

Maurice RENARD • Yves LAGABRIELLE
Erwan MARTIN • Marc de RAFÉLIS

Éléments de géologie

16^e édition du « Pomerol »

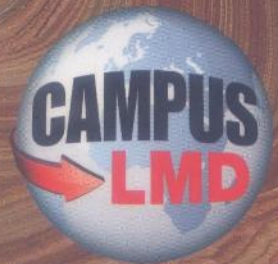


062589

LES + EN
LIGNE



elements-geologie.com :
le site officiel du livre !



DUNOD

GL 115

Éléments de Géologie

062589
(3)



16^e édition

Maurice Renard

Professeur émérite à l'Institut des Sciences et de
la Terre de Paris (Sorbonne Université)

Yves Lagabrielle

Directeur de recherche au CNRS
au laboratoire Géosciences Rennes (université Rennes 1)

Erwan Martin

Maître de conférences à l'Institut des Sciences et de
la Terre de Paris (Sorbonne Université)

Marc de Rafélis

Professeur à l'université Paul Sabatier
(Toulouse 3)



062589

DUNOD

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos

VIII

PARTIE I – La Terre : une planète dans l'Univers

Chapitre 1 • L'architecture de l'Univers

2

| | | |
|-----|---|----|
| 1.1 | L'architecture de l'Univers | 3 |
| 1.2 | Une architecture hiérarchisée | 5 |
| 1.3 | L'expansion de l'Univers | 7 |
| 1.4 | Les dimensions de l'Univers | 9 |
| 1.5 | Le fond cosmique de rayonnement radio ou rayonnement fossile (fond diffus cosmologique) | 12 |
| 1.6 | L'âge de l'Univers | 15 |

Chapitre 2 • La nucléosynthèse

17

| | | |
|-----|--|----|
| 2.1 | La structure de la matière : particules, noyaux et atomes | 17 |
| 2.2 | Nucléosynthèse et évolution de l'Univers | 21 |

Chapitre 3 • Le Système solaire

31

| | | |
|-----|---------------------------------|----|
| 3.1 | La structure du Système solaire | 31 |
| 3.2 | La naissance du Système solaire | 37 |
| 3.3 | Le Soleil | 45 |
| 3.4 | Les différentes planètes | 47 |

PARTIE II – La dynamique de la Terre solide : géochimie et géophysique globales

Chapitre 4 • Forme et structure de la Terre solide : géodésie et gravimétrie

70

| | | |
|-----|--|----|
| 4.1 | Forme et surfaces remarquables de la Terre : les apports de la géodésie | 72 |
| 4.2 | Les enveloppes externes de la terre solide : croûte et manteau, lithosphère et asthénosphère | 76 |
| 4.3 | La mesure de la pesanteur terrestre : la gravimétrie | 79 |
| 4.4 | La représentation gravimétrique de la Terre : L'ellipsoïde de référence et le géoïde | 83 |

| | | |
|-----|---|----|
| 4.5 | Les anomalies de la gravité | 93 |
| 4.6 | L'interprétation des anomalies gravimétriques : isostasie et mouvements verticaux de la lithosphère | 96 |

Chapitre 5 • Composition et histoire de la Terre solide : géochimie globale et géochronologie

104

| | | |
|-----|---|-----|
| 5.1 | Structure interne et composition chimique du globe : évolution des connaissances | 105 |
| 5.2 | La géochimie : objectifs et méthodes d'études | 111 |
| 5.3 | La radiochronologie : dater les événements géologiques | 116 |
| 5.4 | Réservoirs géochimiques, différenciation mantellique et origine des continents | 125 |

Chapitre 6 • Structure du globe et mobilité de la lithosphère : sismologie et géomagnétisme

135

| | | |
|-----|------------------|-----|
| 6.1 | La sismologie | 136 |
| 6.2 | Le géomagnétisme | 185 |

Chapitre 7 • La tectonique des plaques lithosphériques

207

| | | |
|-----|--|-----|
| 7.1 | La dérive des continents | 208 |
| 7.2 | L'expansion des fonds océaniques | 212 |
| 7.3 | La tectonique des plaques | 214 |
| 7.4 | L'analyse du mouvement des plaques : notions de cinématique | 219 |

Chapitre 8 • Synthèse sur la dynamique globale : mobilité de la lithosphère et de l'asthénosphère

236

| | | |
|-----|--|-----|
| 8.1 | Deux régimes dynamiques bien différents | 237 |
| 8.2 | Lithosphère-Asthénosphère-Mésosphère | 237 |
| 8.3 | La lithosphère : une enveloppe rigide visco-élastique | 238 |
| 8.4 | Le manteau asthénosphérique : le fluage plastique et la convection | 243 |
| 8.5 | Dynamique du manteau et mouvements verticaux : la topographie dynamique | 250 |
| 8.6 | Évolution des plaques au cours de l'histoire de la Terre | 251 |

PARTIE III – La dynamique de la lithosphère océanique

Chapitre 9 • Exploration sous-marine et géologie des fonds océaniques 256

- 9.1 L'exploration sous-marine 257
- 9.2 Morphologie des fonds sous-marins 262

Chapitre 10 • La lithosphère océanique : plaines abyssales, bassins arrière-arc et points chauds 269

- 10.1 Les plaines abyssales 269
- 10.2 Les bassins océaniques marginaux
ou arrière-arcs 272
- 10.3 Les îles océaniques, rides et points chauds 274

Chapitre 11 • Les dorsales océaniques 279

- 11.1 Bathymétrie et géophysique des dorsales 279
- 11.2 Les processus magmatiques au niveau des
dorsales. Comparaison avec les ophiolites 284
- 11.3 Dorsales lentes et dorsales rapides 290
- 11.4 La segmentation des dorsales 295
- 11.5 Les failles transformantes 299
- 11.6 Les structures particulières : propagateurs,
microplaques, jonctions triples, interaction
avec les points chauds 302
- 11.7 L'hydrothermalisme des dorsales 303

Chapitre 12 • Les marges océaniques 307

- 12.1 Les marges stables 308
- 12.2 Les marges actives 322

PARTIE IV – La déformation de la lithosphère continentale

Chapitre 13 • La rhéologie des ensembles géologiques 340

- 13.1 Force et contrainte : le tenseur
des contraintes 340
- 13.2 Déformation expérimentale 342
- 13.3 Relations contrainte-déformation 344
- 13.4 Déformation des ensembles géologiques 349
- 13.5 Conclusion 356

Chapitre 14 • Tectonique analytique : étude des objets déformés aux différentes échelles 358

- 14.1 La déformation cassante 359
- 14.2 Les plis 369
- 14.3 Chevauchements et nappes de charriage,
rampes et duplex 375
- 14.4 Déformation des roches profondes 379

- 14.5 La représentation géométrique des objets
tectoniques 387
- 14.6 Tectoniques superposées et héritage 389
- 14.7 Tectonique et morphologie 390

Chapitre 15 • Des bassins sédimentaires aux chaînes de montagne 396

- 15.1 Bassins et rifts 399
- 15.2 Les chaînes de subduction 406
- 15.3 Les chaînes d'obduction 412
- 15.4 Les chaînes de collision 419
- 15.5 Une chaîne dite intracontinentale :
les Pyrénées 439
- 15.6 Un problème récurrent dans les chaînes
de subduction-collision : l'exhumation
des unités de haute pression 444
- 15.7 Tectonique de l'Europe préalpine 451
- 15.8 Conclusion 455

PARTIE V – Les constituants endogènes des enveloppes solides de la Terre : roches ignées et roches métamorphiques

Chapitre 16 • Minéralogie 460

- 16.1 Caractéristiques et propriétés des minéraux 460
- 16.2 Les principaux minéraux 469

Chapitre 17 • Les magmas : origine et diversité 481

- 17.1 Le magmatisme sur Terre : répartition
géodynamique et causes 482
- 17.2 Les processus conduisant à la grande
variété des roches magmatiques 500
- 17.3 Le magmatisme au cours des périodes
géologiques 513

Chapitre 18 • Les roches magmatiques : textures, classification et mise en place 518

- 18.1 Textures et classification des roches
magmatiques 519
- 18.2 Les roches plutoniques 525
- 18.3 Les roches volcaniques 532

Chapitre 19 • Le métamorphisme 576

- 19.1 Notions principales, répartition du
métamorphisme 577
- 19.2 Structures des roches métamorphiques 585
- 19.3 Les facteurs du métamorphisme 587
- 19.4 Évolution métamorphique et trajet P-T-t 590
- 19.5 Métamorphisme et géodynamique 600

PARTIE VI – Les enveloppes fluides de la planète Terre : climat, paléoclimats, océanographie et hydrogéologie

Chapitre 20 • Le bilan thermique de la planète Terre 616

- 20.1 La Terre : un système thermique globalement en équilibre 616
- 20.2 Des sous-systèmes climatiques (surface terrestre vs atmosphère) en déséquilibre radiatif 618
- 20.3 Des déséquilibres énergétiques régionaux 619
- 20.4 Les circulations atmosphériques et océaniques : une redistribution de l'énergie à la surface de la Terre 620

Chapitre 21 • L'atmosphère 622

- 21.1 Composition de l'atmosphère terrestre 622
- 21.2 Structure de l'atmosphère 623
- 21.3 Les nuages 626
- 21.4 Origine et évolution de l'atmosphère 628
- 21.5 Les circulations atmosphériques et la zonation climatique 633
- 21.6 Des dispositifs climatiques régionaux 636

Chapitre 22 • Le contrôle astronomique du climat : la théorie de Milankovitch 639

- 22.1 Le cycle des saisons 639
- 22.2 La théorie astronomique du climat ou théorie de Milankovitch 641

Chapitre 23 • L'océan : Propriétés physiques et chimiques de l'eau de mer 649

- 23.1 Un océan mondial ou des océans ? 650
- 23.2 Les propriétés de l'eau de mer 652
- 23.3 L'origine de l'eau sur Terre 654
- 23.4 La répartition des températures dans l'océan 657
- 23.5 La composition chimique de l'eau de mer 660
- 23.6 L'hydrothermalisme sous-marin 669
- 23.7 Les circulations océaniques 674
- 23.8 L'eustatisme : les variations absolues du niveau marin et notion de niveau marin relatif 685

Chapitre 24 • Les grandes étapes de l'histoire climatique de la Terre 690

- 24.1 Les méthodes de la paléoclimatologie 691
- 24.2 Les fluctuations climatiques de premier ordre 694
- 24.3 Les fluctuations climatiques de second ordre 695
- 24.4 Les fluctuations climatiques de troisième ordre 702

- 24.5 Les fluctuations climatiques de quatrième ordre 709
- 24.6 Synthèse des variations climatiques depuis le Mézozoïque 716

Chapitre 25 • Prévisions sur l'évolution du climat terrestre 719

- 25.1 La sortie de l'interglaciaire actuel 720
- 25.2 Deux scénarios climatiques liés à l'augmentation du CO₂ d'origine anthropique 721
- 25.3 Le Miocène et le Crétacé moyen, des analogues fossiles des deux scénarios 723
- 25.4 Le Pliocène, un analogue Fossile possible des prévisions du GIEC pour 2100 725

Chapitre 26 • Les eaux continentales : Notions d'hydrogéologie, de glaciologie et de géomorphologie 728

- 26.1 Les eaux de surface 729
- 26.2 Les eaux souterraines, éléments d'hydrogéologie 744
- 26.3 Glaciologie 757
- 26.4 Les ablations sans vecteurs organisés et l'évolution des versants 773

PARTIE VII – Sédimentologie : roches et environnements sédimentaires

Chapitre 27 • L'altération des continents et la production des constituants des sédiments 782

- 27.1 Les processus d'altération 783
- 27.2 Les mécanismes de l'altération soustractive à l'échelle du minéral et de la roche 788
- 27.3 Les altérations additives 799
- 27.4 Influence du relief sur la répartition des types d'altérations (additives vs. soustractives) 801
- 27.5 Les sols 803
- 27.6 L'érosion des continents 806
- 27.7 Le bilan des grands fleuves, transport particulaire vs. transport dissous : une image de l'érosion mondiale 807

Chapitre 28 • Transport et sédimentation : figures et structures sédimentaires associées 810

- 28.1 Le transport par les eaux 811
- 28.2 Impact de l'hydrodynamisme sur les sédiments et figures sédimentaires associées aux modes de transport et de dépôt 820
- 28.3 La classification granulométrique des roches sédimentaires 832
- 28.4 Le transport par le vent 837

Chapitre 29 • Sédimentation et environnements continentaux 844

- 29.1 La sédimentation lacustre et margino-littorale (lagunes) 844
- 29.2 La sédimentation fluviale 854
- 29.3 Le domaine fluvio-marin : estuaires et deltas 858

Chapitre 30 • Sédimentation et environnements néritiques 863

- 30.1 La sédimentation carbonatée de plate-forme 865
- 30.2 La classification des roches carbonatées 873
- 30.3 Récifs et bioconstructions 878
- 30.4 Les plates-formes carbonatées actuelles 884
- 30.5 Modèles et profils de dépôt, analyse séquentielle 887
- 30.6 La sédimentation phosphatée 891

Chapitre 31 • Sédimentation gravitaire et environnements du talus 894

- 31.1 Les phénomènes gravitaires 894
- 31.2 Les séquences gravitaires 898
- 31.3 Les séries gravitaires 901

Chapitre 32 • Sédimentation et environnements pélagiques 908

- 32.1 La sédimentation pélagique carbonatée 909
- 32.2 La sédimentation pélagique argileuse 919
- 32.3 La sédimentation pélagique siliceuse 920
- 32.4 La sédimentation océanique : un témoin de la mobilité lithosphérique 922
- 32.5 Le contrôle climatique de la sédimentation pélagique : les fluctuations de la teneur en CaCO₃ des carbonates pélagiques et les rythmes sédimentaires de type Milankovitch 923
- 32.6 Les séries pélagiques alternantes 925
- 32.7 Les séries pélagiques anciennes 928
- 32.8 Le bilan de la sédimentation carbonatée marine 929

Chapitre 33 • Sédimentation de la matière organique 933

- 33.1 La matière organique continentale 933
- 33.2 La production de matière organique dans l'océan 934
- 33.3 Les modalités de la conservation de la matière organique 936
- 33.4 La caractérisation chimique de la matière organique sédimentaire 941
- 33.5 Les principales roches carbonées 943

Chapitre 34 • Du sédiment à la roche : la diagenèse 950

- 34.1 Les facteurs de la diagenèse 950
- 34.2 La diagenèse siliceuse 955
- 34.3 La diagenèse carbonatée 957

PARTIE VIII – Notions de stratigraphie : aperçu de l'histoire de la vie et de la Terre

Chapitre 35 • La stratigraphie et ses méthodes 970

- 35.1 Les principes de la stratigraphie 971
- 35.2 La lithostratigraphie 974
- 35.3 La biostratigraphie 977
- 35.4 La radiochronologie 981
- 35.5 Cyclostratigraphie, dendrochronologie et sclérochronologie, téphrochronologie, thermochronologie 982
- 35.6 La magnétostratigraphie 986
- 35.7 La chiostratigraphie 987
- 35.8 La stratigraphie séquentielle : une approche synthétique de la stratigraphie 987
- 35.9 L'échelle stratigraphique 1001

Chapitre 36 • Géochimie sédimentaire : chiostratigraphie 1007

- 36.1 Signal géochimique primaire vs. signal diagénétique 1008
- 36.2 Le rapport isotopique de l'oxygène 1009
- 36.3 Le rapport isotopique du carbone 1026
- 36.4 Le rapport isotopique du strontium (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr) 1031
- 36.5 Les éléments traces 1033

Chapitre 37 • Origine, premiers stades et crises de la vie sur Terre 1043

- 37.1 Les hypothèses sur les mécanismes et les lieux d'origine de la vie terrestre 1044
- 37.2 L'évolution de la biosphère : crises et radiations 1059

Chapitre 38 • Le Quaternaire et l'émergence de l'Homme 1075

- 38.1 Chronologie et événements du Quaternaire 1075
- 38.2 Émergence de l'homme 1080
- 38.3 Les industries humaines 1096

Bibliographie et sites WEB 1099

Index 1105

Éléments de géologie

16^e édition
du « Pomerol »

Ce manuel de référence, tout en couleur et richement illustré, offre un panorama complet des Sciences de la Terre et de l'Univers, du Big Bang à l'origine de l'Homme en passant par toutes les spécialités qui en font la richesse : tectonique des plaques, minéralogie, géochimie, géomorphologie, sédimentologie, etc. Entièrement mise à jour, cette 16^e édition est parfaitement adaptée au programme des étudiants en Sciences de la vie et de la terre ou en Géographie, ainsi qu'aux candidats aux concours de l'enseignement.

Le site compagnon, elements-geologie.com, permet au lecteur d'enrichir sa connaissance des sujets abordés dans le livre. Les figures de référence du livre sont également proposées aux enseignants pour animer leurs cours.

Les + :

- Des encadrés historiques et techniques.
- Plus de 700 schémas de synthèse et photographies en couleur.
- Des focus sur des sites et des objets géologiques.
- Un résumé de ce qu'il faut retenir à la fin de chaque chapitre.

Le site compagnon elements-geologie.com :

- Des quiz pour s'entraîner.
- Des reportages photos pédagogiques sur de nombreux sites géologiques spécialement conçus par les auteurs en lien avec les chapitres du livre.
- Les interviews des auteurs.
- Un annuaire des sites web de référence.
- Une sélection de figures de référence à projeter en cours pour les enseignants.

Le public :

- Étudiants en Licence de Sciences de la terre et de l'Univers
- Étudiants en Licence de Géographie
- Candidats au CAPES et à l'Agrégation
- Étudiants en Licence de Géographie
- Élèves des classes préparatoires BCPST

Maurice RENARD

est professeur émérite de l'Institut des Sciences et de la Terre de Paris (Sorbonne Université).

Yves LAGABRIELLE

est directeur de recherche au CNRS au laboratoire Géosciences Rennes, (université Rennes 1).

Erwan MARTIN

est maître de conférences de l'Institut des Sciences et de la Terre de Paris (Sorbonne Université).

Marc de RAFÉLIS

est professeur à Géosciences Environnement Toulouse (université Toulouse 3).



8617890
ISBN 978-2-10-078026-6



DUNOD
dunod.com