

Christian Nicollet

# Métamorphisme et géodynamique

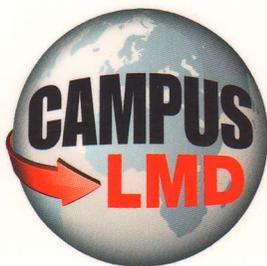
Cours et exercices corrigés

2<sup>e</sup> édition

RESSOURCES



NUMÉRIQUES



- ◆ Exercices corrigés
- ◆ 16 planches couleur

▶ Licence 3

▶ Master

▶ CAPES et Agrégation

DUNOD

# TABLE DES MATIÈRES

Préface	V
Avant-propos	XIII
Remerciements	XV
<b>PARTIE I</b>	
<b>MÉTAMORPHISME ET PROCESSUS MÉTAMORPHIQUES</b>	
<b>Chapitre 1 • Le métamorphisme : définition, limites et variables</b>	<b>3</b>
1.1 Définition du métamorphisme	3
1.2 Les limites du métamorphisme	6
1.3 La température, la pression et les fluides dans le globe terrestre	7
<b>Chapitre 2 • Les roches métamorphiques : des marqueurs des perturbations thermiques et mécaniques dans la lithosphère</b>	<b>17</b>
2.1 Évolution PT, trajet PTt et géothermes	18
2.2 Pourquoi les roches recristallisent-elles ?	19
2.3 Le trajet PTt et le gradient métamorphique	22
2.4 Trajets PTt et contextes géodynamiques	24
<b>Chapitre 3 • Les roches métamorphiques : localisation, textures, structures et classification</b>	<b>27</b>
3.1 Localisation géographique des roches métamorphiques	27
3.2 Cartographie du métamorphisme - Minéraux index et isogrades du métamorphisme	31
3.3 Localisation des roches métamorphiques dans l'espace P-T	32
3.4 Structures et textures	37
3.5 Structures et contraintes	38
3.6 Les principales textures des roches métamorphiques	42
3.7 Nomenclature des roches métamorphiques	44

## Table des matières

<b>Chapitre 4 • Relations chronologiques entre déformation et recristallisation métamorphique</b>	<b>46</b>
4.1 Structure et relations chronologiques cristallisation-déformation	46
4.2 Un exemple de relation cristallisation-déformation : le métamorphisme hercynien au Cap Creus (Espagne)	52
4.3 Trajets PTt et chronologie	53
<b>Chapitre 5 • Le rôle de la composition chimique sur la minéralogie des roches métamorphiques</b>	<b>59</b>
5.1 Les différentes séquences métamorphiques	59
5.2 La règle des phases	61
5.3 La représentation graphique des paragenèses	62
Exercices	71
<b>Chapitre 6 • Les réactions métamorphiques</b>	<b>78</b>
6.1 Interprétation thermodynamique sommaire d'une réaction minéralogique	79
6.2 Réactions solide-solide entre minéraux anhydres	80
6.3 Réactions entre solide-solide hydraté ou réactions de dévolatilisation et libération de fluides	84
6.4 Le métamorphisme est-il isochimique ?	88
Exercice	91
<b>Chapitre 7 • Analyse géométrique des réactions métamorphiques et élaboration d'une grille pétrogénétique</b>	<b>94</b>
7.1 Système à un constituant indépendant	95
7.2 Système à deux constituants indépendants	96
7.3 Système à trois constituants indépendants et élaboration d'une grille pétrogénétique	98
7.4 Système à plus de trois constituants indépendants	101
Exercices	101
<b>Chapitre 8 • Les réactions métamorphiques multivariantes : thermométrie et barométrie géologiques</b>	<b>105</b>
8.1 Réaction continue et réaction discontinue	106
8.2 Le principe de la géothermobarométrie	111
8.3 Un thermomètre basé sur la réaction d'échange fer-magnésium entre biotite et grenat	112
8.4 Un exemple de géothermobaromètre basé sur l'équilibre cordiérite = grenat + sillimanite + quartz + H <sub>2</sub> O	114

8.5	Les logiciels de calculs thermodynamiques multi-équilibres	116
8.6	Précautions d'utilisation de la géothermobarométrie	119
8.7	Étude des inclusions fluides : caractérisation de la phase fluide et géothermobarométrie	120
	Exercice	123
<b>Chapitre 9 • Cinétique des réactions et préservation des roches métamorphiques</b>		<b>124</b>
9.1	Qu'est-ce que la vitesse de réaction ?	124
9.2	Quels sont les facteurs qui contrôlent une réaction ?	125
9.3	Métastabilité des paragenèses : l'exemple des silicates d'alumine	127
9.4	Cinétique de réaction et préservation des roches métamorphiques	130
<b>Chapitre 10 • Migmatisation et anatexis</b>		<b>132</b>
10.1	Définition des migmatites et de l'anatexis	132
10.2	Origines des migmatites	134
10.3	Fusion partielle des métapélites	134
10.4	Migmatites, granites, charnockites et faciès granulite	136
	Exercice	142
<b>PARTIE II</b>		
<b>MÉTAMORPHISME ET GÉODYNAMIQUE</b>		
<b>Chapitre 11 • Le métamorphisme de contact</b>		<b>147</b>
11.1	L'auréole de contact de l'intrusion de Ballachulish	147
11.2	Diffusion de la chaleur dans l'encaissant et modélisation du métamorphisme de contact	150
<b>Chapitre 12 • Les métamorphismes de haute pression et ultra-haute pression-basse température : l'exemple alpin</b>		<b>154</b>
12.1	Les Alpes : de la subduction à la collision	155
12.2	La carte métamorphique des Alpes occidentales	156
12.3	Lithologies et associations minéralogiques types	158
12.4	Le métamorphisme sur la transversale Queyras-Viso-Dora Maira dans les Alpes occidentales	163
12.5	Le métamorphisme d'ultra-haute pression (UHP) dans le monde	165
12.6	Exhumation des unités de HP-UHP	167
12.7	Les reliques de HP dans le dôme Lépointin, Alpes centrales	175
	Exercices	195

© Dunod - La photocopie non autorisée est un délit.

## Table des matières

<b>Chapitre 13 • Le métamorphisme de moyenne pression-haute température</b>	<b>179</b>
13.1 La série métamorphique de moyenne pression-haute température du massif du Lévezou	179
13.2 Le gradient métamorphique de moyenne pression : un coup de frein à l'enfouissement	183
13.3 Sous-charriage et métamorphisme inverse	192
<b>Chapitre 14 • Le métamorphisme de basse pression-haute température dans les zones de convergence</b>	<b>202</b>
14.1 Arrière-subduction et ceintures métamorphiques doubles	203
14.2 Hypercollision et dômes migmatitiques dans la croûte continentale médiane – la chaîne hercynienne d'Europe occidentale	205
14.3 Le magmatisme infracrustal et les granulites tardives de moyenne pression de la croûte inférieure	215
14.4 La croûte inférieure des marges actives et arcs insulaires	219
14.5 Métamorphisme d'ultra-haute température (UHT)	220
Exercice	227
<b>Chapitre 15 • Métamorphisme de basse pression-haute température dans les zones d'extension</b>	<b>230</b>
15.1 Amincissement lithosphérique et déchirure crustale : le métamorphisme de la zone nord-pyrénéenne	230
15.2 Métamorphisme océanique et hydrothermalisme dans la lithosphère océanique et dans les ophiolites	235
Exercice	254
<b>Chapitre 16 • Les granulites et éclogites dans le manteau : magmatisme intra-mantellique et recyclage de la lithosphère océanique</b>	<b>257</b>
16.1 Mode de gisement des roches du manteau	257
16.2 Les xénolithes du plateau océanique des îles Kerguelen : magmatisme et métamorphisme intra-mantellique	261
16.3 Les éclogites du manteau supérieur : cristallisation à haute pression d'un magma basaltique ou témoins des océans engloutis dans le manteau ?	266
<b>Chapitre 17 • En guise de conclusion : évolution du métamorphisme dans le temps</b>	<b>268</b>
17.1 Un modèle simplifié d'évolution thermique d'une chaîne de montagnes	268
17.2 Évolution du métamorphisme au cours du temps	268

Christian Nicollet

## Métamorphisme et géodynamique

### Cours et exercices corrigés

Le métamorphisme est l'ensemble des transformations qui entraînent un réarrangement à l'échelle atomique des éléments d'une roche. Il y a recristallisation à l'état solide sous l'effet de variations de température, de pression ou de composition.

Ce cours a pour objectif de faire le lien entre les processus métamorphiques et l'évolution géodynamique de la Terre. La première partie de l'ouvrage introduit la définition du métamorphisme, les causes et les processus pétrogénétiques du métamorphisme. La seconde partie discute, à l'aide d'exemples régionaux, des interprétations géodynamiques qui peuvent être faites à partir de l'étude des roches métamorphiques.

Cette seconde édition actualisée propose des planches couleur supplémentaires. Des animations et des illustrations en 3D sont disponibles sur le site web de l'auteur.

**2<sup>e</sup> édition**

**Christian Nicollet**

est professeur à  
l'université Blaise-Pascal  
(Clermont-Ferrand).

#### Le public :

- Étudiants en Licence (L3) et en Master de Sciences de la Terre et de l'Univers
- Candidats au CAPES et à l'agrégation de SVT



9 782100 738243

1502856  
ISBN 978-2-10-73824-3



Les actus



du savoir

