

Devoir surveillé n°7

Samedi 14 mai 2022

Épreuve d'analyse de documents de géologie

durée : 2 heures

Thème 1 – Étude de structures tectoniques

(tiré des sujets Agro-Véto 2020 et 2017)

Question 1

a) Définissez les termes de déformations élastique, plastique et cassante d'une roche.

Une **déformation** est une modification de la forme de la roche entre son état initial et l'état final.

Une déformation **élastique** est un remaniement réversible des constituants d'une roche sous l'effet d'une contrainte. La roche revient à sa forme originelle si la contrainte cesse.

Une déformation est **plastique** si la roche se réarrange de façon durable en fonction de la contrainte : lorsque la contrainte cesse, il persiste une déformation résiduelle.

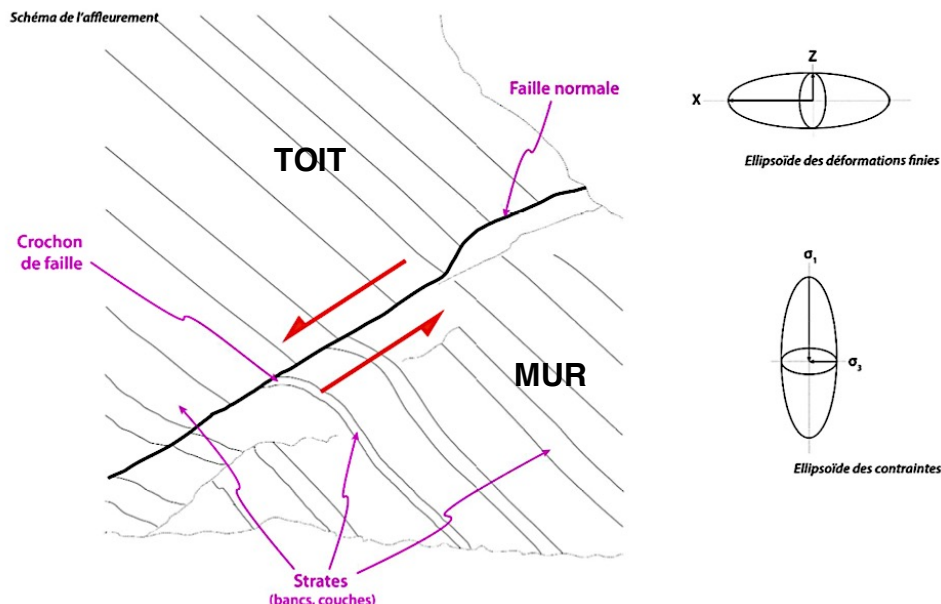
Une déformation **cassante** est une rupture de la roche : les constituants de la roche ne sont plus tous jointifs comme à l'origine.

b) Définissez la notion de contrainte.

Une contrainte est une pression orientée exercée en un point de la roche. Il s'agit donc d'une force exercée sur un point, exprimée en $N.m^{-2}$ ou unité de pression (MPa).

c) Réalisez un schéma titré et légendé de l'affleurement photographié dans le document 1. Schématisez également l'ellipsoïde des déformations finies, en justifiant.

Il est possible de construire les ellipsoïdes car la présence du crochon de faille permet de distinguer le mouvement des blocs vis-à-vis de la faille. C'est une faille normale, d'extension. Il s'agit d'une déformation cassante.



d) À quelle(s) condition(s) peut-on déduire l'ellipsoïde des contraintes à partir de l'ellipsoïde des déformations finies ?

Il faut que la contrainte n'ait pas changé de direction au cours de la déformation = contraintes coaxiales.

e) Représentez l'ellipsoïde des contraintes sur votre schéma. Vous préciserez les significations de σ_1 , σ_2 et σ_3 .

Question 2

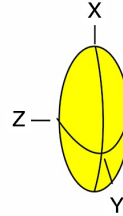
a) Nommez chaque microstructure tectonique du document 2. Vous préciserez si la déformation est cassante et/ou ductile.

1 = pli : déformation ductile avec des fentes de tension (cassantes) à l'extrados.

2 = stylolithes : déformation cassante

3 = fentes de tension : déformation cassante

b) Ajoutez sur le document 2.2. reproduit en annexe, l'ellipsoïde des déformations finies correspondant à l'échantillon 2.

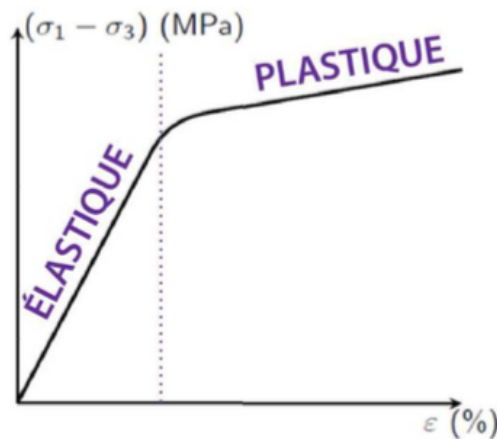


c) Donnez la réaction chimique de la dissolution d'un carbonate calcique.



Question 3

a) Identifier le domaine élastique et le domaine plastique sur le graphique du document 3, représenté dans l'annexe à compléter et à rendre avec la copie.



b) Analyser le document 4 afin de caractériser l'effet de la température sur la déformation du cylindre de roche.

La hausse de température :

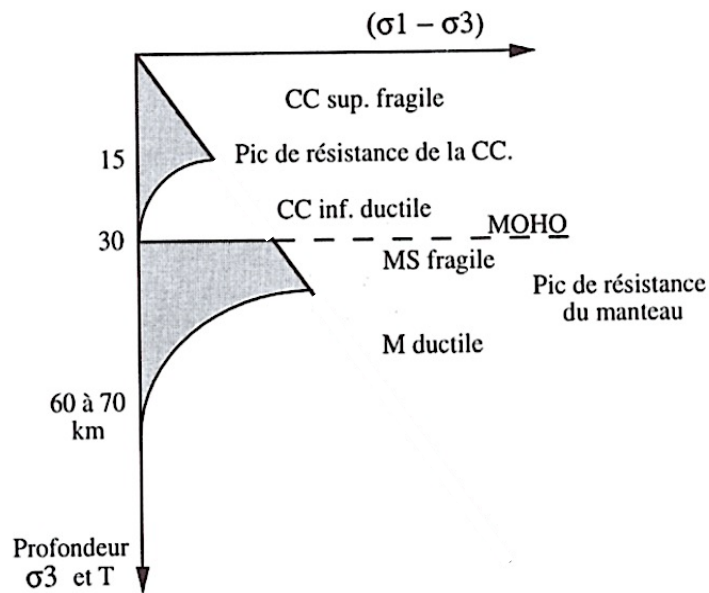
- augmente la quantité de déformation avant rupture (de 4 à plus de 10%), en raison du comportement plus ductile de la roche ;*
- induit un phénomène de fluage plus important ;*
- provoque une diminution du seuil de plasticité de 400 à 200 MPa*

c) Présenter et expliquer le profil rhéologique de la croûte continentale à partir des données du document 4 (un schéma est attendu).

La croûte continentale présente un gradient géothermique vertical : en profondeur, la température et la pression augmentent. De ce fait, d'après le document 2, on remarque que les roches de surface, à moindre température, adoptent un comportement cassant : par exemple, une roche à 300°C (soit 10 km) se rompt pour une déformation de 4% avec une contrainte de 400 MPa.

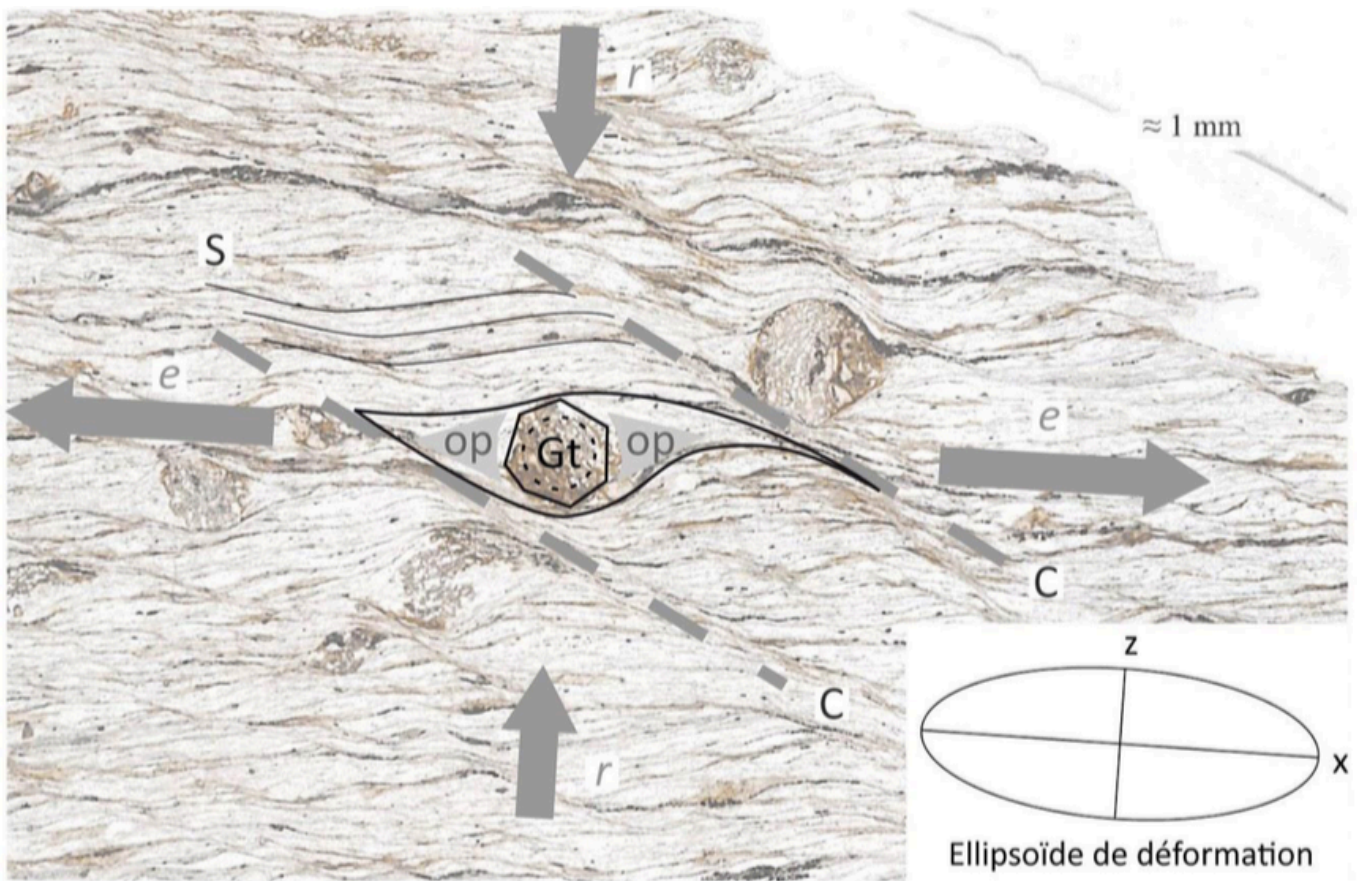
En profondeur, la hausse des températures favorise le comportement ductile : les roches vont se déformer de manière plastique et former des plis.

Le profil rhéologique est alors représenté en fonction de la loi de Byerlee (seuil de rupture) et la loi de fluage (courbe de déformation ductile), ce qui se représente ainsi :



Question 4

a) Décrivez à l'aide d'un dessin légendé la déformation visible et représentez l'ellipsoïde de la déformation sur votre dessin. De quel type de déformation ce document est-il caractéristique et dans quelles conditions s'est-elle effectuée ?



r : raccourcissement maximum - e : étirement maximum
 S : schistosité - C : bandes de cisaillement - Gt : grenat (à léger caractère hélicitique)
 op : ombre de pression (sigmoïde) - x : axe d'étirement principal
 y : axe intermédiaire (perpendiculaire à x et z) - z : axe de raccourcissement principal

b) Est-il possible ici de déterminer des axes principaux de la contrainte ?

Non car la contrainte n'est pas coaxiale (il y a une rotation).

Thème 2 – Le lac Baïkal

(tiré du site géosciences Azur)

Question 1

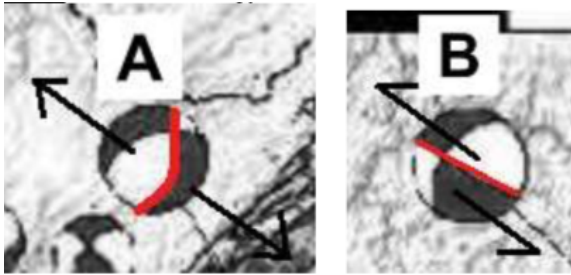
a) Comment s'appellent et que représentent les formes rondes rouge et blanches ?

Ce sont des sphères focales qui représentent la direction du premier train d'ondes reçu au niveau de l'épicentre.

b) Analysez les figures A et B pointées sur la carte.

*La sphère focale A montre un compartiment central en extension flanqué de compartiments en compression. Cela figure un **mécanisme au foyer de type extensif** associé au jeu d'une faille normale. L'orientation de la faille est donnée par la direction de l'allongement de la zone blanche à savoir SO-NE ce qui est la direction d'allongement du lac Baïkal et aussi celle de nombreuses autres failles. Le compartiment effondré correspond au lac Baïkal (Sud) ; ceci n'est compatible qu'avec un pendage vers le Sud du plan de faille.*

*La sphère focale B figure un mécanisme au foyer de type décrochement. D'après la carte, la faille est orientée NO-SE ; le **décrochement est donc sénestre**. On retrouve ce type de mécanisme sur les bords Nord et Sud du lac.*



Plans de faille en gras

c) Que suggère l'ensemble des données sismiques du document 1 quant au contexte tectonique de la région ? Quel objet géologique représente le lac Baïkal ?

*La majorité des séismes ont des mécanismes au foyer de type extensif et correspondent à des failles normales orientées SO-NE, donc un **mouvement divergent NO-SE**. Ce mouvement est accommodé de part et d'autre du lac par des décrochements sénestres. Le lac Baïkal montre une **structure de rift continental**.*

Question 2 - En tenant compte de votre interprétation du document 1, proposez une origine à la surface topographique de la rive Nord.

Il s'agit d'un miroir de la faille normale du rift.

Thème 3 – Origine de quelques roches d'Auvergne

(tiré du sujet Agro-Véto TB 2019)

Question 1 - Nommez les trois minéraux indiqués, puis identifiez la roche et donnez les conditions de formation de ce type de roche.

1 = quartz 2 = biotite 3 = feldspath

Roche = granite

Roche magmatique plutonique formée par refroidissement d'un magma en profondeur

Question 2

a) Nommez la réaction chimique d'altération.

Hydrolyse

b) Précisez le type d'argile représenté par la kaolinite en justifiant votre réponse. Citez une argile de structure différente en précisant son nom et son type.

Monosiallite car 2 Si pour 2 Al. Exemple de l'illite (bisiallite) ou de la gibbsite (allite).

c) Identifiez la phase migratrice et la phase résiduelle.

Phase migratrice = $2 \text{Ca}^{2+} + 4 \text{HCO}_3^-$

Phase résiduelle = kaolinite

Question 3 – Caractérissez l'affleurement de la figure 1.4 et expliquez son lien avec la roche de la figure 1.2 en vous basant sur la figure 1.3.

L'affleurement 1.4 est une arène granitique montrant des boules de granite altéré. La présence d'eau a provoqué une perte de cohérence de la roche.

L'arène constitue la roche meuble légendée : elle est constituée de sable (quartz et orthoses) mélangé à des argiles issues de l'altération chimique des plagioclases et micas. La kaolinite étant un minéral argileux insoluble, elle persiste dans la fraction résiduelle. Les ions solubles sont emportés par lessivage.

Question 4

a) Caractérissez la composition de la roche de la figure 1.5 et expliquez son lien avec l'affleurement présenté à la figure 1.4.

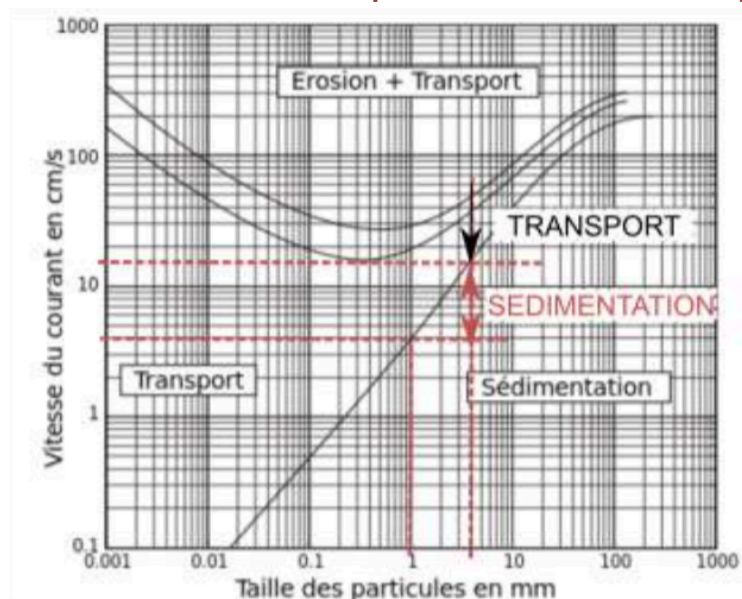
Les minéraux sont les mêmes que le granite mais ils sont liés par une matrice argileuse : il s'agit donc d'une roche sédimentaire détritique.

b) Caractérissez la granulométrie de la roche de la figure 1.5 (taille des grains) et tirez en des conclusions en terme de tri et de transport des particules. Vos justifications s'appuieront sur le diagramme de Hjulström (document de référence 1 mis en annexe) que vous rendrez avec la copie.

*On retrouve tous les minéraux : il y a eu peu de transport. La formation de la roche semble localisée sur le même lieu que l'altération du granite. Vu la taille des particules, leur aspect souvent anguleux, la présence de feldspaths, on peut proposer un **transport court**.*

La taille des particules, évaluée sur le document 1.5, est comprise entre 1 et 4 mm. Le report de cet intervalle de diamètre dans le diagramme de Hjulström (ci-dessous) conduit à conclure que ces particules ont sédimenté pour des vitesses comprises entre 4 et 11 cm.s^{-1} .

*Elles ont été transportées par des courants de **vitesse supérieure à 11 cm.s^{-1}** . Ces vitesses relativement élevées peuvent correspondre à un **milieu fluviatile proche du relief constitué par la roche mère**.*



Question 5

Reconstituez le milieu de sédimentation des roches de cet affleurement.

Les stromatolithes sont des roches issues de la précipitation de CaCO_3 sur un tapis de Cyanobactéries (par déplacement de la réaction en raison de la photosynthèse consommatrice de CO_2). Chaque couche de carbonate est ensuite recouverte par de nouvelles Cyanobactéries : les stromatolithes se construisent par un processus itératif.

*Les stromatolithes se forment à faible profondeur et les marnes sont ubiquistes mais plutôt présentes dans des milieux calmes comme des milieux lacustres ou des lagons. En appliquant le principe de l'actualisme, on peut supposer que c'est dans un **milieu de faible profondeur marin** ou lacustre ou encore saumâtre que ce sont formées ces roches, l'alternance marnes et stromatolithes suggère de petites fluctuations de la profondeur.*

Thème 4 – Érosion, dépôts et dynamique d'un delta

Partie 1 - Impact de la déforestation sur l'érosion

Question 1

Analysez la figure 2.1 pour montrer les liens entre précipitations, végétalisation d'une parcelle et ruissellement.

Le ruissellement est corrélé à l'intensité des précipitations. La parcelle non traitée montre que le ruissellement est plus important lors des périodes de fortes précipitations : ceci est particulièrement visible en 1973, lors de pluies abondantes ($70.10^5 \text{ L.ha}^{-1}$), provoquant un ruissellement multiplié par 4 par rapport à 1971, année plus sèche ($40.10^5 \text{ L.ha}^{-1}$).

La dévégétalisation a aussi un impact important : la parcelle sans végétation montre un ruissellement 3 à 4 fois plus important que la parcelle témoin. Deux ans après l'arrêt des herbicides, la végétation a probablement repris place et le ruissellement est alors très proche de celui de la parcelle témoin.

Question 2

Analysez la figure 2.2 pour en tirer des conclusions sur l'effet de la végétation sur l'érosion d'une parcelle.

Le potassium est une ressource des végétaux. L'absence de forêt induit une exportation de ces ions solubles allant jusqu'à presque 40 kg.ha^{-1} . Le retour de la végétation provoque une réduction de l'exportation du potassium : moins lessivé et davantage fixé par les plantes. L'exportation diminue jusqu'à moins de 5 kg.ha^{-1} .

Concernant les particules détritiques, la déforestation provoque également une hausse de l'exportation qui s'amplifie avec le temps : la perte de sol engendre un effet d'érosion de plus en plus important, jusqu'à une exportation de 400 kg.ha^{-1} .

L'année 1972 est énigmatique.

Partie 2 - Impact de l'anthropisation d'un bassin versant sur la dynamique d'un delta : le cas de l'Ebre

Question 3

En vous basant sur les figures 3.2 et 3.3 ainsi que sur vos conclusions tirées de l'analyse de la figure 1.9, vous expliquerez l'évolution morphologique du delta de l'Ebre de 1522 jusqu'à 1858. Nommez précisément l'évolution observée de la ligne de côte durant cette période.

*Le delta de l'Ebre avance vers le large : il y a un recul du littoral (**progradation**) dû à une sédimentation accrue. Le taux de progression de la ligne de côte est le plus important au moment des 2 périodes de déforestation. L'avancée du delta diminue après ces déforestations même si la charge sédimentaire reste élevée.*

On sait (2.1 et 2.2) que la déforestation facilite l'érosion : elle augmente donc la charge sédimentaire de l'Ebre donc l'apport sédimentaire à l'embouchure ainsi que la sédimentation augmentent et donc le delta progresse.

Question 4

En vous basant sur les figures 2.1, 2.2 et 3.3 ainsi que sur le diagramme de Hjulström (document préliminaire 1), vous expliquerez l'évolution morphologique du delta de 1858 jusqu'à 1988 en distinguant 2 périodes.

Le drainage du delta correspond à une diminution de l'avancée du delta alors que la charge en sédiments diminue peu. Le drainage provoque

- un lit majeur canalisant l'eau du fleuve
- donc une augmentation de la vitesse du courant donc les particules en solution ne se déposent plus (Hjulström).

En fin de période d'étude, des barrages sont construits en amont du delta, menant à une chute de la charge sédimentaire : les sédiments sont piégés en amont. L'eau de l'Ebre est dénuée de sédiments.

Période 1 = drainage => les sédiments de l'Ebre ne se déposent plus car le courant est plus rapide

Période 2 = barrages en amont => la charge sédimentaire de l'Ebre chute.

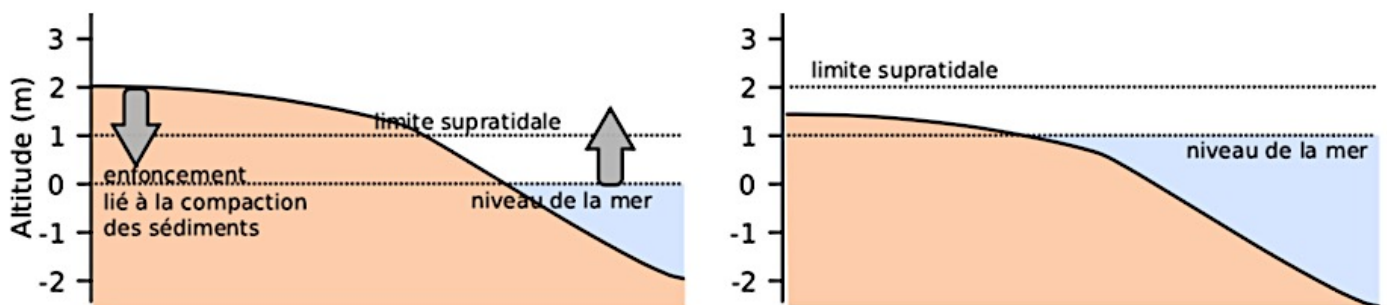
Question 5

Nommez le phénomène d'enfoncement du delta.

subsidence

Question 6

Schématisez une coupe du delta permettant de comprendre la situation du delta en 2020 et 2120. L'échelle verticale sera précisée et les hauteurs calculées avec précision. Indiquez la limite des hautes marées et concluez sur le risque d'inondation.



Calcul : 2 m – 1 m (hausse du niveau de la mer) – 0,5 m (100 x 0,5 cm, lié à l'enfoncement) = 0,5 m au-dessus de l'eau.

Inondations lors des grandes marées !