

Géochimie

STU S5



Shop

- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



Etudier

Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



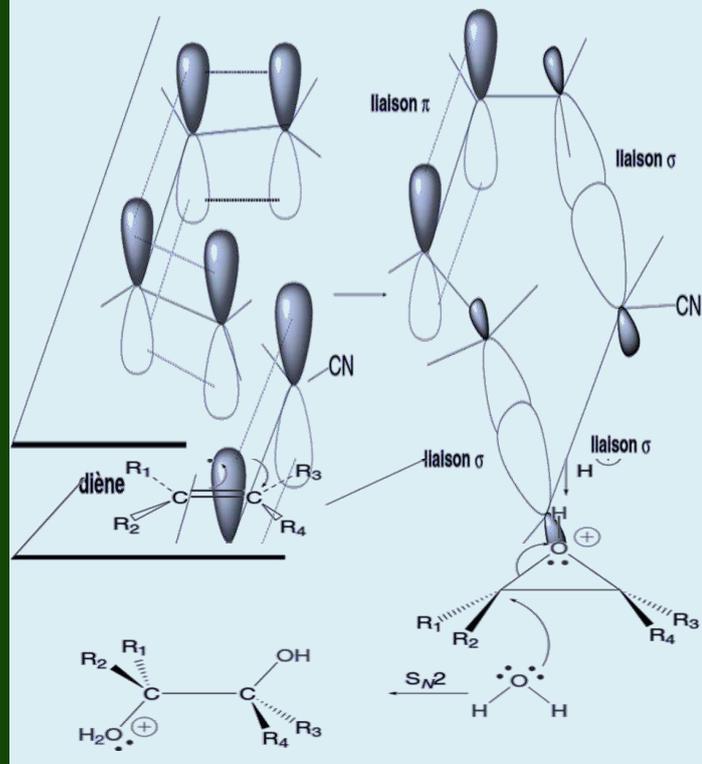
Emploi

- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE

LICENCE 2 & 3

SCIENCE DE LA TERRE ET DES
RESSOURCES MINIERES

MINES GEOLOGIE PETROLE



Géochimie

COURS ET EXERCICES

- Cours conforme au programme
- De multiples exercices d'application
- De multiples exercices d'approfondissement

1^{ère} édition



Géochimie

COURS ET EXERCICES

Licence 2 & 3

M. OUATTARA Amidou

1^{ère} édition



TABLE DES MATIERES

CHAPITRE 1

GENERALITES5

- 1. 1 Histoire de la Géochimie5
- 1. 2 Quelques définitions ou terminologie6

ExercicesPratiques

CHAPITRE 2

LA REPARTITION DES ELEMENTS GEOCHIMIQUES DANS LES ROCHES.....9

- 2. 1 Dispersion primaires9
- 2. 2 Dispersion secondaires9
- 2. 3 Le Clarke9
 - 2. 3. 1 Les éléments majeurs10
 - 2. 3. 1 Les éléments en traces **Erreur ! Signet non défini.**
 - a) Comportement des éléments en traces au cours des processus magmatiques **Erreur ! Signet non défini.**
 - b) Notion de potentiel chimique11
 - c) Quelques modèles de comportement des éléments en trace.....11
 - d) le comportement géochimique de quelques familles d'éléments en traces
 - d-2 Les éléments de la famille des terres rares.....11

ExercicesPratiques

CHAPITRE 3

COMPORTEMENT DES ELEMENTS GEOCHIMIQUES.....

- 3. 1- L'Atome **Erreur ! Signet non défini.**
 - 3.1.1- Nombres quantiques et remplissage des couches électroniques..... **Erreur ! Signet non défini.**
 - 3.1.1.1. Les nombres quantiques..... **Erreur ! Signet non défini.**
 - 3.1.1.2. Principe de remplissage des orbitales **Erreur ! Signet non défini.**
- 3. 2- La molécule
- 3. 3 Les liaisons chimiques **Erreur ! Signet non défini.**
- 3. 4 Formation des cristaux

3. 4.1 L'Etat solide	
3. 4.2 L'Etat liquide.....	Erreur ! Signet non défini.
3. 4.3 L'Etat gazeux	
3. 5 Les changements d'états de la matière	Erreur ! Signet non défini.
3. 6. La classification des éléments	Erreur ! Signet non défini.
3.6.1. Historique de la classification périodique.....	Erreur ! Signet non défini.
3. 6. 2. Classification périodique des éléments (Mendeleïev, 1869)	Erreur ! Signet non défini.
3. 6. 3. Classification de Goldschmidt	Erreur ! Signet non défini.
3. 6. 4. Autres classifications	Erreur ! Signet non défini.
a) les Séries chimiques	
b) classification selon leur T° de genèse	Erreur ! Signet non défini.
3. 7. Les propriétés des éléments géochimiques	Erreur ! Signet non défini.
3.7.1. L'approche de Goldschmidt.....	Erreur ! Signet non défini.
3.7.2. le potentiel d'oxydation.....	
3. 8. Altération superficielle (surface des continents et fond des eaux).....	Erreur ! Signet non défini.
3.8.1 facteurs contrôlant l'altération	Erreur ! Signet non défini.
3.8.2 les agents de l'altération	Erreur ! Signet non défini.

Exercices Pratiques

CHAPITRE 4

PREPARATION DES ECHANTILLONS ET METHODES D'ANALYSES

.....	Erreur ! Signet non défini.
4.1 préparation des échantillons	Erreur ! Signet non défini.
4. 2 les méthodes d'analyses	Erreur ! Signet non défini.
a) Méthodes physico-chimiques	Erreur ! Signet non défini.
b) Méthodes optiques	Erreur ! Signet non défini.
4.3 Sélection d'une méthode analytique.....	Erreur ! Signet non défini.
4.4 Traitement des données géochimiques	Erreur ! Signet non défini.

EXERCICES

Exercices.....	13
----------------	-----------

GENERALITES

INTRODUCTION

La Géochimie est l'étude de la chimie de la terre ou du moins de ses enveloppes accessibles à l'homme. Pour y parvenir, elle met en œuvre les outils et les concepts de la chimie et de la géologie. C'est une discipline des géosciences. Elle étudie la composition chimique et isotopique des matériaux géologiques (roche, eau, sol, gaz, minéraux...), et plus particulièrement, le comportement et le caractère des différents éléments dans l'écorce terrestre, leur migration, dispersion, concentration et abondance.

La géochimie offre de nos jours, une vision globale de l'abondance, de la distribution et du comportement des éléments chimiques dans la plupart des processus géologiques qui ont marqué notre planète.

La géochimie permet une classification et une compréhension de plus en plus fine de la genèse et de la dynamique des systèmes géologiques et des cycles. La connaissance de ces cycles offre la possibilité de reconstituer l'histoire de la terre, de comprendre les phénomènes et de mieux gérer les ressources et les matériaux terrestre.

La géochimie occupe de nos jours une place privilégiée dans l'exploration minière. Elle aide à la localisation des gisements tant secondaires que primaires. Selon la nature de l'échantillon prélevé, on distingue la *lithogéochimie* (roche saine), la *pédogéochimie* (sol), le *Stream sédiment* (sédiment de ruisseau), la *biogéochimie* (êtres vivants : animaux et végétaux), la *géochimie atmosphérique* (gaz, air) et l'*hydrogéochimie* (eau).

1. 1 HISTOIRE DE LA GEOCHIMIE

Le mot géochimie fut créé en 1838 par **Christian Friedrich SCHÖNBEIN** qui découvrit l'ozone. Déjà les premiers chimistes comme LAVOISIER, tentaient de comprendre l'histoire des éléments chimiques. Mais ce sont les minéralogistes qui furent à la source de grands progrès. L'Américain W. Clarke publia en 1889, les premières études sur la composition moyenne de l'écorce terrestre. Le russe V. VERNADSKI proposa en 1917 une classification géochimique des éléments qui fut rejeté, car basée sur plusieurs critères.

La classification moderne est celle de GOLDSCHMIDT en relation avec le système périodique. Elle s'appuie sur les affinités et la structure électronique des différents éléments de la terre.

La Géochimie a connu un essor important dans la seconde moitié du XX^e siècle grâce aux isotopes et le développement d'outils performants pour le dosage et l'analyse quantitative des éléments chimiques et de leurs isotopes. Grâce à la géochronologie isotopique, le temps est devenu mesure, durée et l'histoire géologique ont enfin un calendrier.

Aujourd'hui, la géochimie est devenue une science complète applicable à tous les domaines de la géoscience.

1. 2 QUELQUES DEFINITIONS OU TERMINOLOGIE

- ① **GEOCHIMIE** : C'est la science qui étudie l'abondance, la distribution, la migration et l'accumulation des éléments chimiques dans la terre (lithosphère, atmosphère, biosphère et hydrosphère).
- ② **CLARKE** : c'est la teneur moyenne d'un élément chimique dans la lithosphère solide.
- ③ **FOND GEOCHIMIQUE** ou **BACKGROUND** ou **TENEUR DE FOND** : c'est l'abondance normale d'un élément dans un environnement étudié en dehors de tout apport extérieur. On parle de Fond Local ou Local Background, lorsque cette teneur se limite à une zone bien délimitée et de Fond Régional, lorsque cette anomalie couvre une grande étendue et ayant une certaine unicité géochimique.
- ④ **TENEUR** : c'est le contenu exact déterminé d'un élément ou d'une substance dans un corps donné. Elle est exprimée en g/t, en ppm (partie par million), en mg/t ou en ppb (partie par milliard) ou en % pour les éléments majeurs.
- ⑤ **TENEUR LIMITE** ou **TENEUR DE COUPURE** : elle se définit comme la teneur en dessous de laquelle une mine ne peut être exploitée économiquement.
- ⑥ **ANOMALIE GEOCHIMIQUE** : C'est la teneur la plus élevée.....**Le livre est disponible dans nos points de ventes. Acheter le et vous aurez tout le contenu en entier. Faites vos commandes, Nous entrerons en possession du document sous l'autorisation de M. Amidou OUATTARA et votre livre sera dans vos mains. [Allez-y maintenant.](#)**

☞ **ANOMALIE ALLOGENE** ou **ANOMALIE DE SURIMPOSITION** :

☞ **ANOMALIE AUTHIGENE** ou **ANOMALIE DE REPARTITION** :

☞ **ANOMALIE DE FUITE** :

☞ **FAUSSE ANOMALIE** :

☞ **ANOMALIE FORMATIONNELLE** :

⑦ **EFFETS PEDOGENETIQUES** :.....

⑧ **SOL RESIDUEL** : On appelle sol résiduel un sol..... **Le livre est disponible dans nos points de ventes. Acheter le et vous aurez tout le contenu en entier. Faites vos commandes,**

Nous entrerons en possession du document sous l'autorisation de **M. Amidou OUATTARA** et votre livre sera dans vos mains. [Allez-y maintenant.](#)

9 ELEMENT INDICATEUR OU INDICE :.....

Type de minéral	Eléments indicateurs	Eléments accompagnateurs
Porphyre cuprifère (grands cristaux de feldspath dans une pate aphanitique contenant du cuivre)	Cu, Mo	Zn, Mn, Au, Rb, Te, Ti
Sulfures complexes	Cu, Zn, Ag, Au	Hg, As, SO ₄ , Sb, Se, Cd
Veine (filon) de métal précieux	Au, Ag	As, Sb, Te, Mn, Hg, F, Bi, B
Gisement d'uranium	U	Se, Mo, V, Ru, Cu, Bi, As, Co
Gisement ultrabasique	Pt, Cr, Ni	Co, Cu, Pd

Tableau 1: Quelques éléments Accompagnateurs et éléments indicateurs associés à quelques types de mineraïs

10 TRAIN DE DISPERSION : Distribution le long de cours d'eau de **Le livre est disponible dans nos points de ventes. Acheter le et vous aurez tout le contenu en entier. Faites vos commandes, Nous entrerons en possession du document sous l'autorisation de M. Amidou OUATTARA et votre livre sera dans vos mains. [Allez-y maintenant.](#)**

11 DISPERSION GEOCHIMIQUE :

12 PROSPECTION EN SOL RESIDUEL :

13 PROSPECTION EN SOL NON RESIDUEL :

1. 3 SYMBOLE CHIMIQUE DES ELEMENTS

Toutes les entités possédant le même numéro atomique, noté Z, définissent un élément chimique. Chacun d'eux est représenté par un symbole qui permet de l'identifier. Pour un élément donné, Z représente son nombre d'électrons mais aussi son nombre de protons, ces deux valeurs étant toujours égales du fait de la neutralité de l'atome (uniquement lorsque l'élément est neutre).

Le chimiste Suédois Jöns Jacob Berzelius (1779-1848) est à l'origine des symboles chimiques que nous utilisons, en définissant un système typographique fondé sur l'alphabet latin : une lettre majuscule, parfois suivie d'une lettre minuscule, sans point marquant normalement une abréviation, dans une démarche universaliste qui a conduit à l'adoption de symbole issus du néolatin de l'époque moderne.

Na <Natrium = Sodium	S <Sulfur= Soufre	Cl <Chlorum = Chlore
O <Oxygenium = Oxygène	Sn <Stannum = Etain	Cu <Cuprum = Cuivre
P <Oosphorus = Phosphore	Ag <Argentum = Argent	Fe <Ferrum = Fer
Pb <Plumbum = Plomb	Au <Aurum = Or	Hg <Hydrargyrum = Mercure
Sb <Stibium = Antimoine	N <Nitrogenum = Azote	
K <Kalium = Potassium	C <Carbonium = Carbone	

Tableau 2: Quelques éléments chimiques

[Cliquer ici pour voir les Exercices](#)

LA REPARTITION DES ELEMENTS GEOCHIMIQUES DANS LES ROCHES

2

INTRODUCTION

La répartition ou dispersion des éléments chimiques met en évidence leur dynamisme. En effet, les éléments chimiques sont engagés dans divers processus ou phénomènes dont l'aboutissement est leur distribution ou accumulation dans la lithosphère, l'atmosphère, l'hydrosphère et la biosphère. Ces environnements de dépôts permettent ainsi, de distinguer deux types de dispersions ou de minéralisation. Celles liées aux processus endogènes (roches magmatiques et métamorphiques) dites *minéralisations primaires, endogènes, synchrones, syngénétiques*, car contemporaines à la mise en place de l'encaissant. Celles liées aux processus exogènes (sédiments et roches exogènes : sédimentaires, résiduelles) dites *minéralisations secondaires, anachrones, post génétiques (épigénétique), exogènes*, car ultérieures à l'encaissant. Le cycle géochimique est donc la base fondamentale de la formation des roches et donc de la ségrégation des minéralisations.

2. 1 DISPERSIONS PRIMAIRES

Le livre est disponible dans nos points de ventes. Acheter le et vous aurez tout le contenu en entier. Faites vos commandes, Nous entrerons en possession du document sous l'autorisation de M. Amidou OUATTARA et votre livre sera dans vos mains. [Allez-y maintenant.](#)

2. 2 DISPERSIONS SECONDAIRES

Le livre est disponible dans nos points de ventes. Acheter le et vous aurez tout le contenu en entier. Faites vos commandes, Nous entrerons en possession du document sous l'autorisation de M. Amidou OUATTARA et votre livre sera dans vos mains. [Allez-y maintenant.](#)

2. 3 LE CLARKE

Le livre est disponible dans nos points de ventes. Acheter le et vous aurez tout le contenu en entier. Faites vos commandes, Nous entrerons en possession du document sous l'autorisation de M. Amidou OUATTARA et votre livre sera dans vos mains. [Allez-y maintenant.](#)

Exemple : le Clarke de l'Aluminium (Al) dans l'écorce terrestre est de 8,13%

Éléments chimiques	Al	Fe	Ti	Zn	Ni	Cu	Sn	Ca	Pb	Mo	Ag	Pt	Au
Clarke (g/t)	8130	5000	4400	132	80	70	40	23	16	15	0,7	0,005	0,005
Clarke en %	8,13	5,01	4,4	0,132	0,08	0,07	0,04	0,023	0,016	0,015	$7 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-5}$

Tableau 3: Clarke de quelques éléments chimiques dans l'écorce terrestre

Ces teneurs moyennes sont l'œuvre de Clarke et Washington et ont été déterminées à une profondeur de 16 km à partir de la surface.

Sur la base de leur teneur moyenne, les éléments de l'écorce terrestre ont été scindés en deux groupes géochimiques : *les éléments majeurs* et *les éléments en traces*.

2. 3. 1 Les éléments majeurs

On appelle éléments majeurs tous les éléments dont la teneur dans les échantillons analysés est supérieure à 0,1%. **Le livre est disponible dans nos points de ventes. Acheter le et vous aurez tout le contenu en entier. Faites vos commandes, Nous entrerons en possession du document sous l'autorisation de M. Amidou OUATTARA et votre livre sera dans vos mains. [Allez-y maintenant.](#)**

La plus connue et la plus utilisée des normes en pétrologie moderne est la **norme** **Le livre est disponible dans nos points de ventes. Acheter le et vous aurez tout le contenu en entier. Faites vos commandes, Nous entrerons en possession du document sous l'autorisation de M. Amidou OUATTARA et votre livre sera dans vos mains. [Allez-y maintenant.](#)**

Exemple : Au terme d'un phénomène magmatique se forme le granite. De quel phénomène s'agit-il ? Donnez le nombre de phase selon l'ordre de cristallisation puis donnez l'équation mathématique qui exprime mieux le phénomène.

Le phénomène est la cristallisation fractionnée, c'est une cristallisation séquentielle au cours de laquelle les minéraux formés se séparent du liquide parent. Le nombre de phases est de trois (03) : Feldspath (F) ; Micas (M) et Quartz (Q).

L'équation mathématique est la suivante :

- à l'état initial (à T_0), le magma est encore liquide : $f = 1$
- à T_1 :
- à T_2 :
- à T_3 :..... les minéraux formés précédemment réagissent avec le liquide résiduel pour former le quartz. Le liquide est entièrement cristallisé, $f = 0$.

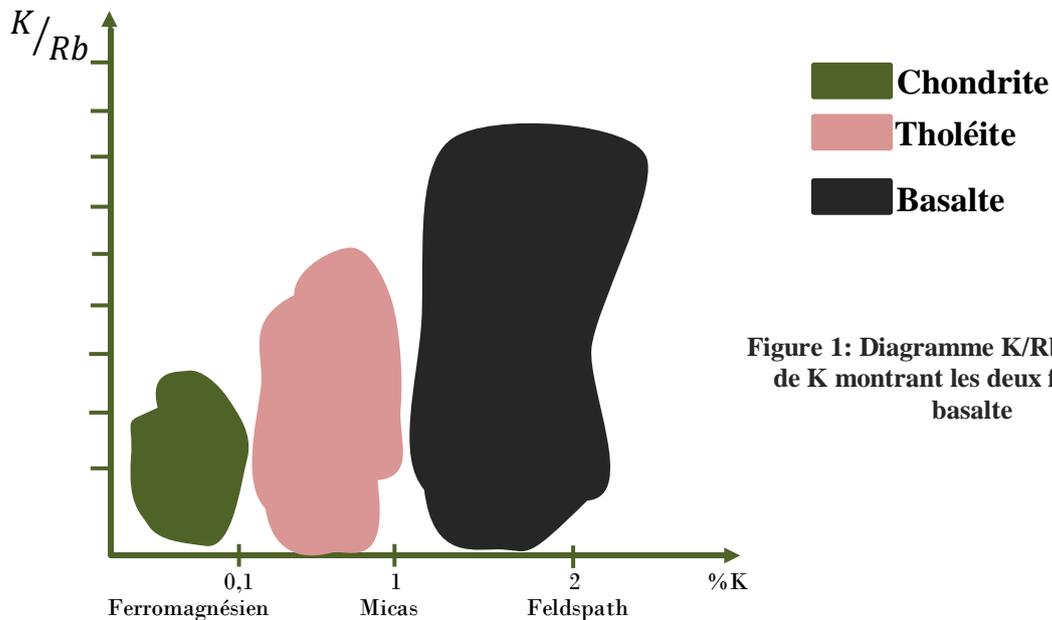
Le livre est disponible dans nos points de ventes. Acheter le et vous aurez tout le contenu en entier. Faites vos commandes, Nous entrerons en possession du document sous l'autorisation de M. Amidou OUATTARA et votre livre sera dans vos mains. [Allez-y maintenant.](#)

b) Notion de potentiel chimique

LeLe livre est disponible dans nos points de ventes. Acheter le et vous aurez tout le contenu en entier. Faites vos commandes, Nous entrerons en possession du document sous l'autorisation de M. Amidou OUATTARA et votre livre sera dans vos mains. Allez-y maintenant.....le potentiel de i dans les deux phases. Si $\mu^i_\alpha > \mu^i_\beta$, alors i va migrer vers Beta de façon à réaliser l'égalité $\mu^i_\alpha = \mu^i_\beta$. Ainsi du point de vue thermodynamique, la répartition d'un élément entre différentes phases s'effectue de sorte à tendre vers l'égalité des potentiels chimiques de cet élément dans les différentes phases. Le rapport $i^\alpha / i^\beta = Kd$ est une constante à une température donnée est appelé **coefficient de partage** ou de **distribution thermodynamique**.

c) Quelques modèles de comportement des éléments en trace

Le livre est disponible dans nos points de ventes. Acheter le et vous aurez tout le contenu en entier. Faites vos commandes, Nous entrerons en possession du document sous l'autorisation de M. Amidou OUATTARA et votre livre sera dans vos mains. Allez-y maintenant.



d-2 Les éléments de la famille des terres rares

Le livre est disponible dans nos points de ventes. Acheter le et vous aurez tout le contenu en entier. Faites vos commandes, Nous entrerons en possession du document sous l'autorisation de M. Amidou OUATTARA et votre livre sera dans vos mains. Allez-y maintenant.

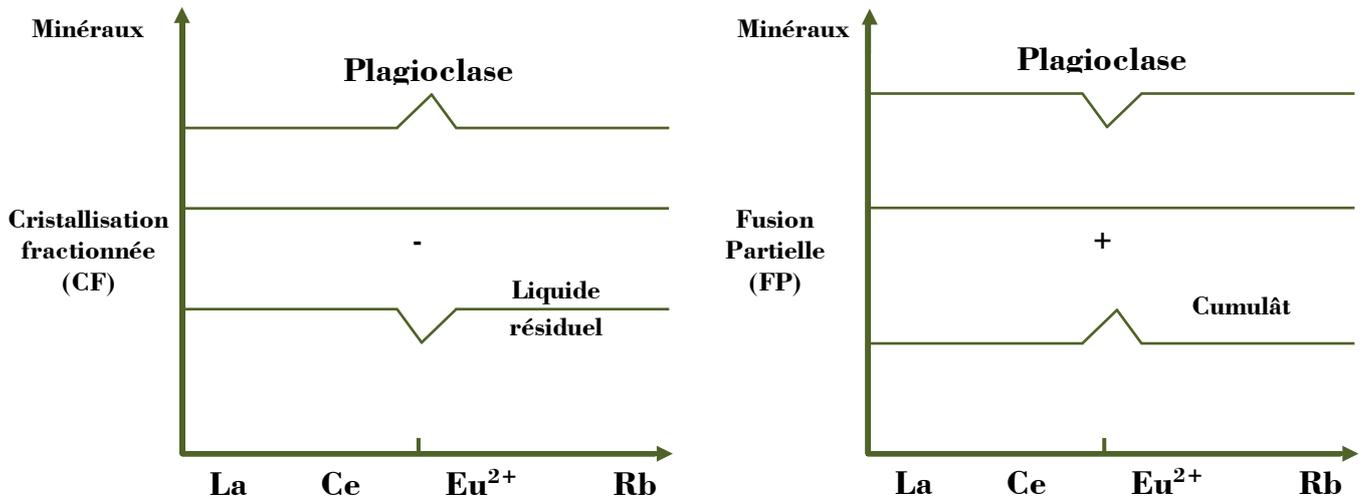


Figure 2: Complémentarité de l'anomalie de l'Europium dans les basaltes au cours de deux processus magmatiques.

POUR VOIR LES AUTRES CHAPITRES DU LIVRE, ACHETER LE VITE !

Le livre est disponible dans nos points de ventes. Acheter le et vous aurez tout le contenu en entier. **Faites vos commandes**, Nous entrerons en possession du document sous l'autorisation de **M. Amidou OUATTARA** et votre livre sera dans vos mains. [Allez-y maintenant.](#)



Exercices



Exercice n°1

Ces phrases contiennent des fautes, identifier ces fautes et proposer la correction idoine

- 1- La minéralisation secondaire s'opère dans les processus endogènes lors de l'altération.
- 2- Le train de dispersion est le contenu exact déterminé d'un élément dans un corps ou une substance donnée.
- 3- L'énergie qui régule l'équilibre chimique lors de la cristallisation fractionnée est le potentiel ionique.
- 4- Les éléments dont les teneurs dans les échantillons analysés **Le livre est disponible dans nos points de ventes. Acheter le et vous aurez tout le contenu en entier. Faites vos commandes, Nous entrerons en possession du document sous l'autorisation de M. Amidou OUATTARA et votre livre sera dans vos mains. [Allez-y maintenant.](#)**n'excèdent.
- 5- .
- 6- .
- 7- .
- 8- .
- 9- .

Exercice n°2



Trouver le contraire, et proposer un synonyme des mots suivants :

- 1-Dispersion primaire ; 2- ...; 3-...; 4-.. ; 5-.. ; 6-Cristallisation ; 7-....

Le livre est disponible dans nos points de ventes. Acheter le et vous aurez tout le contenu en entier. Faites vos commandes, Nous entrerons en possession du document sous l'autorisation de M. Amidou OUATTARA et votre livre sera dans vos mains. [Allez-y maintenant.](#)



Exercice n°3

- 1-Quels sont les critères d'évaluation d'une méthode d'analyse.
- 2- **Le livre est disponible dans nos points de ventes. Acheter le et vous aurez tout le contenu en entier. Faites vos commandes, Nous entrerons en possession du document sous l'autorisation de M. Amidou OUATTARA et votre livre sera dans vos mains. [Allez-y maintenant.](#)**
- 5-Donner les groupes géochimiques

6- soit les équations mathématiques suivantes : $T_0 : F= 1$ et $T_1 : F =1-X =0$;

6.a- Donnez le nombre **Le livre est disponible dans nos points de ventes. Acheter le et vous aurez tout le contenu en entier. Faites vos commandes, Nous entrerons en possession du document sous l'autorisation de M. Amidou OUATTARA et votre livre sera dans vos mains. Allez-y maintenant.**

7- géochimiques.

Exercice n°14



Choisir la bonne proposition

1-l'analyse de l'échantillon vise à déterminer :

- a- le Clark
- b- la teneur
- c- le background

Le livre est disponible dans nos points de ventes. Acheter le et vous aurez tout le contenu en entier. Faites vos commandes, Nous entrerons en possession du document sous l'autorisation de M. Amidou OUATTARA et votre livre sera dans vos mains. Allez-y maintenant.

Exercice n°16



Un phénomène magmatique est formalisé par le modèle suivant : $(T_0 : f=1)$; $(T_1 : f=1-x)$; $(T_2 : f=(1-x)-y)$ et $(T_3 : f=(((1-x)-y-z)=0))$ avec T = temps de réalisation du phénomène, f = fraction liquide, x , y et z des phases du système.

Le livre est disponible dans nos points de ventes. Acheter le et vous aurez tout le contenu en entier. Faites vos commandes, Nous entrerons en possession du document sous l'autorisation de M. Amidou OUATTARA et votre livre sera dans vos mains. Allez-y maintenant.

Exercice n°18



QUI SUIS-JE ?

- 1- Je reste indispensable dans les facteurs de substitution ionique.
- 2- Teneur nominale d'un élément chimique dans un environnement donné.

- 3- Je trahi par ma présence.
- 4- **Le livre est disponible dans nos points de ventes. Acheter le et vous aurez tout le contenu en entier. Faites vos commandes, Nous entrerons en possession du document sous l'autorisation de M. Amidou OUATTARA et votre livre sera dans vos mains. [Allez-y maintenant.](#)** On nous doit les associations atomiques naturelles.
- 5-
- 6- .
- 7- .
- 8- .
- 9- .
- 10-
- 11-Je suis un leurre.
- 12-
- 13-Je suis un constituant fondamental de la matière.



Exercice n°23

Le livre est disponible dans nos points de ventes. Acheter le et vous aurez tout le contenu en entier. Faites vos commandes, Nous entrerons en possession du document sous l'autorisation de M. Amidou OUATTARA et votre livre sera dans vos mains. [Allez-y maintenant.](#)

POUR VOIR LES AUTRES EXERCICES DU LIVRE, ACHETER LE VITE !

Le livre est disponible dans nos points de ventes. Acheter le et vous aurez tout le contenu en entier. Faites vos commandes, Nous entrerons en possession du document sous l'autorisation de M. Amidou OUATTARA et votre livre sera dans vos mains. [Allez-y maintenant.](#)

01

Tchiééé, c'est quel TD ça ? C'est trop difficile...

Ah ça, je dois avoir un livre pour mieux comprendre le cours, afin de mieux affronter mes exercices.

Mais où puis-je trouver ce livre ?
Comment faire pour l'avoir ?



02

Facile, moi je peux t'aider.
Il te suffit seulement de suivre
La procédure que je t'offre
ci-dessous et tu as ton
Livre !



03

PROCEDURE

1- Appel vite au +225 44865464/ +225 47139088/ 77023097

ou écris à leroiani@gmail.com pour prendre tous les renseignements ;

2- Fais la commande en donnant toutes tes adresses : Oui pour faciliter l'échange !

3-



4- Reçois ton livre



Géochimie

Ce cours est destiné aux étudiants de la licence 2 & 3 de Géologie des Mines et du Pétrole ou des Sciences de la Terre et des ressources minières. Il présente les éléments

Bon courage



LIENS UTILES 🙌

Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

