



Philippe Quevauviller

Protection des eaux souterraines

*Législation européenne
et avancées scientifiques*

Editions
TEC
& **DOC**

Lavoisier

Protection des eaux souterraines

Législation européenne
et avancées scientifiques

Philippe Quevauviller

HDR en chimie

docteur d'université en chimie

docteur de 3^e cycle en océanographie

professeur associé à l'Université libre de Bruxelles (VUB)



11, rue Lavoisier
75008 Paris

Chez le même éditeur

Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux : réglementation, micro-organismes, prélèvements, analyses

Delarras C., Trébaol B., Durand J., 2^e éd., 2010

Métrologie en chimie de l'environnement

Quevauviller Ph, 2^e éd., 2006

Chimie et pollution des eaux souterraines

Atteia O., 2005

Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux : réglementation, prélèvements, analyses

Delarras C., Trébaol B., 2003

Matériaux de référence pour l'environnement

Quevauviller Ph, 2002

Les sites pollués : traitement des sols et des eaux souterraines

Lecomte P., 2^e éd., 1998



© LAVOISIER, 2010

ISBN : 978-2-7430-1273-1

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (20, rue des Grands Augustins, 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 1^{er} juillet 1992 - art. L 122-4 et L 122-5 et Code pénal art. 425).

Préface

La plus grande partie des territoires de l'Europe est pourvue d'eaux souterraines qui offrent la ressource de proximité la plus accessible et la plus constante en quantité et en qualité, tout en assurant la pérennité de la plupart des cours d'eau superficiels. Les eaux souterraines conjuguent une forte spécificité, au plan de leur occurrence, de la variété de leurs réserves et de leur régime, avec une interdépendance avec les eaux de surface. En Europe, les 9/10^e des quelque 1 100 milliards de m³ annuels d'écoulement d'eaux souterraines aboutissent aux rivières et un tiers du débit des cours d'eau — dont la quasi-totalité en basses eaux — provient des eaux souterraines. Aussi, les conditions et les règles de gestion des eaux souterraines sont-elles à la fois particulières et liées à celles des eaux de surface.

Les eaux souterraines sont invisibles, néanmoins courantes et organisées par les structures du sous-sol et l'expertise moderne a fait beaucoup progresser leur connaissance. Elles forment des ressources communes à nombre d'occupants du sol, mais elles sont exploitables et influençables par de multiples acteurs individuels : bien collectif appropriable et perturbable individuellement, c'est le cœur du problème de leur gestion et de leur protection, qui procèdent nécessairement par des voies indirectes en agissant sur les comportements de ces acteurs — ménages, entreprises, collectivités locales — qui doivent donc concilier des disciplines communautaires et les libertés individuelles, dans des espaces dont les limites sont inégalement connues et perçues.

Tels sont les motifs et les objectifs des instruments réglementaires que l'Union européenne a élaborés au cours des ans, dont Philippe Quevauviller expose méthodiquement, avec précision, les justifications, les modes d'emploi et les conditions d'application, à l'attention de tous les acteurs publics et privés responsables ou bénéficiaires de leur mise en œuvre, que les éclairages de cet ouvrage devraient largement faciliter.

Jean Margat

hydrogéologue

Bureau de recherches géologiques et minières

Expert auprès de l'UNESCO et la FAO

Avant-propos et remerciements

Depuis une quinzaine d'années, j'ai voulu clôturer diverses expériences professionnelles par des ouvrages scientifiques. C'est pour moi une façon de tourner physiquement les pages d'une carrière qui m'amène à me pencher sur divers volets des sciences environnementales. Ce livre marque ainsi la fin d'un cycle qui se démarque des précédents par ma découverte d'autres sphères, de réseaux différents du monde scientifique que j'avais côtoyés jusqu'alors. Il représente néanmoins une continuité avec mes ouvrages précédents publiés par les Éditions Lavoisier qui traitent de métrologie en chimie de l'environnement et d'assurance de qualité des analyses environnementales.



André Quevauviller (1910-1981)

Avant d'entrer dans le vif du sujet, je souhaite évoquer le souvenir de mon grand-père, André Quevauviller, pour le centième anniversaire de sa naissance, année de parution de ce livre que je lui dédie. Je n'ai hélas eu que peu d'échanges avec lui dans son monde professionnel, gardant un souvenir d'enfant de sa prestance en habit de professeur de la faculté de pharmacie de l'université Paris V. J'ai compris, il y a quelques années, quelle était notre filiation intellectuelle en lisant sa leçon inaugurale de la chaire d'hygiène qu'il a contribué à créer en 1957. Elle brosse un tableau des multiples facettes de l'hygiène, y compris celle de l'environnement, en replaçant l'homme au centre d'interactions complexes, mêlant les sciences naturelles et les aspects réglementaires. Il y traitait, dans le contexte plus large des problèmes de santé et d'hygiène, des aspects de contamination de l'atmosphère et des eaux par l'activité humaine, en soulignant la nécessité d'une vision intégrée de l'homme et de son environnement. Cette intégration annonçait déjà une perception multidisciplinaire qu'il avait anticipée en tant que pharmacien comme

étant indispensable à une meilleure gestion des risques de pollution, y compris de l'eau, et ce plus de 40 ans avant l'adoption de la directive cadre sur l'eau.

À un niveau plus modeste, j'ai suivi un parcours un peu semblable au sien, mêlé de recherche, de législation et d'enseignement universitaire. J'ai orienté ma courte carrière de chercheur vers l'étude des impacts anthropiques sur des environnements sensibles (estuaires et lagunes côtières), découvrant par la même occasion de nouveaux pays, de nouvelles cultures au Portugal et aux Pays-Bas. En matière de publications, j'ai suivi un précepte que je lui ai entendu prononcer sur la fonction de professeur, celui en premier lieu de parler et d'écrire sur les résultats de ses propres recherches, puis sur leur positionnement vis-à-vis d'autres travaux scientifiques, pour finir par écrire sur des développements pour lesquels je suis désormais un facilitateur plutôt qu'un acteur et qui forment la trame de ce livre.

J'ai découvert le monde législatif et l'art du « compromis politique » après avoir navigué dans la science de la métrologie environnementale. Ce fut un retour vers mes bases universitaires de géologie et d'hydrologie, puisqu'il s'agissait de développer une loi européenne sur la protection des eaux souterraines. L'enseignement universitaire a été une prolongation naturelle de cette somme d'expériences, il s'est de plus ouvert à des étudiants de pays non-européens, représentant le défi supplémentaire de devoir repositionner l'approche européenne de la gestion de l'eau vis-à-vis de celle mise en œuvre en Asie, Afrique ou Amérique du Sud.

Mes expériences dans les sphères scientifiques, législatives et éducatives m'ont fait réaliser les fossés existants entre les différents acteurs. Si chaque « monde » maîtrise sa matière avec ses propres codes, jargons et pratiques, il existe peu de liens effectifs entre la science et l'éducation d'une part, et la législation d'autre part. La difficulté d'établir un dialogue — une interface — entre la science et la législation est en partie liée à un manque de « facilitateurs » permettant d'assurer un meilleur transfert des connaissances et une identification plus structurée des besoins de recherche répondant aux agendas législatifs.

Ce dialogue entre ces deux mondes n'est possible que si la « dimension humaine » est respectée. L'eau est perçue de différentes manières selon les angles de vues du public au sens large, des scientifiques, des législateurs, des gestionnaires, des industries, des protecteurs de la nature, etc. Une de mes grandes fiertés est d'avoir contribué à rassembler des acteurs du monde des eaux souterraines au sein d'un groupe européen d'experts que j'ai présidé entre 2003 et 2008. Ce livre reflète cette aventure humaine. Son caractère technique illustre une des pièces du puzzle complexe (sans aucune prétention d'exhaustivité !) qu'est la gestion de l'eau souterraine à laquelle se confrontent tous les acteurs précités. Il est issu de documents d'orientations élaborés en concertation avec toutes les parties intéressées et reflète une volonté de gestion d'un patrimoine commun.

La liste de celles et ceux qui ont contribué au débat sur l'eau souterraine durant ces dernières années dans le cadre du groupe européen cité ci-dessus serait trop longue pour un texte de préface. J'ai donc rassemblé cette liste impressionnante à la fin de cet ouvrage ; elle illustre la dimension européenne, multidisciplinaire et multisectorielle de ce réseau. Parmi eux, je souhaite exprimer ma reconnaissance particulière aux « piliers » sur lesquels je me suis appuyé durant la difficile négociation politique de la directive 2006/118/CE décrite dans ce livre : Johannes

Grath, Manuel Varela, Wennemar Cramer, Tony Marsland, Lutz Keppner, et à des conseillers scientifiques hors-pair, entre autres Ariane Blum, Andreas Scheidleder, Rob Ward, Thomas Track, Dietmar Müller, Teresa Melo, Hans-Peter Broers, Klaus Hinsby et tant d'autres ! Je remercie aussi les liens établis avec des réseaux internationaux par le biais d'Alice Aureli, Stephen Foster et Didier Pennequin. Ils ont tous contribué à cimenter un réseau où les acteurs s'appellent désormais souvent par leurs prénoms pour régler des problèmes épineux d'ordre technico-juridique, ce qui est reflété dans la photo qui clôture ce livre. Plusieurs volets présentés dans cet ouvrage ont bénéficié du travail de traduction de rapports techniques par Benjamin Brière de l'Isle. Enfin, ce livre a largement bénéficié des conseils et de la relecture de Jean Margat, qui me fait l'honneur d'en signer la préface.

En conclusion, mes pensées vont vers un autre « pilier », celui-là essentiel de ma vie, sans qui ce livre n'aurait pas pu voir le jour : Sabine qui a accepté le cliquetis de mon clavier durant de nombreuses soirées, et mes enfants Élodie, Adrien et Louis qui m'ont permis de grappiller toutes les minutes nécessaires à la rédaction de cette synthèse.

Philippe Quevauviller,
Bruxelles, 16 mars 2010

Table des matières

Préface	V
----------------------	---

Avant-propos et remerciements	VII
--	-----

Chapitre 1

Introduction	1
---------------------------	---

1. Les bases scientifiques	3
1.1. Le cycle hydrogéologique	3
1.2. L'eau dans les aquifères	4
1.3. L'écoulement des eaux souterraines	4
1.4. Les différents types d'aquifères	5
1.4.1. Les grands systèmes aquifères	6
1.4.2. Les aquifères karstiques	7
1.4.3. Les aquifères alluviaux	7
1.4.4. Les aquifères de socle	8
1.4.5. Les aquifères volcaniques	8
2. Les risques de détérioration des eaux souterraines	8
2.1. Aspects quantitatifs	8
2.1.1. Calcul des flux d'eau souterraine	8
2.1.2. Ressources en eau et (sur)exploitation	9
2.1.3. Baisse et élévation des niveaux de nappes	11
2.1.4. Intrusion saline	12
2.1.5. Effets de l'aridité	12
2.1.6. Effets du changement climatique	13
2.2. Liens avec les systèmes aquatiques et terrestres associés	13
2.2.1. Introduction	13
2.2.2. Liens avec les systèmes aquatiques associés	14
2.2.3. Liens avec les systèmes terrestres dépendants	14
2.2.4. Écosystèmes aquatiques souterrains	15

2.3. Pollutions des eaux souterraines	15
2.3.1. Introduction – Qualité des eaux souterraines	15
2.3.2. Urbanisation et rejets urbains	18
2.3.3. Industrie	19
2.3.4. Agriculture	20
3. Évaluation des risques et implications en matière de législation	20
3.1. Besoins de protection des eaux souterraines	20
3.2. Évaluation, prévention et contrôle	21
3.3. Surveillance	24
4. Conclusions	26

Chapitre 2

Les eaux souterraines et les principes de gestion intégrée des bassins hydrographiques

1. Les principes de gestion des bassins hydrographiques	31
1.1. L'eau et son environnement	31
1.2. Objectif et survol des principes de gestion des bassins hydrographiques	32
2. Gestion opérationnelle	33
2.1. Contrôle de la pollution	34
2.2. Contrôle des exploitations	36
2.3. Agréments volontaires et autres instruments de communication	37
2.4. Récupération des coûts	38
2.5. Structure institutionnelle	38
2.6. Infrastructure et réglementation, financement et pouvoir de décision	39
2.7. Décentralisation	40
2.8. Privatisation	40
3. Planification	41
3.1. Fonctions des plans et des politiques	41
3.2. Le procédé de planification	41
3.3. Les systèmes de planification	42
4. Soutien analytique	43
4.1. Soutien analytique à la gestion opérationnelle : principaux défis	44
4.2. Soutien analytique et niveau stratégique : nouvelles orientations	45
5. Bassins hydrographiques internationaux	46
5.1. Les défis	46
5.2. Les bassins internationaux à l'échelle du globe	47
5.3. Les aquifères transfrontaliers	47
5.4. Les organisations de bassins internationaux	48
5.5. Coopération entre bassins	49
6. Participation du public	50
6.1. Au niveau européen	50
6.2. Au niveau international	51
6.3. Besoins d'information	52
7. Comment mettre la gestion des bassins en pratique ?	52

Chapitre 3

Législation européenne sur la protection des eaux souterraines	55
1. Le cadre législatif de la directive de 1980	56
2. Évaluations préliminaires (1982)	59
3. Proposition de programme d'action (1996)	59
4. Le cadre réglementaire établi par la DCE	61
5. La directive « fille » sur les eaux souterraines	68
5.1. Le contexte politique et législatif	68
5.1.1. La proposition de la Commission	68
5.1.2. Évaluation de l'impact	68
5.1.3. Le Groupe de stratégie commune de mise en œuvre (CIS) pour les eaux souterraines	69
5.1.4. La négociation politique	70
5.2. Les éléments principaux de la directive	70
5.2.1. Bon état chimique	73
5.2.2. Identification et inversion des tendances	74
5.2.3. Mesures de prévention ou de limitation des introductions de polluants	75
6. Intégration des autres législations environnementales	75
6.1. La directive nitrates	76
6.2. La directive sur le traitement des eaux résiduaires urbaines	77
6.3. La directive sur les produits phytosanitaires	78
6.4. La directive sur les produits biocides	79
6.5. La directive IPPC	80
6.6. La directive sur la mise en décharge des déchets	81
6.7. La directive sur l'utilisation des boues d'épuration en agriculture	82
6.8. Autres directives	83
7. Vers une mise en œuvre efficace	84
7.1. Étapes critiques de la DCE	84
7.2. Étapes spécifiques de la DES	85
7.3. Documents d'orientations – coopération sur la mise en œuvre	85
7.4. Soutien apporté par la recherche	86
7.5. Liens avec des associations et des programmes internationaux	87
8. Conclusions – Avancées sur le plan international	88

Chapitre 4

Le cadre scientifique	91
1. Introduction	91
2. Intégration des avancées scientifiques dans le contexte de la gestion des eaux souterraines	96
3. Financement de la recherche à l'échelle de l'UE	97
3.1. Projets de recherche du 5 ^e PCRD	98
3.2. Projets ciblés et intégrés du 6 ^e PCRD	98
3.3. Projets ERA-NET du 6 ^e PCRD	99
3.4. Projets issus de la priorité SSP	100
3.5. Orientations du 7 ^e PCRD	100
3.6. Projets de démonstration – Programme LIFE	101

4. Quelques exemples de projets de recherche en soutien à la législation sur les eaux souterraines	101
4.1. Évaluation des risques	102
4.2. Restauration de la qualité des eaux souterraines	102
4.3. Pollution diffuse	102
4.4. Outils de gestion et d'information	103
4.5. Exemples de réseaux	103
5. Un projet taillé sur mesure en soutien à la directive sur les eaux souterraines – BRIDGE	104
6. Quelques besoins de recherche	105
7. Besoins de renforcement des liens entre la science et la législation	106
7.1. Besoins généraux	107
7.2. Différents niveaux d'interactions	107
8. Vers une interface opérationnelle	109
8.1. L'initiative HarmoniCA	109
8.2. Le système « WISE »	110
8.3. Le portail WISE-RTD	112
8.4. Besoins d'un cadre général d'intégration des avancées scientifiques dans le processus législatif	112
8.5. Initiative pilote dans le cadre de la stratégie commune de mise en œuvre de la DCE	114
8.5.1. Introduction	114
8.5.2. Activités transversales	115
8.5.3. Activités thématiques	115
8.6. Conclusions	115

Chapitre 5

Délimitation et caractérisation des masses d'eau souterraine	119
1. Délimitation des masses d'eau souterraine	120
1.1. Introduction	120
1.2. Prélèvement de quantité significative	121
1.3. Écoulement significatif	122
1.4. Délimitation des masses d'eau	123
1.5. Limites supérieures et inférieures des masses d'eau souterraine	126
1.6. Agrégation des masses d'eau	127
1.7. Conclusions – Processus suggéré pour une application pratique du terme de masse d'eau souterraine	128
2. Caractérisation	129
2.1. Rappel du cadre législatif	129
2.2. Planification et amélioration de l'identification des masses d'eau	133
2.3. Dispositions supplémentaires de la DCE	133
2.3.1. Masses d'eaux souterraines transfrontalières	133
2.3.2. Masses d'eaux souterraines à objectifs moins ambitieux	134
2.3.3. Interactions avec des écosystèmes aquatiques ou terrestres dépendants	134
2.3.4. Zones protégées	134
3. Conclusions	135

Annexe

Considérations sur la délimitation des zones protégées	137
---	-----

Chapitre 6

Évaluation des risques et modèles conceptuels	141
1. Évaluation des risques	141
1.1. Compréhension du système/Modèles conceptuels	141
1.2. L'approche DPSIR	143
1.3. Risques de pollutions des eaux souterraines	144
1.4. Identification des pressions significatives	147
1.4.1. Approche sélective	148
1.4.2. Variations dans les pressions et les incidences	149
1.5. Évaluation des incidences issues des pressions	150
1.6. Caractérisation plus détaillée des masses d'eau souterraine	151
1.7. Outils de soutien	152
1.8. Les aspects d'échelle	153
1.9. Évaluation des risques de non-atteinte des objectifs et prise en compte des incertitudes	154
1.10. Résumé des tâches principales – Première évaluation	155
1.11. Cas particulier : les zones protégées de captage d'eau pour la consommation humaine	156
1.12. Recommandations pour le rapport des analyses des pressions et des incidences	158
2. Exemples de recherche en soutien à la caractérisation des risques et la modélisation	160
2.1. Caractérisation de risques de pollution industrielle	160
2.2. Recherche sur les modèles conceptuels	160

Annexe 1

Outils d'aide à l'évaluation des impacts	162
---	-----

Annexe 2

Besoins en informations et sources de données	171
--	-----

Chapitre 7

Évaluation du fond géochimique et de l'âge d'une eau souterraine	177
1. Fond géochimique	177
1.1. Généralités sur l'établissement du bruit de fond géochimique	179
1.2. Méthodes pour établir le fond géochimique	180
1.2.1. Étude de la chimie des composantes inorganiques majeures et traces	182
1.2.2. Étude de la chimie des composantes organiques	185

1.2.3. Modélisation hydrogéochimique	186
1.2.4. Traceurs et échelles temporelles	187
1.3. Études des tendances naturelles du fond géochimique	189
2. Âge et qualité des eaux souterraines	190
2.1. Estimation de l'âge des eaux souterraines	191
2.1.1. Définition de l'âge des eaux souterraines	192
2.1.2. Traceurs environnementaux pour l'estimation de l'âge des eaux souterraines.	192
2.1.3. Géo-indicateurs – estimation des changements environnementaux et des âges relatifs des eaux souterraines	193
2.2. Modélisation numérique de l'âge des eaux souterraines.	194
2.3. Âge des eaux souterraines, qualité et quantité	195
2.3.1. Qualité des eaux souterraines en fonction de l'âge	195
2.3.2. Âge des eaux souterraines et surveillance	195
2.3.3. Âge des eaux souterraines et surexploitation	196
2.4. Âge des eaux souterraines et directives européennes	196
2.4.1. Âge des eaux souterraines et dérivation des niveaux naturels (fond géochimique) et de valeurs seuils.	196
2.4.2. Interactions des eaux souterraines avec les écosystèmes dépendants.	196
2.5. Études de cas	197
2.6. Conclusions	197

Chapitre 8

Objectifs environnementaux pour les eaux souterraines et conformité au « bon état »	199
1. Principes généraux.	200
1.1. Modèles conceptuels (rappels).	200
1.1.1. Modèles conceptuels et valeurs seuils.	201
1.1.2. Modèles conceptuels et évaluation de l'état	201
1.1.3. Modèles conceptuels et évaluation de tendances	202
1.2. Écosystèmes terrestres dépendants pertinents vis-à-vis de l'évaluation de l'état et de tendances	202
1.3. Concentrations naturelles de substances présentes dans le milieu – Fond géochimique	202
1.4. Concentrations inférieures aux limites de quantification	203
1.4.1. Évaluation de l'état chimique	203
1.4.2. Évaluation des tendances	204
1.5. Rapportage	204
1.5.1. Valeurs seuils pour les eaux souterraines	205
1.5.2. Évaluation de l'état des masses d'eau souterraine	205
1.5.3. Évaluation des tendances	205
2. Évaluation de l'état des masses d'eau	206
2.1. Tests de classification	206
2.2. Évaluation du risque vis-à-vis de l'évaluation de l'état	207
3. Évaluation de l'état chimique.	208
3.1. Rappel des définitions	208

3.2.	Éléments de classification du bon état	210
3.2.1.	Agrégation des données	210
3.2.2.	Étendue des dépassements	211
3.2.3.	Localisation des dépassements	211
3.3.	Normes de qualité (européennes) et valeurs seuils pour les eaux souterraines	212
3.3.1.	Rappel des exigences	212
3.3.2.	Liens entre les valeurs seuils et l'objectif de « prévention/ limitation » (article 6 de la DES)	215
3.3.3.	Méthodologie générale pour l'établissement de valeurs seuils	217
3.4.	Procédure pour l'évaluation de l'état chimique des eaux souterraines	220
3.4.1.	Application de la procédure en pratique	222
3.4.2.	Test : évaluation générale de l'état chimique de la masse d'eau dans son ensemble	222
3.4.3.	Test : intrusion saline ou autres intrusions	225
3.4.4.	Test : diminution de la qualité chimique ou écologique d'eaux de surface associées due au transfert de polluants provenant de la masse d'eau souterraine	227
3.4.5.	Test : détérioration significative aux écosystèmes terrestres dépendants des eaux souterraines due au transfert de polluants provenant de la masse d'eau souterraine	229
3.4.6.	Test : conformité avec les exigences de la DCE en matière de protection des zones de captage pour les eaux destinées à la consommation humaine	229
4.	Évaluation de l'état quantitatif	234
4.1.	Rappel des définitions	234
4.2.	Éléments de classification de l'état quantitatif	235
4.3.	Procédure pour l'évaluation de l'état quantitatif	235
4.3.1.	Test : équilibre du niveau de la nappe (à l'échelle de la masse d'eau)	236
4.3.2.	Test : écoulement des eaux de surface	238
4.3.3.	Test : écosystèmes terrestres dépendants des eaux souterraines	240
4.3.4.	Test : intrusions salines et autres	242
5.	Évaluation des tendances et des points de départ d'inversion	243
5.1.	Rappel des définitions	243
5.2.	Éléments d'évaluation des tendances et inversion de tendances	243
5.2.1.	Paramètres faisant l'objet d'évaluations de tendances	244
5.2.2.	Élaboration des réseaux de surveillance	245
5.2.3.	Données de surveillance faisant l'objet d'évaluation de tendances	246
5.2.4.	Considération du fond géochimique et des points de départ d'identification de tendances	246
5.2.5.	Longueur des séries temporelles	246
5.2.6.	Méthodologie d'évaluation de tendances	247
5.2.7.	Degré de confiance de l'évaluation	248
5.2.8.	Point de départ d'inversion de tendance	248

5.2.9. Méthodologie pour l'évaluation des inversions de tendances.	249
5.2.10. Échéancier pour l'évaluation des tendances et inversions de tendances.	249
5.3. Tests pour l'évaluation des tendances et leur inversion.	249
5.3.1. Identification de tendances significatives sur le plan environnemental et échelle considérée pour cette évaluation.	250
5.3.2. Test : risque de détérioration des utilisations actuelles ou potentielles de l'environnement aquatique (articles 5(1) et 5(2) de la DES).	251
5.3.3. Test : risque de détérioration des écosystèmes aquatiques et terrestres (articles 5(1) et 5(2) de la DES)	252
5.3.4. Évaluation de tendances en soutien à l'évaluation de l'état chimique	253
5.3.5. Évaluation de tendances en soutien à la caractérisation de panaches de pollution	253
6. Conclusion	254

Annexe 1

Principes d'application de facteurs de dilution et d'atténuation	257
---	------------

Annexe 2

Utilisation de la surveillance des niveaux des eaux souterraines pour l'évaluation de l'état.	260
--	------------

Annexe 3

Fixation de valeurs seuils pour les eaux souterraines (situation au 30 mars 2009).	262
---	------------

Chapitre 9

Surveillance des masses d'eau souterraine.	271
1. Rappels des exigences de la directive cadre sur l'eau	272
2. Principes généraux.	276
2.1. Introduction.	276
2.2. Liens entre la caractérisation des masses d'eau, l'évaluation des risques et les exigences en matière de surveillance	276
2.3. Risque, niveaux de précision et de confiance	278
2.4. Programmes de surveillance de l'eau souterraine	280
2.4.1. Surveillance des niveaux de l'eau souterraine (état quantitatif)	280
2.4.2. Contrôle de surveillance de l'eau souterraine (état chimique)	280
2.4.3. Contrôles opérationnels de l'eau souterraine (état chimique)	281

2.4.4. Dépendance des besoins de surveillance vis-à-vis des algorithmes appliqués aux caractérisations des états et des tendances	282
2.4.5. Zones protégées	282
2.5. Rapportage	282
3. Recommandations pratiques sur la conception des programmes de surveillance de l'eau souterraine	283
3.1. Identification des objets pour lesquels une information de surveillance est nécessaire	284
3.2. Conception des programmes de surveillance à partir de la compréhension du système de l'eau souterraine	285
3.3. Considérations des types d'aquifères	287
3.4. Groupement des masses d'eau souterraines en vue de leur surveillance	288
3.5. Surveillance intégrée	289
3.6. Développement économique des réseaux de surveillance de l'eau souterraine	290
3.7. Assurance de qualité de la conception de la surveillance et du traitement des données	290
3.8. Révision des réseaux et actualisation	290
4. Surveillance de l'état quantitatif	291
4.1. But de la surveillance	291
4.2. Paramètres à surveiller	292
4.3. Densité des sites de surveillance	293
4.4. Fréquence de surveillance	294
5. Surveillance de l'état chimique et des tendances à la pollution	294
5.1. But de la surveillance	294
5.2. Contrôle de surveillance	295
5.2.1. Conception du programme de contrôle de surveillance	295
5.2.2. Sélection des paramètres de surveillance	296
5.2.3. Sélection des sites de surveillance représentatifs	298
5.2.4. Fréquence du contrôle de surveillance	301
5.2.5. Intrusions	302
5.3. Contrôles opérationnels	302
5.3.1. Conception du programme de contrôles opérationnels	302
5.3.2. Sélection des paramètres de contrôles opérationnels	305
5.3.3. Sélection des sites représentatifs des contrôles opérationnels	305
5.3.4. Fréquence de surveillance	306
6. Contrôle des zones protégées	310
7. Surveillance de l'objectif de prévention/limitation	311
8. Bonnes pratiques et outils d'assistance	311
8.1. Besoins de surveillance dépendant des outils appliqués pour la caractérisation de l'état et des tendances	311
8.2. Exemples de modèles conceptuels	312
9. Assurance de qualité des données de surveillance	316
9.1. Exigences de qualité	316
9.2. Assurance et contrôle de qualité	318
10. Méthodes d'échantillonnage et d'analyses	320
10.1. Introduction	320

10.2. Sites de surveillance	321
10.3. Méthodes d'échantillonnage	321
10.4. Stockage, conditionnement et transport de l'échantillon	322
10.5. Identification et enregistrement des échantillons	322
10.6. Expression des résultats	322
10.7. Sources d'information sur les protocoles et assurance qualité de l'échantillonnage	322
11. Rapportage	323

Chapitre 10

Programmes de mesures pour la protection des eaux souterraines contre les pollutions

1. Le régime de prévention/limitation	330
1.1. Liens entre les objectifs de prévention/limitation et les valeurs seuils	330
1.2. Liens avec les autres législations européennes pertinentes	331
1.3. Échéanciers liés aux objectifs de la DCE.	333
1.4. Législations nationales	333
2. Principes généraux.	334
2.1. Rappel sur les pollutions.	334
2.2. Rappel sur les introductions de polluants	335
2.3. Introductions directes et indirectes	336
2.4. Prévention ou limitation ?	336
2.5. Approche basée sur les récepteurs et compartiments	339
2.6. Modèle conceptuel hydrogéologique	339
3. Comment évaluer les introductions	340
3.1. Points de conformité.	340
3.2. Guide pour la sélection de récepteurs et de points de conformité	343
3.2.1. Nouvelles activités planifiées	343
3.2.2. Rejets de sites historiquement pollués	344
3.2.3. Contraintes physiques pour l'établissement de points de conformité	344
3.3. Évaluation de nouvelles activités	345
3.4. Évaluation des sources existantes de pollution	347
3.5. Surveillance des introductions de polluants	347
4. Mesures et dérogations.	348
4.1. Mesures de base de la DCE.	349
4.2. Interdiction des rejets directs dans les eaux souterraines	352
4.3. Dérogations	352
4.4. Exemples de dérogations	352
4.5. Conditions d'application des dérogations.	355
4.6. Comment développer les mesures	357
4.7. Conclusions – Exemples de mesures liées à des projets de recherche	357
4.7.1. Atténuation naturelle	357
4.7.2. Mesures agricoles	358
4.7.3. Mesures de protection dans les « mégasites »	359
4.7.4. Restauration	360

*Chapitre 11***Approche participative et aspects économiques de la gestion des eaux souterraines** 363

1. Approche participative dans la gestion des eaux souterraines 364
 - 1.1. Objectifs de l'approche participative 364
 - 1.2. Dispositions de la DCE concernant la participation du public 366
 - 1.3. Le Groupe de la stratégie commune de mise en œuvre (CIS) pour les eaux souterraines 366
 - 1.4. Implications des associations (ONG) et programmes internationaux 369
2. Aspects économiques de la gestion des eaux souterraines 370
 - 2.1. Introduction 370
 - 2.2. Méthodologies et outils économiques en soutien à la gestion des eaux souterraines 371
 - 2.3. Méthodes économiques pour l'évaluation des impacts sur les eaux souterraines et la mise en œuvre de la législation 372
 - 2.4. Conception d'instruments économiques pour la gestion des eaux souterraines 373
 - 2.5. Conclusions 375

*Chapitre 12***Conclusions, perspectives** 377

1. Besoins de développements liés aux étapes techniques 377
2. Accès aux données et visualisation 378
3. Besoins de recherches 381
4. Renforcement des réseaux multidisciplinaires/sectoriels 382
5. Anticipation des révisions à venir 382

Bibliographie 385*Annexe I***Rappels des dispositions principales de la directive 2000/60/CE « établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau » avec focus sur les eaux souterraines** 395*Annexe II***Rappels des dispositions principales de la directive 2006/118/CE « sur la protection des eaux souterraines contre la pollution et la détérioration »** 404*Annexe III***Groupe de travail européen sur les eaux souterraines (WG C)** 409

Groupe de travail européen sur la surveillance chimique (CMA)413

Glossaire419

Index427

Les eaux souterraines constituent le réservoir le plus important d'eau douce au niveau mondial. Leur rôle pour l'industrie, l'agriculture, ainsi que dans le cycle de l'eau, en particulier pour la maintenance des zones humides et du débit des cours d'eau superficiels (essentiel durant les périodes de sécheresse), est également capital. La préservation et la sauvegarde de cette ressource est donc une nécessité (sur le plan qualitatif et quantitatif) qui concerne à la fois ses usages et sa valeur environnementale.

La protection des eaux souterraines a été à l'origine de l'élaboration de nombreux instruments réglementaires européens au cours des trente dernières années. L'ouvrage expose méthodiquement **les justifications, les modes d'emploi et les conditions d'application**. À cet effet, le lecteur trouvera :

- des informations détaillées sur le **régime de protection des eaux souterraines** mis en place par la législation européenne (directive cadre sur l'eau et sa directive « fille »), ainsi que les descriptions d'**avancées scientifiques** en soutien à diverses étapes techniques de cette loi européenne ;
- une présentation complète du **cadre législatif et scientifique** ;
- la description des **étapes clés** (caractérisation, surveillance, évaluation des risques, programmes d'actions) qui devront permettre d'atteindre le « **bon état** » des eaux souterraines tel qu'il est exigé par la directive cadre sur l'eau.

Ouvrage de référence concernant la législation européenne sur les eaux souterraines, **Protection des eaux souterraines** s'adresse non seulement aux professionnels de l'eau (gestionnaires, législateurs, industriels) mais également aux chercheurs et au personnel académique. Il est également recommandé aux étudiants en écoles d'ingénieur.

Philippe Quevauviller

HDR en chimie, est docteur d'université en chimie et docteur de 3^e cycle en océanographie. Il a été gestionnaire de projets de recherche sur les méthodes d'analyses environnementales et leur contrôle de qualité à la Commission européenne entre 1989 et 2002 (Direction générale de la recherche), puis responsable du développement d'une nouvelle directive européenne sur la protection des eaux souterraines et de l'établissement d'un réseau européen pour faciliter sa mise en œuvre (Direction générale de l'environnement). Depuis 2008, il est de retour à la Direction générale de la recherche où il gère des projets traitant de l'impact du changement climatique sur le cycle de l'eau et les désastres naturels. L'auteur est également professeur associé à l'Université libre de Bruxelles (VUB) dans le cadre d'un master international sur la gestion des ressources en eau (IUPWARE) ; il intervient dans des masters des universités polytechniques de Lille et de Nice. Enfin, Philippe Quevauviller est membre de comités éditoriaux de revues techniques et scientifiques et auteur de nombreux ouvrages et articles dans la presse scientifique internationale.

978-2-7430-1273-1



9 782743 012731