

CHARLES POMEROL
MAURICE RENARD

Éléments de géologie

11^e édition

ST

Enseignement
des
Sciences de la Terre



i7063/1

MASSON 

GL69

Enseignement des SCIENCES DE LA TERRE

Éléments de géologie

Charles POMEROL

*Professeur émérite
à l'université Pierre et Marie Curie (Paris VI)*

Maurice RENARD

*Professeur
à l'université Pierre et Marie Curie (Paris VI)*

Onzième édition

Deuxième tirage corrigé

I 7063



i7063/1

MASSON

Paris Milan Barcelone

Sommaire

<i>Avant-propos</i>	XIII
<i>Chapitre Premier. - L'Univers</i>	1
I. L'architecture de l'Univers	1
A. Les galaxies	1
B. Un univers hiérarchisé	3
C. L'expansion de l'Univers	4
D. Les dimensions de l'Univers	6
E. L'âge de l'Univers	8
F. Le fond cosmique de rayonnement radio	10
II. La nucléosynthèse	12
A. Abondance des éléments dans l'Univers	12
B. La construction des noyaux atomiques	13
C. Nucléosynthèse et évolution de l'Univers	15
III. Le système solaire	24
A. La structure du système solaire	24
B. La naissance du système solaire	27
<i>Chapitre 2. - La planète Terre</i>	53
I. La structure de la Terre	54
A. L'atmosphère	55
B. L'hydrosphère	56
C. Le globe terrestre	56
II. La composition chimique de la Terre	58
III. La chaleur terrestre	61
A. Le flux de chaleur interne	61
B. Rayonnement solaire et bilan thermique	62
<i>Chapitre 3. - La sismologie</i>	65
I. Caractères généraux des séismes	66
A. Définition d'un séisme	66
B. Intensité	67

Sommaire

<i>Avant-propos</i>	XIII
<i>Chapitre Premier. – L'Univers</i>	1
I. L'architecture de l'Univers	1
A. <i>Les galaxies</i>	1
B. <i>Un univers hiérarchisé</i>	3
C. <i>L'expansion de l'Univers</i>	4
D. <i>Les dimensions de l'Univers</i>	6
E. <i>L'âge de l'Univers</i>	8
F. <i>Le fond cosmique de rayonnement radio</i>	10
II. La nucléosynthèse	12
A. <i>Abondance des éléments dans l'Univers</i>	12
B. <i>La construction des noyaux atomiques</i>	13
C. <i>Nucléosynthèse et évolution de l'Univers</i>	15
III. Le système solaire	24
A. <i>La structure du système solaire</i>	24
B. <i>La naissance du système solaire</i>	27
<i>Chapitre 2. – La planète Terre</i>	53
I. La structure de la Terre	54
A. <i>L'atmosphère</i>	55
B. <i>L'hydrosphère</i>	56
C. <i>Le globe terrestre</i>	56
II. La composition chimique de la Terre	58
III. La chaleur terrestre	61
A. <i>Le flux de chaleur interne</i>	61
B. <i>Rayonnement solaire et bilan thermique</i>	62
<i>Chapitre 3. – La sismologie</i>	65
I. Caractères généraux des séismes	66
A. <i>Définition d'un séisme</i>	66
B. <i>Intensité</i>	67

ÉLÉMENTS DE GÉOLOGIE

C. Magnitude	68
D. Effets	69
F. La géographie des séismes	72
G. La protection contre les séismes	75
II. La propagation des ondes sismiques	80
A. Sismographes et sismogrammes	80
B. La nature des différents types d'ondes	81
C. La vitesse des différentes ondes	82
D. Comportement des ondes au niveau des interfaces (discontinuités) et trajectoires sismiques	83
E. Les mécanismes au foyer	82
III. Sismologie et structure de la Terre	84
A. L'apport des séismes lointains	84
B. L'apport des séismes proches	87
C. Un manteau hétérogène	88
Conclusions	90
Chapitre 4. – <i>Le paléomagnétisme</i>	94
I. Le champ magnétique terrestre	95
A. Généralités	95
B. Les paramètres du champ magnétique terrestre	96
II. L'origine du champ magnétique terrestre	98
III. Le magnétisme des roches : la fossilisation du champ magnétique terrestre ..	99
IV. Les variations temporelles du champ magnétique terrestre	101
A. Les variations séculaires du champ magnétique	101
B. Les inversions du champ magnétique	101
V. Apport du paléomagnétisme à la connaissance de la dynamique lithosphérique	103
A. Les données résultant de la mesure de la direction du champ : la dérive des continents	103
B. Les données résultant de la mesure du sens du champ : l'expansion océanique	107
Chapitre 5. – <i>La gravimétrie</i>	116
I. La pesanteur	116
A. Définition	116
B. Les gravimètres	118
C. Les variations de la pesanteur à la surface du globe	118

II. La représentation gravimétrique de la Terre : le géoïde	119
III. Les anomalies de la gravité	122
IV. Les interprétations des compensations gravimétriques : l'isostasie	126
A. La théorie de l'isostasie	126
B. Les anomalies isostatiques	128
C. Les réajustements isostatiques	129
D. La subsidence	130
Conclusions	132
Chapitre 6. – La tectonique des plaques	134
I. La dérive des continents	134
A. Les travaux et l'hypothèse de Wegener	135
B. Les preuves de la dérive des continents	137
C. L'opposition à la théorie de Wegener	139
D. La redécouverte de la dérive des continents	141
II. L'expansion des fonds océaniques	141
A. L'hypothèse de H. Hess (1962)	142
B. Les travaux de Vine et Matthews (1963) : l'interprétation des profils d'anomalies magnétiques	143
III. Les modalités de la tectonique des plaques	144
A. La théorie	144
B. Mise en évidence de la mobilité des plaques lithosphériques	146
C. Les zones d'accrétion : les dorsales, le lieu de création du matériel lithosphérique	153
D. Les zones de subduction : la résorption du matériel lithosphérique	164
E. Ouverture océanique et chaînes de montagnes : notion d'obduction et de collision	175
F. L'origine de la lithosphère continentale	178
IV. Le moteur de la tectonique des plaques	179
Conclusions	181
Chapitre 7. – Les déformations de l'écorce terrestre et la genèse des chaînes de montagnes	183
I. Notions de tectonique analytique	184
A. Principaux types de déformations	184
B. Analyse des microstructures	186
II. Principaux accidents tectoniques	188
A. Failles	188
B. Plis	192
C. Écailles et nappes de charriage	196
D. Morphologie et tectonique	198

III. Les niveaux structuraux	200
IV. Tectonique des plaques et chaînes de montagnes	203
A. Les chaînes de subduction	204
B. Les chaînes d'obduction	207
C. Les chaînes de collision	207
D. Les chaînes intracontinentales	209
Conclusions	209
Chapitre 8. – Minéraux et roches magmatiques	211
I. Notions de minéralogie	211
A. Caractéristiques et propriétés des minéraux	211
B. Principaux minéraux	219
II. Magmas et roches magmatiques	230
A. Processus magmatiques	231
B. Structure des roches magmatiques	237
C. Classification des roches magmatiques	238
D. Principales roches magmatiques	245
E. Mode de gisement	253
Chapitre 9. – Volcanisme, métamorphisme et granitisation	258
I. Le volcanisme	258
A. Exemples d'éruptions volcaniques	259
B. Principaux types d'éruptions	261
C. Produits rejetés par les volcans	264
D. La dynamique des éruptions et les formes qui en résultent	269
E. Les formes volcaniques en creux et les appareils volcaniques hypogés	272
F. Manifestations volcaniques connexes et ultimes	274
G. Répartition du volcanisme	275
H. Le volcanisme et l'homme	279
I. Les séries volcaniques	281
J. L'origine des différents magmas	284
K. Conclusions	288
II. Les roches métamorphiques et la granitisation	289
A. Les différents types de métamorphisme	290
B. La structure des roches métamorphiques	295
C. Les différentes roches métamorphiques	296

D. Les facteurs du métamorphisme	300
E. Estimation de l'intensité du métamorphisme	305
F. Métamorphisme et granitisation. L'origine des granites	309
Chapitre 10. – Les continents : formation – altération	314
I. La formation des continents	316
II. L'altération des continents	317
A. Les processus d'altération	317
B. Les sols	333
Chapitre 11. – Les continents : mobilisation des produits d'altération. Les mécanismes d'érosion, de transport et de sédimentation	337
I. La gravité	337
A. L'entraînement par chute	337
B. L'entraînement par glissement	338
C. Tassements et effondrements	341
II. Le vent	342
A. Érosion ou abrasion éolienne	343
B. Sédimentation éolienne	345
III. Les cours d'eau	352
A. Le ruissellement	353
B. Les cours d'eau	356
IV. Les lacs	370
A. Origine des lacs	371
B. La sédimentation lacustre actuelle	373
C. Les dépôts lacustres anciens	375
V. Les eaux souterraines	375
A. Nappes et puits	376
B. Les circulations d'eau souterraines	380
C. La morphologie karstique	382
VI. Les glaciers et les phénomènes périglaciaires	385
A. Description et mouvements des glaciers	386
B. Différents types de glaciers	394
C. Morphologie glaciaire	398
D. Les phénomènes périglaciaires	405

ÉLÉMENTS DE GÉOLOGIE

• Chapitre 12. – Les océans	410
I. Morphologie des océans	410
A. Répartition des terres et des mers	410
B. L'exploration sous-marine	411
C. Morphologie des fonds sous-marins	413
D. La liaison continent-océan : évolution des océans	417
E. Propriétés physiques de l'eau de mer	422
F. Les mouvements de la mer	424
G. Variations du niveau marin ou eustatisme	428
II. Chimie des océans	435
A. La composition chimique de l'eau de mer	435
B. Salinité	438
C. Régulation de la salinité	439
III. La sédimentation marine actuelle et ancienne	442
A. Domaine fluvio-marin : estuaires et deltas	442
B. Domaine littoral et de plate-forme : sédimentation néritique	448
C. Domaine du talus et du glacier : sédimentation turbiditique	464
D. Domaine des bassins et des fosses océaniques : sédimentation pélagique	467
• Chapitre 13. – Du sédiment à la roche : diagenèse, roches sédimentaires .	473
I. Diagenèse	473
A. Les facteurs de la diagenèse	473
B. Les résultats de la diagenèse	478
II. Propriétés des roches sédimentaires	486
A. Faciès	486
B. Solubilité	488
C. Porosité, perméabilité	489
D. Analyse granulométrique	489
E. Morphoscopie et exoscopie	491
III. Principales roches sédimentaires	493
A. Les roches siliceuses	494
B. Les roches argileuses	499
C. Les roches carbonatées	502
D. Les roches composites	510
E. Les roches phosphatées	512
F. Les roches ferrifères	514

G. Les roches salines ou évaporites	514
H. Les roches carbonées	515
9 Chapitre 14. – Aperçu de l'histoire de la Terre et de la vie	518
I. Origine et premiers stades de la vie	518
A. Premières roches et premières traces de vie	518
B. L'origine de la vie	522
II. L'atmosphère	524
A. L'atmosphère cosmique	524
B. L'atmosphère réductrice	524
C. La naissance de l'hydrosphère et ses conséquences	525
D. La naissance de la biosphère et de l'atmosphère oxydante	526
E. L'atmosphère actuelle – Hydrosphère et biosphère	528
III. Climats et paléoclimats	529
A. Les facteurs du climat	529
B. A la recherche des climats du passé	532
C. Quelques étapes climatiques de l'histoire de la Terre	534
D. Les fluctuations récentes et le climat du futur	535
IV. Les archives de la Terre et les grands faits de l'évolution : notions de stratigraphie et de paléontologie	538
A. Méthodes de la stratigraphie	538
B. Une approche récente : la stratigraphie séquentielle	546
C. L'échelle stratigraphique	554
D. Aperçu de l'histoire géologique du globe du Précambrien à l'actuel	558
V. L'émergence de l'Homme et le Quaternaire	562
A. Chronologie et événements du Quaternaire	562
B. Émergence de l'Homme	566
9 Chapitre 15. – La géologie au service des hommes.	
Notions de géologie appliquée	575
I. La télédétection	575
II. Les ressources en eau. L'hydrogéologie	578
III. L'environnement	579
A. Protection des sols	580
B. Protection de l'atmosphère et des eaux	580
C. Stockage des hydrocarbures et des déchets	581
D. Aménagement du territoire et protection des sites	582
E. Risques naturels	583

ÉLÉMENTS DE GÉOLOGIE

IV. Génie géologique et génie civil	583
V. Les matières premières	585
A. Matériaux de construction	585
B. Matières premières de l'industrie chimique	586
C. Gîtes métallifères et minerais. La métallogénie	587
VI. Les sources d'énergie	591
A. Charbon	591
B. Pétrole, gaz naturel et hydrates de gaz	592
C. Énergie hydraulique et éolienne	592
D. Géothermie	593
E. Énergie solaire	594
F. Énergie nucléaire	595
Cahier couleur	593
Légendes détaillées des illustrations en couleurs	613
Bibliographie	615
Index	618

CHARLES POMEROL
MAURICE RENARD

Éléments de géologie

ST

Enseignement
des
Sciences de la Terre

L'ouvrage

- La qualité première de cet ouvrage est d'être à la fois complet et synthétique. Il rassemble l'ensemble des connaissances indispensables à tout géologue en minéralogie, pétrographie, stratigraphie, sédimentologie, géologie structurale ou géophysique.
- Il fournit également une bonne introduction aux disciplines voisines des sciences de la Terre telles que, par exemple, l'astrophysique, la géographie physique ou la paléoanthropologie.
- Régulièrement remis à jour au fil des éditions successives, cet ouvrage rend compte des dernières avancées dans le domaine des sciences de la Terre.
- Ce livre compte parmi ceux que l'on acquiert dès le début de ses études et que l'on conserve ensuite comme ouvrage de référence.

Le public

- Les étudiants en géologie (DEUG ST, classes préparatoires, licence et maîtrise).
- Les étudiants en géographie.
- Les candidats aux concours d'enseignement (CAPES et agrégation) et les professeurs en biologie et en géologie.
- Les amateurs de géologie, de minéralogie et de paléontologie.

Les auteurs

Charles Pomerol est professeur émérite à l'université Pierre-et-Marie-Curie (Paris VI). Spécialiste de sédimentologie et de stratigraphie, il a enseigné à tous les niveaux de cursus universitaire et a rédigé plusieurs ouvrages de géologie.

Maurice Renard est également professeur à l'université Pierre-et-Marie-Curie (Paris VI). Il mène des recherches, au sein d'équipes internationales, en géologie et en géochimie sédimentaire.

9 732225 855306
ELEMENTS DE GEOLOGIE
99/11/01-T19
67263 301199
0002

5
U
3

ISBN 2-225-85530-7

9 782225 855306

