

Devoir sur table n°3 – Eléments de correction

I. Bilan

La moyenne atteint 9,1/20, soit la même moyenne que pour le devoir n°1. La géologie est cependant bien mieux réussie qu'au premier devoir, et les résultats en bio et géol sont désormais quasiment identique, ce qui appelle deux commentaires : 1. travailler la géologie, ça paye ; 2. il ne faut pas délaisser la biologie pour autant.

Les notes basses en géologie s'expliquent essentiellement par des **cours non maîtrisés**, ce qui est **inadmissible en milieu de 2^e année**. De nombreuses questions de cours ou d'applications directes permettaient d'atteindre une note correcte pour tous ceux qui avaient travaillé le cours.

Les notes basses en biologie sont en revanche surtout expliquées par des **méthodes non appliquées**, et en particulier la méthode d'analyse d'une **expérience en conditions contrôlées**.

II. Erreurs à corriger

1. Science

a) Géol

- On ne parle pas de protolithe pour la roche subissant la fusion partielle (pour le basalte, ce serait la lherzolite), terme réservé aux roches métamorphiques ; on parlera plutôt de **roche mère** ou de **source**.
- Le terme « compatible » ou « incompatible » ne s'applique qu'à des **éléments chimiques** (ou des oxydes), mais **JAMAIS** à des minéraux, et encore moins à des roches.
- Malgré les mises en garde, certains étudiants écrivent encore que « le dynamisme de ce volcan est éruptif. » Cette phrase n'a aucun sens, puisque un volcan est éruptif par définition (= le magma arrive en surface). Les deux principaux dynamismes éruptifs sont **explosif** et **effusif**.
- La cristallisation fractionnée peut-elle expliquer une modification des rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ et $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$?
☐ Oui ☐ Non

Justification :

- Dans plusieurs copies, on a pu lire que les séismes étaient responsables des failles, ou responsables du volcanisme. C'est un renversement de la causalité, à corriger ! 1. C'est le mouvement le long d'une faille qui est responsable d'un séisme ; 2. Le volcanisme peut causer des séismes, notamment en raison des déformations de surface lors de la remontée du magma.
- « La roche ne présente pas de litage et contient des bulles, elle est donc microlithique. »

Pourquoi cette phrase est elle très maladroite ?

- Définition de « subduction » :
 - ☐ « une lithosphère océanique plonge sous une autre lithosphère »
 - ☐ « une lithosphère océanique plonge dans l'asthénosphère »

☐ « une croûte océanique passe sous une autre croûte »

b) Bio

– Comment se référer à un organisme en nomenclature binomiale ?

☐ L'arabidopsis thaliana ; ☐ arabidopsis thaliana ; ☐ *Arabidopsis thaliana* ; ☐ L'*Arabidopsis thaliana* ;
☐ *Arabidopsis Thaliana* ; ☐ L'*arabidopsis thaliana* ; ☐ *arabidopsis thaliana* ; ☐ cette foutue plante.

– Confusion courante entre **photopériode** et **photopériodisme**.

Définition des deux termes :

– Dans de nombreuses copies, références au **gène de la gibbérelline**. Pourquoi cela n'a-t-il aucun sens ?

2. Méthodes

On rappelle des points de méthode déjà évoqués au premier devoir, et à **corriger impérativement, et une bonne fois pour toutes** :

- Il est **inutile** de présenter le document (pour dire que c'est un graphe, qu'on a étudié ceci ou cela), sauf si c'est pour **analyser les conditions expérimentales** (= identifier le témoin, le facteur variant et le paramètre mesuré, poser la question de l'influence du facteur variant sur le paramètre mesuré).
- L'interprétation doit être faite **au fur et à mesure** ! Un paragraphe décrivant l'ensemble du document sans rien interpréter donne systématiquement lieu à une note très basse !
- Les témoins doivent **systématiquement** être identifiés, et **utilisés**. Dans certains cas, leur non-prise en compte a conduit à des contre-sens majeurs (ex. doc 2, doc 3, et surtout doc 5).
- Attention aux docs avec deux facteurs variants : le témoin n'est pas toujours le même ! (ex : doc 6).
- Attention aux **confusions entre observations et interprétations**, encore beaucoup trop présentes dans les copies. Confondre « on peut déduire que les GA provoquent la croissance » ou « on peut supposer que les GA provoquent la croissance » constitue une des plus graves erreurs dans le raisonnement scientifique, et donne l'impression au correcteur que vous ne maîtrisez pas le B-A-BA de la logique → **lourdement sanctionné au concours** ! On rappelle que le **vocabulaire** associé à la logique a été travaillé lors de la correction du DST1, et il n'est toujours pas maîtrisé par une bonne moitié de la classe, ce qui est **inquiétant à ce stade de l'année**.
- On rappelle que la **présentation** des copies doit **servir le raisonnement** :
 - **sauter une ou deux lignes** entre observations et interprétation, entre interprétation et hypothèse.
 - **utiliser un code couleur** pour observation, interprétation, hypothèse ;
 - **encadrer les résultats** (= les interprétations), comme vous le faites en physique-chimie ou en mathématiques

- Quelques mots et expression à proscrire :
 - « on peut penser que... » (ou peut tout penser... mais on ne peut pas tout dire ou écrire)
 - « ainsi » ($\neq$ donc)
 - « en effet » (montre que vous raisonnez à l'envers)

– Attention à l'orthographe :

- ☐ « la tige croit » ; ☐ « la tige croît »
- ☐ « sur le *northern blot*, on voit une tache » ; ☐ « sur le *northern blot*, on voit une tâche »

III. Corrigé

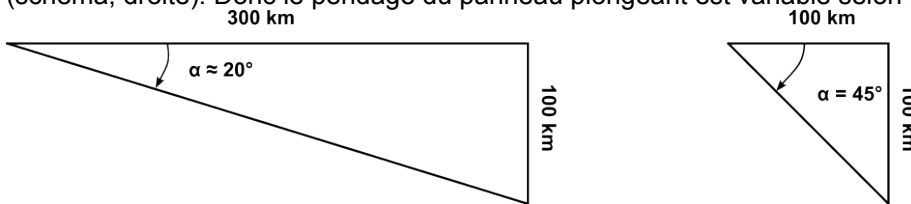
1. Géologie – Thème : la mer Egée

Partie 1. La sismicité en mer Egée

Question 1. A l'aide du doc 1, montrer que la mer Egée correspond à une zone de subduction, dont on précisera les caractéristiques (notamment, direction et ordre de grandeur du pendage du panneau plongeant).

Doc 1a

On constate que, selon la ligne A-B-C-D, les séismes sont de plus en plus profond au fur et à mesure que l'on va vers le nord-est, ce qui pourrait être interprété comme un plan de Benioff. La fosse se situerait alors à quelques dizaines de km au sud de l'île de Crète. En terme de pendage (angle noté α), les séismes à plus de 100 km de profondeur sont situés à environ 300 km de la fosse, soit $\tan(\alpha) = 1/3 < \sqrt{3}/3$, donc un pendage faible de l'ordre de 20° (schéma, gauche). Cependant, un peu plus à l'ouest, certains séismes profonds sont beaucoup plus proches de la fosse (~ 100 km), soit un pendage qui se rapproche de 45° (schéma, droite). Donc le pendage du panneau plongeant est variable selon les endroits.



On attend une discussion sur la valeur du pendage !

Doc 1b

On observe une anomalie de vitesse positive de vitesse selon une ligne inclinée vers le nord, ce que l'on interprète comme une anomalie froide, caractéristique d'une zone de subduction. En terme de pendage, la direction correspond à celle déterminée dans le doc 1a. L'échelle verticale et horizontale étant identique, l'angle mesuré correspond à l'angle réel : il est ici légèrement inférieur à 45° , ce qui est cohérent avec l'angle déterminé dans le doc 1a.

Ici aussi, on attend une discussion sur la valeur du pendage. La tomographie doit être revue pour beaucoup d'étudiants ! Attention de ne pas aller trop vite : une anomalie positive n'est pas forcément une subduction... encore faut-il décrire la forme et l'étendue de l'anomalie.

L'anomalie négative de la croûte supérieure n'a *a priori* aucun rapport avec la subduction !

Question 2. Analysez le doc 2. La localisation, la profondeur et les mécanismes au foyer des séismes peuvent-ils être expliqués par la subduction égéenne ?

Doc 2a

Les mécanismes au foyer indiquent des séismes en **extension**, associés à des failles de **direction N60**. On s'attendrait à des séismes en compression (la subduction est une convergence), et à des failles parallèles à la fosse, donc de direction N90-N120. Ces séismes ne sont donc pas expliqués au premier ordre par la subduction.

Quasiment personne n'a eu cette discussion sur l'orientation ; c'est pourtant attendu, dans la mesure où la déformation de la lithosphère est adossée à la notion de contrainte, donc de force, qui est une grandeur vectorielle.

Doc 2b

La profondeur de la majorité des séismes est inférieure à 20 km. Or, on a vu dans le doc 1 que le slab (panneau plongeant) avait une profondeur supérieure à 100 km dans cette région. On s'attend donc à des séismes beaucoup plus profonds. Donc, pour des raisons de profondeur également, ces séismes ne sont pas, au premier ordre, expliqués par la subduction.

*Pour aller plus loin (non attendu dans le cadre du programme, très important pour les ENS) : il peut s'agir d'une **extension d'arrière arc**, due à une aspiration de la lithosphère supérieure par la plongée à fort pendage du slab. Cette extension est par ailleurs responsable du morcellement de la croûte continentale en mer Egée, à l'origine des nombreuses îles (Cyclades, Dodécannèse, Crète, Sporades...). L'état actuel des connaissances (mars 2025) attribue cependant cet essaim sismique à des mouvements de fluides (magma) en profondeur, (rappelons qu'on se situe dans l'arc volcanique lié à la subduction).*

Attention aux incohérences ! 1/3 des étudiants de la classe n'est pas choqué par des séismes superficiels, alors que le slab est à 150 km de profondeur, ni par des séismes en extension dans un contexte de convergence...

Partie 2. Une éruption cataclysmique

Question 3a.

- Déterminez la nature de la roche (doc 3b et 3c).

Doc 3b

On observe une roche sans aucune ligne, donc ni métamorphique ni sédimentaire, donc magmatique. On observe peu ou pas de minéraux, donc la roche est microlithique. De plus, on distingue de nombreux trous, qu'on interprète comme des bulles de gaz, la roche est donc volcanique, ce qui est cohérent avec une roche microlithique. Sa couleur sombre nous oriente vers un basalte ou une andésite.

Tous les étudiants qui ont fait l'effort de **décrire** ont été valorisés, même si la réponse était fautive au final. Appliquez les méthodes !!!

Doc 3c

On observe que des zones claires en LPNA sont sombres en LPA, on a donc du verre. Par ailleurs, on distingue des phénocristaux et des microlithes. C'est donc bien une roche microlithique. Minéralogie : plagioclase et amphiboles, c'est donc une andésite.

Attention à la logique : « on voit verre + cristaux, **donc** la roche est microlithique, **donc** elle est volcanique. » En revanche il est **faux** de dire : « on voit verre + cristaux, **donc** la roche est volcanique, **donc** elle est microlithique » (pourtant lu dans de nombreuses copies).

- A partir de l'ensemble des docs 3a, 3b, 3c et 3d, discutez le dynamisme éruptif correspondant à l'éruption minoenne.

Doc 3a

On observe une roche hétérogène, avec des éléments de taille très variable, dont des fragments d'andésite (doc 3b), mais également des fragments plus clairs (rhyolite ? autre ?). Certains fragments ont une taille de plusieurs dizaines de cm. On peut interpréter cet affleurement comme étant un dépôt de téphras, possiblement libérés lors d'une coulée pyroclastique. Le fait qu'on ait des éléments de nature différente peut également s'interpréter comme une le témoin d'une éruption qui aurait partiellement fragmenté le socle du volcan, et pas seulement le magma éjecté lors de l'éruption.

Question pas évidente, mais les étudiants qui ont pris la peine de décrire ont été valorisés.

Doc 3d

L'échelle est donnée par le doc 1 (l'île de Crète a une longueur de l'ordre de 300 km). On observe que la région où des dépôts ont été trouvés couvre tout la méditerranée orientale et toute la Turquie, sur une zone plus ou moins circulaire d'un rayon de ~1000 km, soit plus grand que la surface de la France métropolitaine. L'isopaque 20 cm s'étend jusqu'à 300 km du volcan, ce qui est considérable. On en déduit une éruption extrêmement violente.

Attention aux aberrations : les dépôts sont retrouvés à 1000 km, et le volcan est sur une île. Il est donc complètement aberrant d'imaginer une coulée... la mer arrête forcément une coulée de lave !

NB : la dissymétrie de la répartition peut être expliquée (tout simplement) par la direction du vent, qui était probablement de secteur ouest ce jour là, et a donc entraîné les téphras vers l'est.

NB (pour les ENS) : on peut calculer le volume total en estimant la topologie de la surface formée par les isopaques, en intégrant cette surface (l'intégrale d'une courbe en 2D donne une surface, l'intégrale d'une surface en 3D donne un volume). Il permet d'estimer l'indice d'explosivité volcanique. Pour l'éruption minoenne, on estime le volume à entre 40 et 60 km³ (!) ce qui correspond à un indice entre 6 et 7 (sur une échelle qui va jusqu'à 8).

Question 3b – bilan des parties 1 et 2. Discutez le risque géologique correspondant à la correction d'un paquet de copies de maths sur une île des Cyclades.

$R = A \times E^*$, avec R le risque, A l'aléa et E l'enjeu. L'aléa est une probabilité de survenue d'un événement donné, et E les pertes (vies humaines, économiques...) si cet événement survenait.

De quel événement parle-t-on ?

- on peut soit avoir un séisme de faible magnitude (S1), comme les séismes en extension de début 2025 ;
- on peut aussi avoir des séismes de forte magnitude (S2), liés à la subduction ;
- enfin, on peut avoir des éruptions volcaniques explosives (EVE), comme l'éruption minoenne.

* Dans certaines copies, la définition donnée est $R = (A \times E) / (R_t \times R_s)$ avec R_t la résistance et R_s la résilience. Elle est juste, et constitue une variante de la définition donnée dans le corrigé (R_t et R_s étant intégrés à E).

L'aléa ne peut s'entendre que dans un temps donné (la probabilité de survenue d'un tel événement augmente si le temps passé est long). Un paquet de copies (40 étudiants) se corrige en une journée de 24h (en incluant des pauses café et l'apéro), ce qui revient à poser la question de la probabilité de survenue de S2, S2 ou EVE en 24h.

L'enjeu n'est pas évaluable sans autre donnée, et il faudrait poser les question des caractéristiques structurales de l'Airbnb d'Alain et Harun (qui peut s'effondrer ou non), tendance des deux énergumènes à paniquer ou à garder leur sang froid (les comportement dits à risque peuvent augmenter la mortalité), souscription ou non d'une assurance-vie (qui limiterait les conséquences économiques sur les familles des victimes), valeur marchande des souvenirs qu'ils avaient stockés sous leur lit (pour offrir à leurs collègues de SVT au retour...). Bien sûr, la nature de l'événement est à prendre en considération dans l'enjeu : les destructions et risques vitaux sont plus faibles pour S2 (faible probabilité de passer l'arme à gauche) que pour EVE (mort assurée).

Cette question apparemment facile ne l'était qu'en partie. On attendait une discussion sur la notion d'aléa et d'enjeu.

Partie 3. Quand les matheux se mettent à la géologie

Question 4.

- Placez les deux roches dans le diagramme de Harker et le diagramme AFM (doc 4a et 4b).

Pour le diagramme de Harker, on n'a pas besoin de faire d'autre calcul que de sommer Na et K. On a donc 7 % d'alcalins pour SA-14, et 3 % d'alcalins pour SA-04.

Pour le diagramme AFM, il faut recalculer les pourcentages pour se ramener à 100.

SA-14 :

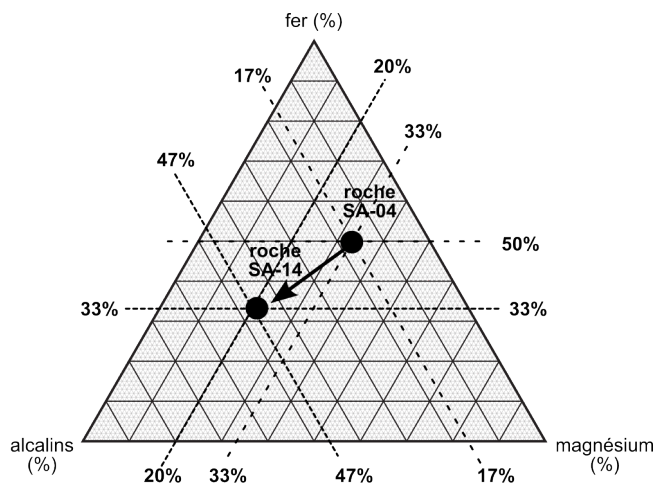
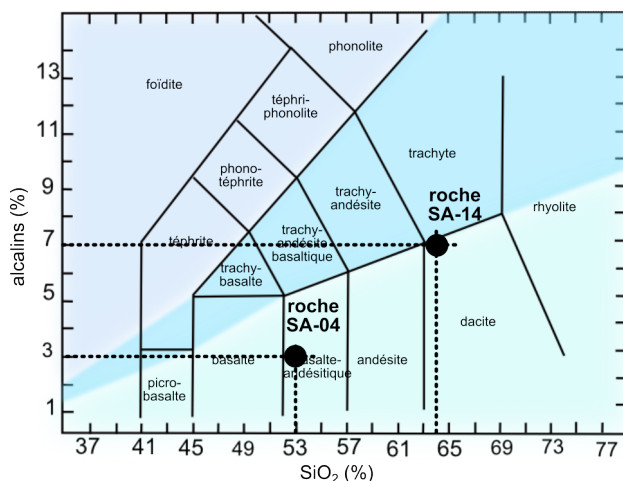
- Fe : $5/15 = 33 \%$
- Mg : $3/15 = 20 \%$
- alcalins : $7/15 = 47 \%$ (le reste)

SA-04 :

- Fe : $9/18 = 50 \%$
- Mg : $6/18 = 33 \%$
- alcalins : $3/18 = 17 \%$

Cette question était plutôt bien traitée, ce qui montre que beaucoup d'étudiant ont bien travaillé les diagrammes triangulaires. On rappelle que les calculatrices sont systématiquement interdites à agro, et des calculs simples à la main peuvent donc être demandés.

En revanche, trop d'étudiants ne savent pas ce que sont les éléments alcalins, ce qui est inacceptable en BCPST2 !



- Comment expliquer l'évolution de la composition chimique de ces deux roches ?

On peut l'expliquer par la différenciation magmatique, par cristallisation fractionnée. La roche SA-04 est plus pauvre en SiO_2 , plus pauvre en alcalins, plus riche en Fe et Mg que SA-14, elle est donc la moins différenciée.

- A l'aide du diagramme AFM, discuter la série magmatique à laquelle appartiennent ces roches. Cela est-il cohérent avec la question 1 ?

L'évolution se fait sans enrichissement en Fe, donc il s'agit d'une série calco-alcaline (et non tholéitique), ce qui est cohérent avec la question 1 (caractéristique du magmatisme de subduction).

La question de l'enrichissement en Fe doit être posée, pour montrer à l'examineur que vous savez **pourquoi** on peut attribuer des roches à la série calco-alcaline ou tholéitique.

NB pour les ENS : même si la série avait été tholéitique, cela n'aurait pas été incohérent. Les magmas calco-alcalins typiques sont ceux du magmatisme de subduction d'une lithosphère océanique âgée sous une croûte continentale épaisse (typiquement, au Japon ou dans les Andes centrales), en raison notamment d'une importante contamination par la croûte. Dans le cas d'une subduction sous une lithosphère océanique (archipel des Tonga, par exemple), le magma primaire formé est une tholéïte (dite tholéïte d'arc).

Question 5. Analysez les résultats du doc 5. Comment appelle-t-on ce type de cristal ?

On parle de minéral **zoné**. Le minéral se forme d'abord par un grain initial, puis croît par couches concentriques. Le cœur correspond donc aux conditions de début de cristallisation, et la périphérie correspond aux conditions de fin de cristallisation, alors que le magma a une composition qui a évolué.

On observe une diminution de $\text{Mg\#}$ de l'intérieur vers l'extérieur, que l'on interprète comme une diminution de la concentration en Mg dans le liquide en cours de cristallisation. Les minéraux riches en Mg cristallisent les premiers (Mg plus compatible), ce qui explique que le liquide résiduel s'appauvrisse plus en Mg qu'en Fe.

Si de nombreux étudiants ont bien vu que le Mg était plus concentré au centre en raison de sa forte incompatibilité, la plupart ne parlent pas de l'évolution de la concentration en Fe et Mg **dans le liquide**.

Dans la description du doc, il est **maladroit** de lire de gauche à droite : il est bien plus cohérent de noter que le $\text{Mg\#}$ **diminue** de l'intérieur vers l'extérieur, puisque cela traduit l'évolution temporelle.

Question 6.

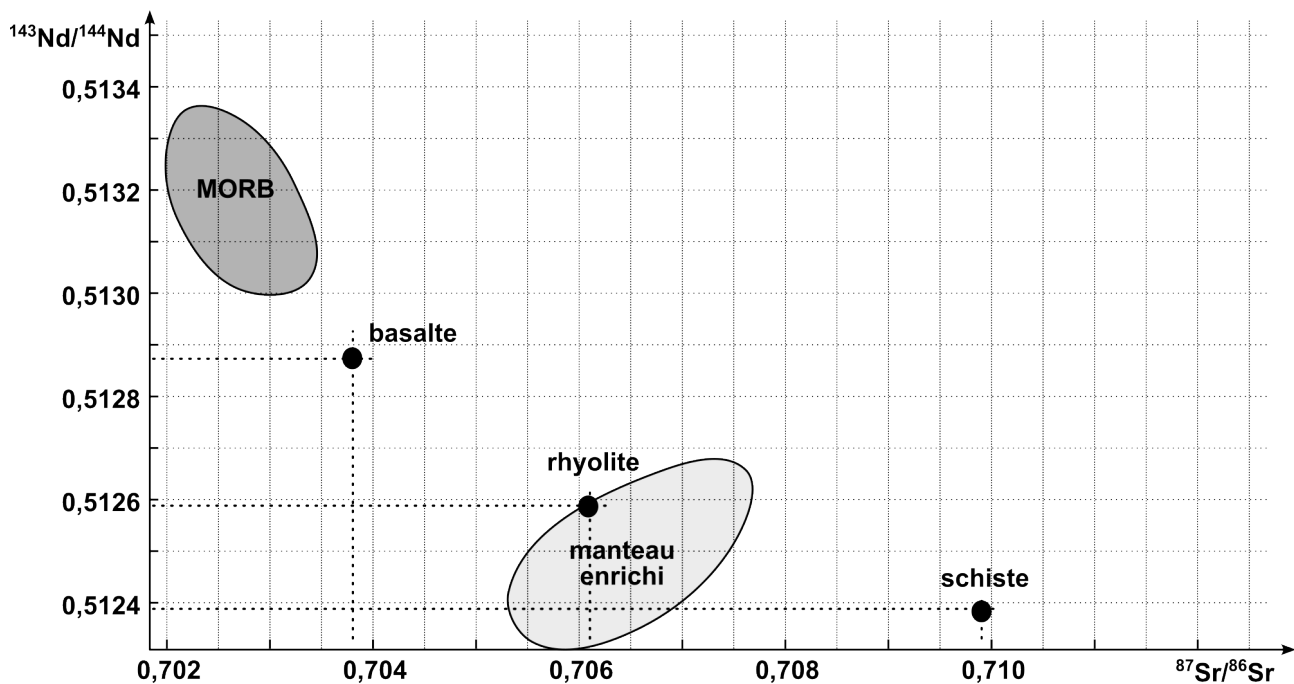
- Dans le doc 6b, que signifie « MORB » et « manteau enrichi » ?

MORB : mid ocean ridge basalt = basalte de ride océanique = basalte de dorsale.

Manteau enrichi : manteau inférieur, ou manteau qui n'a pas été appauvri en éléments incompatibles par des événements répétés de fusion partielle, ou manteau qui a été enrichi par un apport de nouveaux éléments incompatibles (par subduction par exemple).

Question de cours, pourtant non maîtrisée par la plupart des étudiants !

- Placer les trois roches sur le diagramme du doc 6b.



– Proposez des hypothèses pour expliquer ce résultat.

Basalte et rhyolite appartiennent à la même série, donc la source est la même. On va se concentrer sur la basalte (non différencié), qui a une histoire plus simple que la rhyolite (différenciée), et qui va nous permettre de discuter l'origine du manteau. On constate que le basalte a une signature **mixe** entre un pôle MORB (origine : manteau appauvri) et un pôle manteau appauvri.

Hypothèse 1 : métasomatisme. Le manteau sup à l'origine de la fusion peut avoir été contaminé par des éléments chimiques venant du slab (rappelons qu'on est en contexte de subduction).

Hypothèse 2 : contamination. Le magma peut avoir été contaminé par la croûte au cours de sa remontée (rappelons que les Cyclades sont des îles continentales) ; cela est d'autant plus cohérent que A. la croûte continentale est très enrichie en ^{87}Sr , et très appauvrie en ^{143}Nd (schiste), et que B. la rhyolite (qui est plus différenciée) a largement eu le temps d'être contaminée, bien plus que le basalte.

Hypothèse 3 : remontée de manteau profond. C'est possible, mais improbable vu le contexte (pas de point chaud *a priori*).

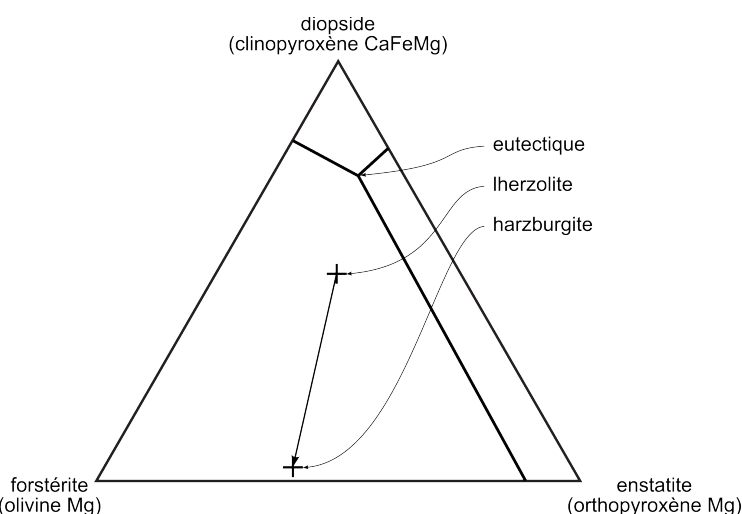
Attention : pas de fractionnement isotopique en cours de cristallisation fractionnée !

Question 7. En supposant la réaction lherzolite → liquide + harzburgite, tracez sur le diagramme du doc 7 l'évolution de la composition du liquide et du solide en cours de fusion.

La composition du solide est représentée par une flèche, en ligne droite (noter que les trois points eutectique-lherzolite-harzburgite sont alignés).

Le liquide a une composition eutectique pendant toute la durée de la fusion, puisqu'aucun des trois minéraux ne disparaît du solide.

Ne pas aller trop loin ! on doit s'arrêter à un solide harzburgitique.



Question 8. Indiquez en quelques lignes quelle méthode de radiochronologie a pu être utilisée, et quel est son principe.

Pour des événements aussi récents, on ne peut utiliser que le ^{14}C . Il faut alors le faire sur des fragments organiques (morceaux de bois, os ou dents d'animaux).

Principe : $^{14}\text{C} \rightarrow ^{14}\text{N}$; la concentration initiale en ^{14}C est connue (quantité constante au cours du temps, car renouvelé constamment dans la haute atmosphère). Le temps est donné par la relation

$t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{(^{14}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{réf}}}{(^{14}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{échantillon}}}$ avec λ la constante de désintégration radioactive, « *réf* » la référence (mesurée dans l'atmosphère actuelle), correspondant au rapport au moment de l'éruption.

Beaucoup d'erreurs dans cette petite question censée être facile :

- justifier pourquoi la quantité de ^{14}C est constante dans le milieu
- indiquer qu'on fait la mesure sur des échantillons de matière organique (os, bois, cuir...) et non sur des roches magmatiques !
- l'âge est très récent, ce qui exclut les méthodes U/Pb et K/Ar (avec de demi-vies de l'ordre de 1 à 10 milliards d'années)

2. Biologie – les gibbérellines

Question 1. Analyser le document 1 afin de proposer un rôle pour les gibbérellines.

Obs : on **observe** que le plant sauvage (= témoin) présente une longueur de la tige et des entre-nœuds plus grande que les mutants le-1 (3 fois plus) et le-2 (7 fois plus).

Int : **donc** les gènes le-1 et le-2 (sous-entendu à l'état sauvage) sont **responsables** de la croissance.

Obs : on **observe** le taux de gibbérellines GA1 et GA8 est également largement supérieur (près de 20 fois pour la GA1 par rapport au mutant le-1 et plus de 100 fois pour le mutant le-2 ; valeur évoluant dans le même sens pour la gibbérelline GA8).

Int : **donc** les gènes le-1 et le-2 (sous-entendu à l'état sauvage) sont **responsables** de la synthèse de GA1 et GA8, ce dont on pouvait se douter puisqu'il s'agit de « mutants affectant la voie de synthèse des gibbérellines. »

Bilan : les deux gènes **provoquent** la croissance ; et on peut faire **l'hypothèse** que cette croissance est **provoquée** par la synthèse de gibbérellines.

Obs : de plus, on **observe** que le mutant le-1 a une croissance supérieure au mutant le-2 et possède un taux de gibbérellines supérieur.

Int : on peut **supposer** que l'action des gibbérellines dépend de leur concentration (action dose-dépendante).

Typiquement une question où la non-application des méthodes a conduit à une confusion importante. Ici, les gibbérellines GA1 et GA8 sont un **PARAMÈTRE MESURÉ** et non un **FACTEUR VARIANT**. On ne peut donc **en aucun cas conclure que les GA provoquent la croissance**.

Question 2a. Rappeler la définition d'un phytomère

Un phytomère est une portion de tige qui comporte un entre-nœud, un nœud au niveau duquel est insérée une (ou plusieurs) feuille(s) (en fonction de la phyllotaxie) et un (ou plusieurs) bourgeon(s) axillaire(s) (à l'aisselle de chaque feuille). Le phytomère est l'unité végétative dont la répétition est à l'origine de l'ensemble de l'appareil végétatif caulinaire.

Question de cours, pourtant pas très bien maîtrisée...

Question 2b. Analyser l'ensemble des documents 2 afin de proposer les mécanismes cellulaires de l'effet physiologique des gibbérellines.

Doc 2-A

Obs : après ajout de GA4 à 3h, on **observe**, après un temps de latence d'environ 30 minutes, une elongation importante de l'entre-nœud de la tige de riz d'environ 1 mm en 1h. La longueur de l'entre-nœud du témoin reste constante à partir de 3h.

Int : **donc** la GA4 **stimule** l'elongation de l'entre-nœud de tige de riz.

Doc 2-B

Obs : on **observe** une augmentation de la taille des cellules du méristème intercalaire après application de GA4 : en 25h la taille des cellules passe de 10,5 μm à 14 μm . Au contraire, chez le témoin, on **constate** que la taille ne varie pas.

Int : la GA4 stimule **donc** l'auxèse des cellules. L'augmentation de la longueur de la tige déduite dans le doc 2-A (échelle de l'organe) est **donc due à** l'auxèse (échelle de la cellule).

Beaucoup d'étudiants oublient le témoin !!! →



Doc 2-C

Obs : environ 2h après traitement avec GA4, on **observe** que le nombre de noyaux en phase G1 diminue (il passe de 85 % à 73 % en 25h) ; en revanche le nombre de noyaux en phase S augmente (de 9% environ 2h après le traitement à environ 15 %). Après un temps de latence d'environ 5h, le nombre de noyaux en phase G2 augmente également (de 5 à 10 %).

Int : la GA4 **provoque donc** le passage en phase S puis G2 de leur cycle cellulaire. On en **déduit donc** que la GA4 **stimule** la méiose.

Beaucoup d'étudiants oublient le témoin !!! →



NB : en toute rigueur, on n'a pas réellement démontré que GA4 stimulait la méiose, puisqu'aucun document ne quantifie le nombre de cellules en mitose. Cependant, on sait qu'une cellule qui effectue sa phase S et sa phase G2 est une cellule en pré-mitose, d'où l'interprétation très probable qui en est faite.

Bilan du document 2 : la gibbérelline GA4 **stimule** l'élongation de l'entre-nœud du riz en **activant** la croissance cellulaire des cellules du méristème intercalaire (auxèse) et leur division cellulaire (méiose).

Dans cette question, on a dans de nombreuses copies un bloc d'observations des 3 docs avant de conclure... c'est une **erreur majeure**, qui doit être corrigée une bonne fois pour toutes !

Partie 2 : Régulation de la synthèse des gibbérellines

Question 3. Les résultats expérimentaux confirment-ils vos conclusions quant au rôle des gibbérellines ?

Obs : on **constate** qu'en présence de GA4 et GA9, la longueur de l'hypocotyle est d'environ 3,5 mm, soit environ 7 à 8 fois plus que le témoin.

Int : **donc** les gibbérellines GA4 et GA9 **stimulent** la croissance de l'hypocotyle. On connaissait déjà ce résultat pour GA4, mais il est ici validé pour GA9.

Obs : avec GA4, on **constate** que la croissance est la même avec ou sans BX-112.

Int : cette étude permet de vérifier que GA-3ox n'a pas d'effet sur GA4, ce qui était suggéré par le document préliminaire.

Obs : en présence GA9 et BX-112, on **constate** que la longueur de l'hypocotyle est similaire à celle du témoin non traité, et donc 7 à 8 fois inférieure à celle du traitée avec GA9 mais sans BX-112.

Int : **donc** l'activité de GA9 est **dépendante de GA-3ox**, et donc **dépendant** de sa transformation en GA4. GA4 est donc la gibbérelline active, contrairement à GA9.

Même si la question est *a priori* « oui » ou « non », on attend un raisonnement complet, avec application rigoureuse des méthodes.

Le témoin n'est pas forcément le même pour toutes les expériences... choisir les bons témoins, et observer/interpréter au fur et à mesure.

Question 4. A l'aide du document 4, montrer que GA4 est responsable de la régulation de sa propre synthèse.

Obs : on **observe** sur le Northern blot une bande correspondant à l'ARNm codant la AtGA2ox1 en présence de GA4 et aucune bande en l'absence de GA4. C'est l'inverse pour AtGA3ox1.

Int : **donc** GA4 **provoque** l'expression de AtGA2ox1 (codant l'enzyme responsable de la destruction de GA4), et **inhibe** de l'expression de AtGA3ox1 (codant l'enzyme responsable de la synthèse de GA4). **Donc** GA4 active sa propre destruction, et inhibe sa propre synthèse.

Modèle proposé : si GA4 est en excès, sa synthèse est inhibée, et sa destruction activée, ce qui provoque la diminution de sa concentration ; en dessous d'une certaine concentration de GA4, sa synthèse n'est plus inhibée, et sa destruction n'est plus activée, ce qui permet à sa concentration d'augmenter à nouveau, jusqu'à stabilisation de sa concentration.

NB : un tel phénomène de régulation fait intervenir un système de deux équations différentielles, dont la résolution est complexe, et dépend des modalités et de l'importance de l'inhibition de la synthèse, et de

l'activation de la destruction. Leur résolution peut être impossible analytiquement, et il est possible que la concentration en GA4 ne soit pas stable pour autant.

Réguler sa propre synthèse, cela signifie avoir un impact sur les processus de production **ET** de destruction. Attention de ne pas surinterpréter : commencer par l'effet de GA sur GA2 ox et GA3ox, et conclure ensuite sur le modèle de régulation.

Question 5a. Analyser l'effet de l'imbibition des graines. Analyser les autres résultats et discuter du rôle de la lumière sur la levée de dormance.

Obs : pour les graines sèches on **n'observe** aucune bande correspond aux ARNm codant LsGA20ox et LsGA3ox ; après 3h d'imbibition, on **observe** une bande correspondant à l'ARNm de LsGA20ox, mais pas pour LsGA3ox.

Int : l'imbibition **provoque donc** l'expression de LsGA20ox, mais **n'a pas d'effet** sur l'expression de LsGA3ox.

Obs : on **observe** que l'expression de LsGA20ox est la même quelle que soit la condition d'éclairage.

Int : **donc** la lumière **n'a pas d'influence** sur l'expression de LsGA20ox.

Obs : on **observe** que LsGA3ox ne s'exprime pas en présence d'un éclairage RL, mais s'exprime en présence d'un éclairage R.

Int : **donc** la lumière R **provoque** l'expression de LsGA3ox.

Bilan sur le rôle de l'eau et de la lumière : l'eau provoque l'expression de LsGA20ox, et la lumière R provoque l'expression de LsGA3ox. Chacune des deux enzymes est nécessaire pour la synthèse de gibbérellines actives (notamment GA4), et l'eau comme la lumière R (ou plutôt, l'eau puis la lumière R) sont donc nécessaires à la synthèse de gibbérellines actives. L'eau et la lumière R sont donc nécessaires à la **levée de dormance** de la graine.

Cette question était facile pour qui appliquait rigoureusement les méthodes ; pourtant elle a été très mal réussie ! Chaque facteur variant (1. imbibition, 2. lumière) doit être traité **séparément**. Et sans comparaison témoin-test :



Question 5b. Proposer une hypothèse sur la nature du récepteur de la lumière impliqué dans ce mécanisme.

On peut supposer que le récepteur sensible à la lumière rouge est un phytochrome.

Même si d'autres hypothèses étaient possibles, celle du phytochrome est de loin la plus vraisemblable, et elle est la seule à avoir été valorisée. Cela revient à rester une **connaissance** de cours.

Question 5c. Indiquer un autre phénomène régulé par le même type de récepteur.

Le phytochrome permet également la floraison de certaines Angiospermes en stimulant ou inhibant la synthèse du florigène, responsable de l'induction du méristème apical caulinaire végétatif, et de sa transformation en méristème floral.

Attention au vocabulaire : la photopériode est le rapport durée du jour/durée de la nuit, et le **photopériodisme** est le phénomène par lequel la photopériode contrôle l'induction de la floraison, via le phytochrome.

Partie 3 : Mode d'action cellulaire des gibbérellines

Question 6. Analyser le document 6 afin de proposer des hypothèses sur le mode d'action de rga.

Obs : on **observe** que le mutant ga 1-2 a une rosette de taille très inférieure (presque 2 fois moins) à celle du sauvage (témoin), et une hauteur beaucoup plus faible (20 fois moins) que le témoin. Par ailleurs, il ne synthétise pas de GA4, contrairement au témoin.

Int : **donc** le gène ga 1-2 (sous-entendu dans son état sauvage) est responsable de la croissance des plants (rosette comme tige). Comme ga 1-2 est un gène impliqué dans la synthèse de gibbérellines, l'absence de GA4 était attendue, et le défaut de croissance est donc expliqué par l'absence de gibbérellines.

Obs : chez le double mutant, on **observe** un rayon de la rosette et une longueur de tige bien plus élevées que chez le simple mutant ; les valeurs se rapprochent de celles de la plante sauvage, tout en restant néanmoins nettement inférieures. La production de gibbérellines est toujours nulle.

Int : la croissance des plantes est **donc** inhibée par le gène rga (sous-entendu dans son état sauvage). Cette inhibition n'a rien à voir avec les gibbérellines, puisque les plantes croissent efficacement même sans gibbérelline dans le cas où rga est muté. On peut faire l'hypothèse que la protéine RGA inhibe la synthèse d'auxine, ce qui expliquerait son rôle d'inhibiteur de croissance.

Attention aux témoins !! Ici, la comparaison de ga1-2 rga au sauvage n'a aucun sens, car on a alors ici deux facteurs variants...

Question 7. Analyser le document 7 afin de confirmer le rôle de la mutation rga.

Obs : chez le double mutant et transgénique 35S::GFP-RGA, on **observe** une croissance diminuée par rapport aux deux témoins constitués par le sauvage et le double mutant transgénique (rayon de la rosette divisé par 3).

Int : rga est **donc** bien un inhibiteur de croissance.

NB : la question était posée de façon maladroite, dans la mesure où un « rôle » ne concerne en biologie qu'un processus normal ; une mutation n'a donc, en théorie aucun « rôle. » C'est plutôt le rôle du gène rga qui était recherché, ou l'intérêt de la mutation rga dans le cadre de l'expérience réalisée.

Question 8. Analyser le document 8 afin de caractériser la localisation de la protéine RGA dans la cellule. Emettez une hypothèse quant au rôle de cette protéine.

Obs : on **observe** une fluorescence dans toute la cellule pour les cellules transformées par la protéine GFP seule (témoin), alors qu'elle est localisée uniquement dans le noyau pour les cellules transformées par la construction 35S::GFP-RGA.

Int : **donc** la protéine GFP est exprimée dans toute la cellule épidermique d'oignon, mais elle est adressée au noyau lorsqu'elle est fixée à RGA. **Donc** RGA est une protéine à localisation nucléaire.

Hyp : on peut **supposer** que la protéine RGA **serait** un facteur de transcription, qui **activerait** ou **inhiberait** l'expression de gènes impliqués dans la croissance (en empêchant, par exemple, l'expression d'une enzyme de la voie de biosynthèse de l'auxine).

Attention à la distinction entre **présence** et **synthèse**. RGA est présente dans le noyau, mais n'est en aucun cas **synthétisée dans le noyau** (car vous savez très bien que la traduction a lieu dans le cytoplasme). Si RGA est dans le noyau, c'est qu'elle a été synthétisée dans le cytoplasme, et exportée secondairement vers le noyau.

Question 9. Analyser le document 9 afin de caractériser l'action de GA4 sur la protéine RGA.

Obs : en absence de GA4, on **observe** une fluorescence (donc présence de RGA) dans toutes les cellules de la racine. Cette fluorescence garde la même intensité au cours du temps. En revanche, en présence de GA4, la fluorescence disparaît progressivement au cours du temps. Elle est très faible au bout de 30 minutes.

Int : **donc** GA4 provoque la destruction (hyp : par le protéasome) et/ou inhibe la synthèse de la protéine RGA.

Hyp : cela permettrait de lever l'inhibition exercée par RGA sur la croissance végétale, ce qui **expliquerait** le mode d'action des gibbérellines.

Attention à la confusion entre **inhiber** et **provoquer la destruction**. Ici, on n'a aucune donnée sur l'activité de RGA avec ou sans GA4, on a en revanche des données sur sa **présence**. Donc il est **faux** de dire que GA4 provoque l'inhibition de RGA.

Question 10. A partir de vos connaissances et de ces documents, proposer une définition d'hormone végétale. Fournir deux autres noms d'hormones végétales.

Hormone végétale : molécule de signalisation à l'intérieur de l'organisme, produite par le végétal et modifiant, à distance, la physiologie cellulaire. Exemples : auxine (AIA) et acide abscissique (ABA).

Question 11. Réaliser un schéma-bilan résumant les connaissances acquises sur les interactions entre les gibbérellines GA4, GA9, la protéine RGA et la lumière rouge, permettant une régulation de la croissance des végétaux.

Beaucoup d'étudiants n'ont pas eu le temps de faire ce schéma. Noter qu'il est presque systématiquement demandé au concours agro en biologie. Bien veiller à **légender**, y compris la signification des flèches.

