



Table des matières

Avant-propos de la présente édition	9
Avant-propos de la première édition	11
Unités, symboles, abréviations, sigles et acronymes	13
Chapitre 1 • Variété des matières organiques naturelles à la surface du globe : origine, composition et répartition	17
1.1 Le carbone organique et minéral	17
1.1.1 L'élément carbone	17
1.1.2 Les différentes formes de carbone pur	19
1.2 Le cycle du carbone	22
1.2.1 La taille des réservoirs	22
1.2.2 Les flux entre réservoirs	24
1.2.3 Les temps de résidence	27
1.3 La production de matière organique	28
1.3.1 La photosynthèse, base de la réduction du carbone	28
1.3.2 Diversité des biomolécules	29
1.3.3 Notions de production et productivité	34
1.4 La matière organique terrestre	37
1.4.1 Répartition de la production organique primaire sur les terres émergées	37
1.4.2 Les tourbières	38

1.5	Transfert de matière organique des continents vers l'océan	43
1.6	La matière organique marine	45
1.6.1	Répartition de la production organique primaire dans les océans	45
1.6.2	Les zones d'upwelling	50
1.7	Comparaison entre production continentale et marine	52
1.8	Le cas particulier des lacs	54

Chapitre 2 • Mécanismes et milieux de dégradation et de préservation des matières organiques naturelles : l'étape oxydative et microbienne de leur évolution 57

2.1	Le milieu continental	57
2.1.1	L'humus	58
2.1.2	Les agents de l'humification	60
2.1.3	La composition de l'humus	61
2.2	Le milieu marin	64
2.2.1	Les mécanismes et environnements des dégradations oxydatives de la matière organique : dégradations microbiennes et processus d'oxydo-réduction	64
2.2.2	Les environnements favorables à l'accumulation de la matière organique	74
2.2.3	Mécanismes de préservation à l'échelle moléculaire	80
2.3	La genèse de minéraux biogéniques	86
2.3.1	Les sulfures	86
2.3.2	Les carbonates	88
2.3.3	Les phosphates	90

Chapitre 3 • Comportement des éléments chimiques autres que le carbone dans les cycles biogéochimiques 91

3.1	Les nutriments	91
3.1.1	Le cycle de l'azote	92
3.1.2	Le phosphore	94
3.1.3	Le fer	95
3.2	Les éléments associés à la matière organique	96
3.2.1	Le baryum	97
3.2.2	Les métaux sensibles aux conditions redox	97
3.2.3	Les relations entre carbone organique, soufre et fer	103

Chapitre 4 • Sédimentologie de la matière organique	109
4.1 Répartition de la matière organique dans les sédiments marins récents	109
4.2 Facteurs sédimentaires influençant la concentration en matière organique dans les sédiments marins et lacustres	111
4.2.1 Taux de sédimentation	111
4.2.2 Tri granulométrique et rôle des minéraux	114
4.2.3 Resédimentations	115
4.3 Facteurs influençant le dépôt de charbons	116
4.4 Les roches carbonées	121
4.5 Rythmicité et cyclicités des dépôts organiques	124
4.5.1 Les varves	124
4.5.2 Cyclothèmes charbonneux	127
4.5.3 Alternances calcaire-marne	131
4.6 Matière organique sédimentaire et stratigraphie séquentielle	134
4.7 Distribution stratigraphique et paléogéographique des roches carbonées	138
4.8 Les événements anoxiques océaniques	141
4.9 Modélisations numériques de la sédimentation organique	149
Chapitre 5 • Méthodes d'étude de la matière organique sédimentaire	153
5.1 Les analyses optiques en pétrographie organique	153
5.1.1 L'analyse macérale	153
5.1.2 Les palynofaciès	155
5.1.3 Les analyses en microscopie électronique	157
5.2 Les analyses physico-chimiques sur la matière organique totale	158
5.2.1 L'analyse élémentaire des kéroènes et les rapports H/C et O/C	160
5.2.2 Le rapport Sorg/C	162
5.2.3 Le rapport C/N	162
5.2.4 Le rapport isotopique $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ et le $\delta^{13}\text{C}$	162
5.2.5 Le $\delta^{15}\text{N}$	168
5.2.6 La pyrolyse Rock-Eval	169
5.2.7 Mélanges des genres !	173
5.3 Les analyses moléculaires	173
5.3.1 Les <i>n</i> -alcanes	176
5.3.2 Les stérols et les stéranes	178
5.3.3 Les dérivés de la lignine	179

Chapitre 6 • L'évolution thermique des matières organiques sédimentaires : du kérogène aux charbons et aux pétroles	189
6.1 Le diagramme de van Krevelen	190
6.2 Le comportement des constituants organiques au cours de la maturation thermique	192
6.2.1 Le comportement des constituants organiques dans la diagenèse thermique	192
6.2.2 Le comportement des constituants organiques au cours de la catagenèse et de la métagenèse	194
6.3 Origine, nature et propriétés des acides produits au cours de la catagenèse	194
6.3.1 Origine et nature	194
6.3.2 Propriétés de l'acide carbonique et des acides organiques produits pendant la catagenèse	196
6.4 Vue d'ensemble sur la genèse et la nature des huiles, des gaz et des charbons	199
6.4.1 La genèse des huiles et des gaz	199
6.4.2 La genèse des charbons	203
6.5 Les constituants des huiles, des gaz pétroliers et des charbons	204
6.5.1 Les grandes familles chimiques des constituants des huiles et des gaz pétroliers	204
6.5.2 Les constituants organiques et inorganiques des charbons et leur comportement au cours de la maturation thermique	211
6.6 La variété des pétroles : origine et composition	214
6.6.1 Composition de l'huile formée en fonction du type de kérogène	214
6.6.2 Énergie d'activation nécessaire au craquage thermique des kérogènes	217
6.6.3 Composition de la roche-mère et composition de l'huile formée	218
6.7 La reconstitution de l'histoire thermique de la matière organique	218
6.7.1 Les données de la pétrographie organique	219
6.7.2 Les données de la géochimie organique	221
6.8 Le rôle du couple temps/température dans la formation des pétroles et la simulation de la maturation thermique de la matière organique	226
6.9 Migration des hydrocarbures et constitution des gisements pétroliers conventionnels	230
6.10 Transformations des huiles dans les gisements	238
6.11 Les hydrocarbures dans des réservoirs non conventionnels	242
6.11.1 Les gaz et huile dans les réservoirs compacts	242
6.11.2 Les gaz et huiles de roche-mère	243
6.11.3 Le gaz de houille	245

Chapitre 7 • Problèmes environnementaux et sociétaux liés à l'exploitation des combustibles fossiles	247
7.1 Les dommages causés par l'exploitation charbonnière	247
7.1.1 Coups de grisou	247
7.1.2 Affaissements de terrain	248
7.1.3 Évolution des terrils	250
7.2 Les dommages causés par l'exploitation pétrolière	251
7.2.1 La pollution pétrolière en milieu marin	251
7.2.2 Exploitation pétrolière et usages de l'eau	255
7.3 Les dommages causés par la combustion du charbon et du pétrole	257
7.3.1 Les pluies acides	257
7.3.2 Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	258
7.3.3 L'augmentation de la teneur en CO ₂ atmosphérique	260
7.4 L'avenir des combustibles fossiles conventionnels : pétroles et charbons	263
7.5 D'autres sources énergétiques carbonées pour l'avenir ?	266
7.5.1 Les schistes bitumineux	267
7.5.2 Les clathrates	270
Chapitre 8 • Épilogue	283
Références bibliographiques	287
Glossaire	295
Index	309