

Epreuve - Matière : 101- 9311

Session : 2025

CONSIGNES

- Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuillet officiel, la zone d'identification en MAJUSCULES.
- Remplir soigneusement le cadre relatif au concours OU à l'examen qui vous concerne.
- Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.
- Rédiger avec un stylo à encre foncée (bleue ou noire) et ne pas utiliser de stylo plume à encre claire.
- N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuillet officiel.
- Numéroté chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) sur le nombre total de pages que comporte la copie (y compris les pages vierges).
- Placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre de numérotation des pages.

L'eau est une ressource vitale pour les êtres vivants qui leur permet d'assurer leurs différentes fonctions. Cette eau est présente à la surface de la Terre sous différentes formes dont les fluides aqueux qui peuvent être définis comme une phase mobile à l'état liquide. L'eau joue un rôle prépondérant dans la formation des paysages magnifiques devant lesquels s'émerveillent des artistes, comme Claude Monet qui a peint les falaises d'Etretat. Ses falaises sont des modèles géomorphologiques composés de roches qui peuvent être définies comme un assemblage de minéraux à l'état solide.

Ainsi, lors de cette étude, nous allons essayer de répondre aux questions suivantes :

Quel rôle occupe l'eau dans la formation des roches ? Quel rôle occupe-t-elle dans leur érosion ? Leur transformation ? Leur place dans la formation des ressources minérales ?

Pour répondre à ces questions, nous allons tout d'abord aborder le rôle de l'eau dans la formation des roches, puis nous nous intéresserons à leur érosion et écoulement et finalement à leur modification en lien avec la molécule d'eau.

I/ Les fluides aqueux sont impliqués dans la genèse des roches

A/ Les roches magmatiques sont formées à partir d'un magma

Un magma peut être défini comme une phase liquide contenant des cristaux.

A.1/ Les magmas primaires sont issus de la fusion partielle du manteau

Les magmas sont issus de la fusion partielle du manteau à partir de deux processus : la décompression adiabatique et l'abaissement du solidus par hydratation.

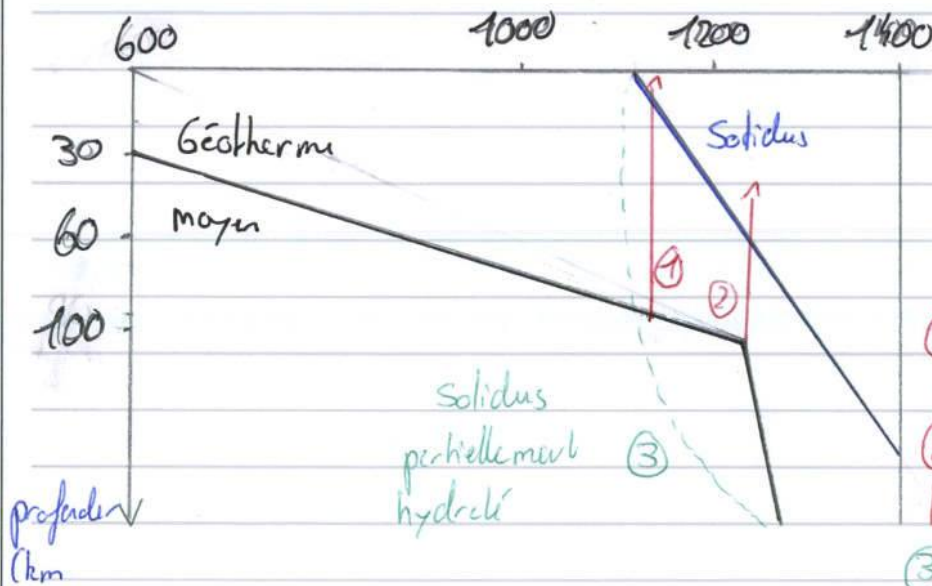


Figure 1: Evolution du géotherme et processus de fusion partielle

- ① Décompression adiabatique à l'épave de la ride
- ② Décompression adiabatique type point chaud
- ③ Abaissement du solidus par hydratation

Ce graphique présente les différents processus de formation de magmas à partir du manteau. Ces magmas primaires ont une composition basaltique car ils sont issus de la fusion partielle

de la périodolite dont la composition à l'eulitique (point de la 1^{ère} goutte de liquide) a une composition basaltique. L'origine de ces basaltes définissent les MORB (origine ride), les OIB (Ocean Island basalt, de point chaud) et les IAB (Island Arc Basalt, subduction).

Sur le document 3A, nous pouvons observer un diagramme de phase du système forstérite, Diopside, Quartz.

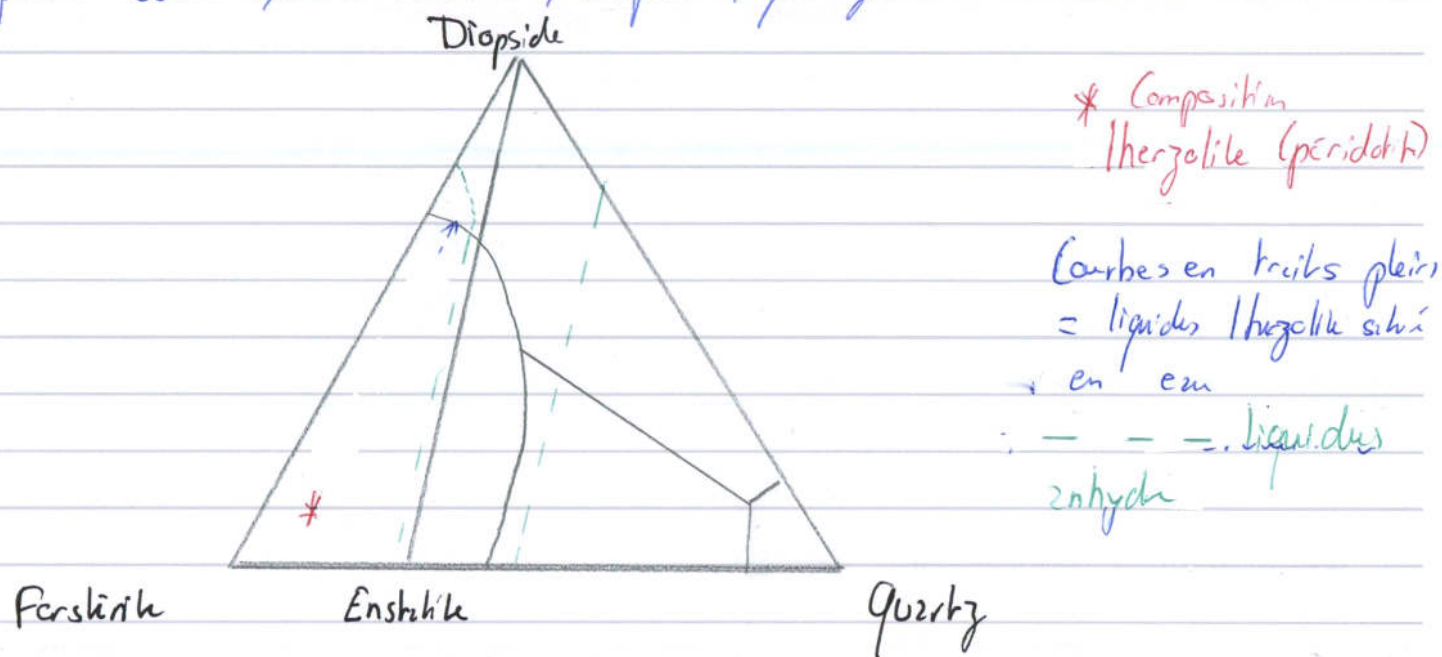


Figure 2: Diagramme Diopside - Forstérite - Quartz

La therzolite est composée d'olivine, clinopyroxène et orthopyroxène. L'évolution du liquide en fonction de la saturation en eau montre un positionnement différent dans le diagramme. Il montre que le liquide anhydre est plus proche du pôle forstérite et diopside. Le point à l'eulitique est également déplacé à une température de $\approx 1200^{\circ}\text{C}$ pour la therzolite anhydre et ≈ 700 pour la therzolite saturée en eau. Cela montre un abaissement de la température de fusion pour la therzolite hydratée.

Le document 3B montre la mobilité des éléments en traces d'une amphibolitite (roche basique hydratée à la dorsale) déshydratée. Le liquide émit est enrichi en LREE et plus appauvri en HREE. On remarque également une anomalie Nb-Ta probablement liée à l'eau. Cela montre que les fluides émis sont plus concentrés en éléments en traces.

Le document 3C montre que les IAB sont plus enrichis en LREE que les MORB. On peut émettre l'hypothèse que

et enrichissement est lié au métasomatisme à l'origine des IAB.

A.2/ Les migmes primaires se différencient et sont à l'origine des séries migmatiques

Les migmes peuvent se différencier par différents processus : cristallisation fractionnée, mélange et contamination.

Une série migmatique regroupe un ensemble de roches ayant une unité de lieu, d'origine et de temps (tholéitiques, alcalins, calco-alcalins)

A.3/ Les roches migmatiques sont des ressources minérales

Les roches migmatiques peuvent servir pour le pavage, être broyées pour former des granulats pour former du béton.

B/ Les roches sédimentaires sont formées par diagenèse à partir de sédiments en milieu aqueux

Un sédiment est une roche meuble constituée de grains plus ou moins fins et de matière précipitée ayant subi un transport plus ou moins important.

B.1/ Les sédiments se déposent dans des bassins sédimentaires

Un bassin sédimentaire est une zone de dépôt présentant une subsidence permettant de laisser un espace disponible pour les sédiments appelé accommodation. Les bassins nécessitent la plupart du temps un milieu aqueux.

Apports sédimentaires



Figure 3 : Bassin sédimentaire et accommodation

Epreuve - Matière : 101 - 9311

Session :

CONSIGNES

- Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuillet officiel, la zone d'identification en MAJUSCULES.
- Remplir soigneusement le cadre relatif au concours OU à l'examen qui vous concerne.
- Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.
- Rédiger avec un stylo à encre foncée (bleue ou noire) et ne pas utiliser de stylo plume à encre claire.
- N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuillet officiel.
- Numéroté chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) sur le nombre total de pages que comporte la copie (y compris les pages vierges).
- Placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre de numérotation des pages.

B. 2 / Les sédiments meubles forment des roches par diagenèse sous l'influence de fluides aqueux

Une roche sédimentaire est une roche formée à partir de sédiments meubles, par diagenèse.

Le document 2A présente une photographie au microscope optique une lame de grinstein à oolithe. Un grinstein peut être interprété à partir de la classification de Denton (roche carbonatée) comme une roche dont les grains se touchent dont les espaces sont remplis par un ciment, en l'occurrence un ciment. Les sédiments présentent lors de leur dépôt des espaces intergranulaires, appelés : porosité. La taille et le nombre de ces porosités dépendent de la taille des grains déposés. Ces espaces sont les lieux de circulation de fluides participant à la formation de matrice (avant la diagenèse) et de ciment (diagenétique). La nature de ces 2 composants dépend de la composition du fluide intergranulaire. Ils peuvent être composés d'argile ou de carbonate de calcium (CaCO_3).

Le document 2B montre en graphique de l'évolution de la composition en fonction de l'enfouissement pour des sédiments marins initialement riches en smectite. On observe qu'en l'enfouissement la quantité d'eau interstitielle diminue de 70% à 0 après

5 km. Il en est de même pour l'évolution de l'eau interstitielle qui diminue à partir de 2,5 km. Ainsi on peut constater une expulsion de fluide liée à l'augmentation de la profondeur et de la pression. La smectite diminue également de 40% à 0% entre 2,5 et 5 km et la proportion d'argile interstratifiée augmente. Nous pouvons en conclure que sous l'effet de l'augmentation de la pression, la smectite se lie à la Illite et forme des minéraux interstratifiés. Cette formation de minéraux interstratifiés provoque l'expulsion de l'eau interstitielle car l'espace disponible dans les porosités est diminué. Le phénomène d'expulsion d'eau et de diminution du volume se nomme compaction. Il a lieu lors de l'enfouissement des sédiments et participe à la diagenèse. Ainsi, nous pouvons résumer la circulation de fluide en lien avec la diagenèse sur cette figure :

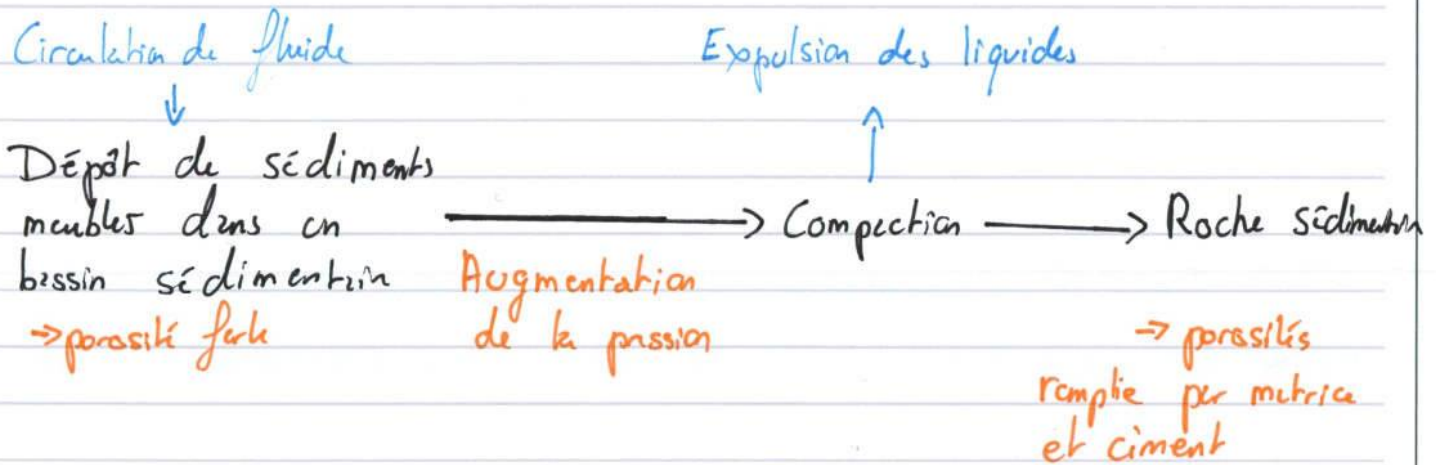


Figure 3 : Circulations de fluides et formation de roches sédimentaires

B.3/ Formation de roches sédimentaires permet la formation de ressources minérales

Les fluides aqueux permettent de former des roches sédimentaires, qui peuvent être utilisées à des fins d'exploitation par l'homme pour en tirer des profits.

Les évaporites, roches formées à partir d'une évaporation de l'eau plus importante que les apports permettent notamment la formation de H_2SO_4 (Nech) comme c'est le cas dans le sud de la France. Les roches carbonatées peuvent être utilisées pour la fabrication de ciment ou bien comme ressource de construction comme la pyramide de Gizeh (calcaire à nummulites).

Les roches à la surface de la Terre interagissent avec l'eau, quel est leur devenir?

II/ Les roches sont soumises à l'altération et à l'érosion

Tout d'abord, il convient de définir ses deux termes. L'altération peut être considérée comme la dégradation physique et chimique des roches. L'érosion est le phénomène de transport des produits d'altération. Ces deux processus sont dictés par le comportement de la molécule issue des précipitations et de ses mouvements.

A/ La molécule d'eau est une molécule agissant comme un acide faible

L'eau est une molécule composée d'un atome d'oxygène et de 2 molécules d'hydrogène.

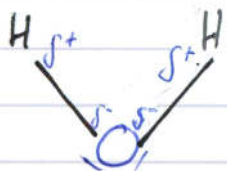


Figure 5: la molécule d'eau

L'atome d'oxygène est électro-négatif (position en haut à droite dans le tableau périodique), c'est à dire qu'il attire les électrons, dans les liaisons covalentes à l'inverse des atomes d'hydrogène qui sont faiblement électro-négatifs. Cette propriété fait de la molécule d'eau un dipôle électrique. C'est le

comportement de la molécule d'eau vis à vis des roches qui permet leur étiement et érosion.

B / Les roches sont étiées par l'eau à la surface de la Terre

B.1 / L'étiation physique des roches

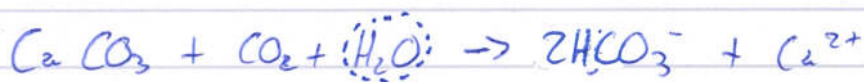
Les roches peuvent être étiées par la succession de températures chaude, c'est la thermoclasticité, ou bien froide thermoclasticité. Les roches peuvent être également ébréchées mécaniquement par les précipitations.

B.2 / L'étiation chimique des roches

L'étiation chimique des roches fait intervenir les comportements des roches en lien avec les propriétés d'acide faible de la molécule d'eau.

B.2.1 / La dissolution des roches

La dissolution des roches est une réaction chimique totale en présence d'eau qui aboutit à une solution composée des ions constitutifs de la roche initiale. On peut présenter la dissolution des carbonates :



La dissolution des carbonates est à l'origine des modèles karstiques.

B.2.2 / L'hydrolyse des roches

L'hydrolyse est une réaction d'étiation en présence d'eau dans laquelle un minéral est transformé en un sucre et libère des ions. C'est une réaction partielle.

Epreuve - Matière : 101-93-11

Session : 2025

CONSIGNES

- Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuillet officiel, la zone d'identification en MAJUSCULES.
- Remplir soigneusement le cadre relatif au concours OU à l'examen qui vous concerne.
- Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.
- Rédiger avec un stylo à encre foncée (bleue ou noire) et ne pas utiliser de stylo plume à encre claire.
- N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuillet officiel.
- Numéroté chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) sur le nombre total de pages que comporte la copie (y compris les pages vierges).
- Placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre de numérotation des pages.

Le document 1 nous présente un effleurement de granite à Ceyrat qui est une commune située proche du réseau hydrographique de la Loire. Le granite à l'effleurement présente des diaclases (fractures) et présente en surface des sédiments meubles de grandeurs visible à l'œil nu. La partie C du document nous présente des réactions d'hydrolyse transformant l'orthose en argile. Ainsi le granite lors de son refroidissement a formé des diaclases, les interactions avec l'eau ont hydrolysé l'orthose ont formé des argiles. Nous pouvons interpréter les grains de la photographie b comme une arène granitique.

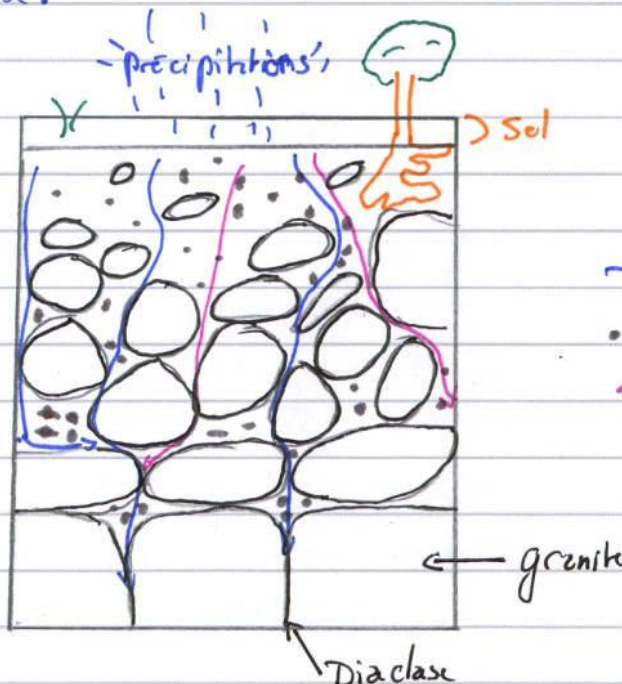


Figure 6 : Altération de granite en climat tempéré

→ mouvement d'eau
 • arène granitique
 → lessivage des argiles

La figure 6 présente un schéma interprétatif de l'altération du granite. Si l'écoulement est évacué, et que l'altération est assez prononcée, ce type de structure peut former un chaos granitique.

Les réactions d'hydrolyses sont fonction du climat. Plus la température et les précipitations sont faibles, plus l'hydrolyse sera forte. Ces différents paramètres sont indiqués au sein du diagramme de Peabody.

Bisséllitisation
 ↓
 Monoséllitisation
 ↓
 Allitisation

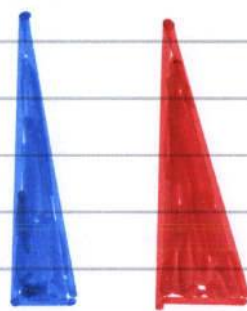


Figure 7: Altération de l'orthose et climat

Pluie Température

Ces réactions d'hydrolyses peuvent être à l'origine de ressources minérales. La monoséllitisation est à l'origine de Kéolite, une argile riche en aluminium.

B.2.3 / Les comportements des ions avec l'eau issus de l'altération chimique

Les comportements des ions sont fonction de leur relation avec l'eau qui est défini par leur potentiel ionique : $\frac{\text{charge}}{\text{rayon ionique}}$.

Ces informations sont représentées dans le diagramme de Goldschmidt.

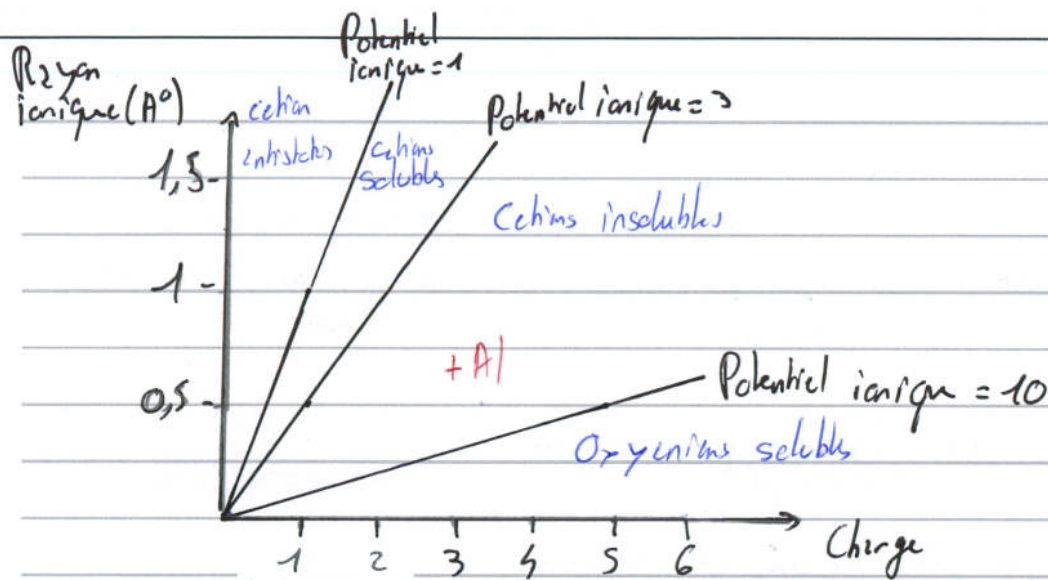


Figure 8: Diagramme de Goldschmidt

Ainsi, en fonction de leur potentiel ionique, les ions seront solubles dans l'eau. L'aluminium étant insoluble, il reste sur place. Dans des climats tropicaux (chaud et humide) où l'altération est forte, peut se former des sels latéritiques riches en aluminium sous la forme de bauxite. La bauxite tient son nom des Baux de Provence où elle a été découverte. Son exploitation permet l'obtention d'un minerai riche en aluminium.

C/L'érosion par l'eau permet le transport des produits d'altération

Le document d et e nous montre 2 photographies satellitaires de la Loire à Orléans et à Nantes ainsi que des diagrammes issus d'un tamisage. On remarque que à Orléans la taille des grains des sédiments se trouve entre 0,25 et 4 mm alors que à Nantes ces grains font 0,5 - 1,50 mm. De même pour la taille des particules où elle est supérieure à Orléans qu'à Nantes. Nantes se situe à proximité de l'embouchure de la Loire et Orléans, bien en amont et Ceyrat encore plus en amont.

Ainsi nous pouvons en déduire que la distance à la source de la Loire influence sur la granulométrie des sédiments. Plus le transport est long, plus la granulométrie des sédiments terrigènes sera fine.

$0,002 \text{ mm} <$	$0,063 \text{ mm} <$	$2 \text{ mm} <$	Taille des grains
Argile	silt	sable	Noms des sédiments
	← Noyés	← Océans	

← Transport en lien avec l'eau

Figure 3: Taille des grains et transport

Le transport des grains est influencé par le transport de l'eau et de sa vitesse.

vitesse de l'eau

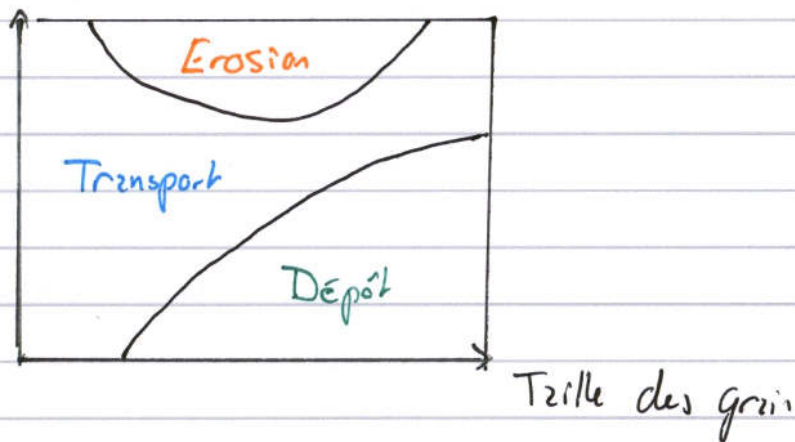


Figure 10 : Diagramme de Hjulström.

La sédimentation différentielle liée à la densité des minéraux peut être à l'origine de gisements de placer (exemple : or). Les argiles peuvent être utilisées pour des tuiles et le sable riche en silice pour la fabrication de verre.

D/A l'érosion et l'érosion sont à l'origine de ressources minérales

III/ Les effets de la libération de fluides aqueux lors des transformations des roches

Epreuve - Matière : 101 - 9311

Session : 2025

CONSIGNES

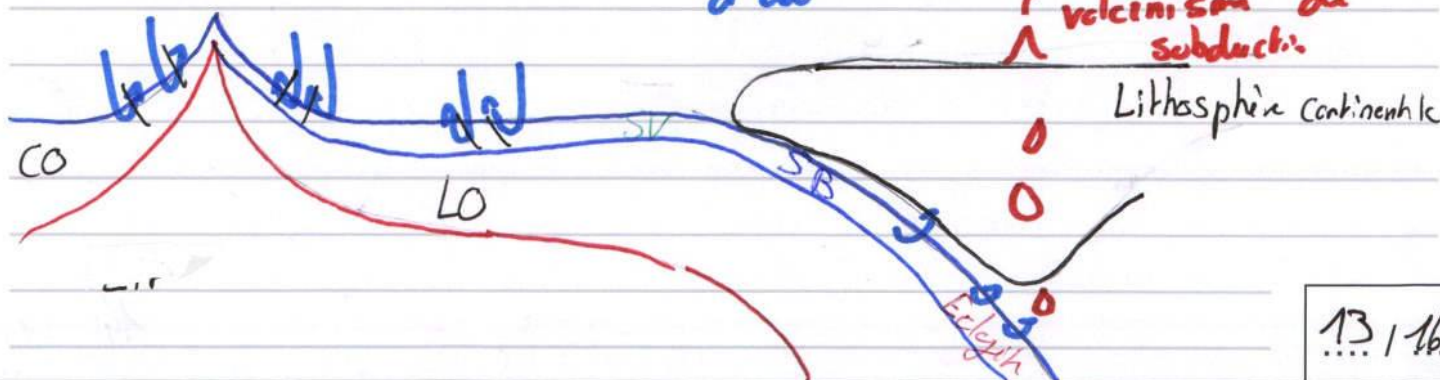
- Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuillet officiel, la zone d'identification en MAJUSCULES.
- Remplir soigneusement le cadre relatif au concours OU à l'examen qui vous concerne.
- Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.
- Rédiger avec un stylo à encre foncée (bleue ou noire) et ne pas utiliser de stylo plume à encre claire.
- N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuillet officiel.
- Numéroté chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) sur le nombre total de pages que comporte la copie (y compris les pages vierges).
- Placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre de numérotation des pages.

A/ Le métamorphisme haute pression / basse température est à l'origine d'une déshydratation

Le métamorphisme regroupe les réactions des minéraux à l'état solide. Lors de l'expansion océanique, les roches de la lithosphère océanique subissent un métamorphisme hydrothermal à l'origine de la serpentine. Comme le montre le document 9A, les circulations d'eau se font au travers de failles liées à la ride au à la subduction. Les roches hydriques de la lithosphère océanique, sous l'effet d'une compensation isostatique liée à leur refroidissement vont subduire. Cette subduction est à l'origine d'un gradient métamorphique franciscain (HP/BT). Les minéraux hydroxydés par l'hydrothermalisme vont se métamorphiser en fécies schiste bleu et éclogite à l'origine d'une libération d'eau.

Figure 11 : Métamorphisme HP/BT

∇ = mouvements d'eau



L'augmentation de pression va provoquer une déshydratation en passant d'une métabasite fœusse schiste bleu à un métabasite fœusse éclogite.



B/ Le volcanisme de subduction est à l'origine de ressources minérales

Cette hydratation du manteau provoque l'abaissement du solidus à l'origine de basalte calco-éclogite. Ce magma basaltique peut se différencier ce qui provoque une augmentation de la teneur en silice. Ainsi le document 5 nous montre que la zone de subduction de l'Amérique du Sud peut être à l'origine de différents minerais produits par différenciation. Ainsi le volcanisme de zone de subduction permet de former des gisements de cuivre (ex: Santo Domingo). La présence d'eau permet aussi de former des gisements avec de veine composée de différents éléments (Au, Ag, Mo, Cu).

C/ L'eau est un catalyseur des réactions métamorphiques

L'eau est une molécule permettant de réaliser des réactions impossibles en son absence. Ainsi, lors de leur trajet prograde, les roches sont soumises à des réactions de déshydratation. Le trajet rétrograde se fait sans voir plus d'eau, la pression enregistrée par la roche est celle du pic de température à la fin du trajet prograde.

D/ L'eau interstitielle est libérée lors de la diagenèse

Nous avons vu précédemment (I.B.2) que les liquides étaient expulsés lors de la transformation sédiment meuble en roche sédimentaire par compaction.

En conclusion, nous avons dans un premier temps abordé la genèse des roches métamorphiques et sédimentaires en lien avec les fluides aqueux. Nous avons ensuite abordé leur devenir par l'altération et l'érosion due à l'eau à l'origine de réactions d'hydrolyses et de dissolution et du transport de leur produits. Nous avons finalement étudié les libérations de fluides aqueux lors des transformations des roches par métamorphisme dans les zones de subduction à l'origine d'un métamorphisme catégoriel dont la différenciation est à l'origine de ressources minérales ainsi que le rôle de l'eau dans les réactions métamorphiques.

Il serait également intéressant d'étudier l'influence d'une autre enveloppe fluide qu'est l'atmosphère afin de connaître ses différentes interactions avec les roches de surface.

