

PARTIE I – Étude d'une carte géologique

Q 1 : Plusieurs stratotypes ont été définis en Provence. Définissez ce qu'est un stratotype et présentez leur intérêt en géologie.

Le stratotype d'une unité stratigraphique est un affleurement particulier type servant de référence pour la définition et l'identification de l'étage de l'échelle stratigraphique en question.

Q 2 : Sur l'extrait proposé, identifiez la nature et l'âge des formations présentes à l'affleurement.

Les formations présentes à l'affleurement sont toutes des formations sédimentaires. Les plus anciennes datent du Trias inférieur, donc du début du Mésozoïque, les plus récentes sont actuelles.

Il n'y a pas de formations du Paléozoïque à l'affleurement.

Q 3 : Y a-t-il des lacunes stratigraphiques ? si oui lesquelles.

On peut utiliser deux axes de réflexion :

Analyse de la légende stratigraphique de la carte :

- L'absence de formations sédimentaires du Crétacé (à part le Crétacé terminal) représente une lacune stratigraphique : pas de dépôt de sédiment, ou dépôt puis érosion, qui témoignent d'une émergence donc d'une régression.
- On relève également l'absence de formations du jurassique inférieur J_1 et J_3 : autres lacunes (*absence de sédimentation vraisemblable puisque les formations J_2 sont des dolomies, résultant d'une évaporation en milieu lagunaire donc proche du rivage : de faibles variations du niveau marin pourraient alors expliquer l'absence de dépôts*).
- La partie terminale du Tertiaire (Oligocène → Pliocène) n'est pas représentée sur la carte, puisque les alluvions actuelles sont directement au contact des dépôts Paléogène (Eocène, indice e^{3-4}) : cela représente une autre lacune sédimentaire, qui peut s'expliquer de la même façon.

Analyse des strates sur le trait de coupe :

- On observe le dépôt du J_5 directement sur les terrains du J_2bC . Il y a donc lacune du J_2-3 et J_4 .

Q 4 : Repérez les principales structures tectoniques (faille(s), pli(s)) présentes sur la carte.

Du Sud au Nord, on observe

- Quelques failles E-W inverses (tracé courbe) dans la partie Est de l'extrait de carte
- Pli anticlinal E – W presque symétrique à cœur de t^{7-9}
- Pli anticlinal E – W à cœur de J^2 au NE de la carte (interrompu par la faille)
- Pli synclinal E – W presque symétrique à cœur de J^5
- Deux failles E – W inverses à pendage Sud entourant une écaille sédimentaire
- Deux failles N – S (angle NE de la carte) verticales ; la plus à l'Est est une faille décrochante dextre puisqu'elle décale à la fois les formations sédimentaires et la faille inverse à pendage sub-horizontale. *Pour l'autre faille on ne peut pas savoir avec certitude car le décalage apparent des formations sédimentaires pourrait être dû à la topographie.*

Q 5 : Réalisez la coupe géologique à main levée le long du profil AB qui figure sur la carte, en utilisant le profil topographique fourni (p. 7, à rendre).

Voir page suivante.

Q 6.1 : Définissez le terme « évaporite » et précisez les contextes géologiques dans lesquels des dépôts évaporitiques sont susceptibles de se mettre en place.

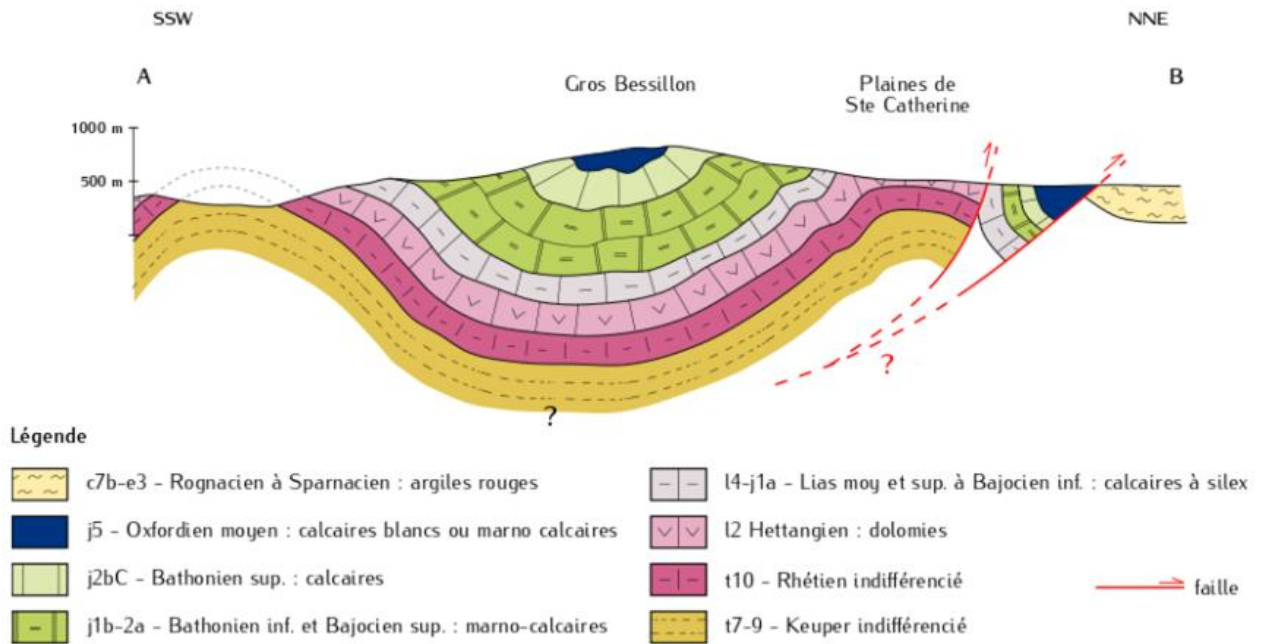
Dépôts qui précipitent par sursaturation due à l'évaporation. C'est une précipitation chimique. Elle se met en place dans les lagunes et les bassins au bilan hydrologique très déficitaire.

Les évaporites sont des chlorures, des sulfates.

Q 6.2 : En utilisant le document 1 identifiez et expliquez l'ordre de précipitation des principaux solutés formés par évaporation d'une saumure.

Lors de l'évaporation de la saumure, sa densité va augmenter de 1 à plus de 1,3. On peut donc lire l'ordre d'apparition des différents précipités.

Dans l'ordre, on a (i) carbonates de calcium, (ii) sulfates de calcium hydraté (gypse), (iii) sel gemme (halite), (iv) sulfate de magnésium avec les chlorures de potassium (KCl) et de magnésium ($MgCl_2$), et (v) in fine, différents sels de brome.



Q 6.3 : Proposez pour le Trias de la carte un scénario de mise en place des différentes formations identifiées en vous appuyant sur le document 2.

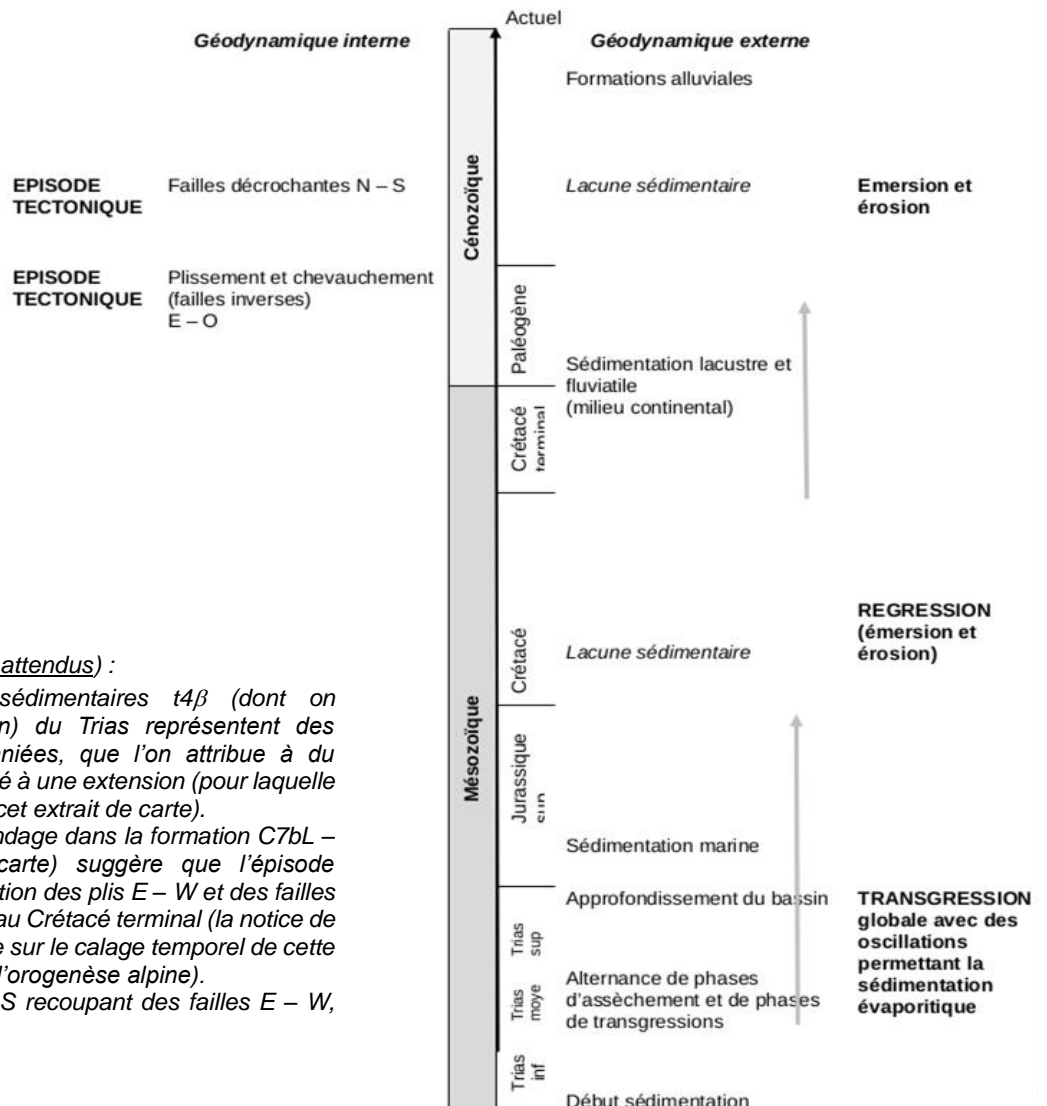
Au Trias, dans l'ordre de sédimentation, on observe :

Grès ; calcaire et dolomie ; marne et évaporites ; calcaire marneux ; calcaire et dolomie ; gypse ; calcaire et marnes.

La succession de calcaire-dolomie puis gypse montre un assèchement de la région avec concentration et dépôt d'évaporites dans une lagune.

On retrouve deux fois cet épisode au cours du Trias, ce qui montre l'effet d'une transgression passagère qui permet de recharger la zone lagunaire en eau de mer.

Q 7 : En utilisant les informations contenues dans la légende de la carte, présentez sous la forme d'une frise chronologique les principaux événements géologiques ayant affecté la région étudiée du Trias inférieur à l'actuel. Aucune justification n'est attendue.



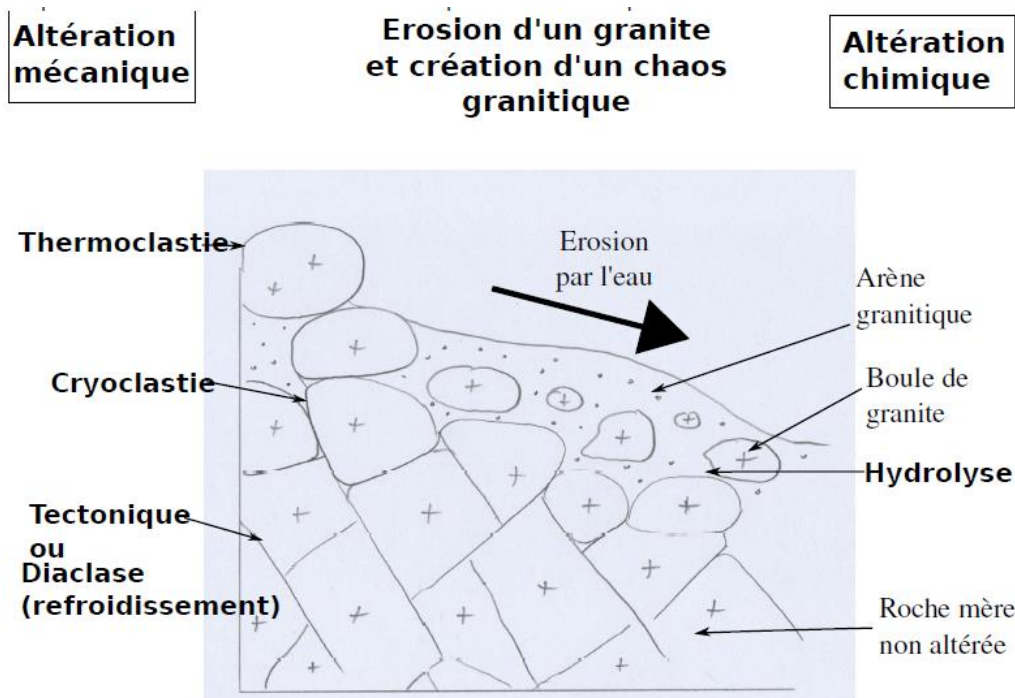
Quelques commentaires (non attendus) :

Les intercalations volcano-sédimentaires t4β (dont on n'attendait pas l'interprétation) du Trias représentent des formations volcaniques remaniées, que l'on attribue à du volcanisme sous-marin associé à une extension (pour laquelle on n'a pas les arguments sur cet extrait de carte).

La présence de signes de pendage dans la formation C7bL – C7bA (partie Nord de la carte) suggère que l'épisode tectonique entraînant la formation des plis E – W et des failles inverses E – W est postérieur au Crétacé terminal (la notice de la carte indique une incertitude sur le calage temporel de cette phase, une des premières de l'orogénèse alpine).

Les failles décrochantes N – S recoupant des failles E – W, elles sont postérieures.

Q 8 : A partir de l'analyse de la photo A du document 3, et d'un schéma légendé, expliquez les mécanismes de l'altération du granite en zone tempérée. Nommez ces mécanismes. Donnez le nom de l'argile prédominante.



Le granite est altéré par deux types de processus :

- Une **altération mécanique**, liée à la présence de diaclases mise en place lors du refroidissement et de failles qui redécoupent le massif à la suite de son refroidissement. Ces phénomènes d'altération mécanique sont surtout visibles sur la partie gauche de la photo A

Cette altération peut être complétée par des phénomènes de **thermoclastie** (dilatation différentielle des minéraux soumis aux variations de température de surface) et par de la **cryoclastie** (action du gel et dégel de l'eau dans les fissures).

- Une **altération chimique**, liée à la circulation d'eau dans les diaclases et failles. Cette eau permet une hydrolyse de la roche. Certains minéraux (biotite, feldspaths) s'altèrent très facilement et donnent des argiles de la famille des smectites (illite).

Ce phénomène d'altération est visible sur la partie droite de la photo A.

Q 9 : Décrivez brièvement l'affleurement de calcaire de la photo B (document 3). Nommez le modelé de surface observé.

L'affleurement en pente est découpé par des structures rectilignes en creux, parallèles les unes aux autres.

Le modelé de surface observé correspond à une structure karstique donnant des morphologies de type « lapiez ».

Q 10 : Comment appelle-t-on la dépression dans laquelle se trouve la culture de luzerne sur la photo C du document 3 ? Expliquez sa mise en place et proposez une interprétation à la présence de la culture.

La dépression s'appelle une doline.

La mise en place est consécutive à une dissolution locale du carbonate de calcium présent dans le calcaire. Cette dissolution laisse dans le creux le minéral résiduel du calcaire après dissolution, qui est de l'argile. Cette argile retient l'eau et permet des cultures.

Q 11 : Caractériser 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 ?

Il s'agit de la dissolution.

L'équation d'équilibre des carbonates est la suivante :



Cette réaction est contrôlée par la température, assez limitante, et par la présence d'eau.

La présence de végétation permet un apport en acides qui renforce la dissolution.

Q 12 : Le document 6 présente les âges donnés par les anomalies magnétiques : qu'est-ce qu'une anomalie magnétique ? Citez une autre anomalie identifiée en Sciences de la Terre et précisez en quoi elle renseigne sur la structure et/ou le fonctionnement du globe terrestre.

Anomalie magnétique : différence entre la valeur du champ magnétique **mesurée** au-dessus des basaltes océaniques et celle du seul champ magnétique terrestre. Elles permettent de connaître la vitesse d'expansion océanique.

Une anomalie est toujours une différence entre une mesure et un calcul théorique ou une moyenne (qui sert de référence).

Anomalie thermique en tomographie : interprétation d'une différence entre la mesure du temps de trajet des ondes sismiques et le calcul théorique de ce temps selon le modèle PREM. Ces anomalies sont la base de la tomographie sismique. Elles permettent de déterminer les zones chaudes et froides dans le globe et permettent d'envisager la dynamique verticale des compartiments terrestres.

Anomalie de Bouguer : Différence entre la mesure du champ de pesanteur en un point corrigé avec la correction d'altitude, la correction de plateau et la correction topographique et le calcul théorique de ce champ sur l'ellipsoïde de référence (ellipsoïde de Clairaut). Elles permettent de connaître les excès ou déficit de masse en profondeur et permettent une interprétation isostatique de la région.

A partir de l'exploitation des documents 4 à 6, répondez de façon argumentée aux questions suivantes :

Q 13 : Justifiez l'existence au niveau du golfe d'Aden d'une dorsale séparant la plaque Afrique de la plaque arabique et estimez la vitesse d'ouverture au niveau de cette dorsale.

Document 4 : la topographie montre un relief positif par rapport aux fonds océaniques environnants d'orientation NE-SW dans le golfe d'Aden, découpé transversalement par des reliefs négatifs : cela correspond à la signature d'une dorsale et de failles transformantes.

Document 5 : il existe de nombreux séismes dans le golfe d'Aden, répartis au niveau de bandes étroites qui sont interprétées comme des limites de plaques lithosphériques. On observe deux types de mécanismes au foyer : des mécanismes en extension (associés au jeu de failles normales) dont la répartition s'aligne sur le relief positif précédemment décrit, des mécanismes de coulissage (associés au jeu de faille décrochantes) alignés sur les reliefs négatifs précédemment décrits. Ces mécanismes sont cohérents avec un mouvement de divergence associé à la dorsale, et un mouvement de coulissage localisé au niveau de failles transformantes.

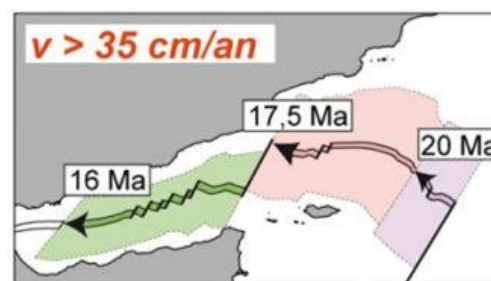
Document 6 : la répartition des âges donnés par les anomalies magnétiques montre que plus on s'éloigne d'un axe NE-SW qui traverse le golfe d'Aden, plus l'âge du plancher océanique est élevé, et ce de manière symétrique à l'axe. Cette caractéristique signe la mise en place de lithosphère océanique au niveau de cet axe, qui doit donc être une dorsale.

Estimation de la vitesse d'ouverture : environ 2 cm/an (indiquez comment et à quel niveau vous effectuez vos calculs. Ex : 2,5 cm/an entre 52 et 53° de longitude). Pensez à x2 si vous prenez la distance à l'axe de la dorsale.

Q14 : Les géologues affirment que cette ouverture se propage vers l'Ouest, justifiez cette affirmation et estimez la vitesse de propagation vers l'ouest

A l'Est, les fonds océaniques les plus anciens sont datés de 17,5 à 19,7 Ma, alors qu'à l'Ouest, ils ont moins de 2,6 Ma. On peut donc en déduire que la dorsale s'est mise en place bien plus tôt à l'Est qu'à l'Ouest et que l'ouverture océanique se propage vers l'Ouest.

On distingue trois secteurs en fonction de l'âge du plus ancien plancher océanique : cette ouverture s'est déroulée en trois phases (schéma ci-contre).



Estimation de la vitesse de propagation pour la phase la plus récente :

Ouverture datée de 17,5 Ma à 14,5°N – 52°E

Ouverture datée de 16 Ma à 12°N – 45°E

Pour ne pas tenir compte du décalage de l'axe de la dorsale, on raisonne sur la même latitude. Entre ces deux points, la distance est donc de : $52 - 45 = 7$ degrés de longitude soit $7 \times 111 = 777$ km environ

D'où une vitesse de : $777 \cdot 10^5 / 1,5 \cdot 10^6 = 51,8 \text{ cm/an}$

(Là encore, bien indiquer où vous réalisez vos calculs, la vitesse étant variable le long de la dorsale).

Q15 : Identifiez la nature probable du mouvement relatif des plaques indienne et arabe.

Les mécanismes au foyer (document 5) montrent un mouvement décrochant sénestre au Sud de la zone de contact des deux plaques.

La topographie de la zone étudiée (document 4) indique une zone de relief. Le document 6 ne donne aucune information sur les âges de la croûte de part et d'autre.

On en déduit donc que la plaque indienne se déplace vers le NE plus rapidement que la plaque arabe, d'où ce coulissage entre les deux plaques.

Q16 : Sur la carte fournie en annexe (à rendre avec la copie), récapitulez les mouvements relatifs entre les trois plaques concernées.

