus et contaminants dans les aliments
LFEM	Laboratoire fédéral d'essai des matériaux
LLE	Extraction liquide/liquide
LMMB	<i>Lake Michigan Mass Balance</i>
LOEC	<i>Lowest Observed Effect Concentration</i>
LOQ	Limite de quantification
LVI	Injection large volume
MAE	Extraction par micro-ondes
MAR	<i>Mass accumulation rate</i>
MES	Matières en suspension
MINEFE	Ministère de l'Économie, de l'Industrie et de l'Emploi
MIP	Polymère chimique à empreinte moléculaire
NBH	<i>New Bedford Harbor</i>
ng TEQ.g <sup>-1</sup> MG	Nanogramme équivalent toxique par gramme de matière grasse
ng.g <sup>-1</sup> MG	Nanogramme par gramme de matière grasse
ng.kg <sup>-1</sup> PS	Nanogramme par kilogramme de poids sec
NHANES	<i>National Health and Nutrition Examination Survey</i>
NHL	Lymphomes non hodgkiniens
NIOSH	<i>National Institute for Occupational Safety and Health</i>
NOAEL	<i>No Observed Advserve Effect Level</i> – Concentration sans effet indésirable observé

NQE	Norme de qualité environnementale
OCDE	Organisation de coopération et de développement économique
OFEFP	Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage
OFEV	Office fédéral de l'environnement
OM	Ordures ménagères
OMS	Organisation mondiale de la Santé
OSPAR	Convention Oslo-Paris
p.c.	Poids corporel
PCB52, PCB110	Congénères 52 et 110 des PCB
PCB-DL	PCB <i>dioxin like</i>
PCBi	PCB indicateurs
PCB-NDL	PCB non <i>dioxin like</i>
PCDD	Dioxines
PCDF	Furannes ou dibenzofurannes chlorés
PCT	Polychloroterphényles
PET	Polyéthylène téréphtalate
PISSC	Programme international sur la sécurité des substances chimiques
PLE	Extraction liquide sous pression ou extraction haute température/ pression
PNEC	Concentrations probablement sans effet
PNSE	Plan national Santé-Environnement
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'environnement
POP	Polluant organique persistant
PSPC	Plans de surveillance et plans de contrôle
PUF	Mousse polyuréthane
PVC	Polychlorure de vinyle
PXR	<i>Pregnane X receptor</i>
QqQ	Triple-quadripôles
QSPR	<i>Quantitative Structure Property Relationship</i>
RBA	Refus de broyages automobiles
RCO	Réseau de contrôle opérationnel
RCS	Réseau de contrôle et de surveillance
REACH	<i>Registration Evaluation and Autorisation of Chemicals</i>
RET	<i>Residue effect threshold</i>
RINBIO	Réseau intégrateurs biologiques
RIVM	<i>Rijks Instituut voor Volkgezondheid en Milieu</i>
RNB	Réseau national de bassin
RNO	Réseau national d'observation de la qualité du milieu marin
ROCCH	Réseau d'observation de la contamination chimique

RSDE	Recherche des substances dangereuses dans les eaux
RyR	<i>Ryanodyne receptor</i>
SDP	Substances dangereuses prioritaires
SIAAP	Syndicat interdépartemental pour l'assainissement de l'agglomération parisienne
SP	Substances prioritaires
SPE	Extraction en phase solide ou extraction solide-liquide
SPME	Microextraction sur phase solide
STEP	Station d'épuration des eaux usées
STEU	Station de traitement des eaux usées
T2D	Diabète de type 2
T4L	Thyroxine libre
TDI	<i>Tolerable Daily Intake</i> – Quantité totale tolérable absorbée par jour
TEC	<i>Threshold effect concentration</i>
TEF	<i>Toxic equivalent factor</i>
TEQ	<i>Toxicity equivalent quantity</i> – Concentration toxique équivalente
TEQ <sub>OMS1998</sub> ·g <sup>-1</sup> poids sec	Équivalent toxique défini par l'OMS en 1998 par gramme de poids sec
TRBP	<i>Thermal Réduction Batch Processor</i>
TRG	<i>Tissue residue guideline</i>
TSH	Hormone thyroïdienne
TSV	TREDI Saint-Vulbas
TT4	Thyroxine totale
TTCB	Tétrachlorobenzènes
UE	Union européenne
UIOM	Usine d'incinération des ordures ménagères
UNECE	<i>United Nations Economic Commission for Europe</i>
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i>
URAFPA	Unité de recherche animale et fonctionnalités des produits animaux
USGS	<i>US Geological Survey</i>
VHU	Véhicules hors d'usage
VLB	Valeur limite biologique
VLE	Valeur limite d'émission
VTR	Valeur toxicologique de référence
$W_g$	Coefficient de lessivage gazeux
WHO	<i>World Health Organization</i>
$W_p$	Coefficient de lessivage particulaire

# Table des matières

Liste des auteurs . . . . .	V
Liste des sigles, abréviations et acronymes . . . . .	IX
<b>Introduction</b> (Jean-Claude Amiard, Thierry Meunier, Marc Babut) . . . . .	1
1. Des molécules performantes . . . . .	1
2. Les PCB, un problème de santé historique . . . . .	1
3. Des molécules persistantes et néfastes . . . . .	2
4. Les objectifs de l'ouvrage . . . . .	3
Références bibliographiques . . . . .	4

## *Partie 1*

### **Généralités sur les PCB**

#### *Chapitre 1*

<b>Fabrications, usages et stratégies de substitution des PCB</b> (Thierry Meunier, Christine Bazin) . . . . .	9
1. Formation des PCB . . . . .	10
1.1. Synthèse industrielle . . . . .	10
1.2. La « néoformation » des PCB . . . . .	12
1.3. Les impuretés dans les mélanges PCB commercialisés . . . . .	13
2. Utilisations commerciales et industrielles . . . . .	14
2.1. Les applications en tant qu'isolants électriques (systèmes fermés) . . . . .	15
2.2. Utilisations dans l'industrie ou les techniques industrielles : lubrifiant, fluide hydraulique, agent caloporteur et réfrigérant . . . . .	16
2.3. Utilisation dans le monde de la construction et du bâtiment : isolant, imperméabilisant et ignifugeant, vernis, peintures, mastics . . . . .	17

2.4. Utilisation dans la vie courante : encres, papiers et peintures, plastifiants . . . . .	19
2.5. Utilisation dans le monde de l'automobile . . . . .	20
2.6. Utilisation dans le monde agricole . . . . .	20
2.7. Utilisation dans le cadre du petit appareillage électrique. . . . .	21
2.8. Usages interlopes ou divers . . . . .	21
2.9. Usages actuels autorisés . . . . .	23
2.10. Estimation des quantités de PCB qui ont été en circulation . . . . .	23
3. Les fluides de remplacement. . . . .	25
4. Conclusion. . . . .	27
Références bibliographiques . . . . .	28

### Chapitre 2

<b>Nomenclature des PCB et expression des résultats</b> (Thierry Meunier, Christine Bazin) . . . . .	31
1. Une première appréciation des PCB d'un point de vue du nombre d'atomes de chlore. . . . .	33
2. Fabrications et appellations commerciales. . . . .	34
3. Numérotation des PCB et classification . . . . .	35
4. Expression des résultats de quantification des PCB. . . . .	43
4.1. Les « profils » PCB . . . . .	45
4.2. La notion d'indicateurs : PCB <sub>i6</sub> , PCB <sub>i7</sub> . . . . .	51
5. PCB-DL. . . . .	60
6. Les PCB « assimilés ». . . . .	66
7. Conclusion. . . . .	66
Références bibliographiques . . . . .	68

### Chapitre 3

<b>Caractéristiques physico-chimiques des PCB</b> (Thierry Meunier, Christine Bazin) . . . . .	73
1. Aspect . . . . .	74
2. Densité . . . . .	74
3. Masse volumique . . . . .	74
4. Propriétés diélectriques. . . . .	74
5. Fusion, ébullition et évaporation . . . . .	75
5.1. Point d'ébullition, point de fusion. . . . .	75
5.2. Tension de vapeur. . . . .	75
6. Constante de Henry . . . . .	76
7. Hydrosolubilité, coefficients de partage, comportement dans l'eau, autres solubilités. . . . .	78
7.1. Hydrosolubilité . . . . .	78
7.2. Coefficient de partage octanol/eau ( $K_{ow}$ ). . . . .	81
7.3. Solubilités dans d'autres liquides . . . . .	83

8. Affinité pour le sol et les sédiments . . . . .	83
8.1. Coefficient de partage sol-eau . . . . .	84
8.2. Lixiviation, lessivage et ruissellement des PCB à partir du sol. . . . .	85
9. Synthèse et conclusion . . . . .	85
Références bibliographiques . . . . .	86

### Chapitre 4

<b>Réglementation des PCB en France (Thierry Meunier) . . . . .</b>	<b>89</b>
1. L'interdiction de l'utilisation des PCB en systèmes « ouverts » . . . . .	93
2. L'interdiction de l'utilisation des PCB en systèmes « confinés » . . . . .	94
2.1. Les appareillages électriques contenant ou ayant contenu des PCB. . . . .	95
2.2. Les installations classées disposant d'appareillages électriques contenant des PCB . . . . .	97
2.3. Les activités de réparation, démantèlement, décontamination des appareils souillés et les activités de destruction des PCB y compris leurs regroupements, tri et conditionnements éventuels . . . . .	98
2.4. Les activités annexes à la prise en charge des matériels contenant des PCB. . . . .	100
3. Les déchets contenant des PCB . . . . .	102
3.1. Responsabilité du producteur de déchets contenant des PCB . . . . .	103
3.2. La destruction des déchets PCB et plus généralement des PCB . . . . .	104
3.3. Les déchets valorisés : cas des huiles PCB . . . . .	105
3.4. Les PCB admis en centre d'enfouissement de déchets ménagers ou non dangereux : moins de 50 ppm ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) . . . . .	106
3.5. Les PCB admis en centre d'enfouissement de déchets dangereux : moins de 50 ppm ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) PCB « totaux » au sens large . . . . .	106
3.6. Les valeurs limites pour les centres de stockage des déchets inertes : $1 \text{ mg.kg}^{-1} \text{ PCB}_7$ . . . . .	107
3.7. Le recyclage des produits de ferrailage ou des huiles. . . . .	107
4. Les PCB et la qualité de l'alimentation . . . . .	108
4.1. PCB, PCB <i>dioxin like</i> , PCB <i>non dioxin like</i> et doses admissibles . . . . .	109
4.2. Dans l'eau destinée à la consommation humaine . . . . .	111
4.3. Dans les aliments destinés aux humains . . . . .	113
4.4. Dans les végétaux (et produits) destinés à l'alimentation animale de rapport . . . . .	121
5. La classification des PCB en tant que substance chimique . . . . .	122
6. Les PCB dans l'environnement. . . . .	125
6.1. Dans les eaux de surface et les eaux souterraines . . . . .	127
6.2. Dans les eaux de rejet . . . . .	130
6.3. Dans l'eau de mer . . . . .	131
6.4. Dans les sédiments . . . . .	131
6.5. Dans le sol . . . . .	136
6.6. Dans les produits destinés à un épandage agricole . . . . .	138
7. La réglementation des ambiances intérieures dont les atmosphères de travail ou les locaux à usage d'habitation ou de séjour. . . . .	139

7.1. Les valeurs dans les atmosphères de travail . . . . .	139
7.2. Les valeurs dans l'atmosphère, dans les bâtiments à usage d'habitation . . . . .	141
8. Récapitulatif des valeurs réglementaires ou de référence . . . . .	142
9. Conclusion . . . . .	142
Références bibliographiques . . . . .	148

*Chapitre 5*

**Analyse chimique des polychlorobiphényles • Passé, présent, futur**

(Bruno Le Bizec, Katrin Vorkamp, Philippe Marchand, Vincent Vaccher) . . . .	155
1. Outils analytiques . . . . .	157
2. Stratégie de préparation des échantillons environnementaux . . . . .	159
2.1. Air et poussière . . . . .	159
2.2. Eau . . . . .	160
2.3. Sol et sédiment . . . . .	162
3. Stratégie de préparation d'échantillons biologiques . . . . .	164
3.1. Tissus (tissu adipeux et placenta) . . . . .	164
3.2. Sang (incluant sang ombilical) . . . . .	166
3.3. Urine (OH-PCB) . . . . .	168
3.4. Lait maternel . . . . .	168
3.5. Cheveux humains . . . . .	169
4. Stratégie de préparation des denrées alimentaires . . . . .	171
5. Conclusion et perspectives . . . . .	173
Références bibliographiques . . . . .	174

*Partie 2*

**Les PCB dans l'environnement**

*Chapitre 6*

**Occurrences et niveaux d'imprégnation des PCB (Thierry Meunier,**

Christine Bazin) . . . . .	185
1. Les sols et sous-sols . . . . .	188
2. L'atmosphère, les retombées atmosphériques sèches ou humides . . . . .	191
2.1. Les concentrations atmosphériques gazeuses . . . . .	191
2.2. Les retombées atmosphériques . . . . .	192
3. La mer et les milieux maritimes . . . . .	195
3.1. L'eau de mer . . . . .	195
3.2. Le biote marin . . . . .	196
3.3. Les matières en suspension et les sédiments marins . . . . .	199
4. Les eaux continentales de surface . . . . .	200
4.1. Les eaux . . . . .	201
4.2. Les matières en suspension . . . . .	203
4.3. Les sédiments . . . . .	203

4.4. Le biote dulçaquicole – Les poissons d’eau douce . . . . .	208
4.5. Les végétaux et les algues . . . . .	211
5. Les eaux usées, les eaux de ruissellements urbains et les boues de STEP . . . . .	212
5.1. Les effluents industriels ou assimilés. . . . .	212
5.2. Les ruissellements urbains, les effluents domestiques ou urbains avant traitement éventuel en station d’épuration. . . . .	212
5.3. Les effluents domestiques ou urbains après traitement en station d’épuration . . . . .	214
5.4. Les boues de station d’épuration. . . . .	215
6. Les produits alimentaires ou destinés à l’alimentation dont l’eau potable . . . . .	215
6.1. L’eau destinée à la consommation humaine, les eaux captées de surface et les eaux souterraines . . . . .	215
6.2. Les produits alimentaires . . . . .	216
7. La faune sauvage . . . . .	217
7.1. Les oiseaux. . . . .	217
7.2. Les mammifères. . . . .	219
8. Les produits de consommation courante jusqu’aux déchets . . . . .	220
9. Les valeurs contemporaines de bruits de fond anthropiques des PCB en France. . . . .	222
10. Conclusion. . . . .	223
Références bibliographiques . . . . .	225

## *Chapitre 7*

### **Sources et vecteurs de contamination historiques**

<b>et contemporains des PCB (Thierry Meunier, Jean-Claude Amiard). . . . .</b>	<b>233</b>
1. Les incidents et les accidents historiques impliquant des PCB . . . . .	235
1.1. Les incidents et accidents ayant directement contaminé des produits alimentaires . . . . .	237
1.2. Les autres incidents et accidents . . . . .	239
2. Les sources de contamination « historiques » et définitivement révolues . . . . .	246
2.1. La fabrication des PCB et la fabrication de systèmes électriques contenant des PCB . . . . .	247
2.2. Les effluents industriels . . . . .	247
2.3. Les usages des PCB en systèmes « ouverts » . . . . .	249
2.4. Les usages des PCB en systèmes « fermés » . . . . .	255
3. Les sources de contamination récentes ou contemporaines. . . . .	257
3.1. Les sources liées à la production ou à la dispersion non intentionnelle des PCB . . . . .	259
3.2. Les sources liées aux transformateurs électriques, aux activités de réparation, démantèlement ou destruction et à l’éventuel recyclage des huiles. . . . .	270
3.3. Les sources liées à la pollution des sols et autres structures . . . . .	272
3.4. Les sources liées au traitement des déchets autre que l’incinération . . . . .	272

3.5. Tentative de méthodologie pour identifier des sources de pollutions encore actives . . . . .	275
4. Les vecteurs de dispersion des PCB – Le cycle biogéochimique des PCB .	280
4.1. Le vecteur atmosphérique . . . . .	281
4.2. Le vecteur « hydrosystème » . . . . .	285
4.3. Le vecteur « chaînes alimentaires » . . . . .	295
5. Conclusion . . . . .	297
Références bibliographiques . . . . .	301

*Chapitre 8*

**Comportement, devenir et transfert dans l’environnement**

(Marc Chevreuil, Michel Marchand) . . . . .	309
1. Compartiment atmosphérique . . . . .	309
1.1. Sources et modes d’émission dans l’air . . . . .	309
1.2. Diffusion par l’air et les dépôts atmosphériques . . . . .	312
2. Transfert par les réseaux d’assainissement et les effluents . . . . .	316
2.1. Contamination des eaux ruisselées et des eaux usées . . . . .	316
2.2. Comportement dans les filières d’épuration des eaux usées (STEP) .	319
2.3. Contamination des déchets issus de l’assainissement urbain . . . . .	322
3. Transport hydrographique et accumulation sédimentaire . . . . .	323
3.1. Cycle hydrologique et modes de transport . . . . .	323
3.2. Distribution et accumulation sédimentaire (fractions granulométriques/matière organique/carottes sédimentaires) . . . . .	327
4. Contamination et devenir au niveau des sols . . . . .	330
4.1. Incidence de l’environnement et des usages du sol . . . . .	330
4.2. Dégradation et mobilisation à partir du sol (dégradation, ruissellement, percolation) . . . . .	332
5. Contamination, distribution et devenir en milieu marin . . . . .	334
5.1. Cycle biogéochimique . . . . .	334
5.2. Distribution en milieu marin . . . . .	340
5.3. Bilan quantitatif et tendances . . . . .	346
Références bibliographiques . . . . .	348

*Partie 3*

**Effets sur les êtres vivants et expositions aux PCB**

*Chapitre 9*

<b>Écotoxicité des PCB</b> (Marc Babut, Jean-Claude Amiard) . . . . .	359
1. Les modes d’action des PCB . . . . .	359
2. Les effets à court terme . . . . .	362
2.1. La toxicité aiguë chez les invertébrés . . . . .	363
2.2. La toxicité aiguë chez les vertébrés . . . . .	366
3. Les effets à moyen et long termes . . . . .	366
3.1. La toxicité chronique chez les invertébrés . . . . .	366

3.2. Les effets à long terme chez les vertébrés aquatiques . . . . .	369
3.3. La toxicité chronique chez les vertébrés terrestres. . . . .	377
4. Essai de synthèse : des effets toxiques aux seuils de qualité . . . . .	378
4.1. Pertinence des données écotoxicologiques : de l'importance de prendre en considération la voie de contamination et la toxicocinétique . . . . .	378
4.2. Valeurs guides pour les matrices analysées : sédiments, tissus biologiques . . . . .	379
5. Conclusion. . . . .	381
Références bibliographiques . . . . .	382

### Chapitre 10

<b>Toxicité des PCB</b> (Jean-François Narbonne, Paule Vasseur, Jean-Claude Amiard) . . . . .	389
1. Toxicocinétique. . . . .	390
1.1. Absorption . . . . .	390
1.2. Devenir dans l'organisme : distribution, biotransformation et élimination . . . . .	391
1.3. Transfert mère-enfant . . . . .	392
1.4. Demi-vie des PCB. . . . .	395
2. Effets chez l'homme. . . . .	396
2.1. Expositions accidentelles et professionnelles . . . . .	396
2.2. Expositions environnementales . . . . .	397
3. Études mécanistiques. . . . .	400
3.1. Mécanismes d'action. . . . .	400
3.2. Cancérogenèse . . . . .	401
4. Les valeurs toxicologiques de référence (VTR) et doses journalières tolérables (DJT) pour les PCB. . . . .	406
5. <i>Toxic Equivalent Factor (TEF)/Toxicity Equivalent Quantity (TEQ)</i> . . . . .	406
6. Études épidémiologiques des PCB . . . . .	408
6.1. Études épidémiologiques chez les enfants . . . . .	408
6.2. Études épidémiologiques chez les adultes . . . . .	410
7. Conclusion. . . . .	411
Références bibliographiques . . . . .	412

### Chapitre 11

<b>Expositions aux PCB des animaux d'élevage</b> (Cyril Feidt, Stefan Jurjanz, Agnès Fournier) . . . . .	423
1. Principes généraux . . . . .	423
1.1. Biologie . . . . .	423
1.2. Les niveaux en PCB dans les produits animaux. . . . .	424
1.3. Réglementation existante sur les aliments . . . . .	427
1.4. Des situations de crise récentes en France. . . . .	427
2. Les voies d'exposition des animaux d'élevage . . . . .	428
2.1. Cas particulier des poissons . . . . .	429

2.2. Animaux terrestres . . . . .	429
2.3. Biodisponibilité relative des PCB ingérés <i>via</i> les particules de sol. . . . .	433
3. La bioaccumulation des PCB dans les tissus d'animaux d'élevage . . . . .	434
3.1. Principe de bioaccumulation des PCB chez l'animal. . . . .	434
3.2. Cinétiques de bioaccumulation des PCB chez les animaux de rente terrestres. . . . .	435
3.3. Cinétiques de décontamination des PCB. . . . .	437
4. Quelles pratiques d'élevage en zone de risque PCB . . . . .	439
4.1. Pratiques avicoles de plein air . . . . .	440
4.2. Pratiques d'élevage chez les ruminants. . . . .	440
5. Conclusion. . . . .	441
Références bibliographiques . . . . .	442

*Chapitre 12*

**Expositions et imprégnations humaines aux PCB**

(Jean-Claude Amiard, Jean-François Narbonne, Paule Vasseur) . . . . .	445
1. Les expositions par inhalation. . . . .	445
2. Les expositions par ingestion par inadvertance. . . . .	446
3. Les expositions par ingestion alimentaire . . . . .	447
3.1. Les principales études internationales d'exposition alimentaire. . . . .	447
3.2. Les diverses études d'exposition de la population française. . . . .	448
4. Les imprégnations humaines aux PCB . . . . .	450
4.1. Les expositions <i>in utero</i> et le lait maternel. . . . .	451
4.2. Concentrations des PCB totaux dans le lait maternel. . . . .	451
4.3. Concentrations des PCB-DL dans le lait maternel. . . . .	452
4.4. Concentrations des PCB indicateurs dans le lait maternel. . . . .	453
5. Les concentrations des PCB dans le sang humain . . . . .	454
5.1. Concentrations des PCB dans le sang humain en France . . . . .	454
5.2. Concentrations des PCB dans le sang humain dans les études étrangères . . . . .	456
5.3. Facteurs associés aux concentrations sériques de PCB . . . . .	460
6. Les principaux facteurs expliquant les imprégnations . . . . .	461
7. L'évolution des imprégnations aux PCB au cours du temps . . . . .	462
8. Conclusion. . . . .	463
Références bibliographiques . . . . .	464

*Partie 4*

**Études de cas**

*Chapitre 13*

**Les PCB dans le Rhône** (Marc Babut, Henri Persat, Marc Desmet,

Christelle Lopes, Brice Mourier, Jacek Tronczynski) . . . . .	473
1. Description de l'écosystème . . . . .	474
2. Les PCB dans les sédiments . . . . .	477

2.1. Aspects méthodologiques . . . . .	477
2.2. Aperçu de quelques résultats récents . . . . .	477
2.3. Perspectives . . . . .	481
3. Les PCB dans le biote . . . . .	481
3.1. Situation entre 1986 et 2000 . . . . .	481
3.2. 2005-2007 : nouvelles investigations et questions . . . . .	482
3.3. 2008-2010 : premières réponses . . . . .	485
4. Flux des PCB à la mer . . . . .	491
5. Perspectives en matière de gestion . . . . .	493
Références bibliographiques . . . . .	496

### *Chapitre 14*

<b>Les PCB dans le bassin versant de la Seine</b> (Marie-Jeanne Teil, Martine Blanchard, Marc Chevreuil) . . . . .	499
1. Contexte . . . . .	499
1.1. Caractéristiques géographiques, humaines et hydrologiques du bassin versant . . . . .	499
1.2. Identification et évolution des sources contributives . . . . .	501
2. Contamination du milieu abiotique : eaux de surface, matières en suspension, sédiments . . . . .	504
2.1. Eau brute de la Seine . . . . .	504
2.2. Flux de PCB en Seine . . . . .	507
3. Contamination des sédiments . . . . .	509
3.1. État des lieux . . . . .	509
3.2. Impact de l'urbanisation . . . . .	510
3.3. Variabilité spatiale de la contamination à l'échelle du bassin versant . . . . .	512
3.4. Évolution sur 30 ans . . . . .	512
4. Contamination du biote . . . . .	514
5. Conséquences sanitaires et mise en place de réglementation . . . . .	519
6. Conclusion . . . . .	522
Références bibliographiques . . . . .	523

### *Chapitre 15*

<b>Les PCB dans divers estuaires français de la façade atlantique (Gironde et Loire)</b> (Jean-Claude Amiard) . . . . .	529
1. Contexte . . . . .	529
1.1. Caractéristiques géographiques, humaines et hydrologiques du bassin versant de la Gironde . . . . .	530
1.2. Caractéristiques géographiques, humaines et hydrologiques du bassin versant de la Loire . . . . .	530
1.3. Caractéristiques géographiques, humaines et hydrologiques d'autres bassins versants de la façade atlantique . . . . .	531
1.4. Identification et évolution des sources contributives aux estuaires	532

2.	Contamination du milieu abiotique de l'estuaire de la Gironde . . . . .	532
2.1.	Eau brute de la Gironde . . . . .	532
2.2.	Les matières en suspension . . . . .	533
2.3.	Contamination des sédiments . . . . .	533
2.4.	Flux de PCB <sub>i</sub> dans la Gironde . . . . .	535
3.	Contamination du biote de l'estuaire de la Gironde . . . . .	535
4.	Contamination du milieu abiotique de l'estuaire de la Loire . . . . .	537
5.	Contamination du biote de l'estuaire de la Loire . . . . .	537
6.	Comparaison de la contamination des divers estuaires par les PCB. . . . .	540
6.1.	Contamination des moules . . . . .	540
6.2.	Contamination des flets . . . . .	541
6.3.	Contamination des anguilles et des truites de mer . . . . .	543
6.4.	Comparaison du flet et de l'anguille . . . . .	543
7.	Conclusion . . . . .	544
	Références bibliographiques . . . . .	545

### Chapitre 16

	<b>Les PCB dans les milieux marins littoraux (Michel Marchand)</b> . . . . .	549
1.	Cas d'études . . . . .	549
1.1.	Baltique . . . . .	549
1.2.	Méditerranée . . . . .	550
1.3.	Littoral français . . . . .	552
2.	Impacts environnementaux et sanitaires . . . . .	555
2.1.	Effets environnementaux . . . . .	555
2.2.	Conséquences sanitaires . . . . .	558
	Références bibliographiques . . . . .	560

### Chapitre 17

	<b>Une crise PCB en milieu terrestre : le cas de Saint Cyprien</b> (Cyril Feidt, Guido Rychen, Sébastien Denys) . . . . .	563
1.	L'origine de la contamination . . . . .	564
1.1.	Le site . . . . .	564
1.2.	L'accident . . . . .	564
1.3.	Une double problématique sur le plan réglementaire . . . . .	565
1.4.	Les niveaux relevés dans l'environnement . . . . .	565
2.	Les conséquences dans les élevages avoisinants . . . . .	566
2.1.	L'identification des élevages contaminés . . . . .	566
2.2.	Les mesures prises quant au devenir des produits animaux contaminés . . . . .	567
2.3.	Les mesures prises pour maîtriser la contamination des animaux . . . . .	569
2.4.	L'autoconsommation . . . . .	569
3.	Un vœu pour bilan : le passage d'une expertise spécialisée à une expertise pluridisciplinaire . . . . .	571
3.1.	La mise en œuvre de la dynamique . . . . .	571

3.2. Le bilan environnemental. . . . .	573
3.3. Les conséquences sociales. . . . .	573
3.4. Les conséquences en termes d'outil de gestion de crise . . . . .	574
4. Conclusion. . . . .	575
Références bibliographiques . . . . .	575

### Chapitre 18

<b>Les PCB dans les Grands Lacs américains</b> (Jean-Claude Amiard, Marc Babut). . . . .	577
1. Description de l'écosystème . . . . .	578
2. Les retombées atmosphériques. . . . .	581
3. Les PCB dans les sédiments . . . . .	582
3.1. Les tributaires . . . . .	582
3.2. Les sédiments. . . . .	583
3.3. Les remises en suspension . . . . .	583
4. Les concentrations dans la colonne d'eau . . . . .	584
5. Les PCB dans le biote . . . . .	586
6. Bilan des PCB dans le lac Michigan . . . . .	591
7. Conclusion. . . . .	592
Références bibliographiques . . . . .	593

### Partie 5

## La gestion du risque dû aux PCB

### Chapitre 19

<b>Évaluation et gestion du risque sanitaire des PCB</b> (Jean-Claude Amiard, Marc Babut, Thierry Meunier) . . . . .	599
1. Analyse du risque . . . . .	601
1.1. Évaluation du danger . . . . .	601
1.2. L'évaluation de l'exposition aux PCB . . . . .	605
1.3. Caractérisation du risque sanitaire lié aux PCB. . . . .	609
2. La gestion des risques . . . . .	612
2.1. Définition. . . . .	613
2.2. La gestion des risques par les pouvoirs publics. . . . .	615
2.3. La gestion des risques par les opérateurs : exemple dans le domaine agroalimentaire. . . . .	625
2.4. Les limites du système de gestion . . . . .	626
3. Conclusions et perspectives. . . . .	627
3.1. Quel bilan pour l'évaluation du risque sanitaire des PCB ? . . . . .	629
3.2. Quel avenir pour l'évaluation du risque sanitaire des PCB ? . . . . .	630
3.3. Quelles perspectives de gestion ? . . . . .	631
Références bibliographiques . . . . .	632

## Chapitre 20

**Réseaux de surveillance des PCB dans l'environnement**

(Michel Marchand, Jean-Claude Amiard, Pierre-Marie Badot,

Philippe Giraudeau) . . . . .	639
1. Les réseaux organisés . . . . .	641
1.1. Milieu marin : RNO, ROCCH et RINBIO . . . . .	641
1.2. Cours d'eau : RNB, réseau de contrôle de surveillance DCE et plan national d'actions PCB . . . . .	643
1.3. Atmosphère . . . . .	648
1.4. Sols . . . . .	648
1.5. Eau potable : DRASS, DDASS . . . . .	649
1.6. Aliments : DGAL, DGCCRF . . . . .	649
1.7. Surveillance des sites émissifs industriels . . . . .	650
2. Les surveillances occasionnelles . . . . .	651
2.1. La DGCCRF . . . . .	651
2.2. L'Anses . . . . .	653
2.3. L'étude de l'imprégnation de la population française en PCB . . . . .	654
2.4. Le cas des pêcheurs amateurs de poissons d'eau douce . . . . .	654
2.5. Le plan national PCB . . . . .	655
2.6. La révision des recommandations de consommation . . . . .	657
3. La surveillance de la qualité de l'atmosphère à l'aide des lichens . . . . .	658
3.1. Bioconcentration des PCB par les lichens . . . . .	658
3.2. Comparaison des concentrations de PCB dans les lichens et dans les herbes . . . . .	660
3.3. Validation de l'utilisation des lichens pour la surveillance de la qualité de l'atmosphère . . . . .	661
4. Conclusion . . . . .	663
Références bibliographiques . . . . .	666

## Chapitre 21

**Décontamination, remplacement et destruction des PCB**

(Thierry Meunier) . . . . .	669
1. La décontamination des transformateurs électriques de puissance . . . . .	673
1.1. Le « <i>retrofilling</i> » ou substitution par des huiles de remplacement . . . . .	674
1.2. La décontamination . . . . .	675
2. La destruction des PCB, des huiles PCB et autres déchets souillés . . . . .	680
2.1. L'incinération à haute température . . . . .	681
2.2. Les alternatives à l'incinération . . . . .	689
2.3. L'oxydation supercritique ou sous-critique . . . . .	696
2.4. Les techniques restées au stade de promesses ou en devenir . . . . .	697
3. Le devenir des huiles et produits contenant moins de 50 ppm . . . . .	699
3.1. L'incinération en cimenteries, en fours à chaux ou industriels . . . . .	700
3.2. Les huiles de décoffrage ou huiles vertes . . . . .	701
4. La destruction des sols et sédiments pollués . . . . .	702
4.1. La désorption thermique . . . . .	703

4.2. La désorption par solvants . . . . .	703
4.3. La gazéification . . . . .	704
4.4. Les techniques de biodégradation . . . . .	704
5. Performances des traitements, coûts et meilleures technologies disponibles . . . . .	706
Références bibliographiques . . . . .	708
<b>Conclusion</b> (Marc Babut, Jean-Claude Amiard, Thierry Meunier). . . . .	711
1. Des caractéristiques uniques . . . . .	711
2. Le progrès des méthodes d'analyse sous-tend la réglementation . . . . .	712
3. Les PCB font de la résistance . . . . .	713
4. Les risques sanitaires et environnementaux induits par les PCB et leur gestion . . . . .	714
4.1. Caractérisation des expositions et des risques . . . . .	714
4.2. Est-il approprié de gérer les risques des PCB comme une composante des risques induits par les dioxines ? . . . . .	715
4.3. Surveillance épidémiologique et sanitaire . . . . .	716
5. L'élimination des PCB . . . . .	716
6. Une histoire éloquent : d'un formidable succès industriel à une crise sanitaire et environnementale qui se prolonge . . . . .	717
7. L'histoire n'est pas finie . . . . .	719
7.1. Traduire les connaissances en outils opérationnels : les normes et leur cohérence . . . . .	720
7.2. Gérer les sources résiduelles de PCB ? . . . . .	722
8. Perspectives . . . . .	722
Références bibliographiques . . . . .	724
<b>Glossaire</b> . . . . .	727
<b>Index</b> . . . . .	733

Après avoir été fabriqués massivement et utilisés pour des applications extrêmement diversifiées jusqu'à diffuser dans tous les écosystèmes de la planète, les polychlorobiphényles (PCB) sont interdits depuis plus de 30 ans. Leur persistance dans l'environnement, leur (éco)toxicité chronique et leur difficulté de destruction ont engendré depuis les années 1970 un problème majeur à la fois environnemental et de santé publique, dont la gestion est délicate.

Cet ouvrage de référence propose une synthèse complète des connaissances actuelles sur les PCB, leur comportement au sein des différents compartiments physiques de l'environnement et leur impact vis-à-vis des organismes vivants.

Il aborde :

- **les spécificités des PCB** : fabrication et usages, nomenclature, caractéristiques physico-chimiques, détection et quantification, réglementation ;
- **les PCB dans l'environnement** : occurrences et niveaux d'imprégnation, sources et vecteurs de contamination, comportement, devenir et transfert dans l'environnement ;
- **les expositions aux PCB et leurs effets sur les êtres vivants** : écotoxicité à l'égard de la faune et de la flore, toxicité vis-à-vis de l'homme ;
- **des études de cas** : PCB dans les grands fleuves français (Rhône, Seine, Gironde, Loire), dans les milieux marins littoraux, dans les Grands Lacs américains ainsi qu'en environnement terrestre (Saint Cyprien) ;
- **la gestion du risque PCB** : évaluation, réseaux de surveillance et moyens de décontamination.

Croisant des expertises universitaires, opérationnelles et industrielles, cet ouvrage convoque de nombreuses disciplines telles que la chimie, la biochimie, la physique, l'(éco)toxicologie, l'épidémiologie, la médecine clinique...

**PCB, environnement et santé** s'adresse à tous les ingénieurs, techniciens et industriels concernés par la prévention, l'évaluation et la gestion des polluants ainsi qu'aux gestionnaires, décideurs et autorités impliqués dans les problématiques de risque sanitaire et d'impact environnemental. Il intéressera également les enseignants et les étudiants de troisième cycle.

**Jean-Claude Amiard** est directeur de recherche émérite au CNRS et ancien professeur au Québec.

**Thierry Meunier** est ingénieur en Agriculture et directeur Santé, Sécurité et Écoresponsabilité du groupe Séché Environnement (spécialiste reconnu du traitement des déchets dangereux et des PCB).

**Marc Babut** est écotoxicologue et chercheur à l'IRSTEA (Institut de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture).