

**G. Castany**

**Principes  
et méthodes de  
l'hydrogéologie**



1402/3

**Dunod Université**

628

CASTANY

# Principes et méthodes de l'hydrogéologie

Gilbert CASTANY

*Professeur d'hydrogéologie à l'Université Pierre-et-Marie-Curie (Paris VI)*



GL54

1402 3/5



1402/3

Dunod

# SOMMAIRE

	pages
<b>INTRODUCTION - CONCEPTION DE L'HYDROGÉOLOGIE</b>	<b>XV</b>
Hydrogéologie, science de l'eau souterraine	XV
Hydrogéologie, science pluridisciplinaire	XV
Buts de l'ouvrage	XVI
<b>CHAPITRE 1 - CYCLES ET BILANS DE L'EAU SYSTÈMES HYDROGÉOLOGIQUES</b>	<b>1</b>
<b>CYCLES DE L'EAU</b>	<b>2</b>
Cycle global de l'eau à la surface de la Terre	2
- <i>Les cinq grands réservoirs et leur rôle régulateur</i>	4
- <i>Cycle global de l'eau et quantités d'eau en mouvement</i>	4
- <i>Eaux juvéniles, apports d'eau profonde</i>	5
Cycle océanique et cycle continental de l'eau	6
Cycle global de l'énergie, moteur du cycle de l'eau	6
- <i>Énergie solaire, moteur de l'ascension de la vapeur d'eau</i>	7
- <i>Énergie de gravité, moteur des précipitations et de l'écoulement de l'eau</i>	7
<b>SYSTÈMES HYDROLOGIQUES</b>	<b>7</b>
Identification des systèmes hydrologiques	7
- <i>Identification spatiale d'un système hydrologique</i>	7
- <i>Identification temporelle d'un système hydrologique</i>	8
- <i>Modèle conceptuel du système hydrologique</i>	8
Identification spatiale des systèmes hydrologiques	8
Identification temporelle. Période et fréquence des données	10
- <i>Durées moyennes</i>	11
- <i>Année hydrologique et année hydrologique moyenne</i>	11
<b>DÉBITS D'APPORTS OU ALIMENTATION DES SYSTÈMES HYDROLOGIQUES</b>	<b>12</b>
Alimentation du bassin hydrologique - Précipitations efficaces	12
- <i>Évaporation potentielle</i>	12
- <i>Évapotranspiration réelle</i>	13
- <i>Précipitations efficaces</i>	14

Alimentation du bassin hydrogéologique - Infiltration	14
- <i>Partition des précipitations efficaces à la surface du sol</i>	14
- <i>Index hydrogéologique</i>	15
Alimentation de l'aquifère - Infiltration efficace	16
<b>DÉBITS DES ÉCOULEMENTS DES SYSTÈMES HYDROLOGIQUES</b>	16
Débit de l'écoulement total du bassin hydrologique	16
Débit de l'écoulement souterrain du bassin hydrogéologique et de l'aquifère	17
- <i>Types d'écoulement</i>	17
<b>BILANS D'EAU</b>	17
Concepts du bilan d'eau d'un système hydrologique	17
- <i>Domaines d'espace et types de bilans. Données moyennes</i>	18
- <i>Présentations du bilan</i>	18
- <i>Utilité du bilan</i>	19
- <i>Dénomination du bilan</i>	19
Etablissement du bilan	19
- <i>Bilan moyen annuel du bassin hydrologique</i>	19
- <i>Bilan moyen annuel du bassin hydrogéologique</i>	19
- <i>Bilan moyen annuel de l'aquifère</i>	20
- <i>Bilan global moyen annuel d'une grande région</i>	22
- <i>Bilan global moyen annuel des grands domaines</i>	22
<b>CONCLUSIONS - INTERDÉPENDANCE DES SYSTÈMES HYDROLOGIQUES</b>	23
<b>CHAPITRE 2 - IDENTIFICATION GÉOLOGIQUE DE L'AQUIFÈRE</b>	25
<b>FORMATIONS LITHOSTRATIGRAPHIQUES ET HYDROGÉOLOGIQUES</b>	26
Identification des formations lithostratigraphiques	26
- <i>Surfaces limites du réservoir</i>	26
- <i>Localisation dans le sous-sol</i>	27
Identification des formations hydrogéologiques et des aquifères	27
- <i>Formations hydrogéologiques perméables, gisements d'eau souterraine, origines des aquifères</i>	28
- <i>Formations hydrogéologiques imperméables imposant les limites géologiques des aquifères</i>	29
- <i>Formations hydrogéologiques semi-perméables à l'origine de l'aquifère multicouche</i>	29
- <i>Conclusions. Bassin hydrogéologique</i>	29
<b>EAUX SOUTERRAINES DES BASSINS SÉDIMENTAIRES</b>	29
Localisation en profondeur des aquifères	30
- <i>Colonne hydrogéologique</i>	30
- <i>Limitation en profondeur des aquifères</i>	30
- <i>Intérêt des aquifères profonds pour la géothermie, basse énergie</i>	32

Extension géographique des aquifères. Zones et provinces hydrogéologiques	32
- <i>Détermination du volume utile du réservoir</i>	33
<b>CAS CONCRETS D'IDENTIFICATION GÉOLOGIQUE DE L'AQUIFÈRE</b>	33
Structure hydrogéologique du bassin sédimentaire du Sahara septentrional (Algérie-Tunisie)	33
- <i>Limites du bassin hydrogéologique</i>	33
- <i>Sous-bassins hydrogéologiques</i>	34
- <i>Grandes formations hydrogéologiques et aquifères</i>	35
Structure hydrogéologique du bassin sédimentaire de Paris	36
- <i>Limites du bassin hydrogéologique</i>	36
- <i>Structures et formations hydrogéologiques et aquifères</i>	36
- <i>Grands aquifères multicouches et zones hydrogéologiques</i>	40
Aquifère bicouche du calcaire de Champigny, en Brie	41
- <i>Configuration de l'aquifère bicouche</i>	41
- <i>Structure du réservoir</i>	43
<b>CONCLUSIONS</b>	44
<b>EAU SOUTERRAINE DES MASSIFS ANCIENS</b>	44
<b>CONCLUSIONS</b>	45
<b>CHAPITRE 3 - IDENTIFICATION HYDRODYNAMIQUE DE L'AQUIFÈRE</b>	46
<b>CONCEPT D'AQUIFÈRE</b>	46
<b>CONFIGURATION DE L'AQUIFÈRE - TYPES HYDRODYNAMIQUES</b>	48
Aquifère à nappe libre. Surface piézométrique	48
Aquifère à nappe captive	49
Aquifère à nappe semi-captive ou à drainance	51
Nature du substratum de l'aquifère	51
<b>STRUCTURE DE L'AQUIFÈRE - AQUIFÈRE MULTICOUCHE</b>	52
Aquifère complexe unique réservoir/eau souterraine	52
Aquifère multicouche	53
<b>FONCTIONS DU RÉSERVOIR</b>	53
<b>COMPORTEMENTS DE L'AQUIFÈRE</b>	54
Comportement hydrodynamique de l'aquifère	55
Comportement hydrochimique de l'aquifère	56
Comportement hydrobiologique de l'aquifère	57
<b>GRANDES STRUCTURES HYDROGÉOLOGIQUES ET TYPES D'AQUIFÈRES</b>	57

Aquifère continu à nappe libre étendue	57
- <i>Aquifère à nappe libre des alluvions de la Crau</i>	57
- Configuration de l'aquifère	58
- Structure de l'aquifère	59
Aquifère discontinu à nappe libre étendue	59
Aquifère multicouche à nappe supérieure libre	59
Système global aquifère/rivière	59
- <i>Système global aquifère/rivière du Val de Seine</i>	61
- Configuration de l'aquifère	61
- Structure de l'aquifère	61
- Comportement hydrodynamique du système	61
Aquifère côtier affluant à la mer	61
Aquifère profond à nappe captive ou semi-captive	62
- <i>Aquifère à nappe captive du Continental intercalaire du Sahara septentrional</i>	62
- Configuration de l'aquifère	63
- Structure de l'aquifère	63
- Comportement hydrodynamique	63
- <i>Aquifère multicouche des sables albiens du bassin de Paris</i>	64
- Configuration de l'aquifère	64
- Structure de l'aquifère	65
Aquifères localisés	65
- <i>Aquifère compartimenté</i>	65
- <i>Aquifère stratifié à strate conductrice</i>	65
- <i>Aquifères locaux des massifs anciens</i>	65
<b>IDENTIFICATION DES AQUIFÈRES ET MODÉLISATION</b>	67
<b>CHAPITRE 4 - AQUIFÈRE RÉSERVOIR D'EAU SOUTERRAINE</b>	67
<b>CARACTÈRES PHYSICO-CHIMIQUES DU RÉSERVOIR</b>	68
Morphologie et intercommunications des vides	68
- <i>Morphologie des pores et milieu poreux</i>	68
- <i>Intercommunications des pores et milieu continu</i>	68
- <i>Morphologie des fissures et milieu fissuré</i>	69
- Microfissures	70
- Macrofissures	70
- <i>Identification des fissures : géométrie et genèse</i>	71
Classification hydrologique des réservoirs	71
- <i>Roches meubles ou non consolidées</i>	71
- <i>Roches compactes fissurées ou non consolidées et roches mixtes</i>	72
Méthodes d'étude des vides	73
- <i>Méthodes d'étude des vides en laboratoire</i>	73
- <i>Méthode d'étude des vides sur le terrain</i>	73
Étude granulométrique et caractéristique du milieu poreux	73
Analyse granulométrique et paramètres granulométriques	73
- <i>Intérêt et but de l'analyse granulométriques</i>	74
- <i>Phases et classification granulométrique</i>	74
- <i>Courbe granulométrique cumulative</i>	75
- Caractéristique de la courbe granulométrique cumulative	75

- Interprétation globale de la courbe granulométrique	76
- Calcul des paramètres granulométriques	77
- Emploi et signification des paramètres granulométriques	77
Paramètres des vides. Porosité et surface spécifique	78
- <i>Porosité totale</i>	78
- <i>Surface spécifique des grains ou des fissures</i>	78
Réservoirs favorables à la formation d'aquifères	79
Conclusions	79
Milieu poreux et milieu fissuré. Volume représentatif élémentaire	79
- <i>Caractéristiques physiques du milieu perméable</i>	79
- Continuité et discontinuité	79
- Isotropie et anisotropie	79
- Homogénéité et hétérogénéité	80
- <i>Échelles de grandeur du milieu. Volume représentatif élémentaire</i>	80
<b>CARACTÉRISTIQUES ET TYPES D'EAU SOUTERRAINE</b>	81
Étude de l'eau du réservoir. Grandeurs du réservoir affectés par les mesures	82
- <i>Étude de l'eau d'un échantillon au laboratoire</i>	82
- Extraction de l'eau par égouttage. Action de la force de gravité. Type d'eau gravitaire	82
- Extraction de l'eau par centrifugation. Action de la force centrifuge. Deux types d'eau de rétention : pelliculaire et adsorbée	83
- Extraction de l'eau par évaporation sous l'action de la chaleur	83
- <i>Types d'eau souterraine : eau gravitaire et eau de rétention</i>	83
- Eau gravitaire ou eau mobilisable	83
- Eau de rétention ou eau non mobilisable. Structure moléculaire de l'eau	84
Conclusions	86
<b>CARACTÉRISTIQUES HYDROGÉOLOGIQUES DU COMPLEXE EAU/RÉSERVOIR. POROSITÉ EFFICACE ET COEFFICIENT D'EMMAGASINEMENT</b>	87
Définition des paramètres hydrodynamiques du complexe eau/réservoir, déterminés en laboratoire	87
- <i>Porosité efficace</i>	87
- <i>Teneur en eau volumique</i>	88
Valeurs et facteurs de la porosité efficace	89
- <i>Facteurs de la porosité efficace</i>	89
- Diamètre efficace des grains	90
- Arrangement des grains	91
- Surface spécifique des grains	91
Définition des paramètres hydrodynamiques du complexe eau/réservoir, déterminés sur le terrain. Emmagasinement souterrain	91
<b>CONCLUSIONS</b>	92
<b>ZONALITÉ SOL-EAU SOUTERRAINE</b>	92

<b>CHAPITRE 5 - AQUIFÈRE CONDUITE D'EAU SOUTERRAINE</b>	94
<b>LOI DE DARCY</b>	95
Dispositif expérimental de Darcy	95
Énoncé de la loi de Darcy	95
Dispositif de laboratoire avec écoulement latéral	97
Généralisation de la loi de Darcy en laboratoire	97
<b>APPLICATIONS DE LA LOI DE DARCY SUR LE TERRAIN</b>	98
Niveau piézométrique, charge et potentiel hydrauliques	98
- <i>Mesure du niveau piézométrique</i>	99
- <i>Calcul du gradient hydraulique</i>	100
- <i>Pressions de l'eau à l'intérieur de l'aquifère</i>	100
Conditions de validité de la loi de Darcy	101
Paramètres hydrodynamiques	101
<b>PERMÉABILITÉ - TRANSMISSIVITÉ - DIFFUSIVITÉ</b>	101
Définition de la perméabilité. Coefficient de perméabilité et perméabilité intrinsèque	101
Facteurs du coefficient de perméabilité	102
- <i>Facteurs du coefficient de perméabilité propres au réservoir. Perméabilité intrinsèque</i>	102
- <i>Facteurs du coefficient de perméabilité propres au liquide. Coefficient du fluide</i>	103
- <i>Conclusions</i>	104
Valeurs du coefficient de perméabilité	104
Transmissivité	104
Diffusivité	105
<b>DÉBIT D'UNE NAPPE ET VITESSES D'ÉCOULEMENT</b>	105
Débit d'une nappe	105
- <i>Calcul du débit d'une nappe</i>	106
- Méthode de la carte piézométrique	106
- Méthode de la section totale	106
- Méthode des sections élémentaires	107
Vitesse d'écoulement	109
- <i>Hydrodynamique et hydrocinématique souterraines</i>	109
- <i>Vitesse de filtration et vitesse effective. Hydrodynamique souterraine</i>	109
- <i>Vitesse de déplacement. Hydrocinématique souterraine. Dispersion</i>	110
- Mise en évidence de la dispersion. Traçages	110
- Explication du phénomène de dispersion	112
- Détermination de la vitesse de déplacement sur le terrain	113
- Porosité cinématique	114
- <i>Conclusions. Physique des écoulements</i>	114
<b>CONDITIONS AUX LIMITES</b>	115

Types de conditions aux limites géologiques et hydrodynamiques	115
Variations naturelles des conditions aux limites hydrodynamiques	118
<b>CONCEPTION DE L'ÉCOULEMENT DE L'EAU SOUTERRAINE. MODÈLES CONCEPTUELS</b>	119
Lignes de courants et lignes équipotentielles. Réseaux d'écoulement	119
Schématisation de l'écoulement de l'eau souterraine dans un aquifère de subsurface. Systèmes de flux	120
Zonalité verticale des aquifères dans un bassin hydrogéologique	122
Zones hydrogéologiques des aquifères dans un bassin hydrogéologique	123
- <i>Aquifère multicouche des sables albiens du bassin de Paris</i>	123
- <i>Aquifère du continental intercalaire du Sahara septentrional</i>	124
<b>CONCLUSIONS</b>	126
<b>CHAPITRE 6 - ESSAIS DE Puits ET POMPAGES D'ESSAI</b>	128
<b>ÉQUIPEMENT TECHNIQUE DES Puits ET SONDAGES</b>	128
<b>DÉFINITIONS ET CONCEPTS DE BASE</b>	130
Effets du pompage sur l'aquifère. Cône de dépression	130
- <i>Géométrie du cône de dépression. Rabattement et rayon d'influence</i>	131
- <i>Facteurs de la géométrie du cône de dépression</i>	133
- Rôle de la transmissivité et du coefficient d'emmagasinement	133
- Rôle du temps de pompage	133
- Régimes d'écoulement	133
- <i>Géométrie du cône de dépression avec surface piézométrique inclinée</i>	133
Méthodes d'expérimentation par pompage	134
<b>ESSAI DE Puits PAR PALIERS DE DÉBIT DE COURTE DURÉE</b>	135
Conditions de base	135
Exécution de l'essai de puits. Paliers de débit	135
Signification du rabattement dans les ouvrages. Pertes de charge	137
- <i>Perte de charge linéaire</i>	137
- <i>Perte de charge quadratique</i>	138
Vitesse critique et débit critique dans l'aquifère à nappe libre	138
Interprétation graphique des données de l'essai de puits	139
- <i>Relations débits/temps et rabattements/temps</i>	139
- <i>Courbe débits/rabattements. Débit critique</i>	139
- <i>Droite débits spécifiques/rabattements. Débit spécifique relatif</i>	140
- <i>Droite débits/rabattements spécifiques</i>	142
Calcul des pertes de charge	143
- <i>Expression expérimentale de M. Gosselin</i>	144
Détermination de la productivité d'un puits. Débit d'exploitation maximum	145
<b>POMPAGES D'ESSAI DE LONGUE DURÉE</b>	145

Buts du pompage d'essai	146
Expressions d'hydrodynamique souterraine du régime transitoire	146
Interprétation graphique des pompages d'essai	148
- Relations entre les rabattements et les temps. Droite représentative	148
- Calcul des paramètres hydrodynamiques	150
- Relations entre les rabattements résiduels et temps de remontée de niveaux	150
- Types hydrodynamiques d'aquifère et application de l'expression d'approximation logarithmique	150
- Aquifère à nappe captive illimité. Pompage d'essai à Ivry-sur-Seine	151
- Extension à l'aquifère à nappe libre illimité. Pompage d'essai à Istres	153
- Aquifère limité latéralement. Étude des conditions aux limites	156
- Aquifère à nappe captive limité latéralement par une limite étanche stratigraphique. Pompage d'essai au Niger	156
- Aquifère à nappe captive limité latéralement par une faille. Pompage d'essai de Manga à Madagascar	158
- Aquifère à nappe libre limité latéralement par une limite à potentiel imposé. Pompage d'essai du Val de Seine	160
Conclusions - Interprétation des pompages d'essai	163
Programmation du pompage d'essai. Station de pompage d'essai	164
- Choix du site de station d'essai	164
- Caractéristiques techniques de l'ouvrage de pompage	165
- Dispositif des piézomètres	165
- Débit constant et durée du pompage	166
- Intervalles des mesures de rabattements	166
- Choix de l'époque de l'essai	167
<b>CHAPITRE 7 - CARTOGRAPHIE DE L'AQUIFÈRE CARTES PIÉZOMÉTRIQUES</b>	168
<b>CARTES STRUCTURALES DE L'AQUIFÈRE</b>	169
Cartes de la configuration de l'aquifère. Dimensions de l'aquifère	169
- Cartes de la surface du substratum	169
- Cartes de la limite supérieure de l'aquifère	169
- Cartes de l'épaisseur de l'aquifère	169
- Cartes des conditions aux limites latérales géologiques et hydrodynamiques	170
Cartes de la structure du réservoir. Caractéristiques physiques et paramètres hydrodynamiques	170
- Cartes des données sur les caractéristiques physiques du réservoir	172
- Cartes des données sur les paramètres hydrodynamiques	173
<b>CARTES PIÉZOMÉTRIQUES</b>	173
Établissement des cartes piézométriques	173
- Mesure des niveaux piézométriques	174
- Report des niveaux piézométriques. Échelle de la carte	174
- Tracé des courbes hydroisohypses	175
- Choix de l'équidistance des courbes hydroisohypses	175
- Tracé des courbes hydroisohypses	175

Interprétation des cartes piézométriques	177
- Analyse morphologique de la surface piézométrique	177
- Habillage de la carte piézométrique	177
- Orientation et espacement des courbes hydroisohypses	177
- Écoulements uniforme et non uniforme	179
- Grands types d'aquifères élémentaires	180
- Étude de la structure de l'aquifère	182
- Module d'espacement et paramètres hydrodynamiques	182
- Identification des anomalies structurales du réservoir	183
- Étude de la distribution spatiale des paramètres hydrodynamiques	184
- Étude du comportement hydrodynamique de l'aquifère	187
- Étude de l'alimentation et des écoulements de l'aquifère	187
<b>INTERPRÉTATION GLOBALE DE LA CARTOGRAPHIE DES AQUIFÈRES</b>	187
Principes généraux	187
Analyse globale des cartes piézométriques	187
- Étude des variations de la transmissivité	187
- Étude des variations du débit de la nappe	191
<b>ANALYSE DES FLUCTUATIONS DE LA SURFACE PIÉZOMÉTRIQUE</b>	191
Analyse des limnigrammes piézométriques	191
Établissement des cartes de fluctuations de la surface piézométrique des aquifères à nappe libre	193
<b>CONCLUSIONS</b>	
<b>CHAPITRE 8 - RÉSERVES ET RESSOURCES</b>	195
<b>CONCEPTS DE BASE</b>	196
Concepts de réserve et de ressource	196
Concept de confrontation offre et demande. Recherche d'un compromis	196
Concept de contraintes de la planification	197
Concept d'unicité d'espace et de temps	199
- Domaine d'espace ou système de ressource en eau	199
- Unité de temps Données moyennes et historiques	199
- Adéquation des grandeurs des systèmes de ressource à celle des demandes	199
Concept de variabilité dans l'espace et dans le temps	200
Contraintes principales de l'offre présentée par l'hydrogéologue	200
<b>EVALUATION DE LA RÉSERVE EN EAU SOUTERRAINE</b>	200
Catégories de réserves en eau souterraine	200
- Réserve totale de l'aquifère	202
- Réserve régulatrice des aquifères à nappe libre	202
- Réserve permanente des aquifères	202
- Réserve en eau souterraine exploitable	202

Méthodes d'évaluation de la réserve en eau souterraine	202
- <i>Principes d'évaluation</i>	202
- <i>Exemples d'évaluation de la réserve des aquifères à nappe libre</i>	203
- Aquifère à nappe libre des alluvions de la Moselle	203
- Aquifère à nappe libre de Ber Rechid	203
- Aquifère à nappe libre des alluvions de la Crau	204
- Aquifère à nappe libre de la Mamora	204
- Aquifère à nappe libre des alluvions de la plaine du Tafilat	205
Renouvellement de la réserve en eau souterraine	205
<b>ÉVALUATION DE LA RESSOURCE EN EAU</b>	209
Systèmes hydrologiques et catégories de ressources	209
Méthodes d'évaluation quantitative de la ressource	209
- <i>Bassin hydrologique et ressource en eau totale renouvelable naturelle</i>	210
- <i>Bassin hydrogéologique et ressource en eau souterraine naturelle</i>	211
- Ressource en eau souterraine renouvelable naturelle	211
- Ressource en eau souterraine non renouvelable naturelle	212
- <i>Aquifère et ressource en eau souterraine exploitable. Offre de l'hydrogéologue face à une demande d'utilisation</i>	213
- Stratégie de l'exploitation	213
- Ressource d'exploitation de la réserve	214
- Évaluation de la ressource en eau souterraine exploitable	214
- Conclusions	214
- <i>Application au bassin hydrogéologique du Sahara septentrional</i>	215
- Définition de l'objectif. Structure de la demande d'utilisation	215
- Identification des aquifères. Modèles mathématiques	215
- Définition des contraintes	216
- Élaboration de programmes d'exploitation. Dispositifs des sondages et rythme de pompage	217
- Prévisions et évaluations des effets des programmes d'exploitation	217
- Choix de deux hypothèses de planification et présentation de deux scénarios	217
<b>CONCLUSIONS</b>	221
<b>CHAPITRE 9 - POLLUTION DE L'EAU SOUTERRAINE</b>	222
<b>CRITÈRES DE L'APPRÉCIATION DE LA POLLUTION</b>	223
Dose de polluant et fréquence des apports	224
<b>PRINCIPAUX TYPES DE POLLUANTS. TOXICITÉ</b>	224
Polluants physiques	224
Polluants chimiques	225
- <i>Sels minéraux dissous</i>	225
- <i>Micropolluants : métaux lourds, pesticides et détergents</i>	225
- <i>Hydrocarbures</i>	226
Polluants organiques Micro-organismes	226

<b>PRINCIPALES SOURCES DE POLLUTION. FOYERS DE POLLUTION</b>	226
Pollutions d'origine domestique et urbaine	226
Pollutions d'origine agricole	227
Pollutions d'origine industrielle	227
<b>MÉCANISMES ET FACTEURS DE LA POLLUTION DE L'EAU SOUTERRAINE</b>	227
Introduction du polluant dans le sol. Impacts et foyers de pollution	227
Migration et évolution du polluant en zone non saturée. Mécanismes de l'autoépuration naturelle	228
- <i>Mécanismes de l'autoépuration naturelle du sol</i>	229
- Mécanismes physiques de l'autoépuration	229
- Mécanismes hydrodynamiques et hydrocinématique de l'autoépuration	229
- Mécanismes hydrochimiques de l'autoépuration	230
- Mécanismes hydrobiologiques de l'autoépuration	230
- Mécanismes de l'adsorption et de la désorption	231
- <i>Conclusions</i>	231
Propagation et évolution du polluant dans l'aquifère. Mécanismes de la dilution	231
Persistance de la pollution. Rémanence et techniques de décontamination	231
<b>VULNÉRABILITÉ DES NAPPES A LA POLLUTION. CARTOGRAPHIE</b>	231
Facteurs de la vulnérabilité	232
Cartes de la vulnérabilité	232
<b>LUTTE CONTRE LA POLLUTION DE L'EAU SOUTERRAINE</b>	232
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	234
<b>INDEX</b>	237

Collection conçue à l'intention des étudiants

**DUNOD UNIVERSITÉ** est adaptée aux enseignements des Universités,  
des classes préparatoires et des Grandes Écoles.

**Ouvrages de base** (série marron) :

1<sup>er</sup> cycle universitaire et classes préparatoires.

**Ouvrages fondamentaux** (série orange) :

enseignements s'étendant sur les 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> cycles universitaires.

**Ouvrages de spécialité** (série violette) :

2<sup>e</sup> cycle universitaire et formation des ingénieurs.

L'hydrogéologie, science de l'eau souterraine, a pour finalité la planification de l'exploitation de la ressource en eau. Sa base essentielle est l'identification des aquifères ou nappes d'eau souterraine. Celle-ci exige l'acquisition, au meilleur coût, de données numériques précises et nombreuses sur les caractéristiques des aquifères. L'emploi des ordinateurs pour le traitement des informations et la réalisation de modèles mathématiques amènent l'hydrogéologie à présenter des modèles conceptuels d'identification des aquifères.

Cet ouvrage conduit le lecteur à une connaissance et à une conception de l'hydrogéologie adaptée aux techniques modernes. Il poursuit trois buts essentiels : l'exposé des méthodes de base de l'identification géologique et hydrodynamique des aquifères ; l'acquisition de connaissances scientifiques et techniques indispensables à la pratique de l'hydrogéologie sur le terrain ; l'usage d'un langage rigoureux nécessaire au dialogue entre les nombreux spécialistes qui collaborent aux sciences de l'eau.

Cette initiation à l'hydrogéologie, dont la lecture ne requiert pas de connaissances approfondies en géologie, s'adresse aussi bien aux étudiants qu'aux techniciens, ingénieurs et chercheurs confrontés aux problèmes de l'eau.



9 782040 112219



ISBN 2-04-011221-9