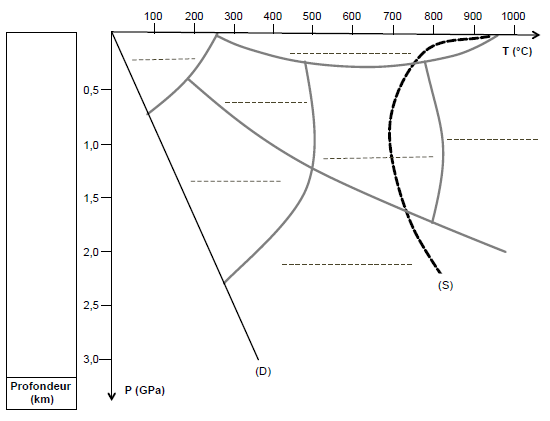
**G2E 2021, analyse de documents Géologie**

**Le cycle du potassium : du granite au sel !**

1. La croûte continentale
   1. Indiquez dans la grille pression-température (Fig. 1, à rendre) les principaux faciès métamorphiques au-dessus des lignes en pointillés gris.



*Géotherme moyen 30°/km*

granulites

30

60

90

amphibolites

éclogites

Schistes bleus

Schistes verts

cornéennes

zéolites

* 1. Que représente la droite (D), en trait noir continu (Fig. 1) ? Que sépare-t-elle ?

La droite (D) représente la limite des conditions du métamorphisme dans la lithosphère : sous cette courbe, les conditions ne sont jamais atteintes. Concrètement, cette droite représente le géotherme le plus « froid » (gradient géothermique le plus faible) existant sur Terre.

* 1. À quoi correspond le phénomène d'anatexie ? Convertissez sur la figure 1, les valeurs de la pression, exprimée en GPa, en profondeur, exprimée en km.

Tracez sur la figure 1, un géotherme qui puisse conduire à une anatexie crustale lors d'une collision, comme dans la chaîne hercynienne.

Donnez une valeur au gradient géothermique (°C/km) et précisez à quelle profondeur (km) l'anatexie commencera selon la valeur de ce gradient géothermique.

Anatexie : processus de fusion partielle de la croûte continentale, qui engendre d’emblée, à partir de roches métamorphiques, la formation de granites riches en minéraux alumineux (cordiérite, muscovite) = leucogranites.

Pour convertir les pressions en profondeur, on considère la relation approximative, valable dans la lithosphère**, z = 3 . P** (avec z : profondeur en km, et P : pression en kb), soit z = 30 . P (si P est en GPa).

L’allure du géotherme conductif est parabolique à l’échelle de la lithosphère, assimilable à une droite sur les profondeurs considérées ici.

Un géotherme compatible avec le contexte géodynamique de collision passerait par les champs (P,T) des faciès schistes verts et amphibolites. (tracé sur l’annexe).

Le géotherme rajouté sur l’annexe en pointillés correspond à un gradient géothermique « moyen » de 30°/km.

L’anatexie commence quand le solidus (S) est atteint, soit, pour le gradient considéré, environ 700°C.

* 1. Légendez par des numéros, les principaux constituants et les structures visibles sur les deux affleurements (Figs 2a et b, à rendre). Reportez ces numéros dans le cadre prévu à cet effet, avec la légende correspondante et la description associée des affleurements.

Une image contenant texte, tissu

Description générée automatiquementProposez de manière argumentée, un nom précis pour ces deux roches. Placez les axes X et Z de l'ellipsoïde de déformation sur l'affleurement de la figure 2b.

1

2

3

4

5

2

3a

3b

1

4

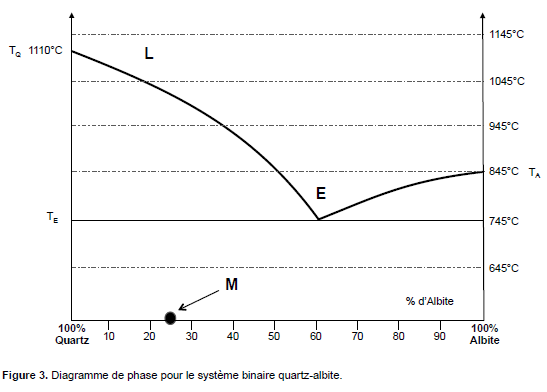
|  |  |
| --- | --- |
| 1 – leucosome : fraction claire d’origine magmatique (composition granitique), issue de la fusion partielle d’une roche métamorphique crustale.  2 – mélanosome : fraction sombre (riche en minéraux ferromagnésiens réfractaires), résiduelle de la fusion partielle  3 – mésosome : protolithe gneissique folié  Bilan1-2-3 : il s’agit d’une migmatite, roche composite issue de l’anatexie.  4 – charnières de microplis, d’orientation variée (polyphasage de la déformation ductile ? ou bien dysharmonies liées à la fusion partielle)  5 – boudinage ?  Bilan 4-5 : déformation ductile, continue hétérogène. | 1 – rubanement lié à la foliation générale de la roche, avec ségrégation de niveaux quartzo-feldspathiques clairs et niveaux ferro-magnésiens (micacés, apparaissant ocres du fait de leur altération probable)  2 – leucosomes probables (fusion partielle localisée ?)  Bilan 1-2 : gneiss localement migmatitique  3 – charnières de microplis.  3a – synforme  3b – antiforme  4 – diaclases  L’orientation des plis est compatible avec un unique épisode de déformation.  La déformation est hétérogène, donc ne peut pas en toute rigueur être modélisée par un unique ellipsoïde de déformation.  En schématisant à outrance, on peut représenter la déformation par l’ellipse suivante :  X  Z |

* 1. Comportement d'un mélange binaire (Quartz-Albite) au cours de la fusion (Fig. 3, à rendre).

Donnez la composition du solide M au départ avant la fusion. A quoi correspond le point E ?

Comment se nomme la droite passant par TE et E, de même que les deux courbes E-T a et E-T A ? Indiquez vos réponses sur la figure 3.

* Composition du solide M : 75% quartz – 25% albite
* E = eutectique du mélange binaire albite– quartz, c’est-à-dire point singulier du diagramme de phase ayant trois propriétés principales :
* Superposition du liquidus et du solidus
* Température minimale du solidus (et du liquidus)
* Variance nulle
* Droite passant par E et TE : **solidus** du mélange binaire albite – quartz
* Courbe TQ-E-TA : **liquidus** du mélange binaire albite – quartz
  1. Indiquez sur la figure 3, le chemin suivi par le liquide lors de la fusion du solide initial, jusqu'à sa disparition totale au point TF, point que vous reporterez dans le diagramme composition-température. Quelle est la signification de la température TF ?



**Tf**

évolutions de la température et de la composition du solide (flèches bleues) et du liquide (flèches rouges) lors d’une course de fusion totale jusqu’à la température TF . (TF : température de fusion totale = de disparition du dernier cristal)

* 1. Fusion d'une source crustale : que représentent les points M, A et O dans le diagramme ternaire de la figure 4a ?

M : eutectique du système ternaire albite – orthose – quartz

A : eutectique du système binaire albite – quartz

O : eutectique du système binaire orthose - quartz

* 1. A partir des diagrammes de la figure 4, montrez que les granites (Fig. 4b) peuvent dériver de la fusion partielle de matériaux enfouis de type gneiss.

*Le diagramme n’était pas à rendre donc aucune exploitation graphique attendue.*

La fusion partielle d’un **gneiss** de composition équilibrée en quartz et feldspaths (1/3 quartz – 1/3 orthose – 1/3 albite), engendre un liquide de composition eutectique (« M »), de température proche de 700°C. Si le taux de fusion partielle est modéré, la composition du liquide reste proche de celle de l’eutectique, soit environ 35% quartz, 40% albite, 25% orthose, compatible avec la composition minéralogique d’un granite (fig. 4b).

* 1. Peut-on obtenir des granites par cristallisation fractionnée à partir d'un liquide basaltique évoluant au cours de son refroidissement dans une chambre magmatique ? Justifiez votre réponse.

La cristallisation d’un liquide basaltique est toujours fractionnée, mais quand elle se déroule avec des ruptures de l’équilibre solide-liquide (soit par extraction physique des cristaux formés soit par arrêt des interactions être liquide et cristaux), la composition du liquide résiduel évolue (augmentation de la teneur en silice, en alcalins,…) : c’est un des processus de la **différenciation magmatique**. Il est alors possible d’atteindre la composition d’un magma granitique.

1. Processus d’altération en domaine tempéré
   1. Décrivez la texture du monzogranite frais de Flamanville (Fig. Sc). Que déduisez-vous de la présence des feldspaths de grande taille ?

La texture est **grenue porphyroïde**, la roche est plutonique. Le quarte et les deux types de feldspaths sont présents, le monzogranite est un granitoïde (apparemment moins riche en quartz que le granite).

La grande taille de certains cristaux de feldspaths s’explique soit par une cinétique plus importante de leur croissance par rapport à celle des feldspaths plus petits et du quartz, soit par un processus de cristallisation fractionnée.

* 1. Résumez l'altération mécanique des granites en zone tempérée en se basant sur l'observation du granite de Flamanville (cf. Figs Sa et b). Quel est le nom de ce processus d'altération ? Quel est le nom de l'argile prédominante obtenue dans ce secteur ?

L’affleurement granitique montre deux parties, visible que les deux clichés

* Partie inférieure : roche massive, affectée par un réseau de **diaclases** (fractures sans déplacement relatif)
* Partie supérieure : boules granitiques reliées par une formation rocheuse meuble, **l’arène granitique**.

Ce processus d’altération est **l’arénisation**, typique de l’altération des roches silicatées en milieu tempéré. Une observation détaillée de l’arène permettrait de voir que la perte d’identité structurale et minéralogique du granite est modérée. Le changement d’aspect et la perte de cohésion du matériau dans l’arène est liée à la néoformation de minéraux argileux, par hydrolyse (et dans une moindre mesure oxydation) des feldspaths et micas originels. L’argile prédominante obtenue dans ce secteur fait partie des argiles TOT (exemples : **illite**, **smectites**).

* 1. La figure 5d montre un affleurement de calcaire crétacé, à La Pierre Saint-Martin dans les Pyrénées. Décrivez brièvement l'affleurement. Nommez le modelé de surface observé.

La surface calcaire (d’une centaine de m²) est affectée de cannelures, dépressions linéaires parallèles, formées par érosion du calcaire lors du ruissellement des eaux météoriques. La surface est un **lapiaz**, exemple de forme de surface visible dans un **modelé karstique**.

* 1. 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 ?

La dissolution de la calcite CaCO3, suivie de l’évacuation des ions issus de la dissolution, est le processus chimique impliqué dans la disparition des calcaires.

L’équation bilan est :

CaCO3 + H2O + CO2 = 2HCO3- + Ca2+

Sous climat tempéré, les facteurs contrôlant cette réaction sont :

* La température (v 🡭 si T 🡭)
* La quantité d’eau liquide
* Le pH de la solution aqueuse : elle doit être acide pour que la dissolution ait lieu. La source essentielle de protons est la dissolution du CO2, dont la quantité augmente avec l’abondance du couvert végétal
* Le drainage des eaux de surface, et plus généralement la quantité d’eau (solvant) qui détermine la concentration en éléments dissous.

1. Formation des évaporites
   1. Définissez le terme "évaporite".

Roche sédimentaire constitués de sels (sel = cation + anion) issue de la précipitation des ions en solution (anions : chlorure, sulfate, cations : alcalins Na+, K+, alcalino-terreux : Ca2+).

* 1. Quel est l'ordre de précipitation des principaux solutés formés par évaporation d'une saumure (Fig. 8 et Tab. 1)?

*La question demande l’ordre des solutés précipitant, qui se lit directement sur la figure 8, et non l’ordre des sels. Intérêt du tableau 1 pour cette question ????*

La figure 8 donne les résultats de l’analyse des sels précipités lors de l’évaporation d’une saumure, de composition initiale supposée similaire à celle de l’eau de mer. Au fur et à mesure de l’évaporation, la densité de la saumure augmente : l’axe des abscisses peut donc être considéré comme étant indicateur du temps.

On constate que :

* Les sels ne se forment pas en même temps
* Les solutés précipitent dans l’ordre suivant :

1. Ca2+ et carbonate 🡪 carbonates de calcium

2-Ca2+ et sulfates -> gypse

1. Na+ et Cl- 🡪 halite
2. 4- K+ et Cl-, Mg2+ et sulfates 🡪 sylvite, chlorure de magnésium, sulfates de magnésium

5 – Br 🡪 sels de brome

* 1. Précisez la succession des roches issues de la concentration progressive de l'eau de mer dans un bassin (cf Figs. 6b, 7c, 8 et Tab. 1 ).

La figure 6 (carte géologique du paléolac Assal) montre une distribution en auréoles grossièrement concentriques des dépôts évaporitiques, de la périphérie vers le centre : carbonates (dépôts localisés à l’Est du paléolac), gypse (sulfate de calcium hydraté), puis « sel ». L’indication « sel » désignant en toute rigueur toute association de cation et d’anion, sera interprétée ici comme signifiant « sel gemme » (NaCl).

La figure 7 c fournit la succession verticale des dépôts évaporitiques du Zechstein : la séquence suivante s’observe à cinq reprises : calcaires (donc riches en CaCO3), anhydrite (CaSO4) et sel gemme (NaCl).

La série calcaire (carbonates de calcium) 🡪 gypse/anhydrite (sulfates de calcium) 🡪 halite (NaCl) représente la succession des roches se formant lors de la concentration progressive de l’eau de mer dans un bassin. La durée d’une séquence est variable (jusqu’à 2 Ma dans le Zechstein, 50 ka dans le paléolac Assal). Ces séquences sont souvent initiées par des dépôts argileux (Zechstein), détritiques terrigènes.

* 1. 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 (NaCI), et une couche de 0, 1 mm de carbonates, quelle est la hauteur d'eau nécessaire pour obtenir respectivement une couche de 15 m de sel et une couche d'un mètre de carbonates ?

Pour 15 m de sel : une colonne d’eau de 1163 m serait nécessaire

Pour 1 m de carbonates : une colonne d’eau de 10000 m serait nécessaire !

Ces valeurs sont considérables, et réfutent l’hypothèse d’une évaporation d’une unique colonne d’eau de mer.

* 1. Quel est le type d'alimentation en eau salée du lac Asal (cf Fig. 6b)?

Le lac Assal est actuellement alimenté en eau salée par des infiltrations d’eau de mer.

3.6 En considérant la géologie du rift d'Asal (cf Fig. 6b), et la situation géographique des autres sebkras (cf Fig. 6a), indiquez les processus climatiques et géologiques nécessaires à l'origine des dépôts de sel gemme dans ces sebkras.

Le lac Assal est situé à l’extrémité d’un réseau de failles liés au rift Assal. Ces failles normales , de direction NW-SE, constituent probablement un drain pour l’eau de mer du système mer Rouge/golfe d’Aden. Les conditions arides permettent l’évaporation de l’eau salée ainsi drainée jusqu’à la dépression d’Assal (-155 m sous le niveau de la mer) et les précipitations évaporitiques.

* 1. La figure 7c des formations évaporitiques du Zechstein montre plusieurs niveaux puissants de roches carbonatées. Quelle peut être l'origine de ces calcaires (cf. question 3.4) ?

Les roches carbonatées sont localement riches en magnésium : il s'agit de dolomies (Tab. 1).

Comment peuvent se former les dolomies dans un contexte de bassin évaporitique si leur dépôt n'est pas primaire ?

D’après notre réponse à la question 3.4, les formations calcaires épaisses peuvent difficilement être d’origine évaporitique, et une analyse pétrographique serait nécessaire pour montrer leur origine biogène plus probable (calcaires récifaux ou/et calcaires détritiques biogènes).

La dolomitisation secondaire est un processus qui implique la transformation de calcite en dolomite CaMg(CO3)2, donc des calcaires en dolomies, par substitution d’une partie du Ca2+ par Mg2+, présents dans les solutions aqueuses en interaction avec le sédiment.

* 1. Comparez l'évolution de la courbe représentative des argiles avec celles du sable et du sel, en particulier dans les premiers 500 mètres (Fig. 9). 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 ?

La densité du **sel** est quasiment constante avec la profondeur (très légère baisse de la densité).

**Argiles et sables** voient leur densité augmenter avec la profondeur : l’évolution est régulière pour les sables (accroissement de densité de 0.08 / km environ) et peut s’interpréter comme résultant de leur compaction progressive au cours de leur enfouissement.

L’augmentation de la densité des argiles est irrégulière : + 0.3 dans le premier km puis +0.06/km dans les 5 km suivants). La compaction semble donc avoir des effets plus marqués dans le 1er km de profondeur (évacuation efficace des fluides présents en abondance dans les argiles, cimentation importante des argiles au-delà du 1er km).

Le phénomène géologique au cours duquel a lieu cette évolution est la **diagenèse**, ensemble des processus conduisant à la transformation d’un sédiment en roche sédimentaire.

* 1. Les diagraphies sont couramment utilisées dans les gisements de sel pour déterminer la nature des roches.

Sachant que toute la colonne lithologique de la figure 10 est constituée d'évaporites, sauf le niveau Z3a, précisez la nature prédominante des niveaux de sel Z2a, Z2b, Z3b, Z3c et Z3d. Justifiez votre réponse (cf. Tab. 1).

Dans le niveau Z3a, où les roches sédimentaires autres que les évaporites prédominent largement, qu'est-ce qui peut être à l'origine de l'anomalie du gamma-ray ?

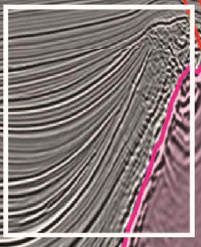
La technique gamma Ray repose sur la mesure de la radioactivité naturelle des matériaux. Une sonde est introduite dans un trou de forage et remontée à vitesse connue. L’enregistrement de la radioactivité des matériaux est effectué lors de cette remontée. Les formations rocheuses qui montrent une forte réponse gamma ray sont celles qui contiennent des isotopes radioactifs. Parmi les évaporites, seule la sylvite (KCl) est d’avoir une radioactivité naturelle, du fait de la présence possible de l’isotope radioactif 40K. La halite (NaCl) et l’ensemble gypse/anhydrite (CaSO4) ne possèdent pas d’isotopes radioactifs abondants.

Les formations détritiques terrigènes (argilites, grès) et carbonatées de la couche Z3a ont une radioactivité naturelle du fait de la présence possible de l’isotope 40K (dans les argilites) ou d’isotopes de l’uranium, possiblement concentré dans des grès.

* 1. La géométrie des bassins évaporitiques, comme ceux du Zechstein et de Santos, est dessinée d'après la répartition et la puissance des formations évaporitiques. On sait par exemple que le bassin du Zechstein a été régulièrement alimenté au Permien par des eaux océaniques provenant du nord de l'Europe actuelle (Fig. 7b).

Quel est le processus géologique qui peut expliquer la puissance et la courte période de formation des bassins évaporitiques ? Précisez les mécanismes à l'œuvre lors de ce processus.

Le processus impliqué est la subsidence, enfoncement du fond du bassin sédimentaire, d’origine tectonique (assistée par des failles normales) ou/et thermique (liée au refroidissement de la portion de croûte concernée) ou/et liée au poids des sédiments déposés.

1. Déformation des formations évaporitiques
   1. Dessinez et légendez les relations géométriques entre les différents réflecteurs sismiques **délimités par le cadre blanc** (Fig. 11 b). Identifiez et nommez les géométries remarquables. Datez le début de mise en place du dôme de sel en vous basant sur l'échelle chronologique (Fig. 11 b).

toplap

Réflecteurs sismiques continus = limites de dépôts sédimentaires

onlap

En rose, limite du dôme de sel, qui a déformé la série sédimentaire en synforme

Une image contenant texte

Description générée automatiquement

105

Pour dater la mise en place du dôme de sel, le seul moyen est de repérer les terrains sédimentaires les plus anciens (donc les plus profonds) discordants par rapport à l’enveloppe du diapir. Les terrains les plus anciens en onlap sur l’enveloppe du diapir sont âgés de 100 Ma, âge maximal du début du diapirisme (flèche jaune rajoutée sur le document).

* 1. La figure 12 illustre le comportement du sel gemme (a) et d'un calcaire (b) auxquels une contrainte déviatorique est appliquée à différentes températures.

Que peut-on déduire des courbes contrainte-déformation quant au comportement du sel (Fig. 12a) ?

Que dire de la plasticité du sel gemme par rapport à celle du calcaire (Fig. 12b) ?

**Sel gemme** : à basse température (23°C), le sel gemme a un comportement élastique, et un domaine plastique atteint à des taux de déformation de l’ordre de 2% mais pour des contraintes déviatoriques élevées (env. 35 MPa). Quand la température augmente, le seuil de plasticité diminue fortement, c’est-à-dire que la contrainte déviatorique nécessaire pour atteindre la transition élastique/plastique diminue fortement (respectivement 35 MPa et 5 MPa à 23°C et 300°C) : la plasticité du sel augmente et son fluage devient important .

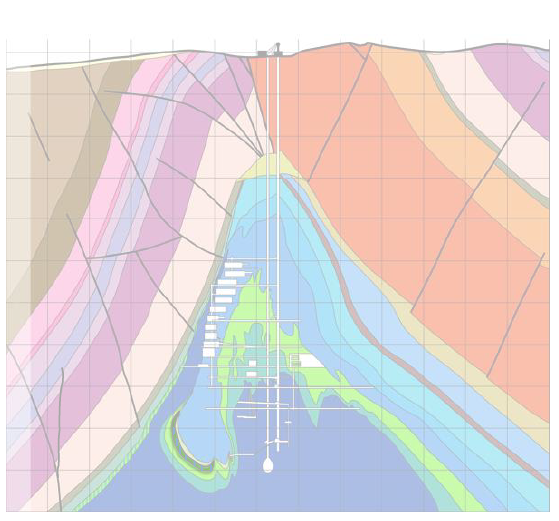
Le calcaire a, à 25°C, un comportement élastique, et un seuil de plasticité très proche de son seuil de rupture. L’augmentation de T lui confère un comportement de plus en plus plastique mais à des contraintes déviatoriques nettement plus importantes que pour le sel (à 300°C, 1500 MPa pour le calcaire, 5 MPa pour le sel).

Bilan : le calcaire est nettement plus compétent que le sel gemme.

* 1. Quel peut être le comportement d'une couche de sel gemme, située sous des sédiments consolidés, compte tenu des propriétés décrites au point 4.2 et de la densité du sel gemme (cf Tab.1 et Fig. 9) ? Quels sont les facteurs qui peuvent être à l'origine du comportement envisagé, et/ou qui le facilitent ?

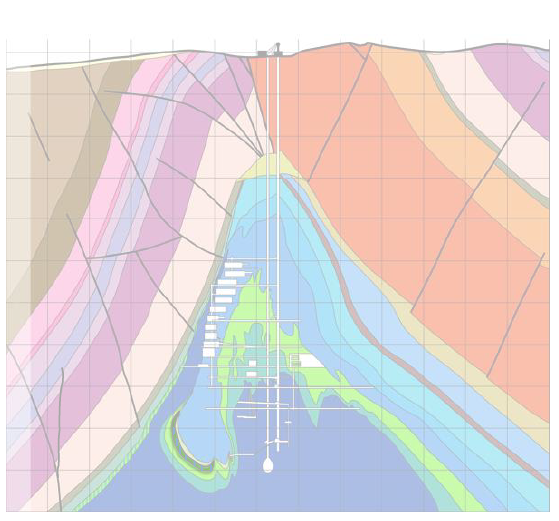
La température augmentant avec la profondeur, la densité du sel gemme devient inférieure à celle des autres matériaux sédimentaires 🡪 tendance à l’ascension. L’incompétence du sel et l’augmentation de sa plasticité avec la température permet le diapirisme.

* 1. La figure 13 montre une figure dans la mine d'Asse (Allemagne) qui fut l'une des mines de sel les plus importantes du XIXe siècle, exploitant les formations salifères du Zechstein (Figs 7b etc).

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 (Fig. 13 à rendre).

Faille normale

* 1. 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 d’un plan de faille (Fig. 13 à rendre).

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

Faille inverse

Le « Permien » de l’énoncé se réfère au dôme de sel (d’âge Permien supérieur d’après le doc 7c)

Deux hypothèses possibles au non-prolongement des failles dans le dôme de sel :

1 – elles sont locales, et dues au diapir, donc ne concernent que l’encaissant

2 – d’après le doc 12b, le sel est très incompétent (comportement plastique et fluage important, surtout à température élevée) donc ne se fracture qu’au-delà d’un taux de déformation bien plus important que les autres matériaux sédimentaires.

* 1. Des plans de discontinuité n'ont pas été reportés sur la figure de la mine d'Asse (Fig. 13).

Repérez les discontinuités éventuelles d'après la stratigraphie et reportez ces plans sur la figure 13 (à rendre).

Numérotez les plans identifiés sur la figure. Précisez leur nature.

Dans les niveaux évaporitiques, l'anhydrite est compétente, contrairement au sel gemme (cf. Fig. 12).

Dans la moitié SW de la coupe, on constate l’absence :

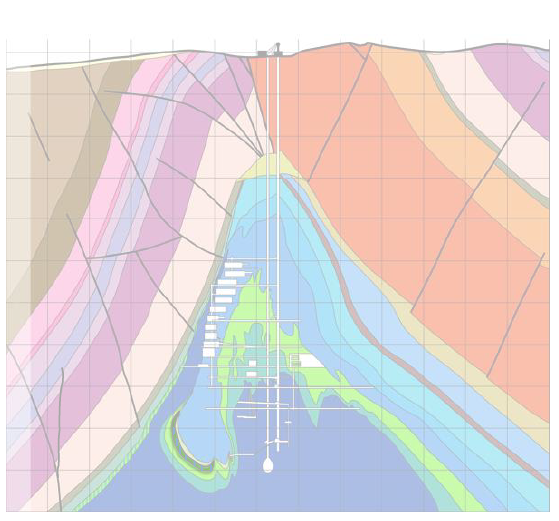
* Du niveau 3 (sels de potasse) (discontinuité **1**)
* Des niveaux 5 à 13 (inclus), autrement dit les niveaux Z3-Z4 et Z5 du Zechstein évaporitique, et les niveaux gréseux du Trias inférieur : discontinuité **2**.

Dans la moitié NE, absence :

* Des niveaux évaporitiques 4 et 5 (discontinuité **3**)
* Du niveau 14, constitué de sel gemme (discontinuité **4**).

Ces quatre discontinuités correspondent à des failles au niveau desquelles se seraient opérés les détachements des niveaux évaporitiques (très incompétents, à l’exception de l’anhydrite).

Le contact entre la série « NE » et la série « SW » est également anormal, la faille pointée par une flèche mettant en contact le mur de l’unité 12 sur les unités 16-17-18 (faille inverse).



T4

T2

T3

T1

* 1. Relevez les principales analogies entre les coupes sismiques réalisées dans le gisement de sel gemme crétacé du bassin de Santos (Fig. 11) et la coupe géologique du gisement permien d'Asse (Fig.13). Comment les expliquez-vous ?

|  |  |
| --- | --- |
| **observations** | **interprétations** |
| Le dôme de sel est un antiforme, présentant des plis de second ordre | Résultat de l’ascension diapirique et de l’incompétence du sel |
| Série sédimentaire encaissant le dôme plissée en antiforme | Résultat de la déformation par l’intrusion du diapir de sel |
| Failles en éventail dans l’encaissant au sommet du dôme de sel, et pas dans le dôme lui même | Déformation complexe de la série sédimentaire surmontant le dôme : c’est là où le gradient de déformation est probablement le plus fort.  L’incompétence du sel du dôme fait qu’il n’est pas affecté par les fractures. |

* 1. Le profil sismique d'une partie du bassin permien en Hollande, reporté en figure 14 (cf Fig. 7b), illustre à grande échelle le comportement des formations salifères par rapport aux formations antésalifères et post-salifères.

Résumez l'histoire géologique du secteur depuis la fin de l'orogenèse hercynienne jusqu'aux dépôts tertiaires. Justifiez vos réponses.

1 – socle hercynien affecté de failles normales, un bloc basculé visible dans la partie Sud : le socle hercynien a subi une extension. Les séquences anté-rift et syn-rift ne sont pas datées.

2- dépôt des séquences évaporitiques du Zechstein Z1 et Z2 (anhydrite)

3 – failles à jeu subvertical, localement normales (extension), pendant le dépôt de sel Z2 (qui semble syntectonique)

4 – dépôt des séquences Z3 à Z5

5 – diapirisme salifère à partir du sel Z2

6 – dépôt du Trias

7- lacune sédimentaire du Jurassique

8 – dépôt du Crétacé et du Cénozoïque

Le diapirisme de la séquence Z2 semble donc s’être initié dès Z2-Z3 et achevé pendant le Crétacé supérieur.

1. Les risques liés à l'exploitation du sel
   1. Nommez et expliquez le mécanisme à l'origine d'une telle structure (cf. Fig. 15). Le schéma de la figure 16 vous présente une coupe géologique simplifiée caractéristique de l'état initial avant exploitation. La couche de sel est interstratifiée dans des roches sédimentaires variées.

Effectuez deux schémas à partir de cet état initial, l'un illustrant un état intermédiaire et l'autre, l'état final montrant la structure reconnue en figure 15.

L’exploitation du sel se fait par dissolution (eau injectée au niveau des puits puis solution saturée en sels récupérée en surface). La dissolution du sel en profondeur entraine un effondrement de la surface qui engendre la dépression observée.

* 1. Après la fin de l'exploitation du sel gemme, la mine d'Asse a été utilisée comme site de stockage pour les déchets nucléaires. Des travaux sont entrepris actuellement pour extraire les fûts renfermant les déchets car de l'eau circule dans la mine.

Quelle peut être la ou les cause(s) de ces arrivées d'eau ? Quelle est la conséquence de la présence d'eau sur la stabilité de la mine ?

L’infiltration des eaux de surface est facilitée par les multiples fractures qui affectent l’encaissant du diapir de sel.

Les infiltrations engendrent la dissolution du sel qui déstabilise la mine.

1. Synthèse : le cycle du potassium

On suivra le cheminement d'un ion potassium, initialement présent dans un granite A formé lors d'une orogenèse X, qui va se retrouver dans un autre granite B, formé lors d'une orogenèse X+1.

Identifiez, dans le cycle du potassium, les minéraux et/ou les roches porteuses de ce potassium que vous placerez à l'intérieur du cercle (Fig. 17, à rendre).

Reportez les principaux processus géologiques ayant conduit aux libérations et concentrations successives du potassium, à l'extérieur du cercle.

