

Epreuve - Matière : 101-931

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.

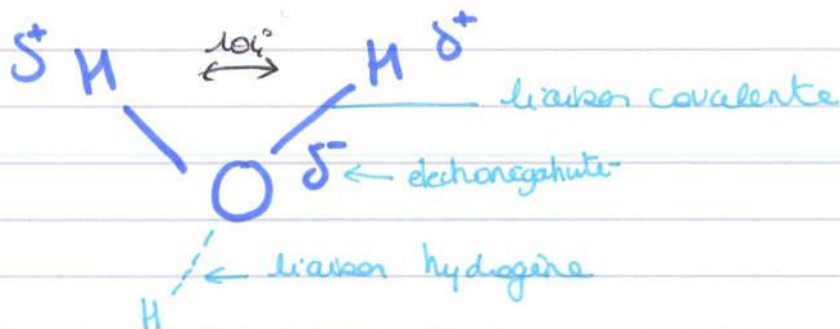
Les fluides aqueux et les roches

Les ressources minérales comme les éléments métalliques composent presque tous les objets du quotidien. Leur utilisation en excès peut conduire à leur épuisement, car leur genèse se fait lors de processus géologiques longs, on parle alors de ressources non renouvelables. Les ressources minérales font généralement intervenir l'eau. L'eau est un fluide aqueux. C'est une molécule composée de deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène. On la retrouve sous différents états : liquide, gazeux et solide. Elle compose la Terre à 70% et entre dans différents processus géologiques, comme la formation de roches. Une roche est une association de minéraux pouvant être d'origine magmatique (formée dans ce cas par fusion d'une roche et refroidissement du magma formés : formant des roches volcanique ou plutonique), métamorphique (issue de la modification de la minéralogie, chimie de la roche à l'état solide) ou sédimentaire (issue de phénomène d'altération, d'érosion et de sédimentation à partir d'une roche mère).

On peut alors se demander : Comment les fluides aqueux interviennent et participent-ils à la genèse des roches ?
Comment les fluides aqueux participent-ils à leur transformation ?
Pour y répondre, nous suivons un plan dans lequel nous verrons dans un premier temps que la genèse des roches fait intervenir des fluides aqueux selon des processus géologiques variés puis dans une seconde partie que la libération de fluides participe aux modifications des roches et à la formation de roches minérales.

Le plan que nous suivons sera chronologique, nous parlerons d'abord de la formation des roches puis de leur modifications sous l'action des fluides aqueux.

⊗ Schéma d'une molécule d'eau et caractéristiques



L'eau peut agir comme un réactif, elle a la capacité de dissoudre, Elle joue le rôle de solvant (capacité de solubiliser)

⊗ et leur intervention dans la formation de roches géologiques

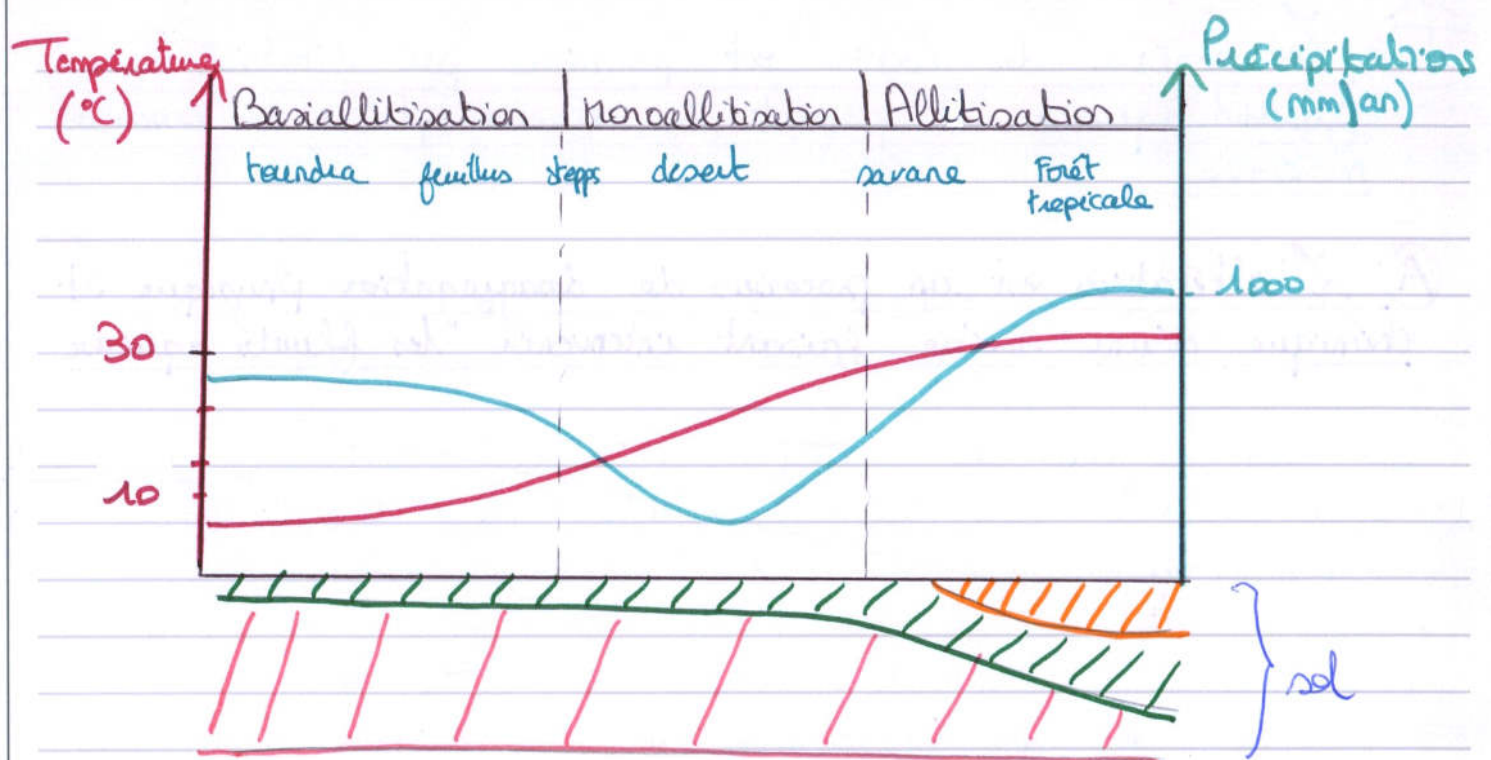
① La genèse des roches est permise par l'action de fluides aqueux et permet la mise en place de roches minérales

② L'altération est un processus de désagregation physique et chimique d'une roche faisant intervenir les fluides aqueux

La photographie de l'affaiblissement de granite du document 1b de Ceyrat montre une vue d'ensemble de l'affaiblissement et le détail de la partie supérieure du profil. On observe alors des fragments de la roche, mais compact en surface, facilement détachable. Cette observation s'explique par un phénomène de désagregation mécanique et chimique des roches que l'on appelle altération. Il implique des changements dans l'agencement des minéraux de la roche mère et des changements minéralogiques des roches préexistantes. L'altération physique est à l'origine de la mise en place d'une ligne détritique (particules rocheuses) et d'une ligne rouge (ions en solution). Le principal agent d'altération est l'eau. L'eau est une molécule polaire capable d'interagir avec la roche mère.

L'altération, et plus précisément le degré d'altération varie en fonction du climat. En effet, un climat chaud et humide favorise le processus. L'eau étant le principal agent et la chaleur augmentant les réactions chimiques pouvant se dérouler (figure 1).

Au niveau de Ceyrat (document 1a), un réseau hydrogéographique est présent et donc les roches présentes sont soumises à de l'altération hydrique, ce qui explique notre observation précédente.



Légende

Figure 1: Schéma
du diagramme
de pedo

- socle granitique
- Roche mère altérée
- Kaolinite et gibbsite

Le degré d'altération dépend donc du climat et est maximal en condition de haute température et forte précipitation. Cela mène à une réaction d'altération de type allitisation où plusieurs minéraux de la roche mère sont séparés formant une solution de lavage. Comme le montre le document 1c, il y a aussi des réactions de plus faibles degrés d'altération comme la basiallittisation où on passe d'une orthose à une illite par une solution d'attaque $2H^+ + 4H_2O$ formant aussi une solution de lavage. On observe que la roche formée (la illite) a une composition minéralogique proche de l'orthose. Lorsque l'on compare avec réaction de monocellitisation l'orthose et la kaolinite ont des compositions qui diffèrent: on passe d'une roche composée de $2KAlSi_3O_8$ à une roche composée de $Si_2Al_2O_5(OH)$. Lorsque l'on compare avec la réaction d'allitisation,

Epreuve - Matière : 101-931

Session : 2025

CONSIGNES

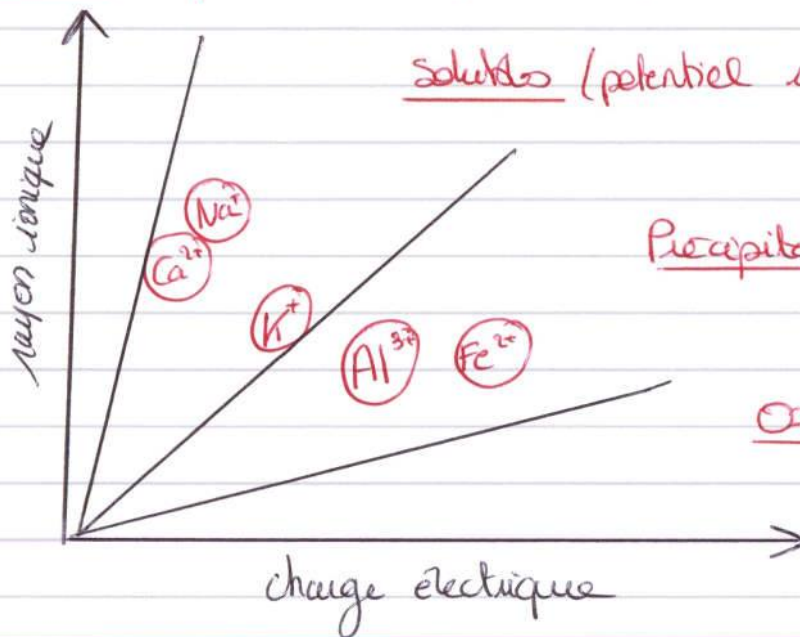
- Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuillet officiel, la zone d'identification en MAJUSCULES.
- Remplir soigneusement le cadre relatif au concours OU à l'examen qui vous concerne.
- Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.
- Rédiger avec un 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.

on observe que la plupart des éléments composant l'orthose (feldspath) ont été brisés laissant place à une argile. la gibbsite composée exclusivement d'aluminium ($Al(OH)_3$). Pourtant la solution d'attaque (H^+ , H_2O) est plus concentrée en molécules dans la réaction de Basaltilisation. Cela met en évidence le rôle de la température dans le processus d'altération.

La solution de lavage pour les 3 réactions sont composées d'ions K^+ et de silice ($Si(OH)_4$) alors que les roches résiduelles formées (des argiles dans l'exemple de l'altération de l'orthose) sont principalement composées d'aluminium (Al). Cela s'explique par le différents comportements des ions en solution et leur comportement vis à vis du fluide aqueux : l'eau. En effet, l'interaction entre l'eau et les ions dépend de leur potentiel ionique. Le potentiel ionique est le rapport entre la charge électrique et le rayon ionique de l'élément. Plus le potentiel ionique est grand plus l'ion interagit fortement avec l'eau et donc moins il est soluble en solution, favorisant ainsi sa précipitation. Goldschmidt a étudié ce mécanisme (figure 2).

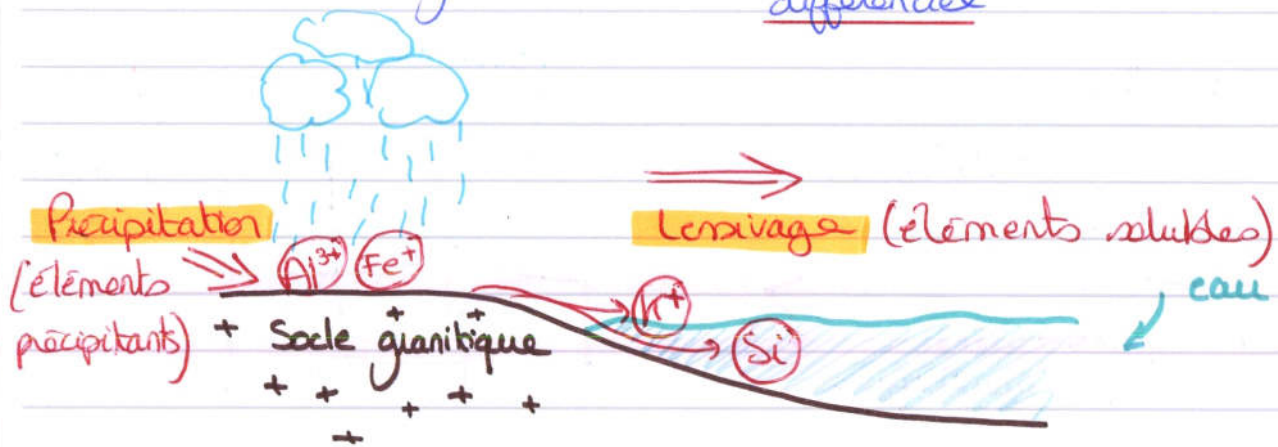
figure 2: Diagramme de Goldschmidt

Antistok potentiel ionique $< 0,7$



Ainsi, certains minéraux entrent facilement dans les solutions de lessivage, d'autres, interagissant davantage avec l'eau et précipitent. C'est ce qui a permis la formation de gisement de Bauxite, une latérite riche en aluminium, formant une ressource minérale, majoritairement en zone chaude et humide. Une ressource est une concentration en éléments présents sous différentes formes et en quantité variable servant à l'homme et étant rentable économiquement. La bauxite était prélevée en provence et permettait l'extraction d'aluminium. Sa forte concentration en aluminium et en fer, lui donne une haute teneur. Elle provient de l'altération de type albitisation d'une roche granitique riche en feldspath de type orthose (figure 3)

figure 3: processus de lessivage différentiel



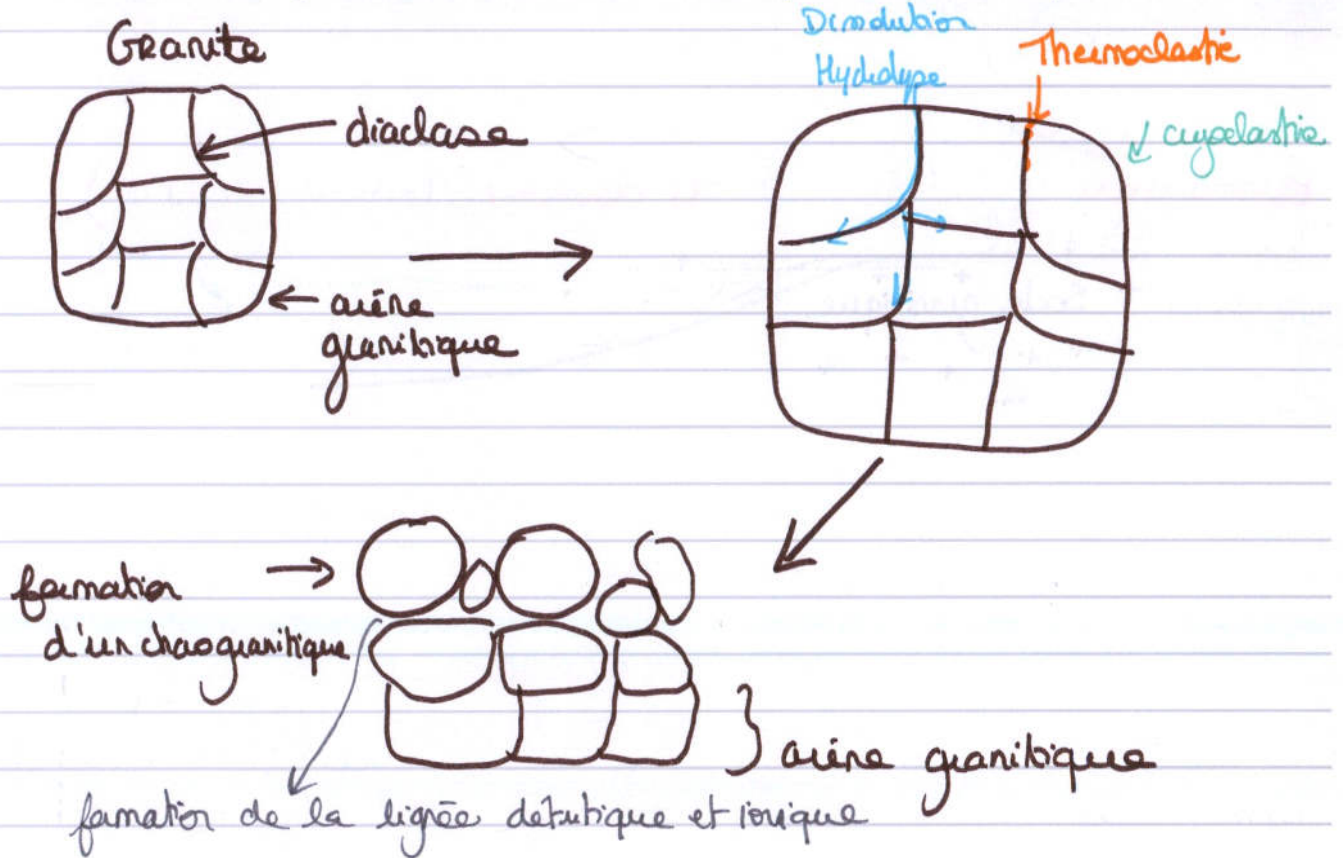
Ainsi, une partie des ions issus de l'altération sont lessivés et vont être transportés par un fluide aqueux. On l'appelle la liqée ionique.

La liqée détritique est due à une altération mécanique, aussi sous contrôle de l'eau et la température.

En effet, les variations de températures peuvent mener à un mécanisme de thermoclastie où la hausse des températures peut mener à une dilatation et une chute à la fracturation de la roche. Aussi, il existe un mécanisme de cycloclastie dans lequel l'eau liquide contenue dans les pores de la roche peut passer en phase solide (solidification) et engendrer une pression et une contrainte menant à la déségrégation de grains. Cela s'explique par le fait que l'eau à l'état solide présente un volume plus élevé à l'origine de l'agglomération des atomes et des liaisons au sein du fluide.

Cela peut former des structures comme un chaos granitique (figure 4).

figure 4 : formation d'un chaos granitique par altération mécanique et chimique



L'altération chimique à l'origine de la lignée ionique fait intervenir plusieurs mécanismes dont les réactions d'oxydoréduction, l'hydratation : $\text{anhydrite} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{gypse}$, la réaction de dissolution : $\text{CaCO}_3 \text{ (calcaire)} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+}$ qui représente une décomposition totale et l'hydrolyse qui est une réaction de décomposition partielle : $\text{orthose} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{gibbsite} + \text{ions en solution}$ et une roche résiduelle est formée comme vu précédemment. Ce sont les principaux mécanismes de l'altération chimique.

Ainsi l'altération permet de former 2 lignées dont leur devenir va faire intervenir les fluides aqueux au cours de processus d'érosion et de transport.

Epreuve - Matière : 101-934

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.

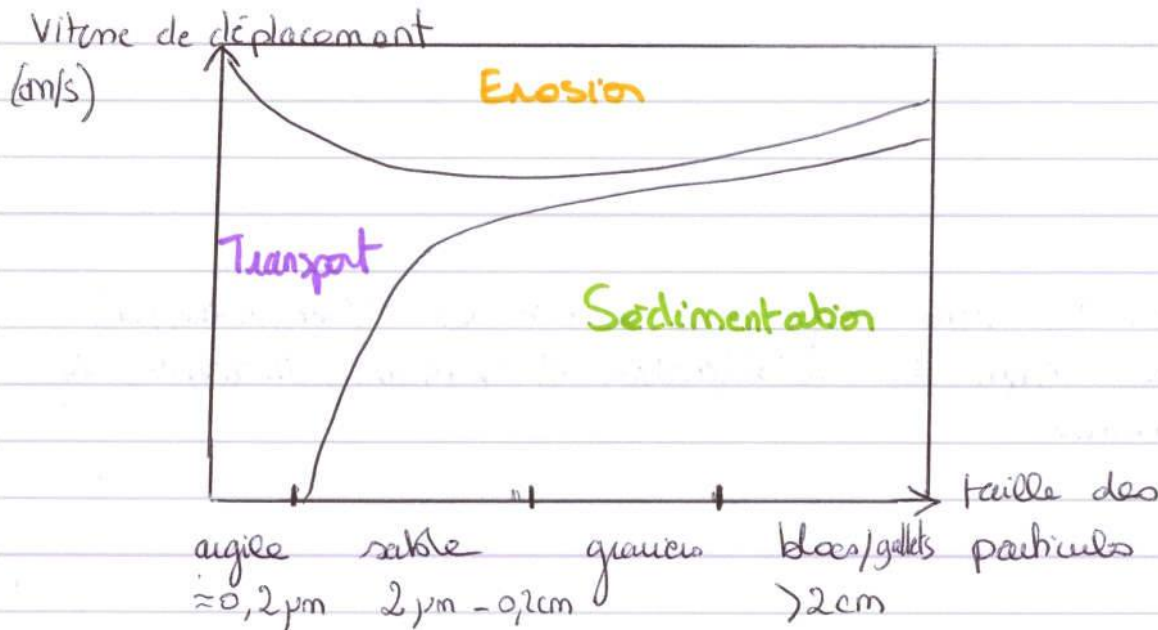
③ L'érosion est une étape d'ablation et d'entraînement des matériaux issus de l'altération et faisant intervenir les fluides aqueux

L'érosion est l'étape d'ablation et d'entraînement des éléments détriqués et ioniques issus de l'altération des roches mères. Elle précède le transport de ces 2 lignées. L'érosion est un mécanisme favorisé par l'eau et la gravité et limité par les végétaux (racines retiennent les particules du sol et la litière protège la surface).

Une fois créées les 2 lignées sont transportées. Le principal agent de transport est l'eau.

Le devenir de la lignée détriquée dépend de la taille des particules. L'eau est agent de transport visqueux capable de transporter des particules allant jusqu'à plusieurs centimètres. Le transport par l'eau peut être caractérisé par la direction (bidirectionnelle ou unidirectionnelle) une vitesse (cubique ou subcubique) et un comportement (laminaire ou turbulent). Le devenir des particules peut être illustré par le diagramme de Hjulström (figure 5).

figure 5 : Diagramme de Hjulström

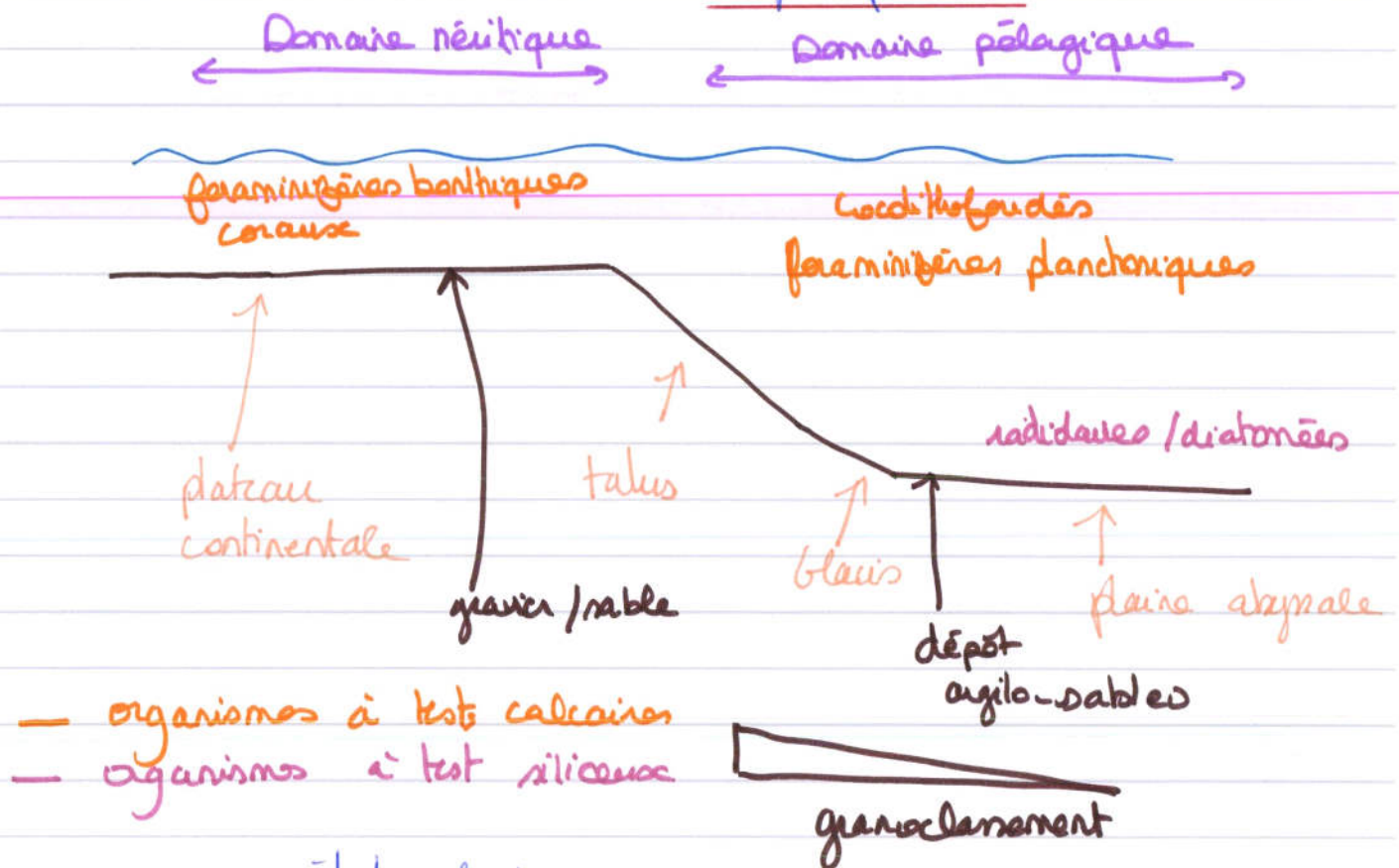


En fonction de la taille des particules ^{exposées}, le devenir est différent. Les particules ^{comme les galets} grossières vont plus facilement se déposer alors que les particules fines comme les argiles vont être principalement érodées ou transportées. Ainsi il est possible d'observer un gradationnement des particules détrébiques (= évolution latérale de la taille des éléments). C'est ce que montre le document 1 d et e lorsque l'on compare les sédiments anciens à Orléans et ceux anciens à Nantes on observe que la taille des particules sont plus grossières à Orléans qu'à Nantes. En effet le % de cumulus de refus est maximale à Orléans pour des tamis de 7 mm alors que le % est maximale à Nantes pour des tamis de 2 mm. Orléans est donc le début du réseau hydrographique.

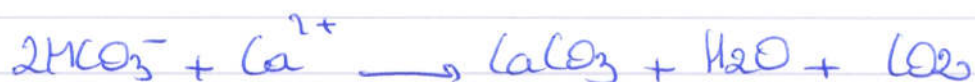
Ainsi en milieu marin on retrouve au niveau du plateau continental des particules sableuses et au niveau des plaines abyssales des particules plus argileuses. (voir schéma 6)
ce qui peut former des flysch en bord de talus (altération grès-marne)

Pour la lignée en solution, les ions transportés vont être utilisés par certains organismes appelés bioprécipitateurs dans la formation de leur test (calcaires ou siliceux).
Les ions peuvent aussi subir des précipitations chimiques.
Les organismes bioprécipitateurs peuvent être situés en domaine néritique ou pélagique (figure 6) et utilisent les ions dans la formation de leur test. leur mort sera à l'origine de la formation de roches calcaires et siliceuses.

figure 6 : Organisation des organismes bioprécipitateurs



Les organismes à test calcaire utilisent les ions HCO_3^- et Ca^{2+} issus de l'altération pour former leur test selon la réaction :



Ils se situent au dessus de la CC. Les organismes de tests siliceux se situent en profondeur en demeures pelagiques.

Ensuite vient les processus de sédimentation et diagenèse

C) Les fluides aqueux permettent la sédimentation des roches et leur diagenèse

Le document 2A montre une roche calcaire granulaire à coquilles. Cette roche s'est formée en milieu de forte énergie mais en évidence par la présence d'un ciment de micrite et une forte composition en coquilles.

Après la mort des organismes, ils tombent au fond de l'eau et entrent dans les processus diagenétiques.

La diagenèse est à l'origine du passage entre les dépôts et une roche compacte.

Le document 2B montre une évolution entre le dépôt de sédiments argileux et la formation d'une roche compacte la siltite. La lignée détritique suit aussi une évolution en roche détritique par le biais de la diagenèse. Lors de leur dépôt les sédiments sont entrainés d'eau. L'accumulation des dépôts crée une augmentation de la pression et un enfouissement de plus en plus profond (passage de 0 km à 5 km). Durant cet enfouissement l'eau est expulsée, des recristallisations ont lieu. Une cimentation apparaît : elle peut être siliceuse ou calcaire et dépend de paramètres comme K_s et Q_s . Ainsi on passe de minérale argileuse à une smectite par expulsion d'eau ^{interstitielle} puis à une siltite par expulsion d'eau interfoliaire.

Aussi, l'évaporation d'eau permet la formation de roches dites évaporitiques pouvant aussi faire le biais de ressources minérales comme le potasse d'Alsace.

Epreuve - Matière : 101-531

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.

En effet, certains plateaux continentaux peuvent être barrés par un seuil tectonique par exemple et former un lagon où le lien avec la mer est presque totalement rompu. Cela peut aussi se produire dans un rift comme le fossé rhénan et par évaporation faire concentrer le sel et provoquer leurs précipitations. Cela forme de la halite (NaCl) ou du sel de potassium (KCl) à l'origine de la formation d'engrais (KOH). La roche à l'origine du gisement est la sylvinite.

Ainsi les liquides aqueux participent à la genèse des roches sédimentaires et à la formation de minéraux minéralisés par l'homme à des fins économiques.

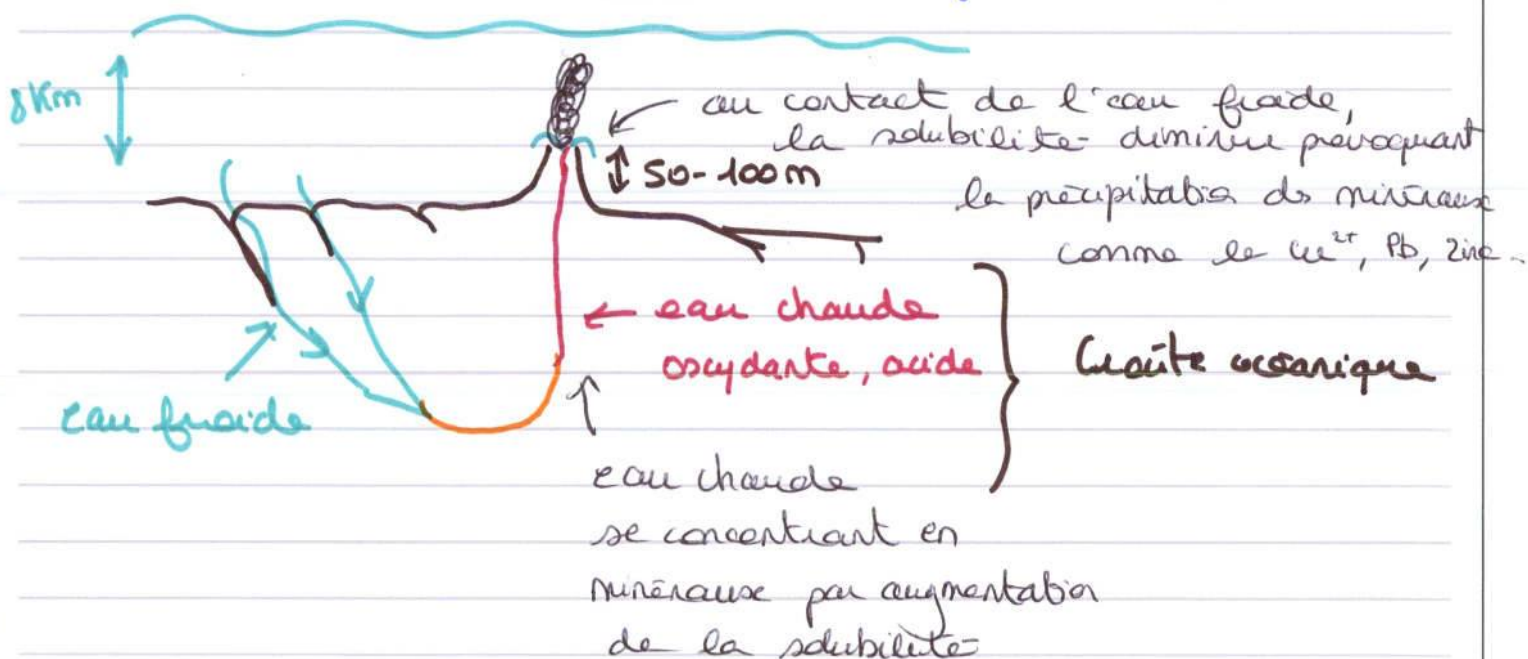
Les fluides hydrothermaux influencent aussi les roches formées et provoquent certaines modifications minéralogiques.

II) Les roches peuvent être modifiées par la libération de fluides aqueux pouvant favoriser la formation de roches magmatiques

A) Au niveau des dorsales il existe des phénomènes d'hydrothermalismes

Au niveau des dorsales, à quelques kilomètres de l'axe de la dorsale, il est possible d'observer des fumeurs noirs ou blancs. Les fumeurs noirs et blancs sont dus à la précipitation de certains minéraux, résultant d'échanges d'eau entre la croûte océanique et la mer (figure 7)

Figure 7: Mise en évidence de l'hydrothermalisme au niveau des fumeurs noirs



C'est le cuivre qui donne la couleur noir aux fumeurs noirs. Les fumeurs blanc précipitent des carbonates.

Ces minéraux constituent une grande quantité de roches minérales mais difficilement exploitable du fait de leur profondeur.

Les flux d'eau au niveau des dorsales sont à l'origine de roches issues du métamorphisme hydrothermal c'est à dire de la modification chimique, physique et structurale d'une roche à l'état solide sous l'action de l'eau.

On y observe aussi au niveau d'une dorsale lente comme la dorsale médio-atlantique des roches serpentinisées dont le protolite est une diorite : (figure 8)

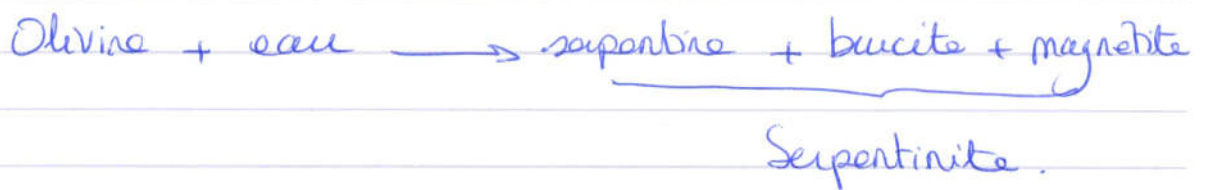
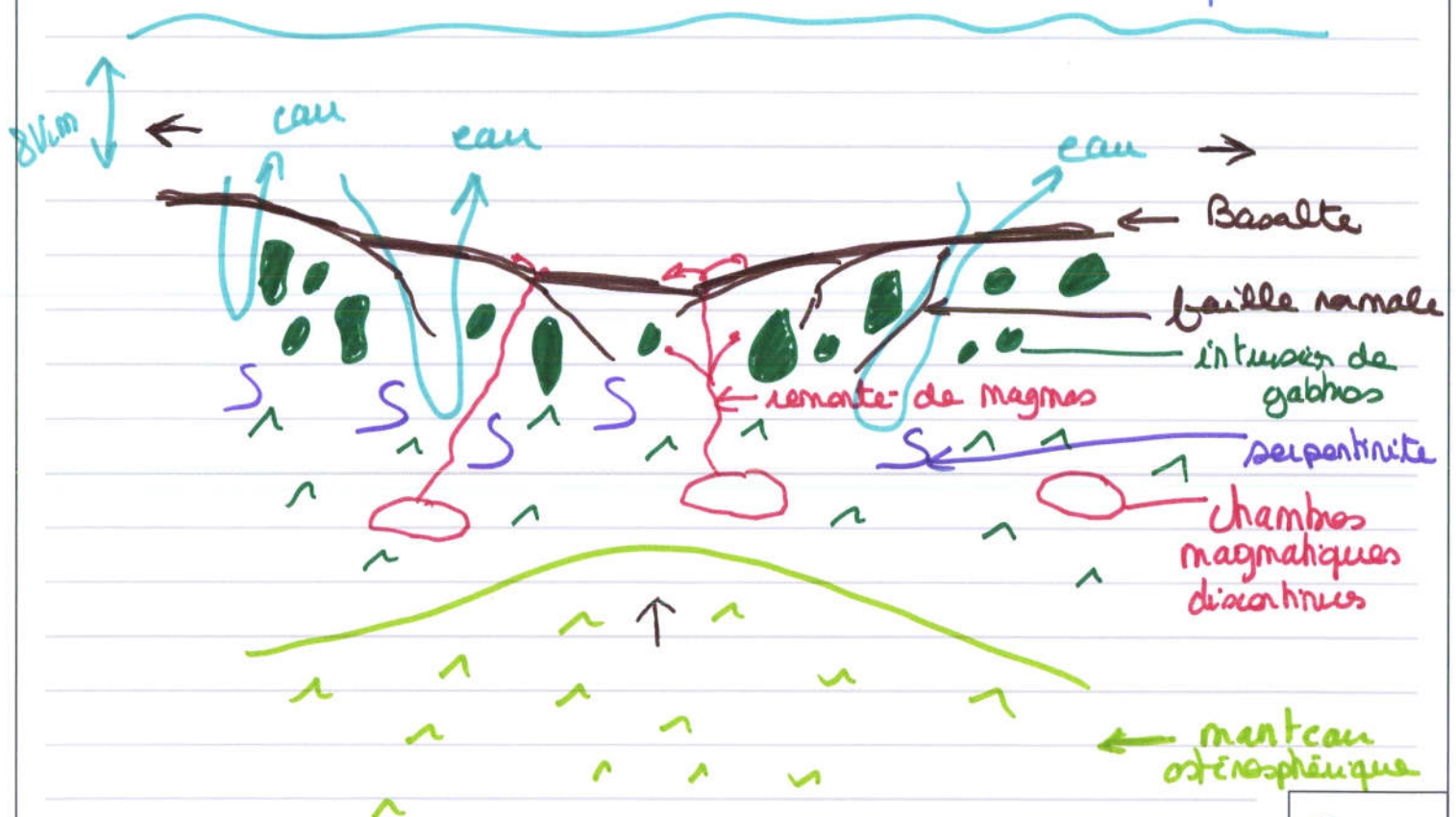


figure 8 : Hydrothermalisme au niveau de la dorsale médio-atlantique



Au niveau des dorsales rapides, le magmatisme étant plus abondant, il y a formation d'une croûte océanique plus épaisse et donc l'intrusion d'eau ne pourrait que très peu au contact de la pseudobite. Ainsi peu de serpentine se forme.

Tout le long de la lithosphère océanique ces mouvements de fluides se poursuivent comme se montre le document 4 A. Cela est à l'origine de roches métamorphiques au sein de la croûte océanique comme des métagabbros, faciès amphibolite et faciès schistes verts. Cela est à l'origine du refroidissement de la lithosphère océanique formée à la dorsale en s'éloignant. Cela génère son épaissement (abaissment de l'isotherme 300°) et son plongement par subduction.

On passe alors d'un gabbro (pyroxène) riche en plagioclases et pyroxènes à une roche riche en amphiboles (hornblende minérale hydroxylée) et une roche riche en chlorite, actinolite et épidote (contenant de l'eau sous forme OH).

Ces paragenèses appartiennent donc à des faciès comme évoqués précédemment et les minéraux sont à l'équilibre thermodynamiquement. Lorsque l'on suit le pic métamorphique on observe un gradient HT-BP avec une diminution de température.

Epreuve - Matière : 101-931

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.

③ Au niveau de subduction la libération d'eau modifie les roches par métamorphisme

Au niveau d'une zone de subduction on observe des roches appartenant au faciès schistes bleus : des roches riches en glaucophane et des roches de type eclogites composées principalement de grenat et omphacite (document 4.B)

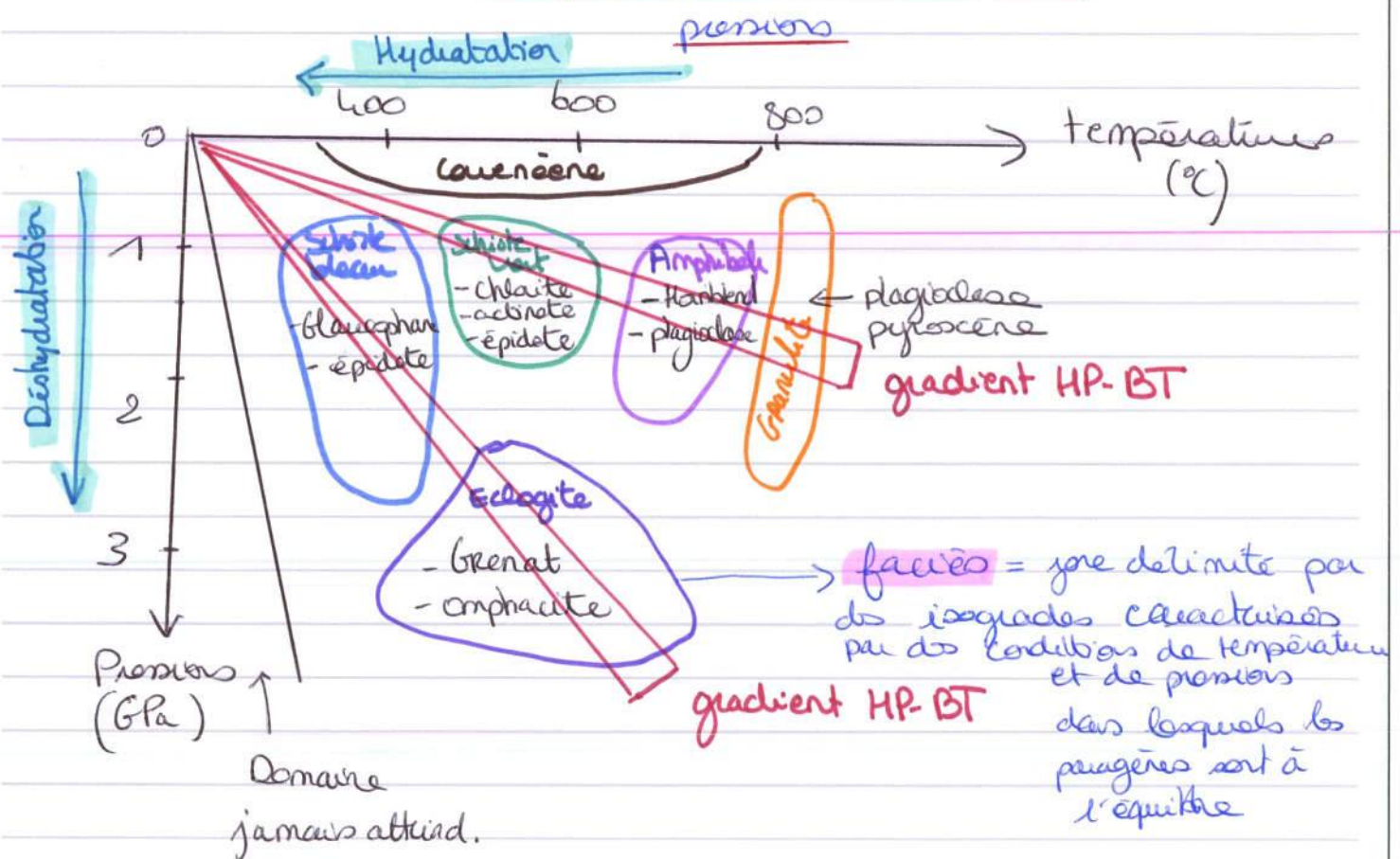
lorsque l'on compare les familles minérales d'un gabbro (protolithe basique), d'un schiste bleu et d'une eclogite on remarque que l'on passe de minéraux sans minéraux hydrosylés dans un gabbro (Pyroxène : $\text{Ca, Mg, Fe, Si, O}_6$) à des roches possédant des minéraux hydrosylés (schiste bleu : exemple épidote : $\text{Ca, Al}_2, \text{Si}_2, \text{O}_{12}$ OH) puis à des roches déshydratées (Eclogite : exemple grenat : $\text{Ca, Fe, Mg, Mn, Al}_2, \text{Si}_2, \text{O}_{12}$)

Il y a donc des processus d'hydratation permettant de passer d'un gabbro sans minéraux hydrosylés à un métagabbro faciès schiste bleu en possédant (mécanisme vu précédemment) puis des processus de déshydratation permettant de passer d'un

⊗ épidote ou laumontite

métagabbro faciès schiste bleu a une eclogite deshydratée.
 Comme on peut le voir dans le document 4.A, lors du plongement de la plaque océanique sous la plaque continentale, il y a des mouvements de fluides : ce sont des libérations d'eau dans le coin de manteau. Cela est dû à la variation de température et de pression (figure 9)

Figure 9 : Grille et faciès métamorphiques en fonction des températures et pressions



(*) Voir page 21 → Document 3B et 3C

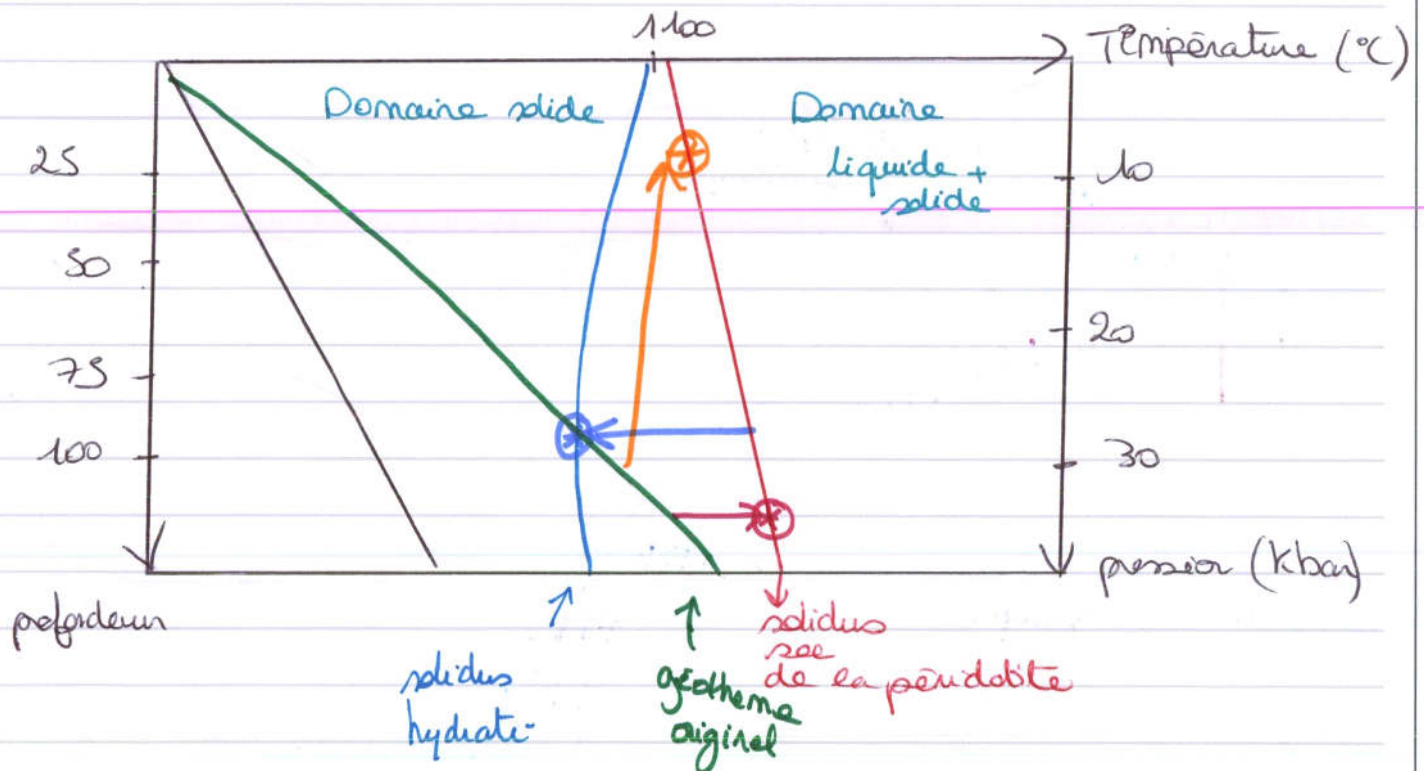
Les mouvements d'eau sont donc à l'origine de la transformation minéralogique de certains roches appelées roches métamorphiques.

Les mouvements d'eau sont aussi à l'origine de la formation de roches magmatiques et de roches minérales

(C) La déshydratation de la plaque plongeante est à l'origine de la fusion partielle du coin de manteau au niveau de subductions

La fusion partielle d'une roche se fait lorsque le géotherme original croise le solidus de la péridotite (figure 10). Pour cela plusieurs possibilités existent : la décompression adiabatique, l'apport de chaleur, l'hydratation.

figure 10 : Diagramme de phases de la péridotite



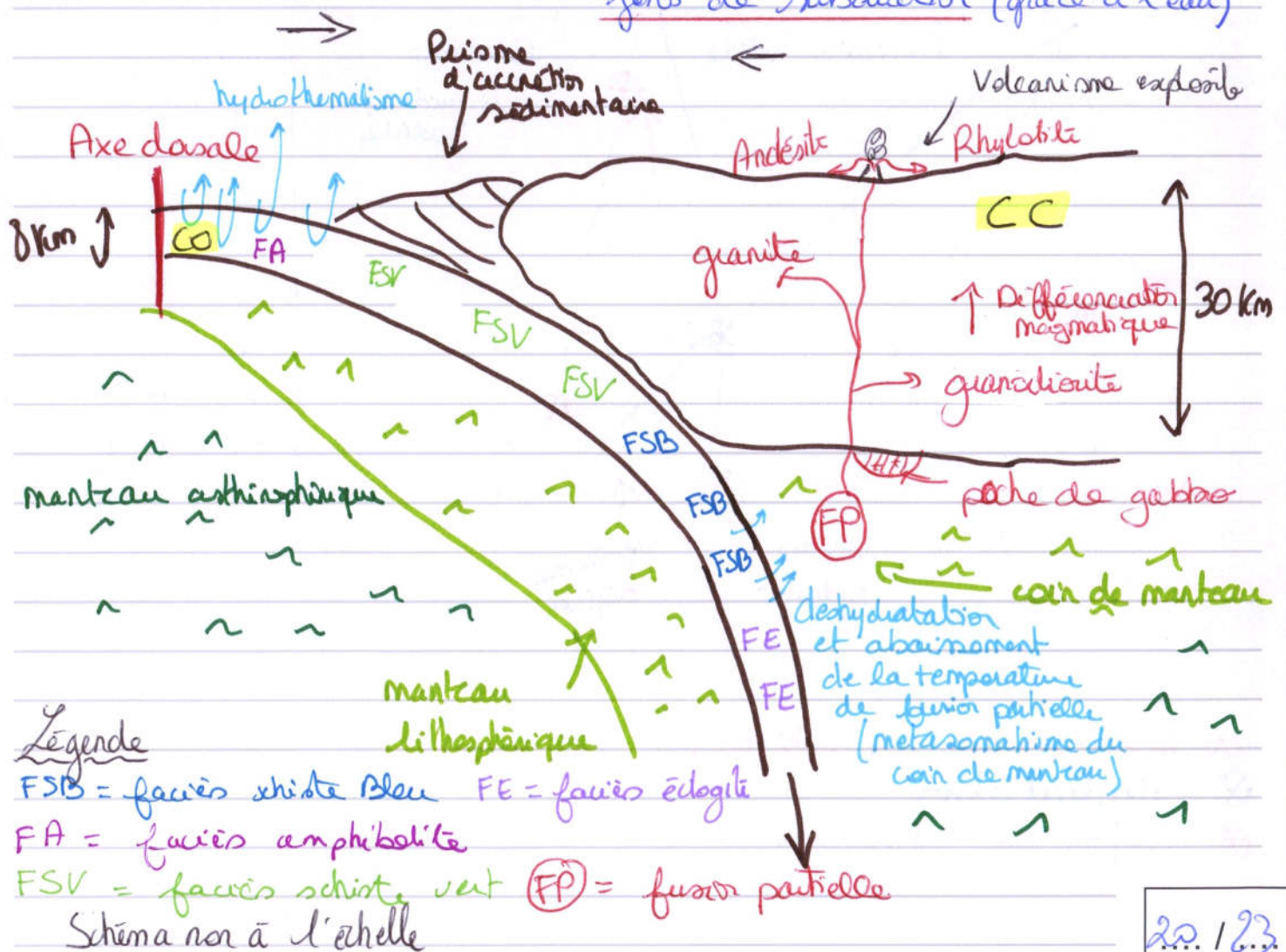
- ⊗ Décompression adiabatique
- ⊗ Hydratation
- ⊗ Apport de chaleur.

Comme le montre le document 3A le point eutectique (E_e) est plus facilement atteint en condition d'hydratation (liquides saturés en eau) qu'en condition anhydre (liquides anhydres) car le point eutectique (E_e) est atteint pour des températures plus élevées respectivement 700°C et 1200°C .

Cela met en évidence qu'en présence d'eau le point de fusion est abaissé et donc pour une même température la péonobite fond alors que sans eau elle ne fondrait pas.

Ainsi dans une zone de subduction, les roches formées comme la diopside, l'andésite présentant des minéraux hydres tels comme la biotite ou l'hornblende car elles sont issues d'un magma hydraté (figure 11)

figure 11 : schéma de la mise en place d'un magma au niveau des zones de subduction (grâce à l'eau)



17.53 / 20

Epreuve - Matière : 101-931

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.

(*) Les des processus d'hydratation et de déshydratation les éléments constituant les roches ont des affinités différentes avec la phase solide ou liquide. Le document 3B montre que lorsque l'on déshydrate une amphibole le % de mobilité des éléments est différents. En effet, certains éléments semblent avoir une ^{traces} plus grandes affinités pour les liquides comme le Pb alors que d'autres sont faibles dans le fluide résiduel par exemple le U et le Ta. Document 3C De plus, si l'on compare 2 basaltes [←] un issu d'une dorsale (Mid océanique ridge Basalt) et ceux provenant de subduction (Island arc basalt) on remarque que les MORB sont appauvris en éléments trace incompatibles (affinités pour les liquides) alors que les IAB possèdent une plus grande quantité. Les MORB sont riches en Ta alors que les IAB en sont appauvris car Ta ne rentre pas dans la phase aqueuse.

2.1 / 23

Les zones de subduction sont aussi le lieu de production de ressources minérales. Par exemple, comme le propose le document 5, au niveau des andes il y a des dépôts de cuivre et d'or (Naguanan, El salado...). Il y a aussi du volcanisme contenant des gisements de cuivre. Le magma produit est basaltique. Cependant lors de son ascension, ce dernier évolue et change par différenciation magmatique (cristallisation fractionnée, hybridation des magmas contamination de l'encaissant).

En remontant, le magma se modifie par soustraction progressive de certains éléments et se concentre en autres éléments (Cu, Pb...). De plus, en traversant la croûte le magma se charge en éléments par contamination. Cela permet de former des gisements magmatiques riches en ressources minérales.

Conclusion

La diversité des roches formées peut s'expliquer par différents milieux en place et leur modification le tout par l'action de fluides aqueux comme l'eau. Les roches sédimentaires se forment par altération et érosion et l'eau joue un rôle central dans ces processus puis dans leur sédimentation et leur diagenèse. L'eau joue aussi un rôle dans la modification des roches comme au niveau des zones de subduction où le métamorphisme hydrothermal joue un rôle central dans la mise en place des magmas.

Les fluides aqueux permettent ainsi, la mise en place de ressources minérales. L'eau joue aussi un rôle dans la mise en place des roches carbonées telles que le charbon, aujourd'hui largement utilisées dans le domaine du transport et de l'industrie, et l'origine de polliniques liés au changement climatique actuel.

