

LAURA SIGG
WERNER STUMM
PHILIPPE BEHRA

CHIMIE DES MILIEUX AQUATIQUES

Chimie des eaux naturelles
et des interfaces
dans l'environnement

Préface de F. MOREL

MASSON 

6708

Table des matières

Préface	V
Avant-propos	XI
CHAPITRE 1 La composition chimique des eaux naturelles	1
1.1 Introduction	1
1.2 Les processus d'altération	3
1.3 Interaction entre les organismes et l'eau	3
1.4 Le pouvoir tampon dans les eaux naturelles	7
1.5 L'eau et ses propriétés particulières	13
1.6 Un cour aperçu sur les cycles hydrogéochimiques	15
Appendice	25
Exercices d'application	30
CHAPITRE 2 Acides et bases	31
2.1 Introduction	31
2.2 Théorie acide-base	32
2.3 La force d'un acide ou d'une base	34
2.4 Constantes d'acidité « composée »	37
2.5 Les calculs d'équilibre	38
2.6 pH en tant que variable principale Diagramme log-log pour la représentation et la solution des problèmes d'équilibre	46
2.7 Courbes de titrage acide-base	57
2.8 La capacité de neutralisation d'un acide et d'une base	61
2.9 Convention de pH et d'activité	62
2.10 Précipitations atmosphériques acides Exercices d'application	67 72
CHAPITRE 3 Equilibres des carbonates	75
3.1 Introduction	75
3.2 Le système ouvert Eau en équilibre avec le CO ₂ de la phase gazeuse	76
3.3 Dissolution de CaCO ₃ (calcite) dans un système ouvert	82
3.4 Le « système carbonaté fermé »	87
3.5 Alcalinité et acidité	92
3.6 Les eaux souterraines	96
3.7 Dosage analytique de l'alcalinité et de l'acidité	98

	3.8	Le pouvoir tampon du système carbonaté	105
		Exercices d'application	108
CHAPITRE 4		Interactions eau – atmosphère	111
	4.1	Introduction	111
	4.2	Equilibres gaz-eau ; signification pour la chimie des nuages, des pluies et des brouillards	113
	4.3	La genèse d'une gouttelette de brouillard	128
	4.4	Aérosols	132
	4.5	Dépôts acides – lacs et ruisseaux acides	136
		Exercices d'application	142
CHAPITRE 5		Application des données thermodynamiques et de la cinétique	145
	5.1	Introduction	
		Données thermodynamiques	145
	5.2	Le modèle d'équilibre	145
	5.3	Calcul des constantes d'équilibre à d'autres températures et pression	150
	5.4	Cinétique – Introduction	152
	5.5	La vitesse de réaction	153
	5.6	Réactions élémentaires	156
	5.7	Etude d'un cas : hydratation de CO_2	162
	5.8	Exemple : Cinétique d'absorption de CO_2 ; échange gazeux entre l'atmosphère et l'eau	165
		Exercices d'application	169
		Appendice	171
CHAPITRE 6		Métaux en solution aqueuse	181
	6.1	Introduction	181
	6.2	La chimie de coordination et sa signification pour la spéciation des ions métalliques dans les eaux naturelles	182
	6.3	Spéciation et détermination analytique	200
	6.4	Régulation de la concentration des métaux lourds dans les lacs	201
		Exercices d'application	205
CHAPITRE 7		Précipitation et dissolution ; activité des phases solides	207
	7.1	Introduction	
		Précipitation et dissolution des phases solides en tant que mécanisme de régulation de la composition des eaux naturelles	207

7.2	Equilibre de solubilité des hydroxydes et des carbonates ; influence de la formation de complexes, dépendance du pH	208
7.3	Quelle phase solide contrôle la solubilité ?	217
7.4	Les phases solides sont-elles en équilibre de solubilité ?	224
7.5	Cinétique de nucléation et de dissolution d'une phase solide : Exemple du carbonate de calcium	228
	Exercices d'application	234
CHAPITRE 8	Réactions d'oxydoréduction	235
8.1	Introduction	235
8.2	Définitions – Oxydation et réduction	236
8.3	Le cycle global des électrons (photosynthèse, respiration)	237
8.4	Equilibre d'oxydoréduction et intensité d'oxydoréduction	240
8.5	Calculs simples des équilibres d'oxydoréduction	246
8.6	Cinétique des processus d'oxydoréduction	260
8.7	Oxydation par l'oxygène	268
8.8	Réactions d'oxydoréduction photochimiques	269
8.9	Réactions d'oxydoréduction catalysée par des microorganismes	272
8.10	Mesure du potentiel d'oxydoréduction dans les eaux naturelles	276
8.11	Electrode de verre ; électrodes ioniques spécifiques	281
	Exercices d'application	283
CHAPITRE 9	Carbone organique ; interactions entre organismes vivants et environnement inorganique	285
9.1	Introduction	285
9.2	Composés organiques en tant qu'électrolytes ; substances humiques en tant que complexants	288
9.3	La matière organique en tant que réducteur	297
9.4	La distribution des composés organiques dans l'environnement	302
	Exercices d'application	306
CHAPITRE 10	Chimie aux interfaces	307
10.1	Introduction	307
10.2	Interactions à l'interface solide-eau	307
10.3	Adsorption à partir de la solution	309
10.4	Particules dans les eaux naturelles	314

10.5	Surfaces d'oxydes : réactions acide-base, interactions avec les cations et les anions	314
10.6	Charge électrique de surface	319
10.7	Chimie de surface et réactivité ; cinétique de dissolution et formation de phases solides	324
10.8	Minéraux argileux ; échange d'ions	332
10.9	Stabilité des colloïdes	338
	Exercices d'application	344
CHAPITRE 11	Les eaux souterraines : cas du transport des métaux	345
11.1	Introduction	345
11.2	Mécanismes physico-chimiques influençant le transport des métaux	347
11.3	Quelques considérations hydrodynamiques	354
11.4	Modélisation du transport de métaux en traces : couplage chimie-transport	357
11.5	Cinétique de transfert de matière entre les phases liquide et solide	361
11.6	Exemple de migration de micropolluants métalliques	366
11.7	Les dispositifs expérimentaux utilisés	375
	Appendice	376
	Exercices d'application	378
	Références	379
	Index	383