

Table des matières

Ava	ant-propos de la présente édition		9
Ava	nt-pro	pos de la première édition	11
Uni	tés, syı	nboles, abréviations, sigles et acronymes	13
Cha	apitre 1	Variété des matières organiques naturelles à la surface du globe : origine, composition et répartition	17
1.1	Le car	bone 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 ca		ele 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 ma	tière 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
Ch	apitre 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 microbienne	
	et processus d'oxydo-réduction	64
	2.2.2 Les environnements favorables à l'accumulation	7/
	de la matière organique	74
2.2	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
Ch	apitre 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

Ch	apitre 4	Sédimentologie de la matière organique	109
4.1	Répar	tition de la matière organique dans les sédiments marins	
	récent	rs ·	109
4.2	Facteurs sédimentaires influençant la concentration		
	en ma	tière 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
	_	Resédimentations	115
4.3	Facter	ırs influençant le dépôt de charbons	116
		ches carbonées	121
4.5	Rythr	nicité 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	Matiè	re organique sédimentaire et stratigraphie séquentielle	134
4.7	Distri	bution stratigraphique et paléogéographique des roches	
	carbo	nées	138
4.8	Les év	énements anoxiques océaniques	141
4.9	Modé	lisations numériques de la sédimentation organique	149
Ch	apitre 5	Méthodes d'étude de la matière organique	
		sédimentaire	153
5.1	Les ar	nalyses 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 ar	nalyses physico-chimiques sur la matière organique totale	158
	5.2.1	L'analyse élémentaire des kérogènes 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
		Le δ^{15} N	168
	5.2.6	La pyrolyse Rock-Eval	169
	5.2.7		173
5.3		nalyses moléculaires	173
		Les <i>n</i> -alcanes	176
	5.3.2	Les stérols et les stéranes	178
	5.3.3	Les dérivés de la lignine	179

Cha	apitre 6	• L'évolution thermique des matières organiques	
		sédimentaires : du kérogène aux charbons et aux pétroles	189
<i>(</i> 1	т. 1:.	•	
		gramme de van Krevelen	190
6.2	Le comportement des constituants organiques au cours		192
		de la maturation thermique	
		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	Origin	ne, nature et propriétés des acides produits au cours	
	de la catagenèse		
	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,	
		z et des charbons	199
	_	La genèse des huiles et des gaz	199
		La genèse des charbons	203
6.5	Les constituants des huiles, des gaz pétroliers et des charbons		204
		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		
	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 si	mulation de la maturation thermique de la matière organique	226
6.9		tion des hydrocarbures et constitution des gisements pétroliers ntionnels	230
6.10		Formations des huiles dans les gisements	238
		rdrocarbures dans des réservoirs non conventionnels	242
0,11	-	Les gaz et huile dans les réservoirs compacts	242
		Les gaz et huiles de roche-mère	243
		Le gaz de houille	245

Ch	• Problèmes environnementaux et sociétaux liés à l'exploitation des combustibles fossiles	247
7 1	Les dommages causés par l'exploitation charbonnière	247
/ • I	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 ?	
	7.5.1 Les schistes bitumineux	267
	7.5.2 Les clathrates	270
Ch	apitre 8 • Épilogue	283
Réf	érences bibliographiques	287
Glo	ssaire	295
Ind	ex	309