

J. Aubouin
R. Brousse
J-P. Lehman



Précis de géologie 1
Pétrologie



i dc1625

dunod université

GL 29 / T1

PRÉCIS DE GÉOLOGIE

PAR

Jean AUBOUIN

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

Robert BROUSSE

Professeur à l'Université
de Paris XI-Orsay

Jean-Pierre LEHMAN

Professeur au Muséum
d'Histoire naturelle de Paris

BIBLIOTHÈQUE COMMUNALE
TIZI-OUZOU

TOME 1

Pétrologie



2^e ÉDITION

IDC 1625 $\frac{1}{1}$



DUNOD

TABLE DES MATIÈRES

TOME 1

PREMIÈRE PARTIE

PÉTROLOGIE

CHAPITRE 1. — NOTIONS DE CRISTALLOGRAPHIE	3
× I — Minéraux et cristaux	3
II — La structure réticulaire cristalline	6
1. DESCRIPTION DU RÉSEAU CRISTALLIN	6
2. NOTION DE MAILLE	8
3. CHOIX DE LA MAILLE ÉLÉMENTAIRE	9
4. DÉFINITION GÉOMÉTRIQUE DE LA MAILLE ÉLÉMENTAIRE	10
a) <i>Forme et taille</i>	10
× b) <i>Les sept mailles élémentaires</i>	10
c) <i>Les 14 réseaux de Bravais</i>	11
5. DÉFINITION D'UNE FAMILLE DE PLANS RÉTICULAIRES	14
III — Les formes cristallines	19
1. MAILLE FONDAMENTALE ET CRISTAUX	19
a) <i>Loi de constance des dièdres</i>	20
b) <i>Loi des caractéristiques entières</i>	21
c) <i>Loi des indices rationnels</i>	23
2. SYMÉTRIES DES CRISTAUX	23
a) <i>Symétrie des polyèdres</i>	25
b) <i>Symétrie des mailles et des motifs</i>	30
c) <i>Symétries du réseau — Groupes de recouvrement</i>	36
d) <i>Symétries et formes des cristaux</i>	37

CHAPITRE 2. — MINÉRALOGIE DESCRIPTIVE ET GÉNÉTIQUE .	38
X I — Principes directeurs de la classification des minéraux	38 X
a) POLYMORPHISME	38 X
b) ISOMORPHISME	39 X
c) MINÉRAUX ISOTYPES	39 X
X II — L'importance des silicates. Notions de géochimie	40 X
1. DONNÉES GÉNÉRALES	40
2. ABONDANCE DES ÉLÉMENTS : PREMIER OBJECTIF DE LA GÉOCHIMIE	44
a) <i>Abondance des éléments dans l'écorce terrestre</i>	44
b) <i>Abondance des éléments dans les différentes géosphères</i>	47
b ₁) Composition du système solaire	47
b ₂) Composition de la Terre	47
b ₃) Composition du cœur et du Manteau	49
c) <i>Abondance des éléments dans les principales roches</i>	50
d) <i>Abondance des éléments dans la Lune</i>	51
d ₁) Les roches	51
d ₂) Les différentes enveloppes	53
d ₃) Les minéraux	54
d ₄) Les éléments	55
d ₅) L'âge de la Lune	57
3. RÉPARTITION DES ÉLÉMENTS : DEUXIÈME OBJECTIF DE LA GÉOCHIMIE	57
a) <i>Rappels : La structure de l'atome</i>	58
b) <i>La liaison ionique ou hétéropolaire</i>	61
c) <i>Liaison covalente ou homopolaire</i>	62
d) <i>Liaison métallique</i>	66
e) <i>Liaisons effectives dans les minéraux</i>	66
4. SUBSTITUTION DES ÉLÉMENTS ENTRE-EUX : TROISIÈME OBJECTIF DE LA GÉOCHIMIE	67
a) <i>Règles de Pauling. Stabilité des assemblages ioniques</i>	67
b) <i>Règles de diadochie</i>	72
c) <i>Substitution des éléments en trace aux éléments majeurs.</i>	74
d) <i>Partage d'un élément entre deux minéraux</i>	74
5. DYNAMIQUE DE LA RÉPARTITION DES ISOTOPES	76
a) <i>Abondance des isotopes</i>	77
b) <i>Isotopes artificiels et produits de spallation</i>	77
c) <i>Le fractionnement isotopique</i>	77
d) <i>Quelques systèmes isotopiques regardés en géochimie</i>	78
X III — Description des minéraux non silicatés	83
1. LES ÉLÉMENTS NATIFS	84
2. LES SULFURES ET SULFOSELS	86

3. LES OXYDES ET HYDROXYDES	91
4. LES HALOGÉNURES (CHLORURES ET SULFURES)	99
5. LES CARBONATES	101
6. LES PHOSPHATES, ARSÉNIATES ET VANADATES	104
7. LES SULFATES	105
8. LES TUNGSTATES ET MOLYBDATES	108
IV — Classification structurale des silicates.	108
A. <i>Premières classifications chimiques des silicates</i>	108
1. FORMULE BINAIRE DES SELS	109
2. ACIDES ET SELS COMPLEXES	109
3. LES SOUVENIRS LAISSÉS PAR CES PREMIÈRES CLASSIFICATIONS	109
* B) <i>Classification structurale des silicates</i>	110 X
1. SILICATES À TÉTRAÈDRES ISOLÉS OU NÉOSILICATES	111 X
2. SILICATES À 2 TÉTRAÈDRES LIÉS ENTRE EUX OU SOROSILICATES	112 X
3. SILICATES À TÉTRAÈDRES EN ANNEAUX OU CYCLOSILICATES	112 X
4. SILICATES À TÉTRAÈDRES EN CHAÎNES SIMPLES OU INOSILICATES (p.p.)	113
5. SILICATES À TÉTRAÈDRES EN RUBANS OU INOSILICATES (p.p.)	114 X
6. SILICATES À TÉTRAÈDRES EN FEUILLETS OU PHYLLOSILICATES	115 X
7. SILICATES À TÉTRAÈDRES EN ÉDIFICE À TROIS DIMENSIONS OU TECTOSILICATES	116
V — Les néosilicates et subnéosilicates	117
1. NÉOSILICATES À PETITS CATIONS	117
2. NÉOSILICATES À CATIONS MOYENS	117
a) <i>Groupe des péridots</i>	117
b) <i>Groupe des grenats</i>	121
3. NÉOSILICATES À GROS CATIONS	123
4. SUBNÉOSILICATES	124
a) <i>Groupe des silicates d'alumine</i>	124
b) <i>Groupe des chloritoïdes</i>	124
c) <i>Groupe du sphène</i>	125
d) <i>Groupe des humites</i>	125
e) <i>Gîtes des silicates d'alumine et des chloritoïdes</i>	125
VI — Les sorosilicates	128
1. LES SOROSILICATES VRAIS : Groupe des mélilites	128
2. LES SUBSOROSILICATES : Groupe de la lawsonite	129
3. LES SUBSOROSILICATES : Groupe des épidotes	129
4. LES SUBSOROSILICATES : Groupe de l'idocrase	130
VII — Les cyclosilicates	130
1. GROUPE DE L'AXINITE	130

2a. GROUPE DU BÉRYL	130
2b. GROUPE DE LA TOURMALINE	132
VIII — Les pyroxènes	132
1. CLASSIFICATION DES PYROXÈNES	134
a) <i>Orthopyroxènes</i>	134
b) <i>Clinopyroxènes calco-ferromagnésiens</i>	135
c) <i>Clinopyroxènes alcalins</i>	136
2. CRISTALLISATION DES PYROXÈNES	136
a) <i>Présence d'un seul pyroxène ferromagnésien</i>	136
b) <i>Présence de deux pyroxènes</i>	138
c) <i>Présence d'un seul clinopyroxène calcique</i>	138
d) <i>Présence d'un seul clinopyroxène sodique</i>	139
IX — Les pyroxénoïdes	140
1. CHAÎNE À PÉRIODE TRIPLE	140
2. CHAÎNE À PÉRIODE QUINTUPLE ET SEPTUPLE	140
X — Les amphiboles	142
1. AMPHIBOLES FERROMAGNÉSIENNES	143
2. AMPHIBOLES CALCIQUES	143
3. AMPHIBOLES SODIQUES	143
XI — Les amphiboloïdes	144
XII — Les phyllosilicates	145
1. ARCHITECTURE DES PHYLLITES	145
2. CLASSIFICATION DES PHYLLITES	147
A. <i>Les phyllites à trois couches</i>	147
a) Groupe du talc et de la pyrophyllite	147
b) Groupe des micas	147
c) Groupe des smectites et vermiculites	147
d) Groupe du stilpnomélane	149
B. <i>Les phyllites à quatre couches</i>	149
e) Groupe des chlorites	149
C. <i>Les phyllites à deux couches</i>	149
f) Groupe de la kaolinite et de la serpentine	149
g) Groupe de l'halloysite	149
3. FAMILLE DES MICAS (b)	149
4. FAMILLE DES CHLORITES (e)	152
5. FAMILLE DE LA SERPENTINE (f)	152
6. FAMILLE DES ARGILES	153
a) kaolinite	154
b) illite	154
c) argiles smectiques	156

XIII — Les tectosilicates	158
A. FAMILLE DE LA SILICE	158
1. <i>Polymorphisme de la silice</i>	158
2. <i>Le quartz</i>	160
3. <i>La calcédoine et l'opale</i>	160
4. <i>La tridymite et la cristobalite</i>	161
B. FAMILLE DES FELDSPATHS	161
1. <i>Classification des feldspaths</i>	161
2. <i>Les feldspaths alcalins</i>	162
3. <i>Les plagioclases</i>	164
4. <i>Caractères morphologiques des feldspaths</i>	166
C. FAMILLE DES FELDSPATHOÏDES	170
1. <i>Classification des feldspathoïdes</i>	170
2. <i>La néphéline</i>	171
3. <i>La leucite</i>	171
4. <i>L'analcite</i>	172
D. FAMILLE DES SCAPOLITES	172
E. FAMILLE DES ZÉOLITES	173
X CHAPITRE 3. — LES ROCHES : Définition, classification, techniques d'étude	174
X I — Définition des roches	174
X II — Classification génétique des roches	178
1. <i>Les roches exogènes</i>	179
a) Les roches sédimentaires	179
b) Les roches résiduelles	180
c) Caractères communs des roches exogènes	180
2. <i>Les roches endogènes</i>	180
a) Les roches éruptives	180
b) Les roches métamorphiques	181
3. <i>Tableau général de la classification des roches</i>	182
III — Techniques d'étude des roches	183
ANALYSE DES CARACTÈRES EXTÉRIEURS ET PHYSIQUES	184
1. <i>Caractères organoleptiques</i>	184
a) Toucher	184
a1) <i>Dureté</i>	184
a2) <i>Densité</i>	185
a3) <i>État d'agrégation — Granulométrie</i>	187
b) La vue	192
b1) <i>La couleur</i>	192

Couleur des minéraux	192
Couleur des roches sédimentaires	193
Couleur des roches cristallines	194
b2) <i>La luminescence</i>	195
c) Le goût	196
d) L'odeur	197
2. <i>Caractères physiques</i>	197
a) Comportement des roches vis-à-vis de l'eau	197
a1) <i>Roches solubles</i>	197
a2) <i>Roches perméables et imperméables</i>	199
a3) <i>Elasticité, plasticité et liquidité</i>	203
b) Comportement des roches en fonction de la température	205
b1) <i>Principe de l'analyse thermique</i>	206
b2) <i>Propagation de la chaleur par les roches</i>	207

CHAPITRE 4. — LES ROCHES SÉDIMENTAIRES

209

I — Genèse des roches sédimentaires — Le phénomène sédimentaire

210

1. DESTRUCTION DES MASSES ROCHEUSES

210

a) Arène en climat tempéré

211

b) Latérite en climat tropical

215

c) Un exemple d'altération fossile : Les bauxites

218

2. ABLATION ET TRANSPORT

227

a) Notions d'hydrodynamique

227

b) Modes de transport

229

c) Action du transport sur les particules

234

3. SÉDIMENTATION

237

4. DIAGENÈSE

239

5. IMPORTANCE DE L'EAU

248

II — Classification des roches sédimentaires

254

III — Roches et ensembles détritiques

255

1. GRANULOMÉTRIE DES ROCHES DÉTRITIQUES

255

2. LES RUDITES

256

a) *conglomérats préorogéniques*

257

b) *conglomérats synorogéniques et post-orogéniques*

257

c) *conglomérats de pénéplanation*

257

d) *conglomérats continentaux*

257

3. LES ARÉNITES

258

A. *Les sables*

258

a) *Composition*

258

b) *Modes de transport*

258

c) *Lieux de dépôt*

261

B. <i>Les grès</i>	262
a) <i>grès antétectoniques orogéniques</i>	263
b) <i>grès post-orogéniques</i>	264
c) <i>grès de pénéplanation</i>	265
4. LES PÉLITES	266
a) <i>Les argiles des altérations et des sols</i>	267
b) <i>Les argiles sédimentaires détritiques</i>	268
c) <i>Les argiles sédimentaires transformées</i>	270
d) <i>Les argiles sédimentaires néoformées</i>	271
e) <i>Les argiles de la diagenèse</i>	272
f) <i>Les pélites continentales</i>	274
g) <i>Les pélites marines</i>	275
IV — Roches et ensembles ayant pour origine des solutions ioniques	278
1. QUALITÉ ET MÉCANISMES DE PRÉCIPITATION DES SOLUTIONS ...	278
2. LES ROCHES FERRIQUES	282
a) <i>Origine du fer</i>	282
b) <i>Mobilisation du fer des minéraux dans les sols</i>	286
c) <i>Mobilisation du fer dans les sols</i>	287
d) <i>Immobilisation du fer dans les sols</i>	288
e) <i>Libération du fer des sols dans les solutions lessivantes</i>	289
f) <i>Précipitation du fer dans les milieux de sédimentation : les minerais de fer</i>	289
3. LES ROCHES CARBONATÉES	293
a) <i>Solubilité des carbonates dans l'eau douce</i>	296
b) <i>Solubilité des carbonates dans l'eau de mer</i>	299
c) <i>Origine organique directe des calcaires</i>	300
d) <i>Formation des calcaires dolomitiques</i>	310
e) <i>Répartition des sédiments carbonatés</i>	313
4. LES ROCHES SILICEUSES	315
a) <i>Précipitation de la silice</i>	315
b) <i>Les roches siliceuses biogéniques</i>	316
c) <i>Les roches siliceuses mixtes</i>	319
5. LES ÉVAPORITES	320
a) <i>Précipitation des roches salines</i>	322
b) <i>Roches salines fossiles</i>	325
c) <i>L'origine marine</i>	327
d) <i>L'origine continentale</i>	331
e) <i>L'importance des roches salines</i>	337
V — Roches biogènes organiques	338
1. GÉOCHIMIE ORGANIQUE	339
a) <i>Les protéines</i>	339

b) Les glucides	340
c) Les autres constituants : lipides et phénols	341
d) Les hydrocarbures	342
<i>Origine de la vie sur la terre</i>	344
2. LES CHARBONS	347
a) Description pétrographique	347
b) Genèse des charbons	350
c) Les gaz associés aux gîtes de charbon	352
3. LE PÉTROLE	352
a) Description pétrographique	352
b) Les gisements de pétrole	353
<i>Les roches imperméables de la couverture</i>	353
<i>Les roches magasins</i>	354
<i>Distribution des hydrocarbures</i>	354
c) Origine des pétroles	355
<i>L'origine organique</i>	355
<i>Les matières organiques initiales</i>	356
<i>Conditions de sédimentation et de conservation</i>	357
<i>Processus de transformation</i>	358
<i>Migration des huiles</i>	358
<i>Stockage des huiles</i>	359
d) Notion de provinces pétrolifères	362

CHAPITRE 5. — LES ROCHES MÉTAMORPHIQUES ET LE MÉTAMORPHISME

364

I — Une série métamorphique	364
1. DESCRIPTION DE LA SÉRIE DU BAS-LIMOUSIN	364
2. NOTION DE SÉRIE CRISTALLOPHYLLIENNE	367
A. <i>Décompte des problèmes des séries métamorphiques</i>	368
B. <i>Origine des roches métamorphiques</i>	372
C. <i>Métamorphismes topochimique et métasomatique</i>	374
D. <i>Intensité du métamorphisme</i>	374
a) <i>Texture</i>	375
<i>Augmentation du grain</i>	375
<i>Orientation des cristaux</i>	375
<i>Ségrégation</i>	378
b) <i>Composition minéralogique qualitative</i>	378
<i>L'étape de très faible métamorphisme</i>	381
<i>L'étape de faible métamorphisme</i>	381

<i>L'étape de moyen métamorphisme</i>	382
<i>L'étape de fort métamorphisme</i>	382
3. MÉCANISMES INTIMES DU MÉTAMORPHISME	383
II — Les différents types de métamorphisme	388
III — Dynamométamorphisme	389
a) <i>Déformations plastiques : Tectonites</i>	389
b) <i>Déformations cataclastiques : Mylonites</i>	391
IV — Thermométamorphisme	392
V — Métamorphisme général	393
A. INTENSITÉS DU MÉTAMORPHISME GÉNÉRAL	395
1. <i>Gradient de température</i>	395
2. <i>Gradient de pression</i>	399
3. <i>Gradient conjugué de température et de pression</i>	401
B. ÉVOLUTION DES PARAGENÈSES MÉTAMORPHIQUES	404
C. LES DIFFÉRENTES SÉRIES DU MÉTAMORPHISME GÉNÉRAL	407
1. <i>Le très faible métamorphisme</i>	409
a) <i>L'anchizone des pélites</i>	409
b) <i>Le métamorphisme zéolitique</i>	409
c) <i>Le métamorphisme de haute pression</i>	410
2. <i>Les étapes de faible, moyen et fort métamorphisme</i>	413
a) <i>Le métamorphisme de moyenne température et moyenne pression ou série de faciès disthène-sillimanite</i>	413
b) <i>Le métamorphisme de haute température et basse pression ou série de faciès andalousite-sillimanite</i>	413
c) <i>Le métamorphisme de haute température et de très basse pression</i>	419
D. AGES DU MÉTAMORPHISME	421
1. <i>Notions de phases métamorphiques multiples</i>	422
a) <i>Premier critère de reconnaissance : Les discordances stratigraphiques</i>	422
b) <i>Deuxième critère de reconnaissance : Les discordances structurologiques</i>	424
c) <i>Troisième critère de reconnaissance : Les discordances minéralogiques</i>	429
E. DIVERS TYPES DE MÉTAMORPHISMES MULTIPLES	434
1. <i>Polymétamorphisme au cours de deux orogénèses</i>	434
2. <i>Métamorphisme polyphasé au cours de deux phases d'une même orogénèse</i>	435
3. <i>Rajeunissement ou seul réajustement isotopique</i>	437

VI — Métamorphisme de contact	441
1. <i>Description d'une auréole métamorphique</i>	441
2. <i>Les trois types de métamorphisme de contact</i>	443
a) Cornéennes à albite et épidote	443
b) Cornéennes à hornblende	443
c) Cornéennes à pyroxène	444
3. <i>Effets du métamorphisme de contact sur différentes séquences</i>	445
4. <i>Etendue des auréoles de contact</i>	449
a) Largeur et volume de l'intrusion	449
b) Qualité de l'intrusion	451
5. <i>Caractère isotrope de la recristallisation</i>	451
6. <i>Polymétamorphisme de contact</i>	453
VII — Métamorphisme de choc (ou métamorphisme d'impact)... ..	456
— <i>Sur la Lune</i>	456
— <i>Sur la Terre</i>	457
VIII — Métasomatisme	461
CHAPITRE 6. — LES ROCHES ÉRUPTIVES. CLASSIFICATION ET	
ROCHES GRENUES	462
I — Définitions	462
II — Origine des magmas	464
A. LE MAGMA GRANITIQUE	464
a) Conditions d'expérience	465
b) Métamorphisme	465
c) Anatexie différentielle	466
d) Anatexie granitique	466
B. LE MAGMA BASALTIQUE	468
C. BEAUCOUP DE GRANITE ET PEU DE RHYOLITE, BEAUCOUP	
DE BASALTE ET PEU DE GABBRO	469
III — Différents types de roches éruptives : Leur classification	470
1. <i>Le grain de la roche : Premier critère de classification</i>	470
2. <i>Les minéraux cardinaux : Deuxième critère de classification</i>	475
3. <i>La classification modale quantitative</i>	476
a) Les divisions	476
b) Les familles	477
c) Les groupes de coloration	477
d) Tableau de classification	477
e) Intérêts et limites de la classification	480
<i>Usage de la classification sur le terrain</i>	480

<i>Notion de fréquence</i>	481
<i>La pétrographie de tiroir</i>	483
<i>Notion de clan</i>	485
IV — Le clan des granites	486
A. PALINGÈNESE DES MAGMAS GRANITIQUES	487
1. <i>Le système expérimental « granitique »</i>	487
2. <i>Variations du minimum M en fonction de la pression</i>	491
3. <i>Variations du minimum M en fonction de la qualité du matériel original</i>	491
B. LES GRANITES DES SÉRIES MÉTAMORPHIQUES	492
C. LES GRANITES PLUTONIQUES	498
1. <i>L'exemple du massif du Sidobre</i>	498
2. <i>Le problème de la mise en place des granites</i>	500
3. <i>Granitisation et tectonique</i>	509
4. <i>Évolutions des granites</i>	511
a) Évolutions à l'échelle du minéral	513
b) Évolutions à l'échelle du gisement	520
c) Évolutions du clan granitique	526
d) Évolutions à l'échelle régionale d'une orogénèse	528
e) Évolutions à l'échelle d'une région soumise à plusieurs orogénèses	530
C. LES « GRANITES EFFUSIFS » (OU RHYOLITES DES PLATEAUX)....	531
V — Le clan des gabbros	534
1. <i>L'exemple du massif de gabbro du Skaergaard</i>	536
a) Variations de la composition modale des roches	537
b) Variations de la composition des minéraux	537
c) Variations de la composition chimique globale des roches	539
d) Mécanisme de la différenciation ignée	539
d1) <i>Séparation de cristaux dans un liquide</i>	541
d2) <i>Séparation de liquides différents</i>	542
d3) <i>Séparation d'ions au sein du magma</i>	544
e) Contamination et assimilation	544
2. <i>Les différents ensembles gabbroïques et ultrabasiques</i>	545
A. LES PÉRIDOTITES ALPINOTYPES	546
A ₁ <i>Les péridotites ophiolitiques</i>	547
1) <i>Description du complexe ophiolitique</i>	547
2) <i>Conditions de mise en place</i>	549
3) <i>Les ophiolites océaniques sub-actuelles</i>	550
A ₂ <i>Les péridotites de haute température</i>	553
1) <i>Péridotites de zones de racine</i>	553

2) Les pipes de lherzolites	556
3) Les pipes de kimberlites	556
B. LES ASSOCIATIONS DE PLATES-FORMES CONTINENTALES	559
C. LES ASSOCIATIONS DE L'ÉCORCE CONTINENTALE : LES COMPLEXES DE CHARNOCKITES	563
VI — Le clan des syénites néphéliniques	566
1. <i>Cristallisation des magmas peralcalins</i>	568
2. <i>Lignée de différenciation sous-saturée, mélanocrate à alcaline</i>	571
3. <i>Lignée de différenciation des roches alcalines sous-saturées à saturées</i>	573
4. <i>Problème des carbonatites</i>	577
CHAPITRE 7. — LES ROCHES VOLCANIQUES	581
I — Origine des produits volcaniques	582
1. <i>Diversité des basaltes</i>	582
a) Les tholeiites	585
b) Les basaltes alcalins à olivine	587
c) Les basanites	587
2. <i>Genèse des basaltes</i>	588
a) Profondeur de genèse basaltique	588
— <i>Données séismologiques</i>	589
— <i>Données tectoniques</i>	589
b) Nature des roches fondues	590
— <i>Roches basaltiques</i>	590
— <i>Roches ultrabasiqes</i>	593
— <i>Roches ultrabasiqes hydratées</i>	597
c) Les mécanismes de genèse des magmas : Fusion partielle	597
— <i>Influence du pourcentage d'eau de l'ultrabasite</i>	599
— <i>Localement, élévation de température ou baisse de pression ?</i>	601
d) Les basaltes primogéniques	612
3. <i>Produits diversifiés des magmas basaltiques</i>	615
a) Laves intermédiaires	615
b) Dynamismes volcaniques liés à la diversification des laves	617
c) La cristallisation fractionnée	619
d) La contamination	622
4. <i>Les termes ultimes de la différenciation</i>	623
A. <i>Rhyolites et rhyolites</i>	625
B. <i>Les phonolites</i>	625

II — Pétrographie des matériaux volcaniques	625
1. <i>Les gaz</i>	628
a) Sources chaudes	630
b) Mofettes et solfatares	630
c) Les fumerolles très chaudes	631
d) Champs géothermiques	634
2. <i>Les laves liquides</i>	636
a) Dynamique des laves	636
b) Refroidissement des laves	641
c) Phénocristaux et microlites des laves	643
3. <i>Les débris clastiques solides</i>	645
a) Projections de cendres et de scories	646
b) Les coulées boueuses ou lahars	647
III — Dynamismes volcaniques	647
A. LES DIVERS DYNAMISMES	649
1. <i>Volcanisme essentiellement lavique</i>	653
a) Les éruptions fissurales	653
b) Les éruptions hawaïennes	657
c) Les éruptions laviques des volcans mixtes	658
2. <i>Volcanisme à dominante clastique</i>	660
3. <i>Volcanisme à extrusions dominantes</i>	662
4. <i>Volcanisme à dominante explosive</i>	664
a) Les explosions à nuées de cendres	664
b) Les explosions à nuées ardentes	669
B. LE VOLCANISME ACTUEL	675
a) Volcanisme à la limite de plaques convergentes	675
b) Volcanisme à la limite de plaques divergentes	677
c) Volcanisme intra-plaque : Hot Spots	679
C. LE VOLCANISME EN FRANCE	681
1. <i>Diverses séries pétrographiques</i>	682
2. <i>Divers types de manifestations volcaniques</i>	684
3. <i>L'âge du volcanisme</i>	685

Collection conçue à l'intention des étudiants,
DUNOD UNIVERSITÉ est adaptée aux enseignements
des universités, des classes préparatoires et des grandes écoles.

DUNOD UNIVERSITÉ comporte trois séries :

Série marron

Ouvrages de base : 1^{er} cycle universitaire et classes préparatoires.

Série orange

Ouvrages fondamentaux : enseignements s'étendant
sur les 1^{er} et 2^e cycles universitaires.

Série violette

Ouvrages de spécialité : deuxième cycle universitaire et formation des ingénieurs.

Ouvrages de cours : bande pleine.

Ouvrages de problèmes et de travaux pratiques : bande hachurée.

Le *Précis de Géologie* comprend 3 volumes consacrés respectivement à la Pétrologie (tome 1), la Paléontologie et la Stratigraphie (tome 2), la Tectonique, la Tectonophysique et la Morphologie (tome 3). Destiné aux étudiants, il donne un panorama général des Sciences de la Terre, l'Océanographie étant traitée dans le tome 1 (Sédimentologie) et le tome 3 (Géophysique). Ni manuel élémentaire, ni traité détaillé, il rassemble le fonds scientifique nécessaire à tout géologue préalablement à toute spécialisation.

Précis de Géologie offers the basic information essential for the geologist, student and professional, who intends to specialize.

It gives a rigorous though general overview of the Earth Sciences : Petrology (vol. 1), Paleontology and Stratigraphy (vol. 2), Tectonics, Tectonophysics and Morphology (vol. 3) ; Oceanology is treated under Sedimentology (in vol. 1) and Geophysics (in vol. 3).