

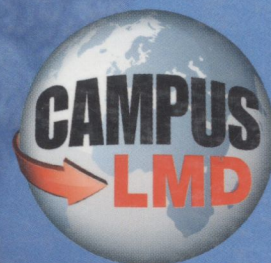
**Charles Pomerol  
Yves Lagabrielle  
Maurice Renard  
Stéphane Guillot**



# **Éléments de géologie**

**14<sup>e</sup> édition**

- ◆ Le cours en 40 leçons
- ◆ 800 figures
- ◆ 130 QCM



**DUNOD**



# ÉLÉMENTS DE GÉOLOGIE



14<sup>e</sup> édition

**Charles Pomerol**

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

**Yves Lagabrielle**

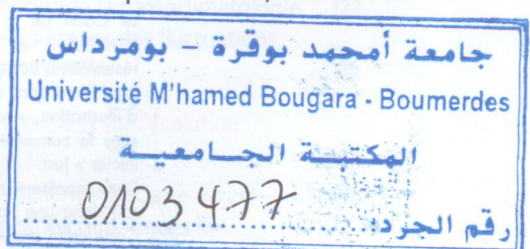
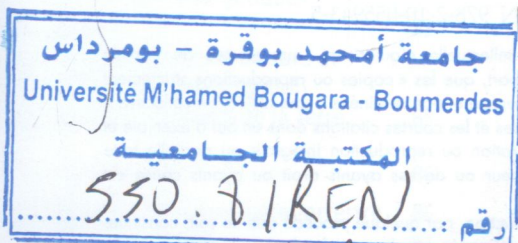
Directeur de recherche au CNRS à l'UMR Dynamique  
de la Lithosphère de l'université Montpellier II

**Maurice Renard**

Professeur à l'université Pierre-et-Maire-Curie (Paris VI)  
et directeur de l'équipe de recherche  
JE 2477 « Biominéralisations et Paléoenvironnements »

**Stéphane Guillot**

Directeur de recherche au CNRS à  
l'Université Joseph Fourier, Grenoble



1211 DUNOD

# TABLE DES MATIÈRES

## PARTIE I – L'environnement cosmique de la planète terre

### CHAPITRE 1 • L'Univers

- 1.1 L'architecture de l'Univers

### CHAPITRE 2 • La nucléosynthèse

- 2.1 La construction des noyaux atomiques  
2.2 Nucléosynthèse et évolution de l'Univers

### CHAPITRE 3 • Le Système solaire

- 3.1 La structure du Système solaire  
3.2 La naissance du Système solaire

### CHAPITRE 4 • Notions de planétologie comparée

- 4.1 Le Soleil  
4.2 Les différentes planètes  
QCM  
Solutions

## PARTIE II – Les enveloppes fluides de la planète terre : climat, paléoclimats, océanographie

### CHAPITRE 5 • Le bilan thermique de la planète Terre

- 5.1 La Terre : un système thermique globalement en équilibre  
5.2 Des sous-systèmes climatiques (surface terrestre vs atmosphère) en déséquilibre radiatif  
5.3 Des déséquilibres énergétiques régionaux  
5.4 Les circulations atmosphériques et océaniques : une redistribution de l'énergie à la surface de la Terre

### CHAPITRE 6 • L'atmosphère

- 6.1 Composition de l'atmosphère terrestre  
6.2 Structure de l'atmosphère  
6.3 Les circulations atmosphériques et la zonation climatique  
6.4 Des dispositifs climatiques régionaux

- 6.5 Une vision dynamique du climat terrestre : les AMP (anticyclones mobiles polaires)

### CHAPITRE 7 • Le contrôle astronomique du climat : la théorie de Milankovitch

- 7.1 Le cycle des saisons  
7.2 La théorie astronomique du climat ou théorie de Milankovitch

### CHAPITRE 8 • Le rapport isotopique de l'oxygène : un paléothermomètre ambivalent qui valide la théorie climatique de Milankovitch

- 8.1 La mesure du rapport isotopique de l'oxygène  
8.2 Le fractionnement isotopique entre l'eau et le carbonate : le principe de la méthode des paléotempératures isotopiques  
8.3 Le rapport isotopique de l'oxygène dans les eaux et les glaces : effets de la température, de la latitude, de la continentalité et de l'altitude  
L'effet glaciaire  
8.4 Apports des données isotopiques de l'oxygène à la connaissance du climat au Quaternaire  
8.5 Le rapport isotopique de l'oxygène des carbonates des séries anciennes : un marqueur climatique et paléocéanographique

### CHAPITRE 9 • Les grandes étapes de l'histoire climatique de la Terre

- 9.1 Les méthodes de la paléoclimatologie  
9.2 Les grandes étapes des fluctuations du climat terrestre

### CHAPITRE 10 • Prévisions sur l'évolution du climat terrestre

- 10.1 La sortie de l'interglaciaire actuel  
10.2 Deux scénarios climatiques liés à l'augmentation du CO<sub>2</sub> d'origine anthropique



|                                                                                             |                                                                                          |     |                                                                                                                    |                                                                    |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----|
| 10.3                                                                                        | Le Miocène et le Crétacé moyen, des analogues fossiles de situations futures possibles   | 155 | 14.4                                                                                                               | Les interprétations des compensations gravimétriques : l'isostasie | 294 |
|                                                                                             |                                                                                          |     | 14.5                                                                                                               | Conclusions                                                        | 298 |
| <b>CHAPITRE 11 • L'océan : Propriétés physiques et chimiques de l'eau de mer</b>            |                                                                                          |     | <b>CHAPITRE 15 • Tectonique des plaques lithosphériques et cinématique</b>                                         |                                                                    |     |
| 11.1                                                                                        | Un océan mondial ou des océans ?                                                         | 160 | 15.1                                                                                                               | La dérive des continents                                           | 301 |
| 11.2                                                                                        | Les propriétés de l'eau de mer                                                           | 161 | 15.2                                                                                                               | L'expansion des fonds océaniques                                   | 306 |
| 11.3                                                                                        | La répartition des températures dans l'océan                                             | 165 | 15.3                                                                                                               | La tectonique des plaques                                          | 308 |
| 11.4                                                                                        | La composition chimique de l'eau de mer                                                  | 168 | 15.4                                                                                                               | L'analyse du mouvement des plaques : notions de cinématique        | 314 |
| 11.5                                                                                        | Les circulations océaniques                                                              | 181 |                                                                                                                    | QCM                                                                | 332 |
| 11.6                                                                                        | L'eustatisme : les variations absolues du niveau marin et notion de niveau marin relatif | 192 |                                                                                                                    | Solutions                                                          | 334 |
|                                                                                             | QCM                                                                                      | 200 | <b>PARTIE IV – La déformation des enveloppes terrestres : tectonique &amp; genèse des chaînes de montagnes</b>     |                                                                    |     |
|                                                                                             | Solutions                                                                                | 203 | <b>CHAPITRE 16 • Notions de mécanique des solides et de rhéologie</b>                                              |                                                                    |     |
| <b>PARTIE III – La structure de la terre solide : les apports des méthodes géophysiques</b> |                                                                                          |     | <b>CHAPITRE 17 • Tectonique analytique</b>                                                                         |                                                                    |     |
| <b>CHAPITRE 12 • La sismologie</b>                                                          |                                                                                          |     | <b>CHAPITRE 18 • Les chaînes de montagnes et les rifts continentaux dans le cadre de la tectonique des plaques</b> |                                                                    |     |
| 12.1                                                                                        | L'histoire de la sismologie                                                              | 211 | 18.1                                                                                                               | Les chaînes de subduction                                          | 389 |
| 12.2                                                                                        | Caractères généraux des séismes                                                          | 213 | 18.2                                                                                                               | Les chaînes d'obduction                                            | 393 |
| 12.3                                                                                        | La propagation des ondes sismiques                                                       | 229 | 18.3                                                                                                               | Les chaînes de collision                                           | 396 |
| 12.4                                                                                        | Sismologie et structure de la Terre                                                      | 243 | 18.4                                                                                                               | Les rifts continentaux                                             | 402 |
| 13.4                                                                                        | Conclusions                                                                              | 253 | 18.5                                                                                                               | Conclusions                                                        | 405 |
| <b>CHAPITRE 13 • Le paléomagnétisme terrestre</b>                                           |                                                                                          |     |                                                                                                                    | QCM                                                                | 407 |
| 13.1                                                                                        | Le champ magnétique terrestre                                                            | 255 |                                                                                                                    | Solutions                                                          | 410 |
| 13.2                                                                                        | L'origine du champ magnétique terrestre                                                  | 258 |                                                                                                                    |                                                                    |     |
| 13.3                                                                                        | Le magnétisme des roches : la fossilisation du champ magnétique terrestre                | 260 |                                                                                                                    |                                                                    |     |
| 13.4                                                                                        | Les variations temporelles du champ magnétique terrestre                                 | 261 |                                                                                                                    |                                                                    |     |
| 13.5                                                                                        | Apport du paléomagnétisme à la connaissance de la dynamique lithosphérique               | 264 |                                                                                                                    |                                                                    |     |
| 13.6                                                                                        | Apport du paléomagnétisme à la stratigraphie : la magnétostratigraphie                   | 274 |                                                                                                                    |                                                                    |     |
| <b>CHAPITRE 14 • La gravimétrie et la géodésie : les formes de la Terre</b>                 |                                                                                          |     |                                                                                                                    |                                                                    |     |
| 14.1                                                                                        | La pesanteur                                                                             | 279 |                                                                                                                    |                                                                    |     |
| 14.2                                                                                        | La représentation gravimétrique de la Terre : L'ellipsoïde de référence et le géoïde     | 281 |                                                                                                                    |                                                                    |     |
| 14.3                                                                                        | Les anomalies de la gravité                                                              | 289 |                                                                                                                    |                                                                    |     |



## PARTIE V – La géodynamique de la lithosphère océanique

### CHAPITRE 19 • Exploration sous-marine et géologie des fonds océaniques 414

- 19.1 L'exploration sous-marine 415  
19.2 Morphologie des fonds sous-marins 420

### CHAPITRE 20 • La lithosphère océanique : plaines abyssales, bassins arrière-arc et points chauds 427

- 20.1 Les plaines abyssales 427  
20.2 Les bassins océaniques marginaux ou arrière-arcs 430  
20.3 Les îles océaniques, rides et points chauds 432

### CHAPITRE 21 • Les dorsales océaniques 435

- 21.1 Bathymétrie et géophysique des dorsales 435  
21.2 Les processus magmatiques au niveau des dorsales. Comparaison avec les ophiolites 440  
21.3 Dorsales lentes et dorsales rapides 447  
21.4 La segmentation des dorsales 451  
21.5 Les failles transformantes 455  
21.6 Les structures particulières : propagateurs, microplaques, jonctions triples, interaction avec les points chauds 458  
21.7 L'hydrothermalisme des dorsales 459

### CHAPITRE 22 • Les marges océaniques 462

- 22.1 Les marges stables 463  
22.2 Les marges actives 475  
QCM 490  
Solutions 492

## PARTIE VI – Les constituants endogènes des enveloppes solides de la terre : roches ignées et roches métamorphiques

### CHAPITRE 23 • Minéralogie 496

- 23.1 Notion de minéralogie 496

### CHAPITRE 24 • Magmas et roches Plutoniques 514

- 24.1 Méthodes d'étude et objectifs de la pétrologie et la géochimie 515  
24.2 Structures des roches magmatiques 530  
24.3 Classification des roches magmatiques 531  
24.4 Les principales roches plutoniques 537  
24.5 Mode de gisement 545  
24.6 Les séries magmatiques 547

- 24.7 Origine des magmas mantelliques 551

### CHAPITRE 25 • Le volcanisme 557

- 25.1 Volcanisme et tectonique des plaques 557  
25.2 Les principales roches volcaniques 562  
25.3 Principaux types d'éruptions volcaniques 565  
25.4 Exemples d'éruptions volcaniques 566  
25.5 Produits rejetés par les volcans 571  
25.6 Dynamique des éruptions et édifices résultants 575  
25.7 Caldeiras et intrusions 582  
25.8 Manifestations volcaniques connexes 583  
25.9 Surveillance et prévision des éruptions volcaniques 584

### CHAPITRE 26 • Le métamorphisme 587

- 26.1 Notions principales, répartition du métamorphisme 588  
26.2 Structures des roches métamorphiques 595  
26.3 Les facteurs du métamorphisme 598  
26.4 Évolution métamorphique et trajet P-T-t 600  
26.5 Métamorphisme et géodynamique 608  
QCM 618  
Solutions 621

## PARTIE VII – Sédimentologie : roches et environnements sédimentaires

### CHAPITRE 27 • L'altération des continents et la production des constituants des sédiments 628

- 27.1 Les processus d'altération 629  
27.2 Les mécanismes de l'altération à l'échelle du minéral et de la roche 633  
27.3 Les sols 643  
27.4 L'érosion des continents 644  
27.5 Le bilan des grands fleuves, transport particulière vs transport dissous : une image de l'érosion mondiale 646

### CHAPITRE 28 • Transport et sédimentation : figures et structures sédimentaires associées 648

- 28.1 Le transport par les eaux 649  
28.2 Le transport par le vent 671

### CHAPITRE 29 • Sédimentation et environnements continentaux 679

- 29.1 La sédimentation lacustre et margino-littorale (lagunes) 679  
29.2 La sédimentation fluviale 688  
29.3 Le domaine fluvio-marin : estuaires et deltas 692



|                                                                                                                                                                                            |     |                                                                                             |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>CHAPITRE 30 • Sédimentation et environnements néritique</b>                                                                                                                             | 697 | <b>PARTIE VIII – La surface des continents</b>                                              |     |
| 30.1 La zonation bathymétrique (hydrodynamique) de la plate-forme continentale                                                                                                             | 699 | <b>CHAPITRE 35 • Géomorphologie</b>                                                         | 795 |
| 30.2 La sédimentation carbonatée de plate-forme                                                                                                                                            | 700 | 35.1 Éléments de géomorphologie                                                             | 796 |
| 30.3 La classification des roches carbonatées                                                                                                                                              | 709 | 35.2 Les eaux de surface                                                                    | 807 |
| 30.4 Modèles et profils de dépôt, analyse séquentielle                                                                                                                                     | 715 | 35.3 Les eaux souterraines, éléments d'hydrogéologie                                        | 821 |
| 30.5 Récifs et bioconstructions                                                                                                                                                            | 718 | 35.4 Notions de morphotectonique                                                            | 829 |
| 30.6 La sédimentation phosphatée                                                                                                                                                           | 721 | <b>CHAPITRE 36 • Glaciologie</b>                                                            | 834 |
| <b>CHAPITRE 31 • Sédimentation gravitaire et environnements du talus</b>                                                                                                                   | 724 | 36.1 Les glaciers                                                                           | 834 |
| 31.1 Les processus gravitaires                                                                                                                                                             | 724 | 36.2 La géomorphologie glaciaire                                                            | 846 |
| 31.2 Les séquences gravitaires                                                                                                                                                             | 727 | 36.3 Les phénomènes périglaciaires                                                          | 850 |
| 31.3 Les séries gravitaires                                                                                                                                                                | 730 | QCM                                                                                         | 853 |
| <b>CHAPITRE 32 • Sédimentation et environnements pélagiques</b>                                                                                                                            | 736 | Solutions                                                                                   | 855 |
| 32.1 La sédimentation pélagique carbonatée                                                                                                                                                 | 737 | <b>PARTIE IX – Notions de stratigraphie : aperçu de l'histoire de la vie et de la terre</b> |     |
| 32.2 La sédimentation pélagique argileuse                                                                                                                                                  | 746 | <b>CHAPITRE 37 • La stratigraphie et ses méthodes</b>                                       | 858 |
| 32.3 La sédimentation pélagique siliceuse                                                                                                                                                  | 748 | 37.1 La lithostratigraphie                                                                  | 858 |
| 32.4 La sédimentation océanique : un témoin de la mobilité lithosphérique                                                                                                                  | 750 | 37.2 Les apports des méthodes géophysiques à la lithostratigraphie                          | 859 |
| 32.5 Le contrôle climatique de la sédimentation pélagique : les fluctuations de la teneur en CaCO <sub>3</sub> des carbonates pélagiques et les rythmes sédimentaires de type Milankovitch | 751 | 37.3 La mesure du temps en stratigraphie                                                    | 861 |
| 32.6 Les séries pélagiques anciennes                                                                                                                                                       | 753 | 37.4 La stratigraphie séquentielle : une approche synthétique de la stratigraphie           | 869 |
| 32.7 Le bilan de la sédimentation carbonatée marine                                                                                                                                        | 754 | 37.5 L'échelle stratigraphique                                                              | 877 |
| <b>CHAPITRE 33 • Sédimentation de la matière organique</b>                                                                                                                                 | 757 | <b>CHAPITRE 38 • Géochimie sédimentaire : chimiostратigraphie</b>                           | 883 |
| 33.1 La production de matière organique dans l'océan                                                                                                                                       | 757 | 38.1 Le rapport isotopique de l'oxygène                                                     | 884 |
| 33.2 La caractérisation chimique de la matière organique sédimentaire                                                                                                                      | 759 | 38.2 Le rapport isotopique du carbone                                                       | 885 |
| 33.3 Les modalités de la conservation de la matière organique                                                                                                                              | 761 | 38.3 Le rapport isotopique du strontium ( <sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr)               | 890 |
| 33.4 Les principales roches carbonées                                                                                                                                                      | 765 | 38.4 Les éléments traces                                                                    | 892 |
| <b>CHAPITRE 34 • Du sédiment à la roche : la diagenèse</b>                                                                                                                                 | 772 | <b>CHAPITRE 39 • Origine et premiers stades de la vie</b>                                   | 897 |
| 34.1 Les facteurs de la diagenèse                                                                                                                                                          | 772 | 39.1 Les hypothèses sur les mécanismes et lieux d'origine de la vie terrestre               | 898 |
| 34.2 La diagenèse siliceuse                                                                                                                                                                | 775 | 39.2 L'évolution de l'atmosphère                                                            | 909 |
| 34.3 La diagenèse carbonatée                                                                                                                                                               | 777 | 39.3 Aperçu rapide de l'histoire paléontologique et géologique du globe                     | 912 |
| QCM                                                                                                                                                                                        | 786 | <b>CHAPITRE 40 • Le Quaternaire et l'émergence de l'Homme</b>                               | 918 |
| Solutions                                                                                                                                                                                  | 789 | 40.1 Chronologie et événements du Quaternaire                                               | 918 |
|                                                                                                                                                                                            |     | 40.2 Émergence de l'homme                                                                   | 922 |
|                                                                                                                                                                                            |     | QCM                                                                                         | 938 |
|                                                                                                                                                                                            |     | Solutions                                                                                   | 939 |
|                                                                                                                                                                                            |     | <b>INDEX</b>                                                                                | 943 |



Charles Pomerol  
Yves Lagabriele  
Maurice Renard  
Stéphane Guillot

- MATHÉMATIQUES
- PHYSIQUE
- CHIMIE
- SCIENCES DE L'INGÉNIEUR
- INFORMATIQUE
- SCIENCES DE LA VIE
- SCIENCES DE LA TERRE

## Éléments de géologie

Aujourd'hui, la géologie est une science de terrain où les observations, quelle que soit l'échelle, depuis les grandes structures régionales (grâce aux satellites de télédétection) jusqu'aux minéraux (par l'utilisation du microscope électronique), sont indispensables. Ce manuel, best-seller bien connu, entièrement mis à jour pour cette 14<sup>e</sup> édition, propose une synthèse des grands domaines de la géologie.

### Contenu :

- **40 chapitres**, du Big Bang à l'origine de l'Homme, regroupés en 9 grandes parties : astronomie, les enveloppes fluides de la Terre (climat, océanographie...), la structure de la Terre, les déformations des enveloppes terrestres, les roches ignées et métamorphiques, la géomorphologie, la sédimentologie, l'histoire de la Vie et de la Terre.
- **Des encadrés** historiques, techniques...
- **Des figures de synthèse.**
- **Des focus** sur des sites et des objets géologiques.
- **Un résumé** de ce qu'il faut retenir à la fin de chaque chapitre.
- **130 QCM** d'autoévaluation pour tester ses connaissances.
- **Un site compagnon** « [www.elements-geologie.net](http://www.elements-geologie.net) » : des reportages photos, des figures de référence, des interviews d'auteurs...

### Le public :

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

**14<sup>e</sup> édition**

**Charles Pomerol**

était professeur  
à l'UPMC.

**Yves Lagabriele**

est directeur de  
recherche au CNRS  
à l'université de  
Montpellier.

**Maurice Renard**

est professeur à  
l'UPMC.

**Stéphane Guillot**

est directeur de  
recherche au CNRS  
à l'université de  
Grenoble.



9 782100 563814

6935217

ISBN 978-2-10-056381-4

