

Sous la direction de
Philippe Behra



Chimie et environnement

Cours, études de cas et exercices corrigés



Licence 3
Master
Écoles d'ingénieurs

DUNOD

2-628-5-1

Sous la direction de

Philippe Behra

Professeur des universités à l'Institut national polytechnique de Toulouse
(INPT – ENSIACET)



2-628-5-1

Chimie et environnement

Cours, étude de cas et exercices corrigés

Patrick Cognet

Professeur des universités à
l'INPT-ENSIACET

Gérald Debenest

Maître de conférences à l'INPT-ENSIACET

Matthieu Dufresne

Maître de conférences à l'ENGEES,
Strasbourg

Laury Gauthier

Maître de conférences à l'université
Paul Sabatier, Toulouse

Christophe Gourdon

Professeur des universités à
l'INPT-ENSIACET

Maritxu Guiresse

Professeur des universités à l'INPT-ENSAT

Leslie Jacquemin

Docteure de l'INPT

Michel Kaemmerer

Maître de conférences à l'INPT-ENSAT

David Labat

Professeur des universités à l'université
Paul Sabatier, Toulouse

Robert Mosé

Professeur à l'ENGEES, Strasbourg

Geneviève Nguyen

Maître de conférences à l'INPT-ENSAT

Éric Pinelli

Professeur des universités à l'INPT-ENSAT

Pierre-Yves Pontalier

Maître de conférence à l'INPT-ENSIACET

François Purseigle

Maître de conférence à l'INPT-ENSAT

Antoine-Georges Sadowski

Ingénieur divisionnaire de l'agriculture
et de l'environnement

Valérie Simon

Maître de conférence à l'INPT-ENSIACET

José Vazquez

Professeur à l'ENGEES, Strasbourg

DUNOD

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	III
Chapitre 1. Hydrologie - cycle de l'eau	1
1.1 La répartition de l'eau sur la Terre	1
1.2 Le moteur du cycle hydrologique : le Soleil	9
1.3 Les précipitations atmosphériques	10
1.4 L'interception	12
1.5 L'évapotranspiration	13
1.6 La circulation de l'eau souterraine	15
1.7 L'infiltration et les écoulements	20
1.8 Le Bassin versant	23
Exercices d'application	27
ÉTUDE DE CAS : Application d'un modèle hydrologique à un petit bassin versant tropical : Nsimi (Cameroun)	28
Chapitre 2. Transport réactif en milieu poreux	32
2.1 Les méthodes de modélisation des phénomènes de transport réactif en milieu poreux	35
2.2 Du microscopique vers le terrain : changement d'échelle et validité des approches	42
ÉTUDE DE CAS : Systèmes réactifs : forme finale de l'équation d'advection-dispersion-réaction en milieu poreux	53
Exercices d'application	56
Chapitre 3. Physico-chimie des eaux	57
3.1 La composition chimique des eaux naturelles	58
3.2 Impact des activités humaines	70
3.3 La chimie analytique et la spéciation	74
ÉTUDE DE CAS 1 : Impact d'une mine sur la qualité de l'eau dans le bassin potassique alsacien	80
ÉTUDE DE CAS 2 : Suivi hydrologique et hydrochimique du bassin amont de la Moselle - Méthodologie et expérience d'amélioration de la qualité de l'eau et des sols	83
Exercices d'application	87

Table des matières

Chapitre 4. Les eaux urbaines	90
4.1 Un peu d'histoire	90
4.2 Le but de l'assainissement	91
4.3 La classification des eaux usées	93
4.4 Les principaux constituants des eaux usées	94
4.5 L'impact des pollutions associées aux eaux usées	101
4.6 La mesure de la pollution	102
4.7 Caractéristiques des différentes sources de pollution	108
ÉTUDE DE CAS : La toxicité de l'hydrogène sulfuré	124
Exercices d'application	127
Chapitre 5. Traitement des eaux usées	129
5.1 Un peu d'histoire	129
5.2 Le contexte réglementaire – Niveau de rejet	131
5.3 Le principe du traitement des eaux usées	135
5.4 Les procédés de traitement par cultures libres	144
5.5 Les procédés de traitement par cultures fixées	150
5.6 Le procédé de traitement par cultures mixtes	156
5.7 Le traitement de la pollution azotée	157
5.8 Le traitement de la pollution phosphorée	158
5.9 Le traitement tertiaire	159
5.10 Le traitement des rejets urbains de temps de pluie	159
5.11 Le traitement des boues et des déchets	161
5.12 La modélisation dynamique des procédés biologiques	168
Exercices d'application	169
Chapitre 6. Les procédés de séparation liquide - solide dans le traitement des eaux	170
6.1 La production d'eau	170
6.2 Le traitement d'effluents	185
ÉTUDE DE CAS : Le traitement des vinasses de distillerie	193
Exercices d'application	197
Chapitre 7. La pollution atmosphérique	198
7.1 Quelques notions sur l'atmosphère	198
7.2 Les émissions atmosphériques	201
7.3 Le devenir des polluants atmosphériques	203
7.4 Les problématiques atmosphériques	205

7.5	La métrologie	218
7.6	Les outils pour la modélisation	224
7.7	La législation	225
7.8	Le dispositif de surveillance de la qualité de l'air en France	229
7.9	Procédés de traitement des émissions	231
	ÉTUDE DE CAS : Les émissions d'origine naturelle et les émissions d'origine anthropique	234
	Exercices d'application	238
Chapitre 8. La valorisation des déchets		240
8.1	Introduction	240
8.2	La réglementation : un moteur pour les filières de recyclage	241
8.3	Les grandes filières de valorisation	243
8.4	Les intérêts et les limites du retour aux sols des déchets organiques	255
	ÉTUDE DE CAS : Gestion d'un ISDND et impacts environnementaux	267
	Exercice d'application	272
Chapitre 9. Les procédés propres		274
9.1	Introduction	274
9.2	Les enjeux et le contexte réglementaire	275
9.3	La conceptualisation du génie des procédés propres	278
9.4	Les étapes de mise en œuvre du génie des procédés propres	279
9.5	L'optimisation de procédé	284
9.6	Les principes de l'intensification des procédés	287
9.7	Quelques exemples d'innovations de rupture en procédés (chimie sans solvant, nouveaux milieux, activations, miniaturisation)	291
	Exercices d'application	299
Chapitre 10. L'analyse du cycle de vie (ACV) des produits et des procédés		303
10.1	L'éco-conception et l'analyse environnementale	304
10.2	L'analyse du cycle de vie	307
10.3	L'analyse du cycle de vie des procédés	320
	ÉTUDE DE CAS : L'ACV d'un procédé appliqué à la valorisation de biomasse végétale	322
	Exercice d'application	328
Chapitre 11. L'écotoxicologie et la normalisation		330
11.1	L'écotoxicologie : définition et principaux paramètres	330
11.2	Les essais biologiques en écotoxicologie réglementaire et la normalisation	338
	Exercice d'application	351

Chapitre 12. Chimie et sociétés : comprendre les controverses socio-technologiques et environnementales	353
12.1 Chimie et sociétés : aux origines des controverses	353
12.2 Quelques définitions	357
12.3 Se doter d'outils pour mieux comprendre les controverses ?	365
ÉTUDE DE CAS : L'invasion de la chrysomèle du maïs : Où est le danger ? Est-ce l'insecte ou les méthodes de lutte ?	366
Exercices d'application	374
Solutions des exercices	376
Liste des acronymes et abréviations	389
Références bibliographiques	398
Index général	411