

SCIENCES SUP

*Cours*

Licence 3<sup>e</sup> année • Master • CAPES • Agrégation

# SÉDIMENTOLOGIE

2<sup>e</sup> édition



35475

*Isabelle Cojan  
Maurice Renard*

DUNOD

GL 105

35475  
②

# SÉDIMENTOLOGIE

Cours



**Isabelle Cojan**

Ingénieur civil des Mines  
et maître de recherche habilité à  
l'École nationale supérieure des mines de Paris

**Maurice Renard**

Professeur à l'université Pierre-et-Marie Curie (Paris 6) et  
directeur du département géologie sédimentaire  
et de l'Unité mixte de recherche associée  
au CNRS (Paléontologie et stratigraphie)



35475

2<sup>e</sup> édition

DUNOD

# Table des matières

<b>Avant-propos</b> .....	IX
---------------------------	----

## Chapitre 1

### La machine sédimentaire : les conditions à la surface terrestre

1.1 - Le climat terrestre .....	1
1.1.1 - Le bilan radiatif de la Terre .....	1
1.1.2 - Le rôle de l'atmosphère .....	4
1.1.3 - Des déséquilibres énergétiques régionaux à l'origine des circulations atmosphériques et océaniques .....	4
1.1.4 - Les circulations atmosphériques .....	7
1.1.5 - Le contrôle astronomique du climat terrestre .....	11
1.2 - La physiographie générale du globe terrestre : la prédominance de l'océan .....	19
1.2.1 - Hypsométrie .....	19
1.2.2 - Les différents océans .....	21
1.2.3 - Les grandes structures océaniques .....	23
1.2.4 - Les continents .....	26
1.3 - L'eau de mer : caractéristiques physico-chimiques .....	28
1.3.1 - Les propriétés de l'eau .....	28
1.3.2 - La répartition des températures .....	31
1.3.3 - La salinité .....	33
1.3.4 - Les gaz dissous .....	37
1.4 - Les circulations océaniques .....	40
1.4.1 - La spirale d'Ekman .....	41
1.4.2 - La circulation océanique de surface .....	42
1.4.3 - Les mouvements verticaux .....	44
1.4.4 - La circulation océanique profonde .....	48
1.5 - La singularité de l'époque actuelle dans l'histoire géologique : les limites de la notion d'uniformitarisme .....	53

## Chapitre 2

### Origine et transport des sédiments

2.1 - L'origine des constituants .....	57
2.1.1 - L'altération des continents .....	57
2.1.2 - Les fonds marins : hydrothermalisme et altération .....	74
2.2 - Le transport des constituants .....	78
2.2.1 - Le transport particulaire .....	78
2.2.2 - Le transport des solutés .....	89

## Chapitre 3

### Mise en place des sédiments clastiques

3.1 - La stratification (bedding) .....	97
3.1.1 - Les couches massives .....	98
3.1.2 - Les imbrications d'éléments .....	98
3.1.3 - Les stratifications parallèles .....	99
3.1.4 - Les strates entrecroisées : quelques exemples .....	99
3.1.5 - Les strates granoclassées (graded bedding) .....	101
3.1.6 - Les rythmites .....	101
3.2 - Les formes construites par l'action d'un écoulement fluide (bedform) .....	102
3.2.1 - Les écoulements en milieu aquatique .....	103
3.2.2 - Effets de l'action du vent .....	118
3.3 - Dépôts résultant de mécanismes gravitaires .....	129
3.3.1 - Le déplacement en masse .....	129
3.3.2 - Les écoulements de densité et courants de turbidité (density currents et turbidity currents) .....	134
3.4 - Les modifications postérieures au dépôt .....	142
3.4.1 - Les empreintes de surface .....	142
3.4.2 - Les structures de déformation .....	148
3.4.3 - Les traces d'activité organique .....	151

## Chapitre 4

### Les phénomènes de précipitation et bioprécipitation

4.1 - Les carbonates .....	155
4.1.1 - Le système carbonate : l'équilibre gaz carbonique-acide carbonique-bicarbonates-carbonates .....	156
4.1.2 - La minéralogie des carbonates sédimentaires .....	163
4.1.3 - La classification des roches carbonatées néritiques .....	170
4.1.4 - La production carbonatée pélagique .....	176
4.1.5 - Le bilan de la sédimentation carbonatée marine .....	185
4.1.6 - La sédimentation carbonatée lacustre .....	187
4.1.7 - Les transformations diagénétiques des carbonates .....	190
4.2 - La silice .....	198
4.2.1 - La silice dans l'eau de mer .....	198
4.2.2 - La minéralogie et l'évolution diagénétique précoce des particules siliceuses biogènes ....	201
4.2.3 - Les roches siliceuses .....	202
4.2.4 - Les sédiments siliceux continentaux .....	202
4.3 - Les évaporites .....	203
4.3.1 - Les évaporites marines .....	204
4.3.2 - Les évaporites continentales .....	211

4.4 - Les Phosphates .....	213
4.4.1 - La formation des phosphorites .....	213
4.4.2 - Les reconcentrations secondaires .....	215
4.5 - La matière organique .....	215
4.5.1 - L'origine de la matière organique sédimentaire .....	215
4.5.2 - Méthodes d'études, composition et origine de la matière organique sédimentaire .....	216
4.5.3 - Les modalités de la conservation de la matière organique en milieu marin .....	220
4.5.4 - Les charbons .....	223
4.5.5 - Les pétroles .....	230

## Chapitre 5

### La diagenèse

5.1 - Les grands mécanismes .....	235
5.1.1 - Les mécanismes physiques : la compaction .....	235
5.1.2 - Les transformations chimiques .....	239
5.2 - La diagenèse précoce .....	243
5.2.1 - La plate-forme carbonatée .....	243
5.2.2 - Le plateau continental .....	248
5.2.3 - Le domaine pélagique .....	250
5.2.4 - Les milieux aquatiques de salinités variées .....	252
5.3 - La diagenèse d'enfouissement .....	253
5.3.1 - Les sédiments argileux .....	253
5.3.2 - Les sables ou sédiments clastiques .....	255
5.3.3 - Les carbonates néritiques .....	257
5.4 - Les carbonates pélagiques .....	259
5.5 - La karstification : diagenèse météorique tardive sur des carbonates stabilisés .....	260
5.6 - Conclusion .....	262

## Chapitre 6

### Les séries sédimentaires et leur décryptage

6.1 - Les données de subsurface .....	263
6.1.1 - La sismique .....	264
6.1.2 - Les sondages .....	267
6.1.3 - Les enregistrements diagraphiques .....	268
6.2 - L'analyse de faciès .....	271
6.2.1 - Définition du faciès .....	271
6.2.2 - L'établissement d'un enchaînement de faciès : l'analyse séquentielle .....	272
6.2.3 - Les modèles de faciès (ou modèles sédimentologiques) .....	277
6.3 - La stratigraphie séquentielle, notions de corps sédimentaires et d'espace disponible, variations du niveau marin .....	278
6.3.1 - La structure sismique des corps sédimentaires .....	278
6.3.2 - La notion d'espace disponible (concept d'accommodation) .....	280
6.3.3 - Un modèle simplificateur mais cohérent .....	281
6.3.4 - Les variations du niveau marin au cours des temps géologiques .....	288
6.3.5 - Les limites du modèle d'Exxon .....	294

## Chapitre 7

### Les sédiments, archives de la Terre : quelques exemples de milieux sédimentaires

7.1 - Le domaine fluviatile .....	300
7.1.1 - Caractéristiques d'un système fluviatile .....	300
7.1.2 - Les environnements fluviatiles actuels .....	303
7.1.3 - Les types de systèmes fluviatiles .....	315
7.1.4 - Les perspectives de la stratigraphie séquentielle en milieu continental .....	318
7.2 - Les plates-formes carbonatées .....	324
7.2.1 - Les différents types morphologiques de plates-formes .....	324
7.2.2 - Les modèles sédimentologiques de plate-forme .....	325
7.2.3 - Croissance des plates-formes et variations du niveau marin .....	336
7.2.4 - Les récifs (reefs and mounds) .....	338
7.3 - Les éventails sous-marins (deep sea fans) .....	346
7.3.1 - L'alimentation du système gravitaire .....	346
7.3.2 - L'architecture des éventails sous-marins .....	350
7.3.3 - Influence des variations relatives du niveau marin .....	354
7.3.4 - Les réservoirs .....	358
7.3.5 - Conclusion .....	359
7.4 - La sédimentation pélagique et les environnements océaniques profonds .....	359
7.4.1 - La composition des sédiments pélagiques .....	360
7.4.2 - Les dépôts océaniques profonds actuels .....	362
7.4.3 - La sédimentation océanique : un témoin de la mobilité lithosphérique .....	372
7.4.4 - Les séries pélagiques à l'affleurement sur les continents .....	378

## Chapitre 8

### Systèmes de dépôts et tectonique

8.1 - Les bassins associés à une zone d'extension .....	387
8.1.1 - Les modèles de mécanismes d'extension .....	387
8.1.2 - L'évolution du rift au cours du temps .....	388
8.1.3 - Les rifts avortés .....	390
8.2 - Les bassins associés aux collisions : les bassins d'avant-pays (foreland) .....	391
8.2.1 - Les mécanismes de la déformation .....	391
8.2.2 - L'organisation des séries sédimentaires .....	393
8.3 - Les bassins associés à la subduction et les prismes d'accrétion .....	397
8.3.1 - Les différents types de bassin .....	397
8.3.2 - L'organisation des séries sédimentaires .....	397
8.4 - Les bassins associés aux mouvements décrochants .....	399
8.4.1 - Les mécanismes de la déformation .....	399
8.4.2 - L'organisation des séries sédimentaires .....	400
8.4.3 - Exemples de bassins en décrochements .....	402
8.5 - Conclusion .....	402
<b>Conclusion</b> .....	405
<b>Bibliographie</b> .....	407
<b>Index</b> .....	425



2<sup>e</sup> édition

Isabelle Cojan • Maurice Renard

## SÉDIMENTOLOGIE

Cette nouvelle édition, revue et augmentée, tient compte des développements scientifiques les plus récents. Ainsi, la dynamique terrestre de la planète Terre, les mécanismes contrôlant la formation, le transport et la mise en place des sédiments sont présentés ici à partir d'une approche mécanique et chimique.

Cette démarche, qui s'appuie sur la notion de faciès, de séquences de faciès et de modèle de dépôt, est illustrée à partir d'exemples de terrain. Un éclairage particulier est mis sur l'apport des enregistrements géophysiques (diagraphies, sismique).

La reconstitution des paléo-environnements est complétée par une présentation de l'évolution spatio-temporelle des séries sédimentaires. Stratigraphie séquentielle et cycles de Milankovitch sont ensuite développés. En conclusion, les bassins sédimentaires se trouvent replacés dans leur contexte tectonique.

Cet ouvrage s'adresse en priorité aux étudiants de 3<sup>e</sup> année de Licence et de Master spécialisés Sciences de la Terre, ainsi qu'aux étudiants préparant les concours de l'enseignement.

ISABELLE COJAN

est ingénieur civil des Mines et maître de recherche à l'École nationale supérieure des mines de Paris.

MAURICE RENARD

est professeur à l'Université Pierre-et-Marie Curie (Paris 6) et directeur du département de géologie sédimentaire et de l'Unité mixte de recherche associée au CNRS (Paléontologie et stratigraphie).

MATHÉMATIQUES

PHYSIQUE

CHIMIE

SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

INFORMATIQUE

SCIENCES DE LA VIE

SCIENCES DE LA TERRE



ISBN 2 10 049623 9



www.dunod.com

