

# DST n°3 – Etude de documents – Eléments de correction

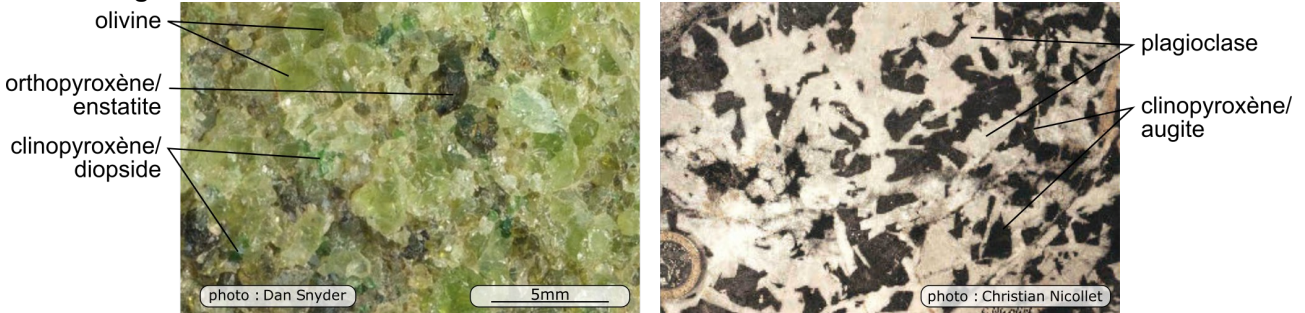
## Sciences de la Terre – Thème : les Antilles

### I. Tectonique antillaise

#### 1. Formation et évolution d'une nouvelle lithosphère océanique

Question 1. Dans le document 1 :

- **Légendez les minéraux.**



- **Déterminez les roches.**

Roche 1 (gauche)

La roche ne comporte pas de lits/linéations, et n'est donc probablement pas sédimentaire ni métamorphique. De plus elle contient des cristaux, tous imbriqués, ce qui est une caractéristique de **roche magmatique grenue** ou de **roche endogène**. La paragenèse (olivine majoritaire, deux pyroxènes) est celle d'une **péridotite**.

Roche 2 (droite)

Pour les mêmes raisons, c'est également une **roche magmatique grenue** ou de **roche endogène**. La paragenèse donne de façon équitable le plagioclase et le clinopyroxène, ce qui permet de déduire qu'il s'agit d'un **gabbro**.



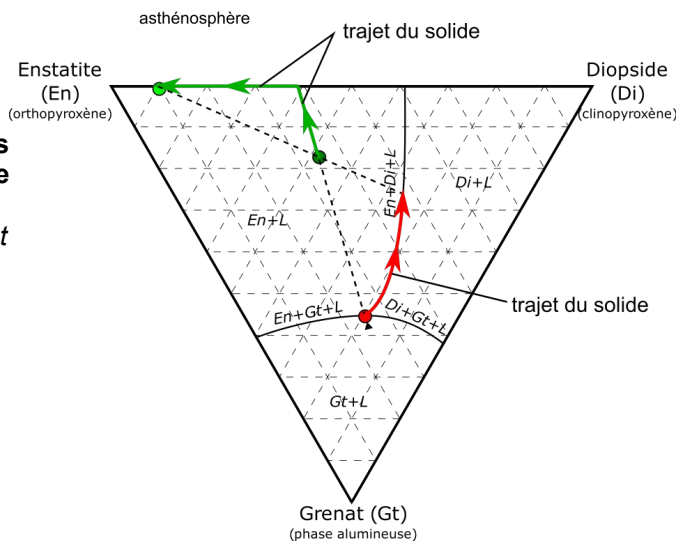
- **Représentez schématiquement une lithosphère océanique en coupe, et placez-y ces deux roches.**

(schéma ci-contre)

Question 2. Dans le document 2 :

- **Indiquer le chemin suivi par le solide et le liquide au cours de la fusion.**
- **A quelles roches correspondent les points « résidu de fusion » et « solide avant fusion » ?**

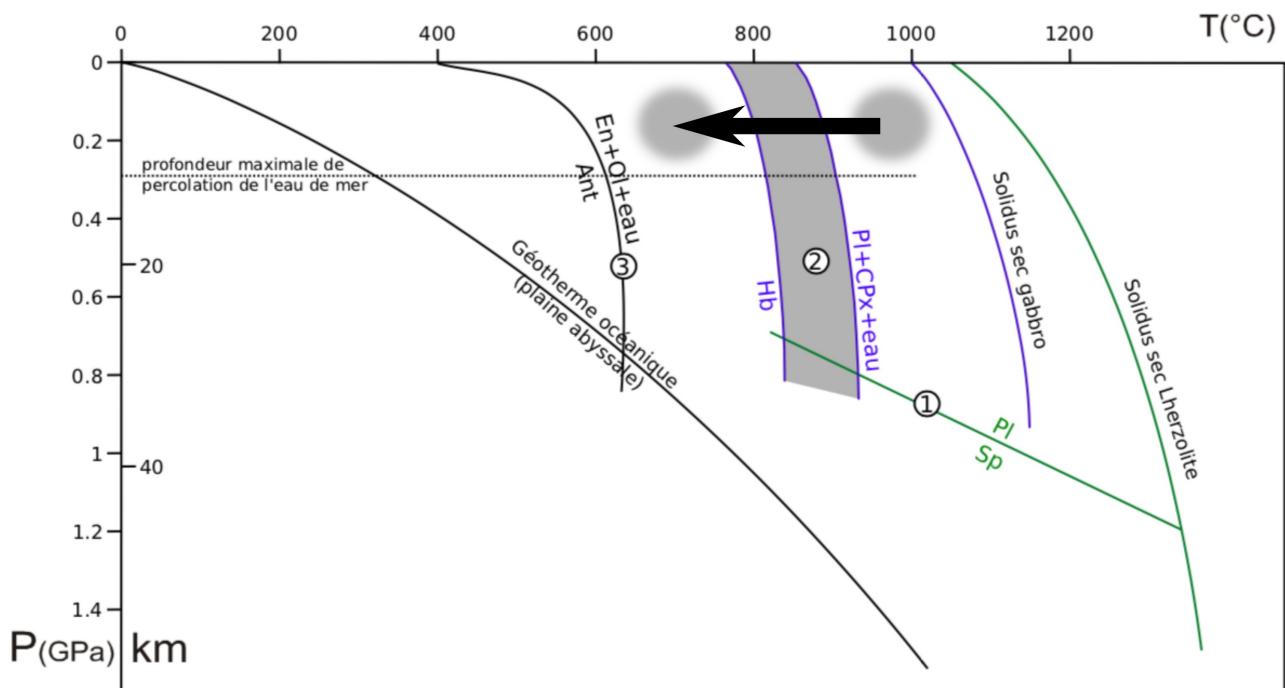
Résidu de fusion : harzburgite ; solide avant fusion : lherzolite.



Question 3.

- **Analysez la lame mince du document 3, et exploitez-le pour construire le trajet PTt de la croûte océanique.**

On observe trois minéraux : plagioclase, clinopyroxène et hornblende. La hornblende forme une **couronne** qui entoure le clinopyroxène ; on peut donc interpréter la hornblende comme étant le produit d'une réaction entre le clinopyroxène et le plagioclase. Sur le document 3b (grille pétrogénétique), cette réaction est représentée (de l'eau intervient en plus). On peut alors tracer le chemin suivant (forcément au dessus de 0,3 GPa, soit 9 km, car il y a hydratation) :



- A quelle famille de silicates appartient la hornblende ? Sous quelle forme se trouve l'eau dans ce minéral ?

La hornblende est un inosilicate à chaîne double et hydraté, c'est-à-dire une amphibole. L'eau y est présente sous forme d'ions  $\text{OH}^-$ .

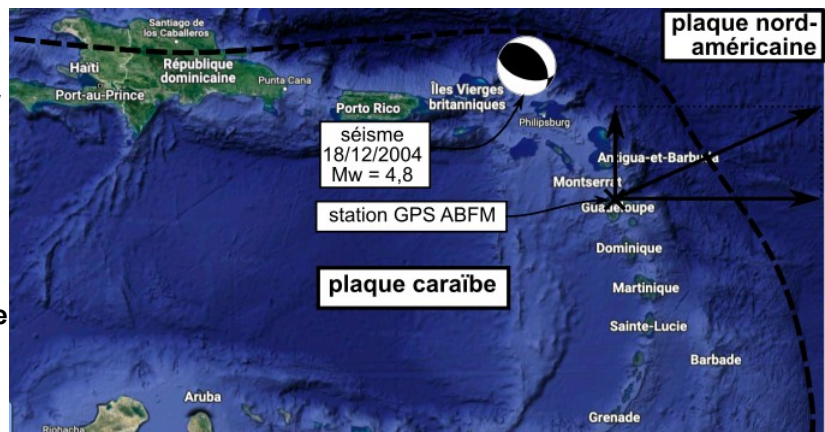
- Quel est le type de métamorphisme mis en évidence ?

Il s'agit d'un métamorphisme de la croûte ou du manteau lithosphérique situé directement en dessous, par un **refroidissement** et une **hydratation**. Il s'agit donc d'**hydrothermalisme**.

## 2. Ca bouge dans les Antilles...

### Question 4.

- Dans le document 4a, et à partir des données du document 4b, représentez par un vecteur la vitesse de la balise GPS ABFM. On prendra comme échelle 1 cm pour une vitesse de  $7 \text{ cm.an}^{-1}$ .
- Analysez l'ensemble des documents 4a, 4b et 4c afin de déterminer la nature de la limite de plaque constituée par les Petites Antilles.



Document 4a :

Le séisme de décembre 2004 a eu lieu à proximité de la limite de plaque, sur la plaque Caraïbe. Son mécanisme au foyer est celui d'un **jeu inverse**, expliqué par une **compression**.

Document 4b :

La station GPS ABFM (plaque Caraïbe) se déplace vers la plaque Nord-américaine : il y a donc convergence, ce qui était attendu vu le mécanisme au foyer.

Document 4c :

Les foyers des séismes sont sur un plan incliné jusqu'à 200 km, profondeur à laquelle le manteau est normalement ductile, et non cassant. De plus, l'arc des Antilles est situé au dessus de ce plan, que l'on peut interpréter comme étant un plan de Benioff-Wadati.

Une anomalie négative de vitesse des ondes P prolonge ce plan jusqu'à une profondeur de 700-800 km environ ; cette anomalie peut s'interpréter comme un slab (= lithosphère océanique) plongeant. La limite de plaque serait alors une **subduction**, ce qui est **cohérent** avec le mécanisme en **compression** du séisme de décembre 2004 (document 4a)

## II. Magmatisme et métamorphisme antillais

### Question 5.

- A l'aide du document 5b, déterminez le dynamisme éruptif de l'éruption de la montagne Pelée de 1902.

Le témoin de l'éruption donne divers arguments permettant d'étayer sa nature explosive :

- une « gerbe de rochers », projetés en l'air à des dizaines de mètres ; « d'énormes rochers qui filaient sur St-Pierre avec une vitesse énorme ». Il peut s'agir d'une nuée ardente, ou coulée pyroclastique.
  - il parle à plusieurs reprises de « fumée épaisse ». Il peut s'agir des cendres volcaniques, libérées par le volcan (particules de lave fragmentées par l'explosion).
  - « bruit formidable », caractéristique d'une explosion.
  - il évoque enfin la brièveté du phénomène : « tout cela en moins de temps qu'il n'en faut pour le dire »
- Il s'agit donc vraisemblablement d'une **éruption explosive**.

- A l'aide des documents 5a, 5c et 5d et 5e, proposez des hypothèses expliquant ce dynamisme éruptif.

Pour expliquer ce mécanisme explosif, il faut envisager une lave riche en gaz, et visqueuse.

- Les Antilles sont dans la zone intertropicale, et il est possible que les sols soient gorgés d'eau, ce qui pourrait entraîner une éruption phréatomagmatique.
- La présence d'amphiboles montre que le magma est **riche en eau**, et cette eau, présente dans le magma sous forme de gaz, peut être responsable de cette explosivité.
- On est dans un contexte géodynamique de subduction, donc avec apport d'eau par la plaque plongeante. Cela peut expliquer que le magma soit riche en vapeur d'eau, ce qui favorise l'explosivité.

On va chercher à montrer également qu'il s'agit de roches visqueuses.

On distingue (document 5c) des minéraux, qui sont cependant peu jointifs, et séparés par une zone non cristallisée : c'est du verre. Cette roche est donc microlithique, il s'agit donc d'une **roche volcanique**. Sa paragenèse (hornblende et plagioclase) nous permet de dire qu'il s'agit d'une **andésite**, roche d'acidité intermédiaire. Or, les laves andésitiques ont une viscosité 1 à 4 ordres de grandeur supérieure à celle des laves basaltiques (référence pour des laves très fluides). Cette lave andésitique est donc **relativement visqueuse**.

On peut compléter le diagramme TAS (à partir du document 5d, ci-contre).

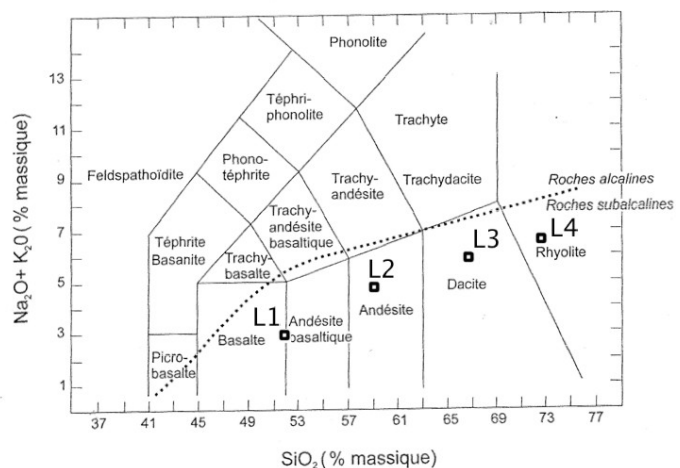
D'une part, on confirme que certaines laves (L2 en l'occurrence) sont bien de composition andésitique. Certaines laves sont plus différenciées encore, avec une dacite (L3) et une rhyolite (L4). Donc,

ces laves ont une viscosité encore plus grande que l'andésite L2 (document 5a). Richesse en gaz et viscosité peuvent donc expliquer l'explosivité.

- Discutez la série magmatique à laquelle appartiennent les laves martiniquaises.

Dans le diagramme TAS complété, on suppose que les quatre laves sont issues par différenciation d'un même magma primaire (L1). Ce trajet, avec une augmentation limitée du taux d'alcalins, peut-être celui d'une série calco-alcaline ou d'une série tholéiitique. On ne peut pas trancher avec certitude, mais on peut proposer des hypothèses :

- Dans le cas d'une subduction, on devrait plutôt avoir une série calco-alcaline. Cependant, la série calco-alcaline est largement expliquée par une contamination par une croûte continentale épaisse.



Or, ici, la croûte sus-jacente est une croûte océanique, basique et fine, ce qui devrait limiter la contamination.

- D'autre part, il existe des tholéiites en contexte de subduction (les tholéiites d'arc).

Donc, impossible de trancher : il faudrait utiliser le diagramme AFM.

### Question 6. A l'aide du document 6, discutez l'origine du magma.

Les laves ont une composition intermédiaire entre le pôle MORB et le pôle OIB, cependant plus fréquemment proche du pôle MORB. On rappelle que les MORB sont issus de la fusion d'un manteau supérieur appauvri, et les OIB d'un manteau inférieur non appauvri (donc enrichi). On peut donc proposer l'hypothèse suivante :

- Les laves proviennent d'une fusion du manteau supérieur ;
- Elles ont été plus ou moins contaminées lors de leur remontée et leur passage dans la croûte, ce qui peut expliquer les points qui s'éloignent du pôle MORB.

### Question 7.

On donne le gradient géothermique d'une croûte en subduction :  $4,5^\circ\text{C}/\text{km}$ .

**Exploitez le document 7 (qui pourra être complété) pour discuter les conditions de fusion à l'origine du magmatisme de subduction.**

On cherche à expliquer le magmatisme ; on sait qu'en zone de subduction, il est dû à une déshydratation du slab. On va donc chercher à montrer, avec les informations dont on dispose, qu'on a bien une déshydratation de ce slab, susceptible d'hydrater le coin de manteau sus-jacent.

On va commencer par tracer le chemin PTt d'une croûte océanique en subduction, en utilisant le **gradient géothermique**, qui correspond aussi à un **gradient métamorphique**. 1 km correspond à une pression d'environ 30 MPa ; le gradient est donc de  $4,5/30 = 0,15^\circ\text{C}/\text{MPa} = 150^\circ\text{C}/\text{GPa}$ . On peut donc le tracer sur le graphe, en utilisant par exemple un point de coordonnées 4 GPa /  $600^\circ\text{C}$ .

La croûte passe donc par les faciès schiste bleu puis élogite UHP, sans même entrer dans le faciès élogite (ici le gradient est particulièrement faible). On part du principe qu'elle est initialement saturées en eau (voir question 3). Elle va donc subir un métamorphisme au faciès schiste bleu, **puis** au faciès élogitique d'UHP. On va comparer les taux d'hydratation de ces différentes roches :

- 90 % des minéraux sont hydratés au faciès schiste bleu (exception : le grenat)
- 5 % des minéraux sont hydratés au faciès élogitique d'UHP

Donc l'hydratation diminue lors du passage du faciès schiste bleu à élogite, pour une pression d'environ 2 GPa (soit 60 km) : la croûte se **déshydrate donc**.

Pour aller plus loin, on peut calculer l'hydratation totale de la croûte pour ces deux faciès, en prenant en compte la teneur en eau de chaque minéral et son abondance. On notera  $p_{\text{eau}}$  la teneur en eau d'une roche,  $p_{\text{eau}, X}$  la teneur en eau du minéral X, et  $p_X$  le pourcentage massique du minéral X dans la roche considérée.

- Pour le faciès schiste bleu :

$$p_{\text{eau}} = p_{\text{eau}, \text{mica}} \times p_{\text{mica}} + p_{\text{eau}, \text{glauco}} \times p_{\text{glauco}} + p_{\text{eau}, \text{épi}} \times p_{\text{épi}} + p_{\text{eau}, \text{law}} \times p_{\text{law}}$$
$$\Rightarrow p_{\text{eau}} = 0,095 \times 0,05 + 0,5 \times 0,05 + 0,04 \times 0,2 + 0,17 \times 0,1$$

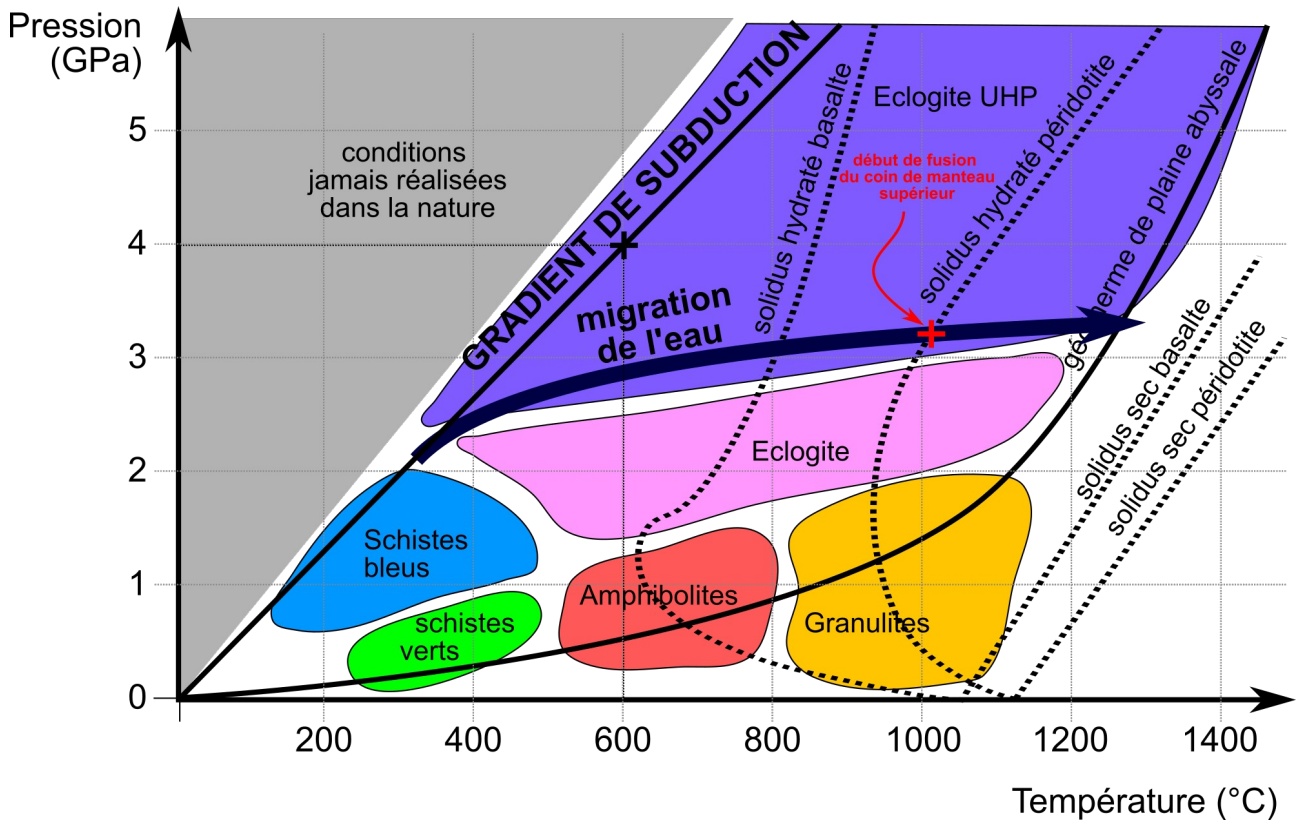
$$\Rightarrow p_{\text{eau}} = 9,5 \times 5 \times 10^{-4} + 5 \times 5 \times 10^{-3} + 4 \times 2 \times 10^{-3} + 1,7 \times 1 \times 10^{-2} = 0,0047 + 0,025 + 0,008 + 0,017 = 0,0547 = 5,47\%$$

- Pour le faciès élogite UHP :

$$p_{\text{eau}} = p_{\text{eau}, \text{mica}} \times p_{\text{mica}}$$

$$\Rightarrow p_{\text{eau}} = 0,095 \times 0,05 = 9,5 \times 5 \times 10^{-4} = 47,5 \cdot 10^{-4} = 0,0047 = 0,47\%$$

On peut donc en déduire que du faciès schiste bleu au faciès élogitique d'UHP, la roche a perdu la quasi-totalité de son eau. Cette eau peut donc migrer et hydrater les roches alentours, comme représenté sur le document 7 ci-dessous :



NB : le trajet de l'eau se fait avec augmentation de température, car l'eau quitte le slab (froid) pour rejoindre le coin de manteau sus-jacent, qui est plus chaud. De plus, ce trajet se fait avec légère augmentation de pression, puisque ce manteau hydraté migre plus profondément par entrainement par le slab par force de viscosité.

Le trajet noté « migration de l'eau » correspond à la migration depuis le slab en cours de déshydratation vers le manteau sus-jacent. En terme de lithologie, il s'agit à partir de ce moment uniquement de péridotite. Lorsque l'on coupe le solidus hydraté de cette péridotite, qui a lieu avant de couper le géotherme de plaine abyssale, elle peut fondre. On sait par ailleurs que la fusion est atteinte pour une profondeur proche de 100 km, ce qui est le cas ici (autour de 3 GPa).

## Sciences de la vie – Thème : le tube pollinique

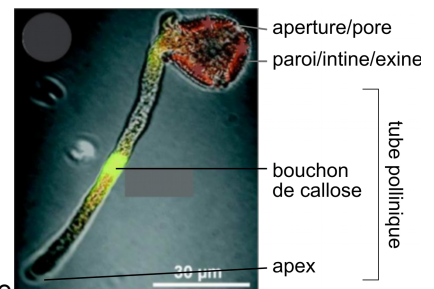
### Partie 1 : la croissance du tube pollinique

1. Légendes (ci-contre)

2. On observe dans la zone apicale du tube pollinique une grande richesse en structures arrondies, d'environ 1/2 cm sur l'image, donc environ  $2 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 0,2 \mu\text{m}$  vu l'échelle. Il s'agit donc de vésicules. On observe également quelques mitochondries.

3. On peut faire plusieurs hypothèses :

- Ces vésicules pourraient contenir les composés pariétaux qui permettent la formation de la paroi du tube pollinique au cours de sa croissance. Ces composés seraient déversés par exocytose dans le milieu extracellulaire. La membrane des vésicules augmenterait la surface de la membrane du tube pollinique.
- On peut supposer également que les vésicules contiennent des enzymes responsables de l'hydrolyse des composés pariétaux du style.
- Leur membrane peut aussi contenir des protéines jonctionnelles responsables d'interaction avec les molécules du style.



4. Dans chacune des trois situations, l'ovaire est atteint, donc seule l'extrémité du tube pollinique est nécessaire pour sa croissance. Cependant, dans la situation où l'on élimine le reste du tube pollinique, la croissance est ralentie. Donc le reste du tube pollinique augmente la vitesse de croissance, même s'il n'est pas indispensable. **Remarque** : on note l'absence de statistiques → **résultats discutables**.  
Autre remarque : on avait noté des structures permettant la croissance à l'apex (doc 1.1.b) ainsi que des bouchons de callose (doc 1.1.a), ce qui permet d'expliquer cette croissance apicale relativement indépendante du reste du tube pollinique.
5. On observe que de simples billes de latex migrent dans le style à une vitesse comparable à celle de la croissance d'un tube pollinique, quelle que soit l'espèce considérée. La croissance du tube pollinique est donc provoquée **par le style seulement**, et **non par le tube pollinique lui-même**.  
Hypothèse : il pourrait exister au niveau du style des molécules responsables du déplacement du tube pollinique, et qui permettent le déplacement des billes de latex. Ces molécules pourraient être comparables aux protéines impliquées dans le mouvement cellulaire (dynéine, kinésine par exemple), toute proportion gardée (dynéine et kinésine sont intracellulaires et utilisent de l'ATP : ici, le déplacement des billes de latex et de l'apex du tube pollinique sont bien-entendu extracellulaires).

## Partie 2 : Etude des interactions pollen-pistil chez le Coquelicot

6. La GAPDH sert de **témoin de charge** ; l'expression de GAPDH est identique pour toutes les pistes, ce qui permet de valider l'expérience.  
On observe que PrsS1 est exprimé (transcrit) uniquement dans le stigmate alors que PrpP1 est exprimé uniquement dans le pollen de la plante.  
On observe que l'expression de PrpS1 débute deux jours avant l'anthèse et se poursuit jusqu'à l'anthèse, et que l'expression de PrsS1 débute un jour avant l'anthèse et se poursuit jusqu'à l'anthèse.  
On peut proposer les hypothèses suivantes :
- expression des deux gènes dans les dernières étapes du développement de la fleur → gènes impliqués dans la fonction de la fleur.
  - protéines impliquées dans l'autoincompatibilité, l'une pollen-spécifique, l'autre stigmate-spécifique ;
7. L'utilisation du Triton X-100 permet de solubiliser les membranes, et donc de récupérer toutes les protéines, y compris membranaires. On observe en A que PrpS1 est présente dans les extraits protéiques uniquement en présence de Triton X-100, donc il s'agit d'une **protéine membranaire**. En B, on a fait un **immunomarquage**. On observe que PrpS1 est présente surtout au niveau de la **membrane plasmique** du tube pollinique.  
Ces deux documents arrivent donc à la **même conclusion**, mais par **deux techniques différentes**, ce qui renforce son **niveau de preuve**.
8. On observe qu'en présence de PrsS1 produit par le stigmate, les grains de pollen produits par un sporophyte possédant un allèle S1 germent deux fois moins que les grains de pollen produits par un sporophyte ne possédant pas d'allèle S1. Le chauffage, donc la **dénaturation** de PrsS1, abolit les différences : le taux de germination des deux catégories de pollen devient équivalent, proche de 100 %.  
→ on en déduit que la protéine PrsS1 est impliquée dans l'incompatibilité, et en particulier l'autoincompatibilité génétique **gamétophytique** (le génome du grain de pollen, haploïde, est impliqué dans cette autoincompatibilité).

Dans le document 2.3, on observe qu'en présence de PrsS1 et PrsS3, la germination des pollen issus de plantes S1S3 n'a pas lieu : PrsS1 et PrsS3 inhibent donc la germination, ce qui était prévisible vu la conclusion du document précédent. Il s'agit ici d'un **témoin**.

Quand on ajoute un peptide PrpS1 dans le milieu, le pollen peut germer à nouveau, mais cet effet n'est pas observé avec un peptide contrôle (témoin négatif). On en déduit que PrpS1 **lève l'inhibition de germination imposée par PrsS1**.

→ on peut proposer le mécanisme explicatif suivant : PrsS1 se fixe sur PrpS1, et cette fixation inhibe la germination. En ajoutant PrpS1, on **sature** PrsS1, qui ne peut donc plus interagir avec le PrpS1 présent naturellement dans le tube pollinique. La technique utilisée est celle d'un **mécanisme de compétition**.

On a donc bien un système d'autoincompatibilité gamétophytique, basé sur la reconnaissance moléculaire entre PrpSx et PrsSx.

9. Les oligonucléotides antisens s'hybrident aux ARNm et empêchent leur traduction en protéines. On inhibe donc l'expression des gènes PrpS1 et PrpS8 (il s'agit d'ARN interférents).

Pour les grains de pollen non traités ou traités par un ARN antisens PrpS, la longueur des tubes est maximale (autour de 270  $\mu\text{m}$ ). L'expérience non traitée est un témoin, et celle traitée avec ARN antisens PrpS permet de vérifier que PrpS n'a aucun rôle dans la germination si PrsS est absent.

En présence de PrsS1/3, la longueur du tube pollinique issu de sporophyte S1S3 est divisée par 6 environ (p. rap. au témoin), donc **PrsS1/3 inhibe la germination**. Il s'agit d'un **témoin positif** : ce résultat était prévisible vu les questions précédentes.

En présence de l'ARN antisens PrpS1 (donc si on inhibe l'expression de PrpS1), on constate une restauration partielle de la germination, puisque la diminution par rapport au témoin n'est plus que de 3-4 au lieu de 6. Donc, l'inhibition de la germination par PrpS1 est **partiellement levée**.

La 3<sup>e</sup> expérience (oligonucléotide sens) permet de vérifier que l'effet observé avec l'oligonucléotide antisens n'est pas dû au fait qu'on a introduit un ARN étranger dans l'expérience ; on observe un résultat identique à celle du témoin positif, ce qui confirme que l'inhibition observée avec PrpS1 antisens est bien **due au fait que l'oligonucléotide est antisens et bloque donc l'expression de PrpS1**.

En refaisant les mêmes expériences, avec des ARN sens ou antisens PrpS8 (alors que le pollen est S1/S3), on constate que les résultats ne sont pas différents entre le témoin positif et le test as-PrpS8. Il s'agit donc bien d'une inhibition **spécifique** ; une autre façon de voir les choses serait de dire qu'on vérifie un résultat attendu (avec tout ce qui a été fait précédemment, on se doutait bien de ce résultat, qui permet de **tester les prédictions de la théorie** qu'on est en train de construire).

Les résultats sont à peu près similaires pour le 2<sup>e</sup> bloc de données (pollen de plante S3S8) avec cependant une levée d'inhibition un peu plus forte.

Les protéines PrpS jouent donc un rôle crucial dans les phénomènes d'incompatibilité pollen-pistil. Leur action est spécifique.

10. Chez le témoin (absence de traitement, B), on observe une augmentation de la taille du tube pollinique, et une concentration basse en  $\text{Ca}^{2+}$ . Cependant, on observe qu'en présence de protéines stigmatiques PrsS1/3, mais pas pour PrsS2/4, les tubes polliniques de plantes S1S3 présentent de fortes concentrations cytosoliques en calcium et ne grandissent pas.  
→ on en déduit que l'autoincompatibilité passe par une augmentation de la concentration en  $\text{Ca}^{2+}$ .  
Hypothèse : on peut supposer que le calcium jouerait un rôle de signalisation intracellulaire (messager intra-cytosolique jouant le rôle de relai entre l'interaction PrpS/PrsS et le blocage de la germination).
11. En présence de protéine PrsS1, le pH cytosolique des tubes polliniques exprimant PrpS1 diminue rapidement puis se stabilise. Le pH reste constant pour les tubes polliniques n'étant pas en contact avec la protéine PrsS1. → La baisse du pH suite à l'interaction entre les protéines PrpS et PrsS est une des étapes de l'incompatibilité.  
Hypothèses/discussion :
- La mort cellulaire du tube pollinique en cas d'autoincompatibilité pourrait avoir pour conséquence l'arrêt du fonctionnement de la pompe  $\text{H}^+$  ; auquel cas, la baisse du pH serait une conséquence indirecte de l'autoincompatibilité, sans rôle.
  - La baisse du pH pourrait avoir pour conséquence une altération du fonctionnement des protéines intracellulaire par dénaturation, ce qui pourrait participer à l'arrêt de la croissance du tube pollinique.
  - Si la baisse du pH intracellulaire était permise par l'ouverture de canaux à  $\text{H}^+$ , elle pourrait avoir pour conséquence une augmentation du pH de la paroi (par effet de vases communicants), ce qui pourrait limiter l'auxèse, expliquant donc la faible croissance du tube dans ces conditions.
12. Le schéma bilan doit faire apparaître l'expression de PrpS1 et son adressage à la membrane plasmique d'un pollen, la sécrétion de PrsS1/3 au niveau du stigmate, l'interaction PrsS1-PrpS1 au niveau de la membrane plasmique du tube pollinique, l'augmentation du  $\text{Ca}^{2+}$  cytosolique et la baisse du pH et enfin les effets cellulaires obtenus (inhibition de la germination des grains de pollen et inhibition de la croissance du tube pollinique au niveau de l'apex).