

COLLECTION
SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

ÉCOTOXICOLOGIE GÉNÉRALE ET APPLIQUÉE

Raymond Van Coillie, Ph. D.
en collaboration avec Lise Parent, Ph. D.



TÉLUQ

L'université. Aujourd'hui.

Table des matières

Chapitre 1

Définitions et historique

1.1	Définitions	3
1.1.1	Agents polluants	9
1.1.2	Agents contaminants	10
1.1.3	Agents toxiques	11
1.1.4	Complémentarité des types d'agents	12
1.2	Historique	13
1.2.1	Développement de la toxicologie au xx ^e siècle	17
1.2.2	Industrialisation et catastrophes environnementales	19
1.2.3	Diversification de la toxicologie : la naissance des spécialités	20
1.2.4	Écotoxicologie au Québec	23

Chapitre 2

Mesures de teneurs et de toxicité

2.1	Mesures de teneurs	29
2.1.1	Teneurs chimiques	29
2.1.2	Teneurs microbiologiques	33
2.1.3	Teneurs physiques	34
2.2	Mesures de toxicité	35
2.2.1	Dose létale (DL)	37
2.2.2	Doses d'effet et (ou) d'inhibition (DE et DI)	42
2.2.3	Concentration létale (CL)	43
2.2.4	Concentrations d'effet et (ou) d'inhibition (CE et CI)	47
2.2.5	Concentrations seuils (CMEQ, CSEO et CESQ)	50
2.2.6	Doses seuils (DMEQ et DSEO)	53
2.2.7	Unités toxiques (UT)	57
2.2.8	Toxicité équivalente (TEQ)	59

Chapitre 3

Mesures d'exposition et de risque	65
3.1 Mesures d'exposition	67
3.1.1 Valeurs expérimentales	67
3.1.2 Total des expositions	68
3.1.3 Expositions de référence	77
3.1.4 Bioindicateurs	83
3.2 Descripteurs de risque	84
3.2.1 Dépassements des valeurs de référence d'exposition	85
3.2.2 Risque de cancérogénicité	88
3.2.3 Risques relatifs	89
3.2.4 Cumul de preuves avec une approche « triade »	89

Chapitre 4

Démarche d'évaluation du risque écotoxicologique	91
4.1 Démarche générale	93
4.2 Sources des agents toxiques	95
4.2.1 Sources ponctuelles	96
4.2.2 Sources diffuses	96
4.2.3 Sources multiples	97
4.3 Cheminements des agents toxiques	98
4.3.1 Circonspection pour les mesures chimiques	99
4.3.2 Présentation des résultats chimiques	104
4.3.3 Informations fournies par les mesures chimiques	106
4.4 Nocivité des agents toxiques	110
4.4.1 Dimensions écotoxicologiques des bioessais	112
4.4.2 Critères opérationnels des bioessais	114
4.4.3 Mesures terminales des bioessais	118
4.5 Dangers des agents toxiques	123
4.5.1 Types de danger écotoxique	123
4.5.2 Évaluation des dangers écotoxiques	125
4.5.3 Spirale des dangers écotoxiques	126
4.6 Expositions aux agents toxiques	130
4.6.1 Approches d'évaluation des expositions	130
4.6.2 Utilisation de bioindicateurs	131
4.6.3 Quantification des voies d'exposition	137

4.7	Risques des agents toxiques	140
4.7.1	Méthode du quotient	140
4.7.2	Méthode dite « triade »	143
4.7.3	Autres méthodes	144
 Chapitre 5		
	Éléments de toxicocinétique	147
5.1	Définition	149
5.2	Voies d'entrée	150
5.3	Absorption	151
5.3.1	Liposolubilité passive	151
5.3.2	Transports actifs	155
5.3.3	Pinocytose et phagocytose	156
5.3.4	Diffusion facilitée	157
5.3.5	Diffusion à travers des pores aqueux	157
5.4	Distribution	157
5.5	Biotransformations primaires	159
5.5.1	Oxydations métaboliques	160
5.5.2	Réductions métaboliques	168
5.5.3	Hydrolyses métaboliques	171
5.5.4	Autres transformations primaires	172
5.5.5	Toxicité modifiée	172
5.6	Biotransformations secondaires par conjugaison	174
5.6.1	Conjugaisons avec l'acide glucuronique	174
5.6.2	Conjugaisons avec un acide aminé	175
5.6.3	Conjugaisons avec le glutathion	175
5.6.4	Conjugaisons avec le sulfate	176
5.6.5	Conjugaisons avec l'acide acétique (acétyle)	176
5.6.6	Conjugaisons avec le méthyle	176
5.6.7	Toxicité modifiée	177
5.7	Élimination	178
5.7.1	Voie urinaire	179
5.7.2	Voie hépatique	180
5.7.3	Voie respiratoire	180
5.7.4	Voie digestive	181
5.7.5	Voies sécrétrices	182
5.7.6	Limites de l'élimination des toxiques	182

Chapitre 6

Régulation toxicocinétique	185
6.1 Demi-vie des substances toxiques	187
6.2 Bioaccumulation et bioamplification	196
6.3 Facteurs toxicocinétiques	212
6.3.1 Espèce	212
6.3.2 Souche	213
6.3.3 Âge	213
6.3.4 Sexe	214
6.3.5 Nutrition	214
6.3.6 Pathologie	215
6.3.7 Cycle circadien	215
6.3.8 Température	215
6.3.9 Cocontaminants	216
6.4 Biodisponibilité et spéciation	216

Chapitre 7

Éléments de toxicodynamique	227
7.1 Définition	229
7.2 Inhibition	230
7.2.1 Inhibition par le plomb	230
7.2.2 Inhibition par le cyanure	231
7.2.3 Inhibition par le méthylmercure	231
7.3 Compétition	234
7.3.1 Monoxyde de carbone	234
7.3.2 Fluorure	234
7.3.3 Organophosphates	234
7.4 Effet narcotique général	236
7.5 Mimétisme biochimique et mécanismes connexes	237
7.5.1 Perturbateurs endocriniens	237
7.5.2 Méthylmercure	242
7.5.3 Hydrocarbures aromatiques polycycliques	242
7.6 Apoptose	242
7.7 Stimulation biochimique et mécanismes connexes	244
7.7.1 Porphyrries	245
7.7.2 Allergies	245

7.7.3	Formation d'un excès de radicaux libres ou stress oxydatif	250
7.7.4	Métallothionéines et autres stimulations	255

Chapitre 8

Génotoxicité		259
8.1	Définition	261
8.2	Mutagenicité	266
8.3	Endogénicité : endommagement d'une chaîne de l'ADN	271
8.4	Clastogénicité : endommagement des deux chaînes de l'ADN	279
8.5	Tératogénicité	287
8.6	Cancérogénicité	290
8.6.1	Initiation ou endogénicité	291
8.6.2	Promotion ou épigénicité	294
8.6.3	Conversion ou oncogénicité	298
8.6.4	Identification et classification des substances cancérogènes	299

Chapitre 9

Régulation toxicodynamique		305
9.1	Relations doses-réponses	307
9.2	Relations doses-durées	314
9.3	Facteurs toxicodynamiques	316
9.3.1	Espèce	316
9.3.2	Souche	317
9.3.3	Âge	317
9.3.4	Sexe	318
9.3.5	Facteurs pathologiques	318
9.3.6	Température	319
9.3.7	pH	319
9.3.8	Cocontaminants	319
9.4	Interactions entre les contaminants	320
9.4.1	Additivité	320
9.4.2	Infra-additivité ou antagonisme	320
9.4.3	Supra-additivité ou synergie	321
9.4.4	Potentialisation	321

Chapitre 10	
Outils écotoxicologiques	323
10.1 Approches	325
10.2 Analyses chimiques couramment utilisées	329
10.3 Bioessais d'écotoxicité	329
10.4 Bioindicateurs environnementaux couramment utilisés	338
10.4.1 Écoindicateurs	338
10.4.2 Biomarqueurs	338
10.4.3 Biotraceurs	339
10.5 Estimateurs de risque	340
Chapitre 11	
Évaluation écotoxicologique d'un lieu d'enfouissement sanitaire	343
11.1 Contexte	345
11.2 Sources des BPC et des DF au LES	346
11.3 Cheminements des BPC et des DF au LES	348
11.3.1 Eaux de lixiviation drainées	348
11.3.2 Eaux souterraines	350
11.3.3 Eaux de ruissellement drainées	355
11.3.4 Eaux de surface en aval du LES	357
11.3.5 Diffusion gazeuse	360
11.4 Toxicité environnementale des BPC et des DF	363
11.5 Danger écotoxicologique des BPC et des DF du LES	367
11.6 Expositions aux BPC et aux DF du LES	368
11.7 Risques toxicologique et écotoxicologique des BPC et des DF au LES	377
Chapitre 12	
Évaluation écotoxicologique du risque environnemental des eaux de la station d'épuration Est de la Ville de Québec	385
12.1 Contexte	387
12.2 Sources	388

12.3	Cheminement	391
12.3.1	Trajet entre la station d'épuration Est de la Ville de Québec et le fleuve Saint-Laurent	391
12.3.2	Étendue de la dispersion des deux effluents conjoints dans le fleuve Saint-Laurent	394
12.3.3	Description du milieu récepteur	397
12.3.4	Substances rejetées dans le fleuve Saint-Laurent	399
12.4	Toxicité	408
12.4.1	Effluent traité de la station d'épuration Est de la Ville de Québec	409
12.4.2	Effluent traité de la papetière Stadacona	412
12.4.3	Effluents conjoints	414
12.5	Danger	414
12.6	Exposition	417
12.7	Risque	419
	Références bibliographiques	429
	Liste des acronymes	515



ÉCOTOXICOLOGIE GÉNÉRALE ET APPLIQUÉE

Ce livre d'aide pédagogique et scientifique de niveau universitaire couvre les multiples facettes de l'écotoxicologie qui est un domaine relativement nouveau. Son contenu renferme dans les trois premiers chapitres les notions de base expliquant notamment les mesures d'écotoxicité et les descripteurs de risque écotoxicologique. Ces notions sont articulées au chapitre 4 dans une démarche en six étapes (sources, cheminements, toxicités, dangers, expositions et risques) pour l'évaluation des risques écotoxicologiques. Des parties spécialisées de cette démarche, à savoir la toxicocinétique et sa régulation ainsi que la toxicodynamique, la génotoxicité et leur régulation, sont exposées aux chapitres 5 à 9. Les outils écotoxicologiques (entre autres, les bioessais, les bioindicateurs, les biomarqueurs, les biosenseurs et les biotraceurs) sont présentés au chapitre 10. Enfin, tous les éléments précités d'écotoxicologie générale sont appliqués à deux études de cas, soit celle d'un effluent municipal et celle d'un lieu d'enfouissement sanitaire.

Cet ouvrage général et appliqué est conçu pour des étudiants universitaires en biologie, biochimie, écologie, environnement et toxicologie ainsi que pour des professionnels gouvernementaux et industriels, concernés par la protection de l'environnement et de la santé des écosystèmes.

*Monsieur **Van Coillie** est professeur associé dans plusieurs universités québécoises et européennes et a œuvré à Environnement Canada comme scientifique sénior. Expert en toxicologie environnementale, il est l'auteur et le coauteur de plus de quatre cents communications et publications scientifiques. Au cours de sa longue carrière, il a obtenu, à titre de titulaire ou de cotitulaire, six prix scientifiques et a dirigé plus de quatre-vingts thèses de doctorat et (ou) mémoires et essais de maîtrise.*

***Lise Parent** est professeure à la Télé-université depuis 1994. Sa spécialité est l'évaluation écotoxicologique des rejets industriels, mais, depuis quelques années, elle s'intéresse particulièrement à l'exposition aux perturbateurs endocriniens et à leurs effets sur la santé humaine. À ce titre, elle est membre du Centre de recherche interdisciplinaire de la biologie, la santé, la société et l'environnement (CINBIOSE) ainsi que du Centre interinstitutionnel de recherche en écotoxicologie du Québec (CIRÉ).*

ENV 3013

ISBN 978-2-7624-2358-7



9 782762 423587