

---

# Table des matières

---

<b>Remerciements</b> . . . . .	9
<b>Chapitre 1. L'eau : une molécule dotée de propriétés physico-chimiques extraordinaires</b> . . . . .	11
1.1. Géométrie de la molécule et propriétés électriques . . . . .	11
1.2. Diagramme de phase . . . . .	13
1.3. Isotopes stables de l'hydrogène et de l'oxygène . . . . .	20
1.4. Propriétés thermodynamiques . . . . .	22
1.5. Propriétés optiques . . . . .	30
1.5.1. Turbidité, mélanges ternaires et « effet Ouzo » . . . . .	33
1.6. Propagation aquatique du son . . . . .	38
1.7. Synthèse et électrolyse de l'eau . . . . .	40
1.8. Bibliographie . . . . .	42
<b>Chapitre 2. Les théories sur l'origine de l'eau sur la Terre</b> . . . . .	45
2.1. La Planète bleue du système solaire . . . . .	45
2.2. Les comètes . . . . .	48
2.3. Les chondrites carbonées et les astéroïdes de glace . . . . .	52
2.4. L'évolution modérée du rapport isotopique D/H de l'océan mondial . . . . .	56
2.5. Composition chimique des océans de la Terre primordiale . . . . .	58
2.5.1. L'énorme effet de serre qu'a connu la Terre primitive . . . . .	58
2.5.2. Le pH et l'état redox de l'océan terrestre primordial . . . . .	59

2.5.3. Les roches ultramafiques archéennes, un piège pour le CO <sub>2</sub> atmosphérique de la Terre primitive . . . . .	60
2.5.4. La salinité de l'océan terrestre primordial . . . . .	62
2.6. Bibliographie . . . . .	63

### **Chapitre 3. Les principaux réservoirs d'eaux terrestres et leurs compositions chimiques . . . . .**

3.1. Masses des réservoirs d'eau terrestre . . . . .	65
3.1.1. Les calottes glaciaires ou Inlandsis . . . . .	68
3.1.2. Les eaux souterraines . . . . .	68
3.1.3. Les fleuves et les rivières . . . . .	72
3.1.4. Les lacs . . . . .	74
3.1.5. Les eaux saumâtres . . . . .	76
3.1.6. Les océans . . . . .	77
3.1.7. La salinité . . . . .	80
3.1.8. La définition des masses d'eau . . . . .	82
3.1.9. Les vents, facteurs principaux de la circulation océanique de surface . . . . .	85
3.1.10. La circulation thermohaline : le tapis roulant de l'océan mondial . . . . .	90
3.2. Le cycle hydrologique de surface, les flux d'eau et les temps de résidence . . . . .	93
3.3. Composition chimique des fleuves et rivières . . . . .	95
3.4. Composition chimique de l'océan . . . . .	100
3.4.1. Les sels dissous . . . . .	100
3.4.2. Les gaz dissous . . . . .	101
3.4.3. Variations de O <sub>2</sub> dissous et de CO <sub>2</sub> avec la profondeur de l'océan . . . . .	103
3.4.4. Présentation rapide du concept d'alcalinité . . . . .	104
3.4.5. La pompe à carbone océanique et le pH de l'eau de mer . . . . .	104
3.5. Composition chimique des pluies . . . . .	106
3.6. Pourquoi les océans sont-ils salés ? . . . . .	110
3.7. Les eaux hypersalines . . . . .	111
3.7.1. La mer Morte . . . . .	113
3.7.2. Mono Lake, Etats-Unis . . . . .	114
3.8. Les eaux géothermiques et les « sources pétrifiantes » . . . . .	116
3.9. Bibliographie . . . . .	118

<b>Chapitre 4. L'eau et la tectonique des plaques</b> . . . . .	121
4.1. Brève introduction à la tectonique des plaques . . . . .	121
4.2. Des événements catastrophiques en lien avec la tectonique des plaques : les tsunamis . . . . .	123
4.2.1. Est-ce que des tsunamis liés à des impacteurs astronomiques se sont produits lors des temps géologiques ? . . . . .	130
4.2.2. D'anciens tsunamis liés à des tremblements de terre ont-ils été enregistrés dans les sédiments côtiers ? . . . . .	131
4.3. L'activité océanique hydrothermale . . . . .	132
4.4. L'eau dans le manteau terrestre . . . . .	145
4.4.1. L'eau dans les minéraux anhydres . . . . .	145
4.4.2. La spectroscopie IR, un moyen d'identifier des traces d'eau dans les minéraux du manteau . . . . .	147
4.5. Subduction et activité volcanique . . . . .	147
4.6. Croissance continentale et recyclage . . . . .	153
4.7. Bibliographie . . . . .	158
<b>Chapitre 5. L'eau et la vie</b> . . . . .	161
5.1. Fonctionnement cellulaire et activité métabolique . . . . .	161
5.1.1. L'eau du corps humain, le sang et le pH . . . . .	161
5.1.2. Fonctionnement cellulaire . . . . .	162
5.1.3. Bilan hydrique du corps . . . . .	164
5.1.4. Equilibre thermique du corps . . . . .	164
5.2. Adaptation et réadaptation des tétrapodes aux milieux aquatiques . . . . .	165
5.3. La biodiversité dans l'environnement aquatique . . . . .	174
5.3.1. La biodiversité des eaux douces . . . . .	175
5.3.2. La biodiversité marine . . . . .	177
5.4. Bibliographie . . . . .	181
<b>Chapitre 6. Traçage par les isotopes stables du cycle de l'eau et des climats du passé</b> . . . . .	185
6.1. Principes du fractionnement des isotopes stables entre composés chimiques . . . . .	185
6.1.1. Mécanique quantique et fractionnement isotopique . . . . .	185
6.1.2. Les processus physico-chimiques responsables du fractionnement isotopique . . . . .	187
6.1.3. Les techniques de mesure des isotopes stables des solutions aqueuses . . . . .	193

---

6.1.4. L'« effet sel » et l'analyse isotopique des saumures . . . . .	194
6.2. Le cycle de l'eau à la surface . . . . .	196
6.2.1. Fractionnements isotopiques lors de l'évaporation de l'eau et de la condensation . . . . .	200
6.2.2. Les précipitations . . . . .	203
6.2.3. Le concept d'« effet masse » . . . . .	208
6.2.4. Distribution géographique des valeurs de $\delta D$ et $\delta^{18}O$ des précipitations . . . . .	210
6.2.5. Variations des valeurs de $\delta D$ et $\delta^{18}O$ des précipitations avec l'altitude . . . . .	211
6.2.6. Variations des valeurs de $\delta D$ et $\delta^{18}O$ des précipitations en fonction de la température de l'air . . . . .	214
6.2.7. Les valeurs de $\delta^{18}O$ des eaux marines de surface . . . . .	218
6.2.8. Relations entre salinité $S$ et $\delta^{18}O$ dans les océans . . . . .	220
6.2.9. Relations $S$ <i>versus</i> $\delta^{18}O$ dans les eaux côtières . . . . .	221
6.3. La mémoire des isotopes stables dans des biominéraux fossiles . . . . .	225
6.3.1. Equation de fractionnement isotopique entre biominéraux et eau . . . . .	225
6.3.2. Robustesse de l'enregistrement isotopique à travers le temps . . . . .	229
6.3.3. Traçage de l'écologie des espèces éteintes de vertébrés . . . . .	232
6.3.4. Les environnements aquatiques des tortues jurassiques en Europe de l'Ouest . . . . .	235
6.3.5. Enregistrements isotopiques des changements climatiques sur le long terme . . . . .	238
6.3.6. Les variations de $\delta D$ et $\delta^{18}O$ des calottes polaires . . . . .	239
6.3.7. Enregistrements isotopiques des variations climatiques saisonniers . . . . .	243
6.4. Inclusions aqueuses piégées dans les minéraux . . . . .	250
6.5. Bibliographie . . . . .	255
<b>Index</b> . . . . .	261