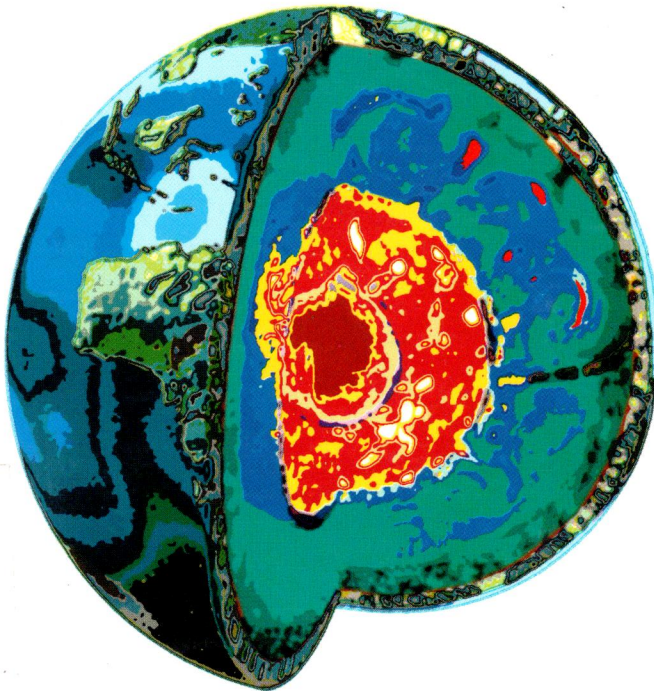


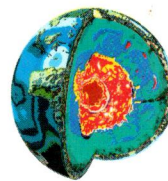
Philippe Vidal

2^e CYCLE • CAPES • AGRÉGATION

Géochimie



DUNOD



Philippe Vidal

GÉOCHIMIE

2^e édition



La plupart des éléments chimiques sont engagés dans des cycles les conduisant alternativement de la surface à la profondeur : la **Géochimie**, science jeune devenue adulte en quelques décennies, a pour objet de reconnaître et de décrire ces cycles et d'établir des bilans de transfert de matière. Associée à la Cosmochimie, elle vise à identifier les processus qui, à partir d'une nébuleuse protosolaire homogène, ont conduit aux différenciations planétaires et intraplanétaires.

Ce livre décrit d'une part les outils méthodologiques et conceptuels à la disposition des géochimistes d'aujourd'hui et, d'autre part, leur application à quatre grands domaines d'étude :

- la formation et la différenciation des objets planétaires ;
- la composition et la dynamique du manteau terrestre ;
- la genèse et l'évolution de la croûte continentale ;
- les processus mettant en jeu les enveloppes superficielles.

Ensemble d'ouvrages où les meilleurs spécialistes font le point sur leur discipline, la série Géosciences, destinée aux étudiants de deuxième cycle comme au public scientifique, présente les sciences de la Terre selon une perspective qui fait la part exacte des acquis traditionnels et des développements les plus récents.

Ouvrage publié avec le concours du Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de la Technologie (DISTNB).



9 782100 037391

ISBN 2 10 003739 0
Code 043739

PHILIPPE VIDAL

Directeur adjoint de l'Institut national des sciences de l'univers (CNRS), professeur à l'université Blaise-Pascal de Clermont-Ferrand.

MATHÉMATIQUES

PHYSIQUE

CHIMIE

PHYSIQUE APPLIQUÉE

INFORMATIQUE

SCIENCES DE LA NATURE
ET DE LA VIE

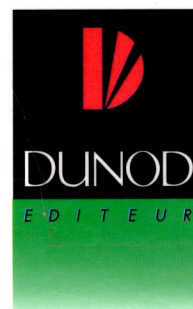


Table des matières

Préface	9
Avant-Propos	11
Chapitre 1 • Éléments, isotopes, radioactivité	13
1. Éléments, isotopes	13
2. Radioactivité	15
2.1 <i>Lois de la radioactivité</i>	15
2.2 <i>Types de radioactivité</i>	16
2.3 <i>Familles radioactives</i>	16
Chapitre 2 • Lois de répartition des éléments en traces	17
1. Éléments majeurs et en traces, règles de substitution	17
2. Affinités	18
3. Terres Rares (TR)	19
4. Géochimie descriptive	20
4.1 <i>Diagrammes géotectoniques discriminants</i>	20
4.2 <i>Diagrammes de TR étendus</i>	21
5. Modélisation des processus	23
5.1 <i>Problème direct, méthodes inverses</i>	23
5.2 <i>Coefficients de partage</i>	24
5.3 <i>Fusion partielle</i>	25
5.4 <i>Cristallisation fractionnée</i>	28
5.5 <i>Fractionnements magmatiques</i>	29
5.6 <i>Mélanges</i>	31
Chapitre 3 • Isotopes stables	35
Introduction	35
1. Notations	35
2. Processus de fractionnement isotopique	36
2.1 <i>Réactions d'échange isotopique</i>	36
2.2 <i>Effets cinétiques</i>	37
2.3 <i>Changements d'état</i>	37

3. Oxygène et hydrogène	37
3.1 Cycle exogène	38
3.2 Cycle endogène	41
4. Bore	44
5. Carbone	45
6. Azote	46
7. Soufre	47
Chapitre 4 • Isotopes radiogéniques	49
1. Principe des datations radiométriques	49
1.1 Équation de l'âge, systèmes clos, systèmes ouverts	49
1.2 Lois de la diffusion	50
2. Méthode rubidium-strontium	52
2.1 Distribution de Rb et Sr, radioactivité du Rb	52
2.2 Diagramme d'évolution isotopique	53
2.3 Méthode des isochrones	54
2.4 Géochimie isotopique du strontium	57
3. Méthode samarium-néodyme	60
3.1 Introduction	60
3.2 Radioactivité du samarium, notations	60
3.3 Diagramme isochrone	62
3.4 Géochimie isotopique du néodyme	62
4. Méthodes lanthane-cérium et lutétium-hafnium	64
5. Méthode rhénium-osmium	65
6. Méthodes uranium-thorium-plomb	66
6.1 Constantes radioactives	66
6.2 Âges $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ et U-Pb	66
6.3 Diagrammes isochrones	67
6.4 Diagramme Concordia	68
6.5 Évolution du Pb terrestre, méthode Pb-Pb ou Pb commun	72
7. Méthodes potassium-argon, argon-argon	79
7.1 Radioactivité du potassium	79
7.2 Âges conventionnels et isochrones	79
7.3 Champ d'application et interprétation des données	80
7.4 Méthode argon-argon	81
8. Géochronologie des socles, métamorphisme, thermochronologie	83
8.1 Métamorphismes de contact et général	83
8.2 Thermochronologie	86
9. Méthodes de datation des événements récents	87
9.1 Traces de fission	88
9.2 Déséquilibres radioactifs	89
9.3 Isotopes cosmogéniques	92

Chapitre 5 • Du Big Bang à la Terre	95
Introduction : âge de l'Univers et âge des éléments	95
1. Nucléosynthèse	96
2. Formation du système solaire	98
2.1 <i>Radioactivités éteintes</i>	98
2.2 <i>Anomalies isotopiques</i>	99
2.3 <i>Séquence de condensation et formation des planètes</i>	101
3. Terre et Lune	103
3.1 <i>Composition et origine de la Lune</i>	104
3.2 <i>Composition de la Terre</i>	109
Chapitre 6 • Noyau et manteau	109
1. Noyau	109
1.1 <i>Composition</i>	109
1.2 <i>Formation</i>	109
2. Le manteau	110
2.1 <i>Le manteau sous-océanique</i>	110
2.2 <i>Le manteau sous-continental</i>	119
Chapitre 7 • Genèse et évolution des continents	123
Introduction	123
1. Origine de la croûte continentale	124
1.1 <i>Manteau primitif, manteau appauvri, croûte continentale</i>	124
1.2 <i>Les magmas liés aux zones de subduction</i>	125
1.3 <i>Le volcanisme intraplaque continental</i>	128
2. Composition de la croûte continentale	128
2.1 <i>La croûte continentale supérieure</i>	128
2.2 <i>La croûte continentale inférieure</i>	129
2.3 <i>Composition globale de la croûte continentale</i>	132
3. Les plus vieux témoins crustaux et l'ère hadéenne	132
4. Croissance crustale au Précambrien ancien : le Groenland	134
5. Variations séculaires et modèles de croissance	137
5.1 <i>Variations séculaires</i>	137
5.2 <i>Modèles de croissance crustale</i>	139
5.3 <i>Relations croûte-manteau</i>	143
Chapitre 8 • Enveloppes superficielles	145
Introduction	145
1. L'atmosphère	145
1.1 <i>Constituants principaux</i>	146
1.2 <i>Traces</i>	147
1.3 <i>Origine et modèles de dégazage</i>	149

2. Hydrosphère	153
2.1 <i>Temps de résidence</i>	153
2.2 <i>Isotopes du strontium</i>	155
2.3 <i>Isotopes du néodyme et Terres Rares</i>	157
2.4 <i>Déséquilibres radioactifs</i>	159
2.5 <i>Isotopes cosmogéniques</i>	160
3. La Géochimie et l'homme : le réacteur naturel d'Oklo	161
 Annexes	
Annexe I Classification périodique	165
Annexe II Masses atomiques	166
Annexe III Rayons ioniques	168
Annexe IV Familles radioactives	171
Annexe V Compositions des chondrites carbonées CI, du manteau primitif, des MORB, de la croûte continentale, des océans	172
Annexe VI Techniques analytiques	175
1. <i>Qualités d'un appareillage, précision, standards</i>	175
2. <i>Principales techniques analytiques</i>	178
 Bibliographie	183
 Index	189