

Devoir surveillé n°7

Lundi 22 mai 2023

Épreuve d'analyse de documents de géologie

durée : 1h45 heures

Exercice 1 – Quelques ressources normandes

durée conseillée : 1 heure

(inspiré du sujet G2E 2021)

PARTIE 1. PROCESSUS D'ALTERATION EN DOMAINE TEMPÉRÉ

Le granite de Flamanville en Normandie (Figures 1a et 1b) présente une composition qui s'écarte de celle des granites classiques. Il s'agit en fait d'un monzogranite, roche plus riche en feldspaths alcalins, orthose (KAlSi_3O_8) et plagioclases sodiques ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), et plus pauvre en quartz, qu'un granite.

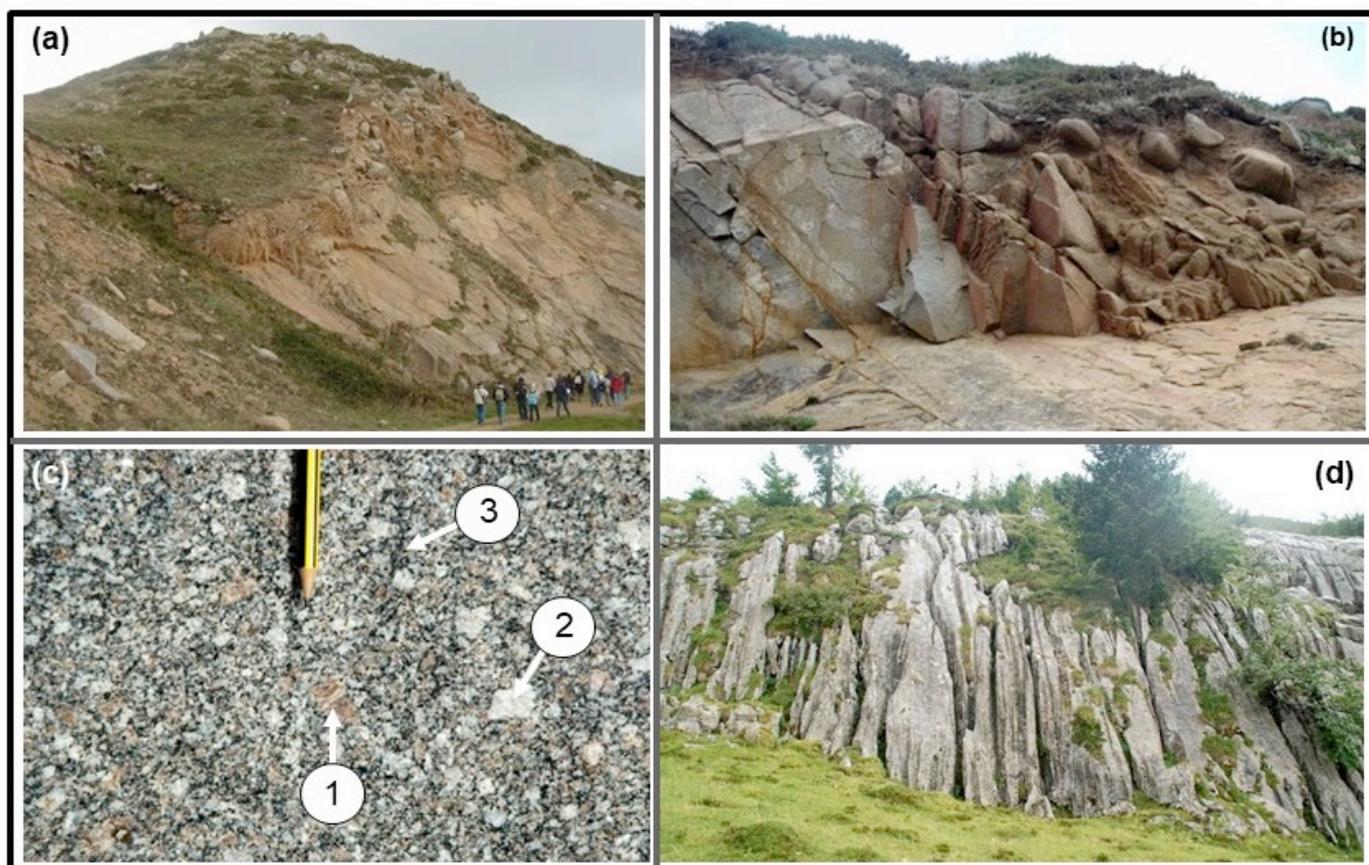


Figure 1. *Altération des granites et des calcaires en milieu tempéré.*

1a et b : Affleurements du monzogranite de Flamanville (Manche) avec ses zones d'altération.

1c : Aspect du granite frais [1, orthose ; 2, feldspaths calco-sodiques ou plagioclases; 3, minéraux sombres avec biotites et amphiboles]. Le quartz est présent mais difficilement identifiable sur la photographie.

1d : Calcaire crétacé du massif de La Pierre Saint-Martin (Pyrénées-Atlantiques).

Question 1a – Décrivez les composantes de l'affleurement du granite de Flamanville (photos 1a et 1b) depuis le bas vers le haut.

Question 1b – Précisez les différents processus de l'altération. Quel est le nom de l'argile prédominante obtenue dans ce secteur ?

Question 2 – La figure 1d montre un affleurement de calcaire crétacé, à La Pierre Saint-Martin dans les Pyrénées. Décrivez brièvement l'affleurement. Nommez le modelé de surface observé.

Question 3 – Caractérisez le processus chimique qui aboutit à la disparition des calcaires. On donnera l'équation de l'équilibre des carbonates. Quels sont les principaux facteurs qui peuvent contrôler cette réaction sous climat tempéré ?

PARTIE 2. FORMATION DES ÉVAPORITES

Les évaporites actuelles peuvent se former dans des lagunes évaporitiques, appelées 'sebkras', bien connues sur le pourtour africain et au-delà, le long du golfe persique (Figure 2a). La plupart des sebkras sont récentes et la hauteur cumulée des couches de sel est de l'ordre de quelques mètres.

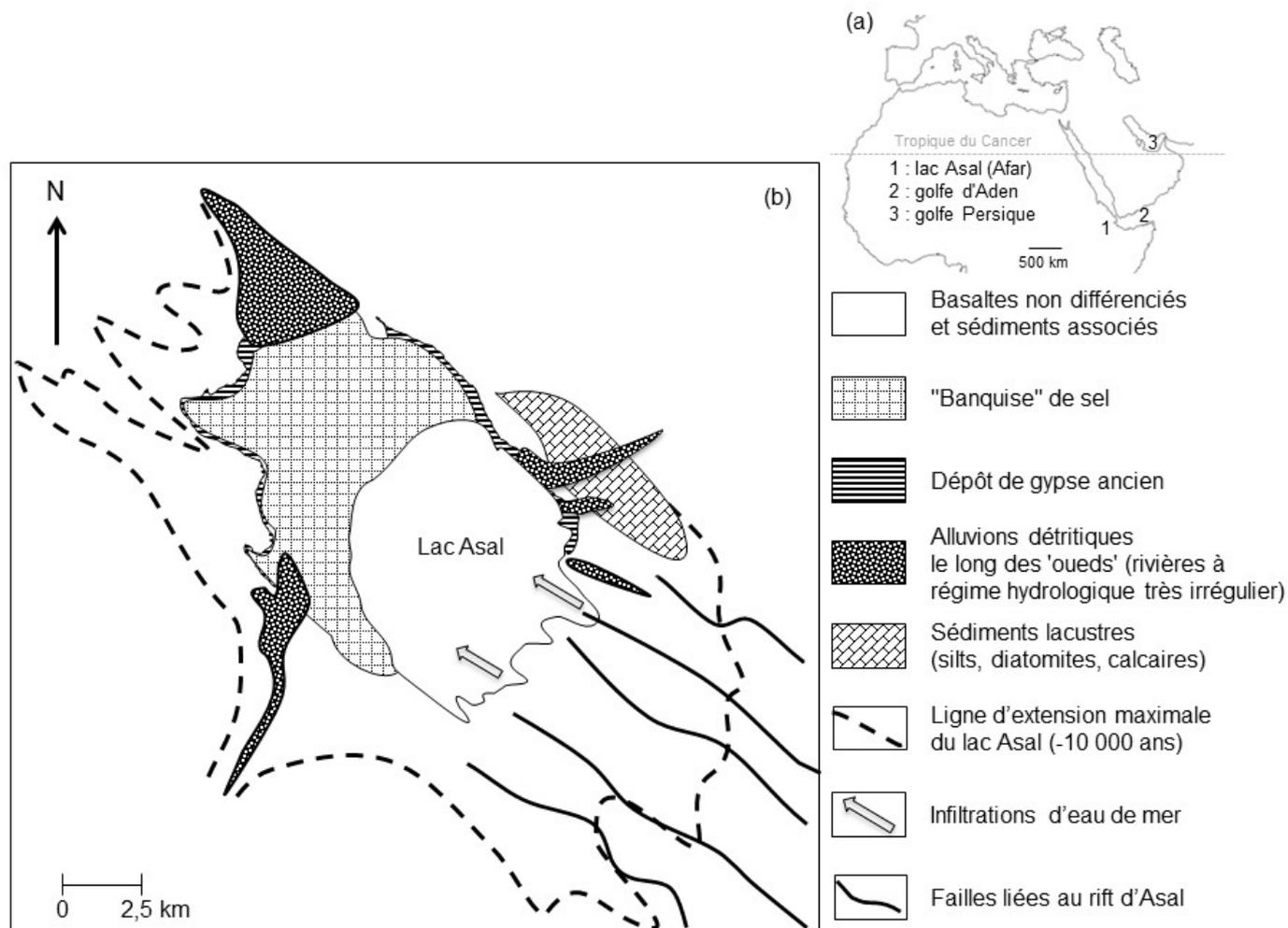


Figure 2. Environnements évaporitiques actuels.

2a : Carte de localisation des différents secteurs d'étude (1 à 3).

2b : Carte géologique du lac Asal actuel, situé dans le rift d'Asal qui appartient à la zone de rift des Afars au Nord-Est de l'Afrique. La limite du lac Asal il y a 10 000 ans est symbolisée par les traits pointillés.

Question 4 – Définissez le terme "évaporite".

Question 5 – En vous appuyant sur les documents suivants (figure 3 et Tableau 1), indiquez quel est l'ordre de précipitation des principaux solutés formés par évaporation d'une saumure.

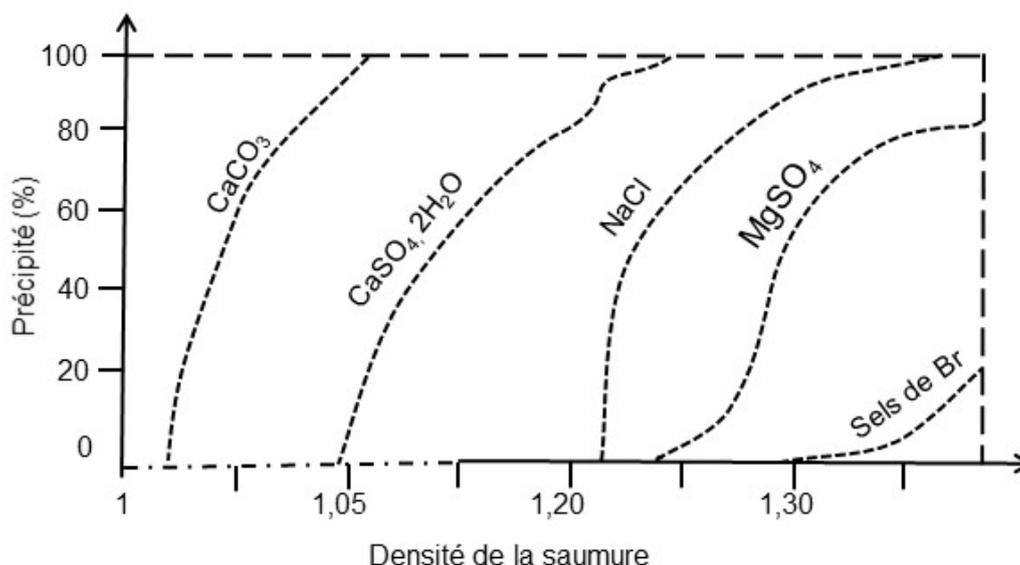


Figure 3. Pourcentage des sels précipités dans une saumure en cours d'évaporation. Les sulfates de magnésium précipitent en même temps que les chlorures de potassium et de magnésium.

Minéral	Composition	Densité
Calcite	CaCO_3	2,71
Magnésite	MgCO_3	3
Dolomite	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	2,9
Halite	NaCl	2,16
Gypse	$\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	2,31
Anhydrite	CaSO_4	2,9
Sylvite	KCl	1,98
Carnallite	$\text{KMgCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	1,6
Sédiments non consolidés		2
Sédiments consolidés		2,5 à 2,6

Tableau 1. Composition et densité des principaux minéraux évaporitiques comparés à ceux de sédiments meubles ou compactés.

Question 6 – Sachant que pour une tranche d'eau de mer de 1 m, on obtient par évaporation une couche de 12,9 mm de sel gemme (NaCl), et une couche de 0,1 mm de carbonates, quelle est la hauteur d'eau nécessaire pour obtenir respectivement une couche de 25 m de sel et une couche d'un mètre de carbonates ? Comparez les valeurs à la profondeur du lac Asal, qui varie entre 20 et 7 m selon la saison. Qu'en déduire ?

Question 7 – Quel est le type d'alimentation en eau salée du lac Asal (voir la figure 2b) ?

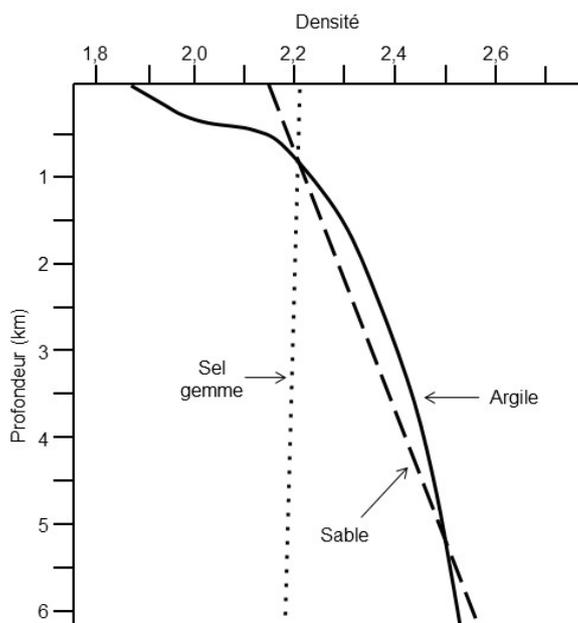


Figure 4. Évolution de la densité de trois types de sédiments : argile, sable et sel gemme avec la profondeur.

Question 8 – Comparez l'évolution de la courbe représentative des argiles avec celles du sable, en particulier dans les premiers 500 mètres (figure 4). Quels sont les facteurs responsables de l'évolution des argiles avec la profondeur ? Comment nomme-t-on le phénomène géologique au cours duquel a lieu une telle évolution ? Quelle particularité montre la courbe du sel gemme ?

PARTIE 3. DÉFORMATION DES FORMATIONS ÉVAPORITIQUES

La déformation des gisements de sel est en grande partie liée aux propriétés physiques et mécaniques du sel gemme.

La figure 5 illustre le comportement du sel gemme (a) et d'un calcaire (b) auxquels une contrainte déviatorique est appliquée à différentes températures.

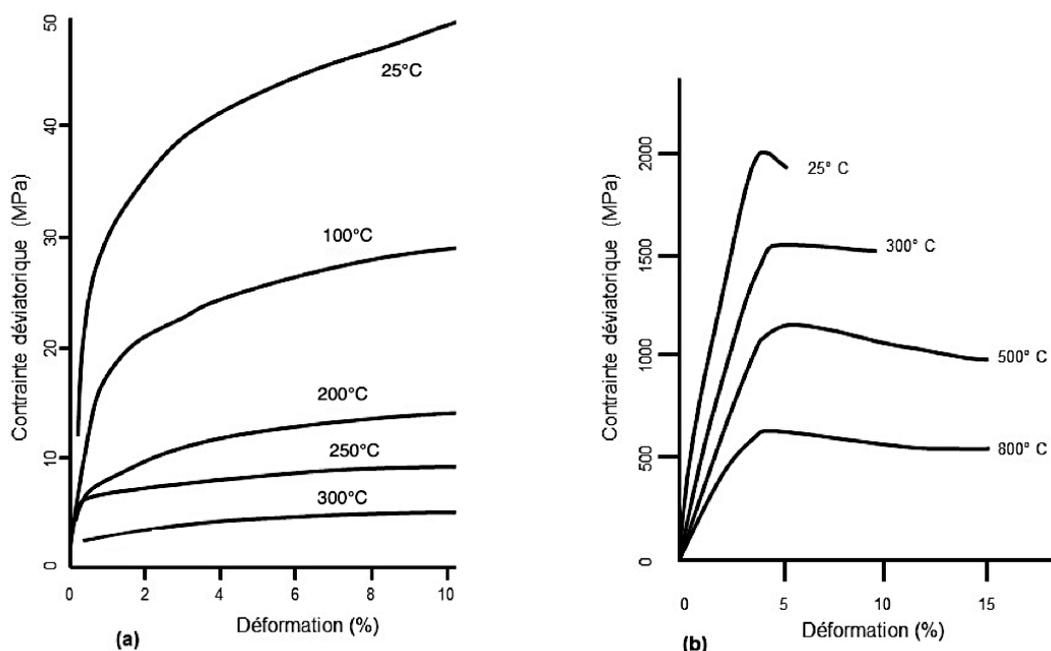


Figure 5. Courbes contrainte-déformation pour le sel gemme (a) et le calcaire (b).

Question 9 – Que peut-on déduire des courbes contrainte-déformation quant au comportement du sel (figure 5a) ?

Question 10 – Que dire de la plasticité du sel gemme par rapport à celle du calcaire (figure 5b) ? Argumentez.

Question 11 – Quel peut être le comportement d'une couche de sel gemme, située sous des sédiments consolidés, compte tenu des propriétés décrites à la question précédente et de la densité du sel gemme (voir le Tableau 1 et la figure 4) ? Quels sont les facteurs qui peuvent être à l'origine du comportement envisagé, et/ou qui le facilitent ?

La figure 6 montre une coupe dans la mine d'Asse (Allemagne) qui fut l'une des mines de sel les plus importantes au XIX^{ème} siècle, exploitant les formations salifères du Zechstein.

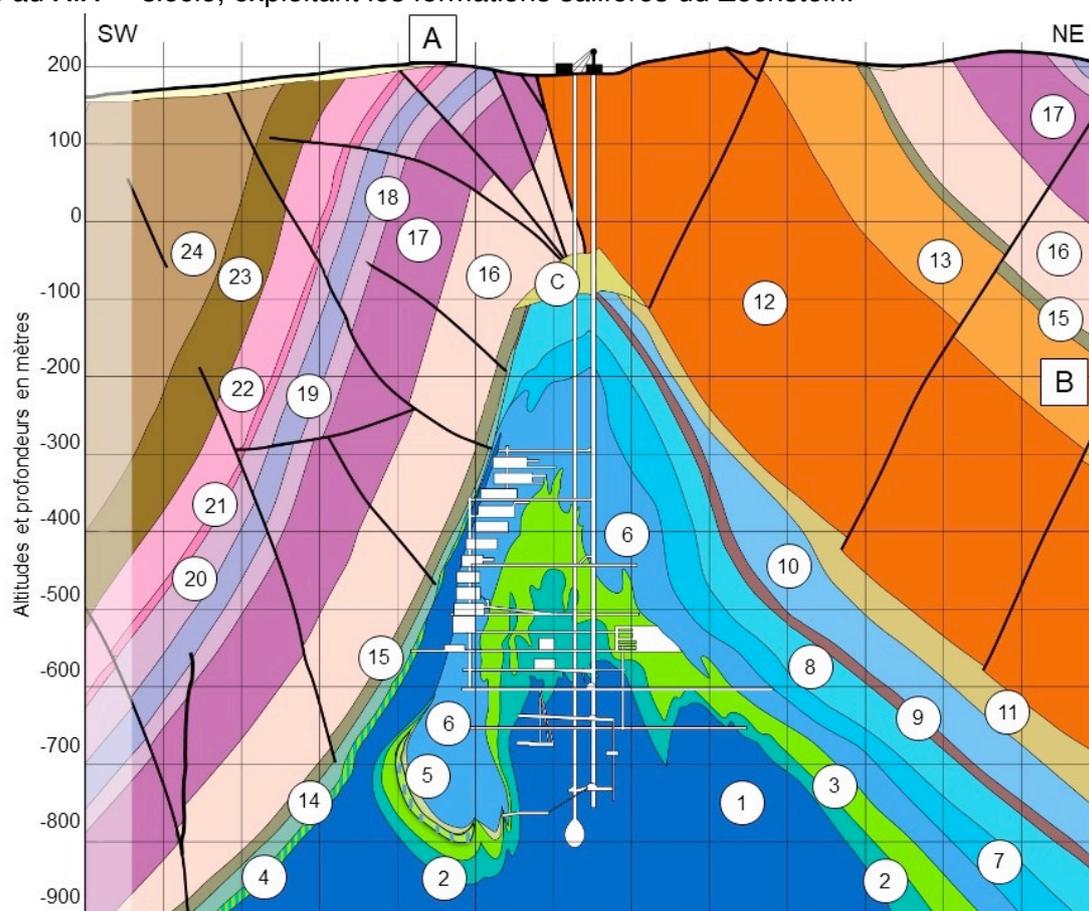


Figure 6. Coupe de la mine d'Asse en Basse-Saxe, Allemagne

La nature et l'âge des différents niveaux rencontrés de 1 à 24 sont reportés dans le tableau 2 ci-dessous. Les traits noirs sont des failles. Rectangles et traits blancs représentent les puits et zones exploitées dans le Permien salifère.

Périodes	Lithostratigraphie		Lithologies
		C	Chapeau du gisement avec mélange de roches (sels et encaissant)
Trias supérieur	Keuper moyen	24	Marnes
	Keuper inférieur	23	Marnes
Trias moyen	Muschelkalk supérieur	22	Calcaires à Cératites
		21	Calcaires à entroques
	Muschelkalk moyen	20	Marnes supérieures
		19	Marnes avec formations salifères
		18	Marnes inférieures
Muschelkalk inférieur	17	Calcaire coquillier	
Trias inférieur	Buntsandstein supérieur	16	Grès
		15	Anhydrite rouge
		14	Sel gemme rouge
	Buntsandstein moyen	13	Grès
Buntsandstein inférieur	12	Grès et calcaires oolithiques	
Permien	Zechstein	Z5b	11 Anhydrite prédominante et sel gemme
		Z5a	10 Sel gemme et anhydrite à la base
			9 Argiles et anhydrite
		Z4	8 Sel gemme
			7 Anhydrite
		Z3	6 Sel gemme
			5 Anhydrite et sédiments variés
		Z2	4 Sels de potasse et de magnésium
			3 Sels de potasse
			2 Niveau de transition avec différents sels, plus ou moins riches en Na et K
1	Couche principale de sel gemme massif		

Tableau 2. Succession stratigraphique de la mine d'Asse.

Question 12 – Quelle est la nature des failles immédiatement situées sous le point A ? Indiquez le mouvement de part et d'autre d'un plan de faille (figure 6, à rendre).

[Vous disposez de la figure 6 légendée afin d'avoir tous les éléments pour répondre aux questions. En annexe, vous trouverez la même figure en version "transparente" et nettoyée de toute légende, afin de pouvoir indiquer directement vos réponses aux différentes questions.]

Question 13 – Quelle est la nature de la faille située au voisinage du point B, vers le Nord-Est de la coupe, entre les numéros 13 et 16 ? Indiquez le mouvement de part et d'autre du plan de faille (figure 6, à rendre).

Question 15 – Pourquoi ces différentes failles ne se prolongent-elles pas dans le Permien ?

Exercice 2 – Datation de la chaîne scandinave durée conseillée : 25 min

(tiré de la publication de Claesson, *Contrib Mineral Petrol* (1987) 97:196-204)

La Scandinavie est parcourue par une longue chaîne de montagnes qui traverse du NNO vers le SSE. Une vaste zone de paragneiss s'étend sur plus de 700 km de long (zone grisée de la carte de la figure 1). Cinq sites ont été étudiés de façon à dater cet immense massif de roches.

Deux méthodes de datation absolue sont utilisées : la méthode K/Ar et la méthode de la Concordia.

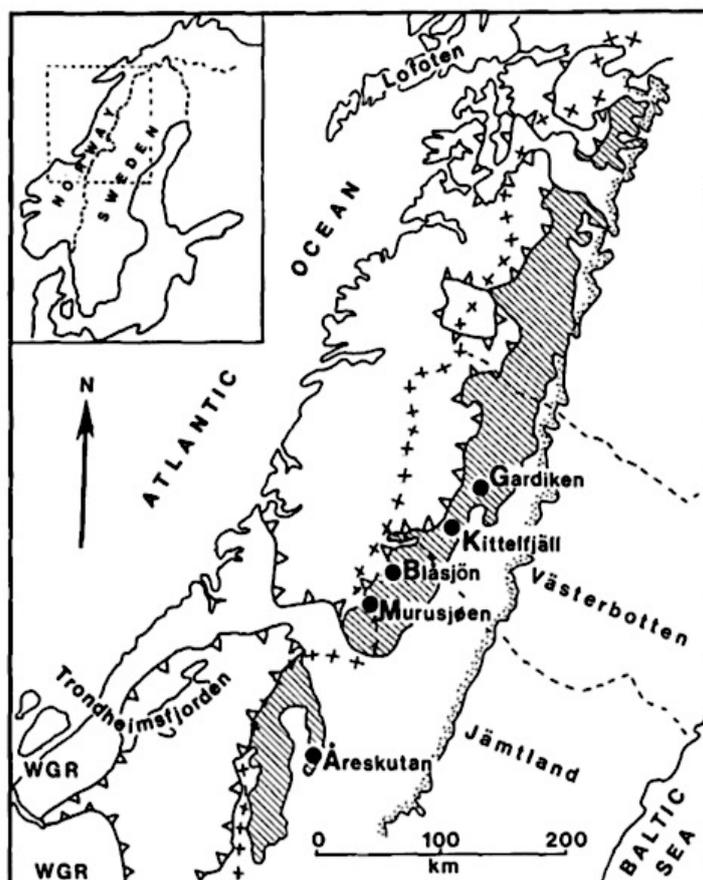


Figure 1 - Carte de la Scandinavie montrant la chaîne de montagnes positionnant les sites étudiés.

1) La méthode $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$

Le Potassium ^{40}K se désintègre en éléments fils ^{40}Ar et ^{40}Ca , à raison de 1 désintégration en ^{40}Ar pour 9 désintégrations en ^{40}Ca . Le ^{144}Nd est l'isotope majoritaire correspondant à l'élément Néodyme. La datation des paragneiss scandinaves a été réalisée par cette méthode.

Question 1 – En notant P la quantité actuelle d'élément père et F la quantité actuelle d'élément fils, établir l'égalité (1) reliant F, F_0 , P et l'âge noté t. La constante de désintégration sera notée λ .

Question 2 – Discuter le choix du couple $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ en trouvant un avantage et un inconvénient à son utilisation.

Question 3 – Écrire la relation (1) adaptée pour le couple K / Ar. Déterminer l'âge des roches d'Åreskutan en utilisant les données obtenues sur le terrain. L'âge obtenu concorde-t-il avec Gardiken et Murusjön ?

Donnée : période $T = 1,2 \text{ Ga}$.

On procèdera à la simplification $e^{\lambda t} \approx \lambda t + 1$ et à l'approximation $\ln(2) = 0,7$.

Échantillon	Nombre d'atomes de ^{40}K	Nombre d'atomes de ^{40}Ar	Âge mesuré
Åreskutan	$3,601 \cdot 10^{19}$	$8,411 \cdot 10^{17}$	
Gardiken	$1,820 \cdot 10^{19}$	$4,268 \cdot 10^{17}$	417 Ma +/- 20
Murusjön	$2,118 \cdot 10^{19}$	$4,957 \cdot 10^{17}$	426 Ma +/- 19

2) La méthode de la Concordia

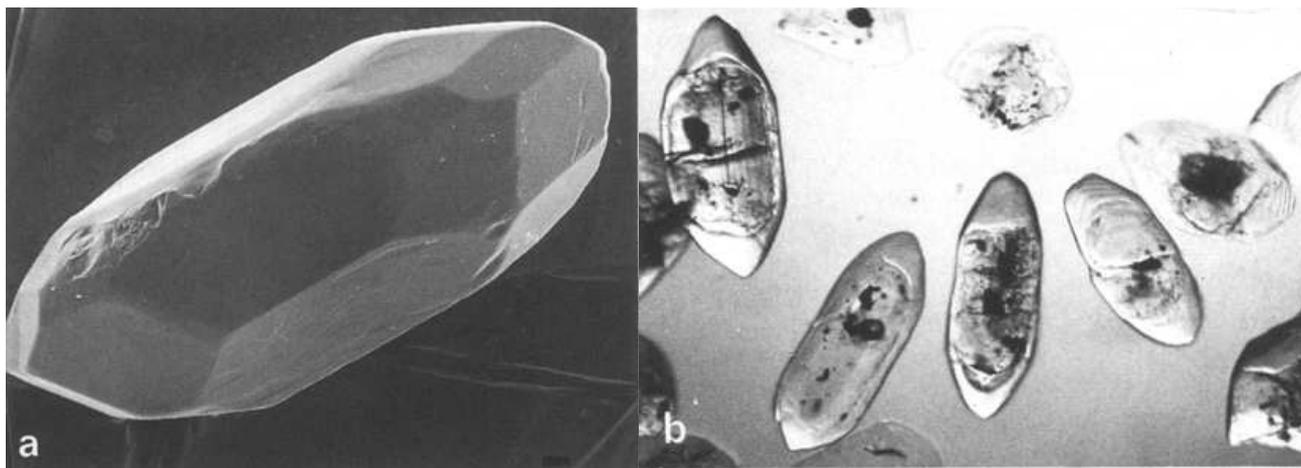


Figure 2 – Image de microscopie électronique à balayage (a) et microscopie photonique (b) de cristaux de zircon tirés de l'échantillon de Blasjön. Le cristal sur l'image a mesure $160 \mu\text{m}$ de long. Les cristaux de l'image b mesurent entre 150 et $200 \mu\text{m}$.

Question 4 – Expliquer l'intérêt de baser la datation Uranium/Plomb sur les zircons.

Les données collectées sur les zircons de Murusjön donnent les valeurs suivantes :

échantillon	1	2	3	4
$\left(\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}\right)_t$	0,56	1,76	1,94	2,62
$\left(\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}\right)_t$	0,071	0,151	0,163	0,209

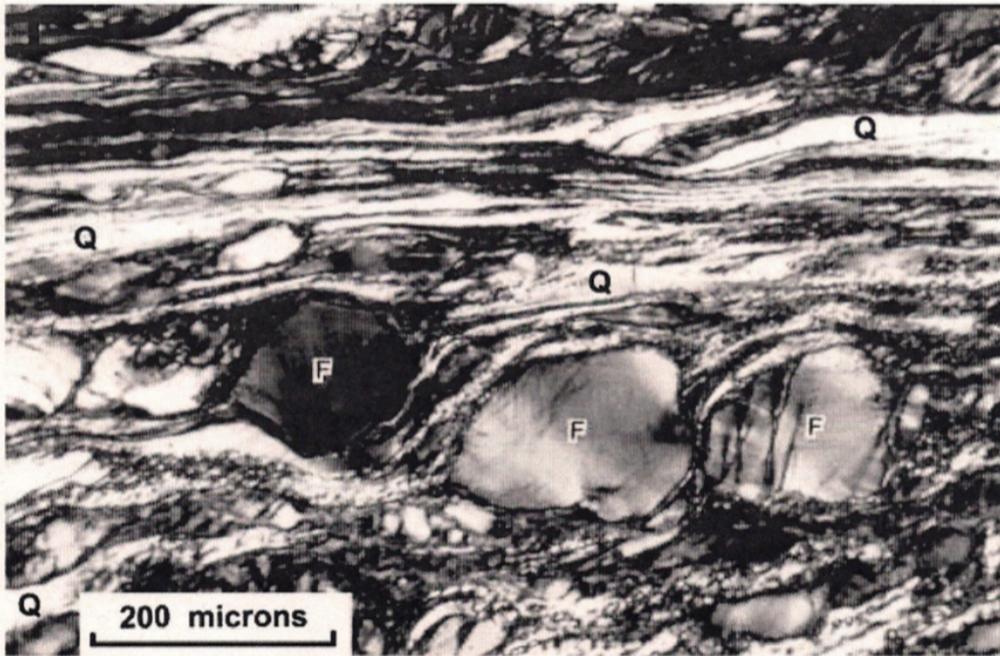
Question 5 – Placer les données sur les diagrammes de Concordia fournis en annexe. En déduire l'âge de formation des paragneiss.

Question 6 – L'âge des paragneiss est-il concordant avec celui obtenu avec la datation par K/Ar ? Expliquer les résultats obtenus en tenant compte des deux modes de datations.

Exercice 3 – Analyse d'une roche en place

durée conseillée : 10 min

Réaliser un schéma interprétatif et proposer les ellipsoïdes des déformations finies ainsi que des contraintes (si cela est possible). Préciser le type de déformation observée.



La figure illustre la microstructure optique d'une mylonite quartzo-feldspathique à 350°C.
Q = quartz et F = feldspath

ANNEXE à RENDRE

Exercice 1 – Quelques ressources normandes

PARTIE 3. DÉFORMATION DES FORMATIONS ÉVAPORITIKUES

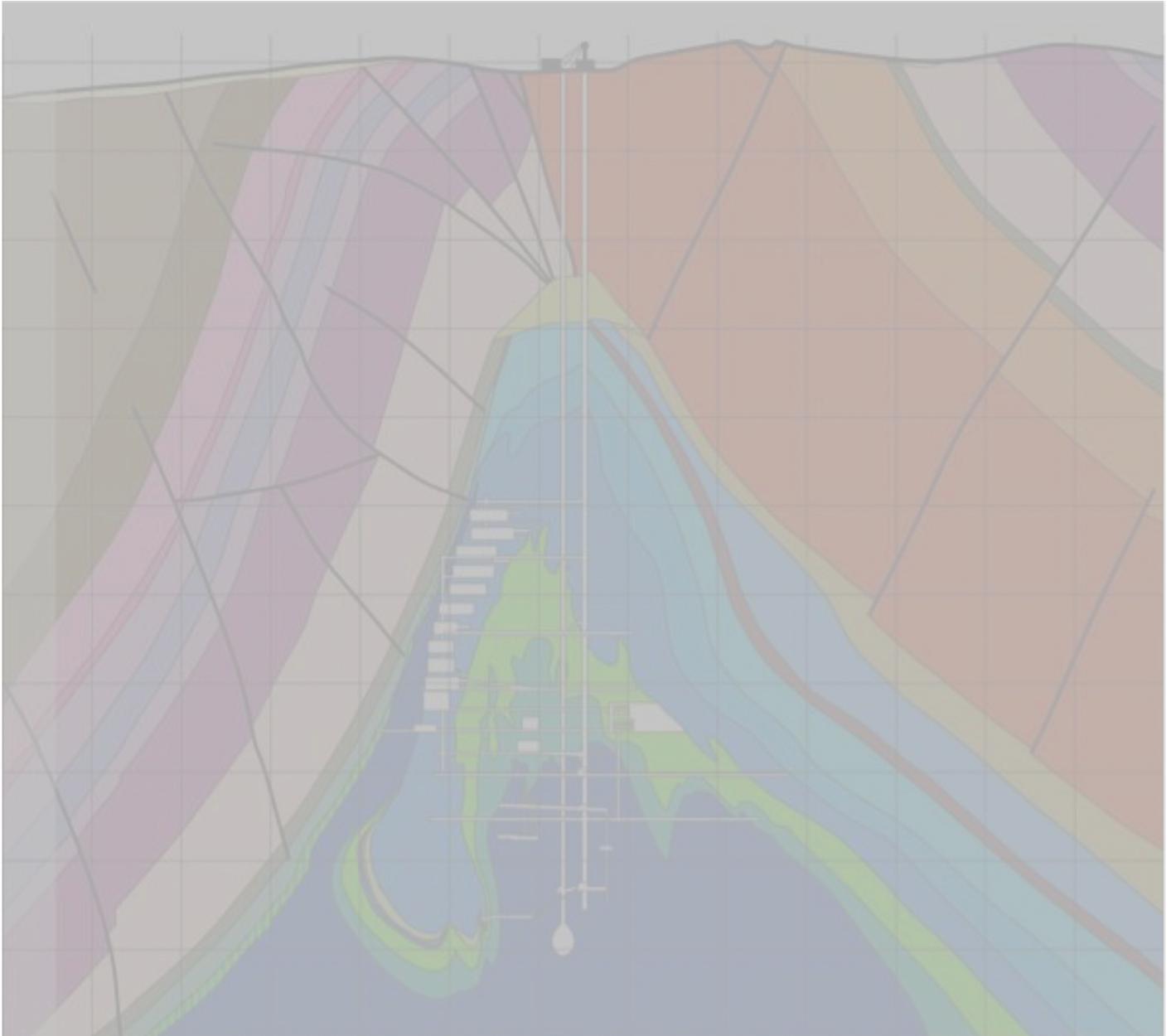


Figure 6. Coupe de la mine d'Asse en Basse-Saxe, Allemagne

Exercice 2 – Datation de la chaîne scandinave