

SVT, épreuve sur support de documents

I. Présentation générale de l'épreuve et des sujets

L'épreuve de SVT sur support de documents, d'une durée de 4 heures, comprend un sujet de géologie et un sujet de biologie, avec égalité de traitement entre les deux. Dans cette épreuve unique, le sujet de géologie est structuré autour de questions très précises, permettant l'évaluation des acquis fondamentaux du programme via des questions de cours, ainsi que des capacités d'analyse via l'interprétation de documents originaux en lien direct avec le programme. Des réponses claires et concises sont attendues. Comme annoncé en fin de rapport de la session 2015, l'autonomie, l'initiative et la réflexion du candidat sont par ailleurs testées par une question plus ouverte, sollicitant connaissances et exploitation d'au moins deux documents (question 18, visant à mettre en évidence une série magmatique). Le sujet de biologie, distribué aux candidats au début de la troisième heure d'épreuve, était structuré en deux thèmes. Une question générale explicite figure en début de chaque thème. Comme annoncé à la fin du rapport de la session 2015, quelques questions viennent ponctuellement guider le raisonnement et/ou centrer les objectifs. Des bilans étaient demandés en géologie (frise temporelle) comme en biologie, en fin de thèmes 1 (court paragraphe bilan) et 2 (schéma bilan). En géologie comme en biologie, les informations hors-programme nécessaires à l'analyse de certains documents sont fournies. L'ensemble du format global de l'épreuve sera conservé pour la session 2017.

Le sujet de géologie était centré sur la convergence Inde-Eurasie, sollicitant des acquis capitalisés dans plusieurs parties du programme de cours et de travaux pratiques de BCPST 1 et 2 : structure de la planète Terre, dynamique des enveloppes terrestres (lithosphère et atmosphère), risques liés à la géodynamique terrestre, magmatisme, déformations des matériaux de la lithosphère, sismogénèse, métamorphisme et chaîne de montagnes. Le sujet de biologie envisageait quelques aspects liés à la couleur des fleurs chez *Saponaria officinalis* : conséquences du dimorphisme sexuel et de l'effet de la lumière sur le succès reproducteur dans le thème 1, mécanismes moléculaires impliqués dans la pigmentation des pétales dans le thème 2.

Les points du barème sont distribués sur 6 groupes de compétences spécifiques, conformément aux attentes des écoles :

A : Recueillir des informations, analyser et hiérarchiser

B : Mobiliser des connaissances scientifiques pertinentes pour résoudre un problème, structurer un raisonnement et maîtriser les relations de causalité

C : Exercer son esprit critique, identifier un problème, remettre en cause un modèle

D : Présenter graphiquement les conclusions des analyses réalisées

E : Maîtriser les techniques de communication écrite dans le cadre de la construction d'un argumentaire

E1 : Structure, qualité de l'expression (syntaxe, précision, concision)

E2 : Soins, orthographe et présentation

Ces compétences sont décrites et commentées dans le rapport de la session 2015 (pages 14, 15 et 16), disponible sur le site du concours.

Ces compétences ne sont pas toutes systématiquement mises en œuvre dans chaque question. Leur prise en compte se fait selon un système de curseur. La compétence E est évaluée globalement sur l'ensemble de la copie. Un extrait de grille de correction remplie est inséré ci-dessous (les points obtenus apparaissent dans la dernière colonne à droite, avant d'avoir réalisé le calcul ramenant la note sur 20).

	A		B		C		D		Pts obtenus	Tot.
	Curseur	Pts	Curseur	Pts	Curseur	Pts	Curseur	Pts		
INTRODUCTION Géologie										
Question 1	0,33	1	0,66	2		0	0,33	3	2,64	6
PARTIE 1 Géologie										
1.1.1 Question 2	0,66	4		0		0		0	2,64	4
1.1.1 Question 3	0,33	2		0		0		0	0,66	2
PARTIE 2 Biologie										
Document 2-4 Compréhension du protocole		0		0		0	0,33	4	1,32	4
Document 2-4 Exploitation du document		0	1	4		0		0	4	4
Bilan Thème 2		0		0		0	0,66	6	3,96	6

II. Observations générales sur les copies

Sur la forme (compétence E) :

La grande majorité des copies sont claires et correctement présentées. Les consignes sont bien respectées, mais dans l'exploitation des documents la concision doit être de mise. Les éléments importants des réponses et des raisonnements peuvent être mis en valeur, par exemple en les soulignant. Les schémas doivent être réalisés en couleur, avec soin, titre et légendes claires.

En géologie :

Le niveau général, assez correct, est en hausse par rapport à la session 2015. Les questions de cours ou très proches du cours sont mieux réussies et restent très discriminantes. Si la définition d'une plaque lithosphérique (question 1) a souvent été très incomplète, pratiquement tous les candidats savent exploiter un document de tomographie sismique (question 4), ou définir un risque sismique (question 9, très bien réussie). Le sujet a été très correctement couvert par la

grande majorité des candidats, exception faite de la frise chronologique (question 19), ce qui est très regrettable puisqu'elle faisait explicitement office de conclusion. Il est apparu aux yeux des correcteurs que certains candidats, quoique moins nombreux que l'année dernière, peuvent répondre à une question visiblement au hasard, en proposant des réponses fausses et dépourvues de toute justification (questions 6, 10, 13 et 16). Cette démarche est à proscrire : il faut argumenter les affirmations énoncées, ou simplement ne pas répondre à la question.

En biologie :

Beaucoup moins de candidats ont explicitement adopté la démarche systématique « objectif-observation-interprétation-hypothèse ». En revanche, pratiquement tous les candidats ont encore perdu beaucoup trop de temps à paraphraser très longuement des protocoles expérimentaux et surtout à décrire, souvent avec exhaustivité, les résultats visibles dans les documents. Cette activité fait perdre énormément de temps et ne rapporte aucun point. S'il est en effet attendu que les principes soient compris et que le lien avec l'exploitation du document soit clair, l'observation d'un document doit se restreindre à la simple saisie quantifiée des données permettant l'interprétation du document d'une part et la réponse posée en début de thème d'autre part. En effet, il est rappelé comme l'année dernière qu'une consigne importante est indiquée en première page : « Vous répondrez aux questions posées ». Ces questions sont posées en début de chaque partie. Les candidats doivent prendre en compte cette consigne avec beaucoup plus d'attention, et répondre clairement aux questions posées dès que l'occasion se présente (en conclusion après l'exploitation d'un document, en fin de partie, etc.). Trop de candidats analysent les documents les uns après les autres sans jamais répondre aux questions posées en début de thème, ce qui les pénalise beaucoup dans la notation.

Dans plusieurs documents de la première partie, les valeurs des résultats étaient dispersées et les différences n'étaient pas significatives. Des tests statistiques étaient systématiquement présentés, avec toutes les informations nécessaires à leur compréhension. Ces documents invitaient les candidats à formuler des hypothèses, les discuter et les mettre en relation les unes avec les autres au fur et à mesure de la progression du sujet, concernant par exemple les conséquences de l'action de la lumière sur le succès reproducteur. Comme annoncé dans le rapport de la session 2015, il s'agissait d'évaluer le recul critique des candidats dans la manipulation des résultats d'expériences (bloc C des compétences évaluées). Cet exercice n'a pas été réussi, les candidats semblant être gênés par une différence non significative entre deux moyennes (« les résultats ne sont pas exploitables »). Dans ce contexte, les documents de cette première partie ont été inégalement compris et les réponses à la question figurant en début de thème n'étaient pas claires, quand elles étaient présentes.

La deuxième partie, relative à des expériences de biologie cellulaire et moléculaire, a été mieux comprise mais les candidats ne sont pas allés assez loin. Nous rappelons qu'il est tout à fait possible, et conseillé, de construire un schéma bilan partiel quand les derniers documents n'ont pu être abordés.

III. Commentaire sur les différentes parties du sujet

ÉPREUVE DE GÉOLOGIE

Introduction : Contexte général de la chaîne de montagnes de l'Himalaya-Tibet

1) Une plaque lithosphérique est une partie rigide superficielle de la Terre constituée de la croûte et du manteau lithosphérique aux limites de laquelle se localise la déformation.

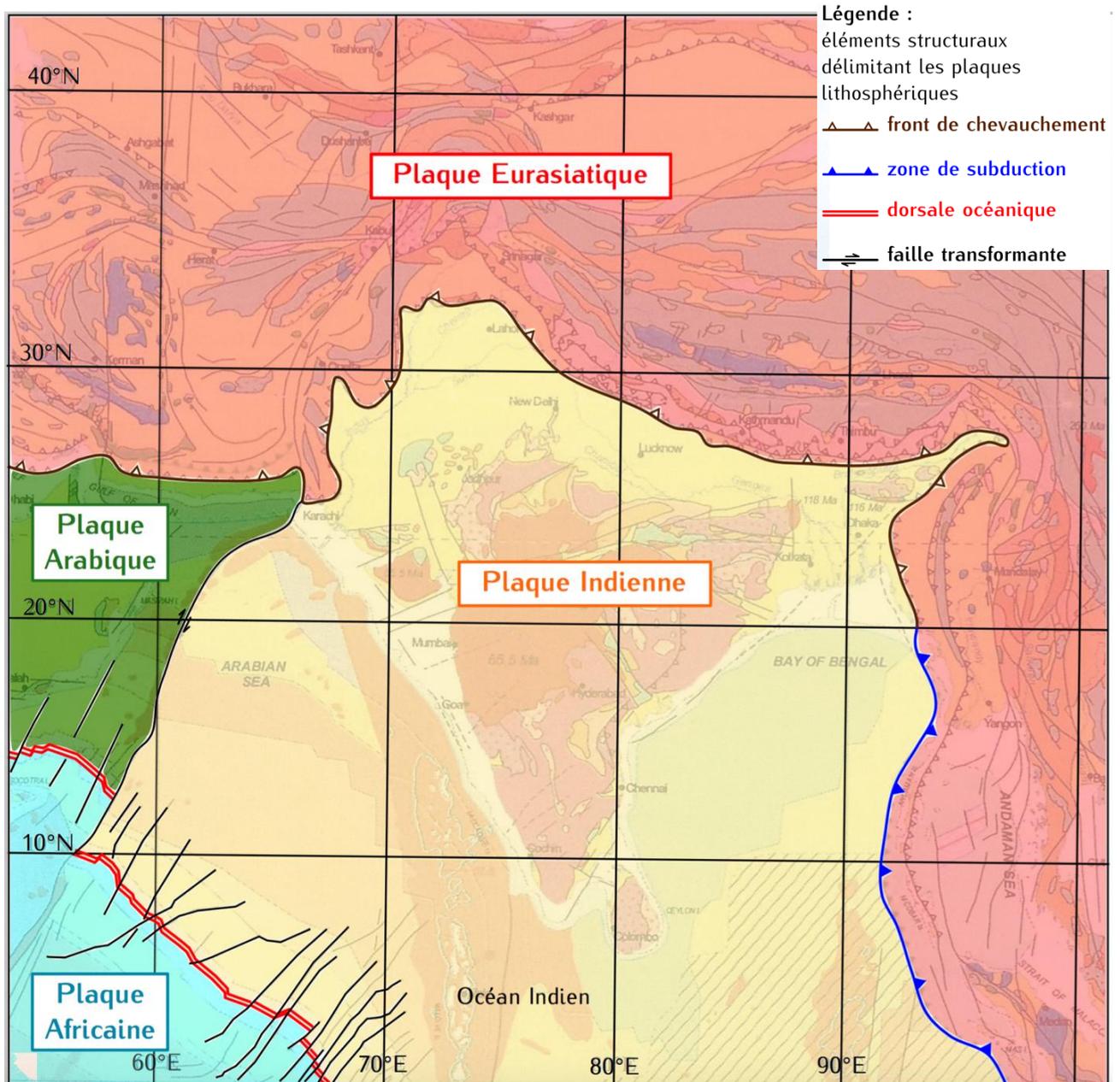


Schéma structural de la carte géologique du monde centrée sur l'Inde,

l'Himalaya et le Tibet avec localisation des plaques et identification de leurs limites

La définition d'une plaque lithosphérique est rarement sue. La notion de rigidité est ainsi pratiquement systématiquement absente. De manière inquiétante, de nombreux candidats définissent les plaques comme simplement de la croûte sans parler de la portion lithosphérique du manteau, ou de croûte plus lithosphère voire croûte plus manteau supérieur. De plus, les limites de plaque sont mal connues : la plupart des candidats ne considère que les limites en convergence et en décrochement et oublie les dorsales. La différence entre faille transformante et faille décrochante est mal comprise. Plus grave, plusieurs candidats considèrent les marges passives comme des limites de plaques.

La qualité des schémas est très variable. Un certain nombre de schémas ne sont, par ailleurs, que peu ou pas légendés ou titrés. Certains candidats se sont attachés à faire un schéma très détaillé reprenant l'âge et la nature des terrains, ce qui était inutile ici, voire contre-productif, car les informations vraiment importantes pour comprendre le contexte géodynamique (limites de plaques, nature de ces limites, etc.) ne sont alors pas mises en évidence. À l'inverse, certains schémas ne représentant que deux plaques séparées par une zone de chevauchement sont très incomplets. La dorsale de la ride indienne n'a été que trop peu souvent observée. Rares sont les candidats qui ont fait des efforts particuliers pour aider le correcteur à identifier les différentes plaques repérées sur le schéma. Enfin, peu de candidats ont vu et identifié les quatre plaques visibles.

1. Structure et dynamique actuelle de la chaîne himalayenne.

2) Les principaux traits structuraux de la chaîne himalayenne sont : la présence d'une zone de suture ophiolitique témoignant de l'existence d'un ancien océan refermé par subduction, la présence d'un bassin flexural périphérique (sub-Himalaya), la présence de nombreux chevauchements à vergence sud et un épaississement crustal vers le Nord (racine crustale).

La plupart des candidats ont proposé l'existence d'un ancien océan et la présence de nombreux chevauchements comme trait structural. La présence de magmatisme (anecdotique pourtant dans les Alpes) et de métamorphisme (schistes) revient également souvent. En revanche, la présence d'un bassin flexural et d'une racine crustale, pourtant bien visible sur la coupe, est rarement évoquée. Dans la plupart des copies, la réponse consiste en un récapitulatif (prématuré et parfois confus) des étapes d'édification de la chaîne : les candidats « racontent » son histoire en abordant rapidement certains des différents traits structuraux demandés.

3) Du Nord au Sud, les chevauchements sont de plus en plus jeunes. La chaîne s'est édifiée en différentes séquences du Nord vers le Sud, formant ainsi un prisme d'échelle crustale.

Cette question a souvent été mal comprise. La plupart des candidats se contentent de décrire la chronologie des chevauchements en paraphrasant la carte.

4) Le profil de tomographie sismique montre la présence d'une anomalie positive de vitesse correspondant à un matériau dense en profondeur sous la chaîne. Ceci peut être interprété comme un panneau plongeant de lithosphère froide. De plus, de nombreux séismes dessinent un plan de Wadati-Benioff confirmant l'existence d'une subduction sous l'Himalaya. Le moteur de l'édification de la chaîne est donc probablement la traction de ce panneau plongeant (*slab pull*).

Le principe de la tomographie est généralement bien compris et la plupart des candidats arrivent à identifier la présence d'une zone de subduction. Néanmoins, certains ne font pas le lien entre cette subduction et le moteur de l'édification de la chaîne. Ils ne répondent donc pas à la question posée ! Quelques candidats ont proposé des interprétations fausses voire complètement aberrantes du document : existence d'une racine crustale profonde de 600 km, présence d'un point chaud. Le jury note également que quelques candidats présentent encore la poussée à la dorsale comme le moteur de la convergence alors qu'il est désormais clairement démontré que la force de la traction liée aux subductions est environ 10 fois plus importante que celle due à la poussée des dorsales. Enfin, il faut faire attention au vocabulaire utilisé, il s'agit d'une subduction entre deux lithosphères, et non pas entre deux croûtes comme le jury l'a parfois lu.

5) Les vecteurs GPS en Inde sont orientés vers le NNE (30° N) avec une norme de 50 mm/an environ. Dans la partie ouest de la carte, les vecteurs sont davantage orientés vers le nord (environ 10° N) et leur norme diminue (10 mm/an dans le Tian Shan). Enfin, dans la partie est, les vecteurs s'orientent davantage vers l'Ouest (environ 70° N) et leur norme est de l'ordre de 30 mm/an.

Ce document a rarement été traité de façon satisfaisante. En effet, la quantification de la norme des vecteurs est trop souvent absente. La plupart des candidats se contentant de décrire sommairement la direction et la position des vecteurs en utilisant un vocabulaire peu rigoureux (par exemple : « les vecteurs les plus grands vont vers le haut »). De nombreux candidats ont mal interprété la densité des vecteurs sur la carte. La position de vecteurs sur la carte dépend de la position des stations d'enregistrement qui sont inégalement réparties. Une zone avec de nombreux vecteurs ne va pas plus vite qu'une zone avec peu de vecteurs. Quelques rares candidats ont néanmoins très bien su traiter cette question en annotant directement la carte, ou en faisant un schéma montrant les différentes zones de la carte, leur direction et la norme moyenne des vecteurs.

6) L'observation de la diminution de la norme des vecteurs GPS en s'éloignant de l'Inde indique que tout le déplacement n'est pas transmis. La remontée de l'Inde vers l'Asie est accommodée par la déformation de la plaque Eurasie.

Cette question a été très mal comprise. La plupart des candidats se sont contenté de dire que la convergence était accommodée par le rapprochement de l'Inde et l'Eurasie, affirmation plus tautologique qu'autre chose. Pour y répondre correctement, il fallait avoir mis en évidence dans la question précédente le ralentissement des vecteurs vitesse entre le Sud et le Nord, ce qui a été peu évoqué. Il fallait également comprendre que l'Eurasie était le référentiel fixe, ce qui aurait évité des erreurs telles que : « il y a bien collision, puisqu'au regard de la norme des vecteurs,

l'Inde rattrape (ou pousse) l'Eurasie ». L'accommodation de la convergence par la déformation n'a pratiquement jamais été évoquée. Certains candidats ont proposé l'accommodation de la convergence par l'extrusion vers l'Est du Tibet. Cette réponse, bien que non attendue ici, a été jugée correcte.

7) Ces conclusions montrent qu'il existe une déformation au sein de la plaque Eurasie, ce qui est en contradiction avec la définition d'une plaque lithosphérique censée être rigide.

Cette question a rarement été correctement traitée. D'une part, parce que la question 6 ne l'a été que rarement également, et d'autre part, parce que la définition d'une plaque lithosphérique donnée dans la réponse 1 a rarement été satisfaisante. La plupart des candidats se contentent d'affirmer que « ces conclusions sont en accord avec la définition d'une plaque lithosphérique puisque les plaques lithosphériques bougent », ou parce que « les deux plaques sont séparées par une zone de collision ». Le jury attendait que les candidats remettent en question leurs connaissances, ce qu'ils ont visiblement du mal à faire. Il est à noter que la réponse inverse, pour peu qu'elle ait été suffisamment justifiée (déformation intraplaque certes mais limitée aux bordures), a également été acceptée.

8) Le mécanisme au foyer indique que la faille à l'origine du séisme est une faille inverse avec une très légère composante décrochante. D'après la coupe du document 2b, cette faille doit être un chevauchement de direction SE-NW et avec pendage faible orienté vers le nord soit le plan nodal n° 2 (N133 07N). Le mouvement décrochant est alors dextre.

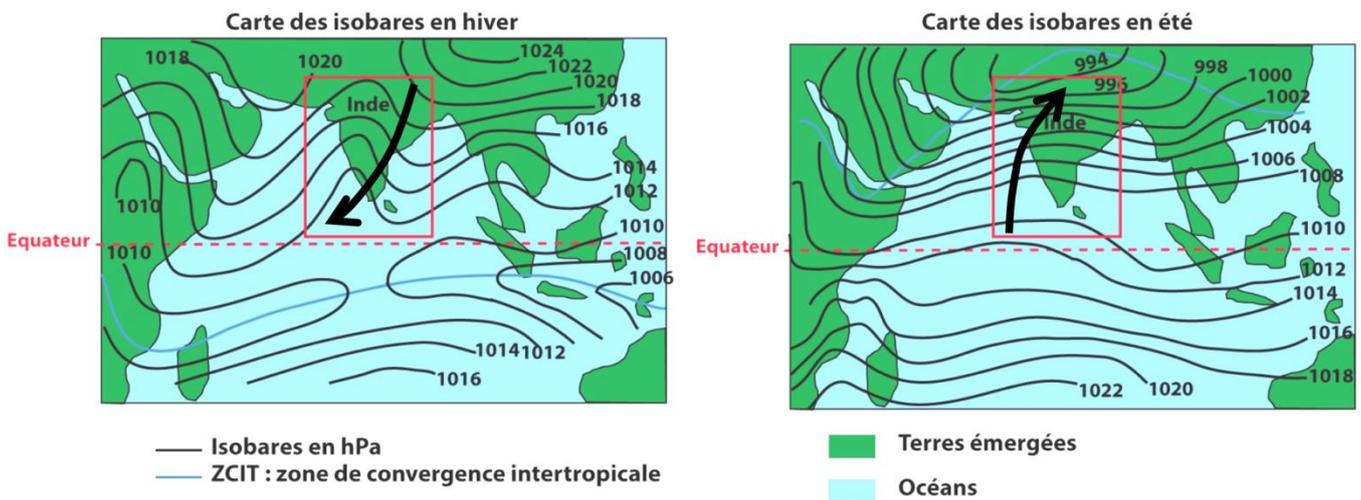
Les candidats ont généralement identifié le type de faille et le mouvement de compression à l'origine de ce mécanisme au foyer. La composante décrochante a en revanche très rarement été mise en évidence. Quelques candidats proposent des interprétations farfelues : faille normale ou même faille transformante. De nombreux candidats proposent en détail une explication de la construction de ces mécanismes au foyer mais ils ne font que perdre du temps. Peu de candidats proposent in fine un plan nodal parmi les deux proposés en réponse. Ce sont les seuls qui finalement répondent réellement à la question posée. Les candidats qui ont su répondre à cette question sont ceux qui ont fait le lien avec le document 2b et savaient que 07N correspondait à un pendage faible vers le Nord (et 85S à un pendage quasi vertical vers le Sud, chose impossible ici). Une erreur dans l'énoncé portait sur la direction des plans nodaux (correction : Plan nodal 1 N099 85S et Plan nodal 2 N323 07N). Le jury en a naturellement tenu compte.

9) Un risque sismique est la combinaison d'un aléa (probabilité qu'un séisme ait lieu à un endroit donné sur une période de temps donnée) et de la vulnérabilité des enjeux exposés (dégâts potentiels sur les activités humaines). Pour limiter le risque, il faut estimer l'aléa et, s'il est élevé, diminuer la vulnérabilité en construisant des infrastructures parasismiques, en éduquant les populations aux comportements adaptés en cas de secousses, etc.

La définition de risque est généralement connue des candidats. La plupart des réponses sont justes. Néanmoins, concernant les modalités permettant de limiter le risque, de nombreux candidats proposent des solutions irréalistes ou ne s'appliquant pas du tout au cas du risque

sismique (mais au risque volcanique par exemple) : prévision à court terme des séismes avec des moyens de surveillance, évacuation des zones où l'aléa est fort (par exemple l'évacuation préventive de Katmandou), interdiction de construire dans les zones à risque etc. De nombreux candidats proposent de diminuer l'aléa, ce qui montre leur méconnaissance concernant les manifestations de l'activité interne de la Terre. Si l'on peut affiner notre connaissance sur la probabilité qu'un séisme ait lieu, on ne peut pas l'empêcher d'avoir lieu.

10) Les masses atmosphériques se déplacent toujours des hautes vers les basses pressions avec une déviation vers la droite liée à l'effet de la force de Coriolis dans l'hémisphère Nord. En été, les vents se déplacent de l'océan au sud vers le continent au Nord apportant l'humidité à l'origine des précipitations caractéristique des moussons.

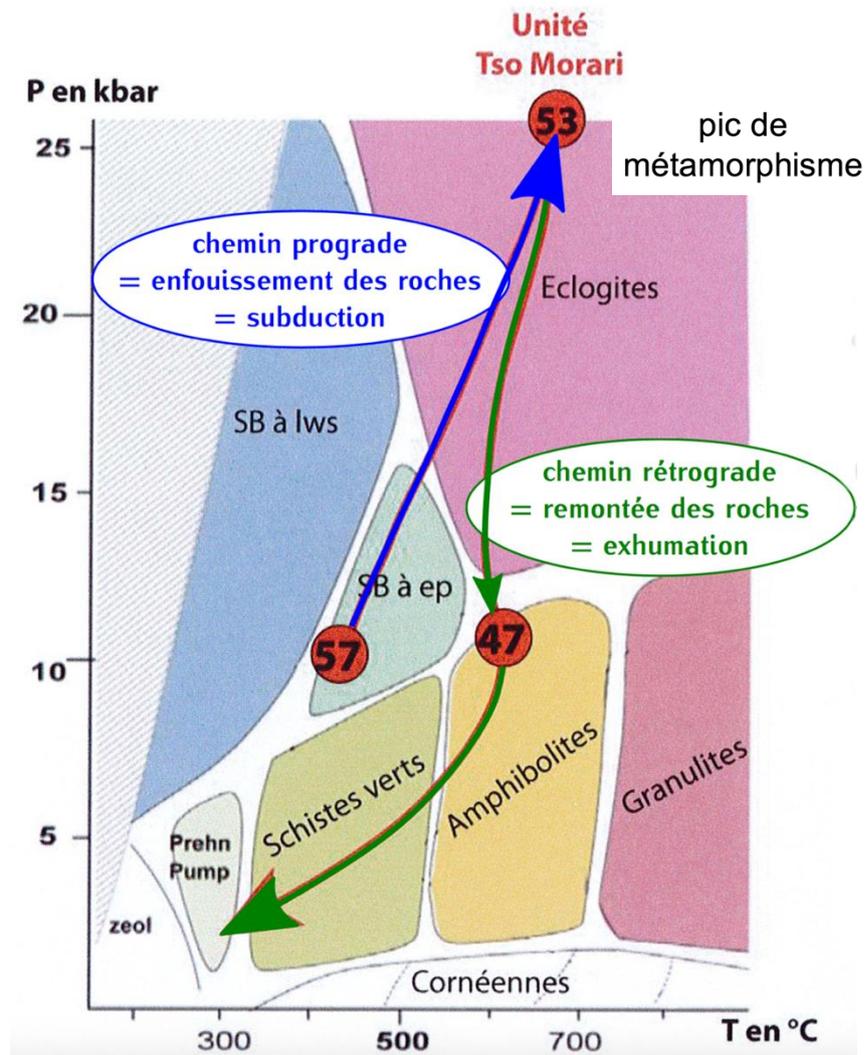


Trajet des vents de surface au niveau de l'Inde en hiver et en été (mousson humide)

Les candidats ont généralement su donner le sens général des vents des hautes vers les basses pressions et ont identifié correctement la saison de la mousson humide indienne. Très peu de candidats ont pensé à la force de Coriolis. Quelques candidats ont proposé des trajets inexacts : direction inverse, vents suivant les isobares, etc.

2. Observations pétrologiques et grandes étapes d'édification de la chaîne

11) Un faciès est un domaine de pression et de température caractérisé par un ou des minéraux index, formant une paragenèse.



Les deux parties du chemin (P,T,t) et leur signification

Cette définition est vaguement connue (les mots roches, pression, température sont présents) mais rarement précisément voire correctement énoncée. Le jury a noté beaucoup de confusions entre série magmatique et faciès métamorphique, ce qui donne lieu à des définitions intermédiaires surprenantes (par exemple : « ensemble de roches provenant d'un même épisode métamorphique »). La notion de minéraux index et de paragenèse était rarement évoquée.

12) Le document 7 montre le chemin prograde d'enfouissement et le chemin rétrograde d'exhumation, séparés par le pic de métamorphisme correspondant au pic de température.

La notion de chemin prograde et rétrograde est généralement connue mais le pic de métamorphisme qui sépare les deux chemins n'est pratiquement jamais évoqué. Certains candidats évoquent l'hydratation de la roche à la place du pic de métamorphisme. Peu de candidats comprennent que les valeurs correspondent à des âges. Enfin, certains candidats se sont contentés de découper le schéma sans vraiment le légènder.

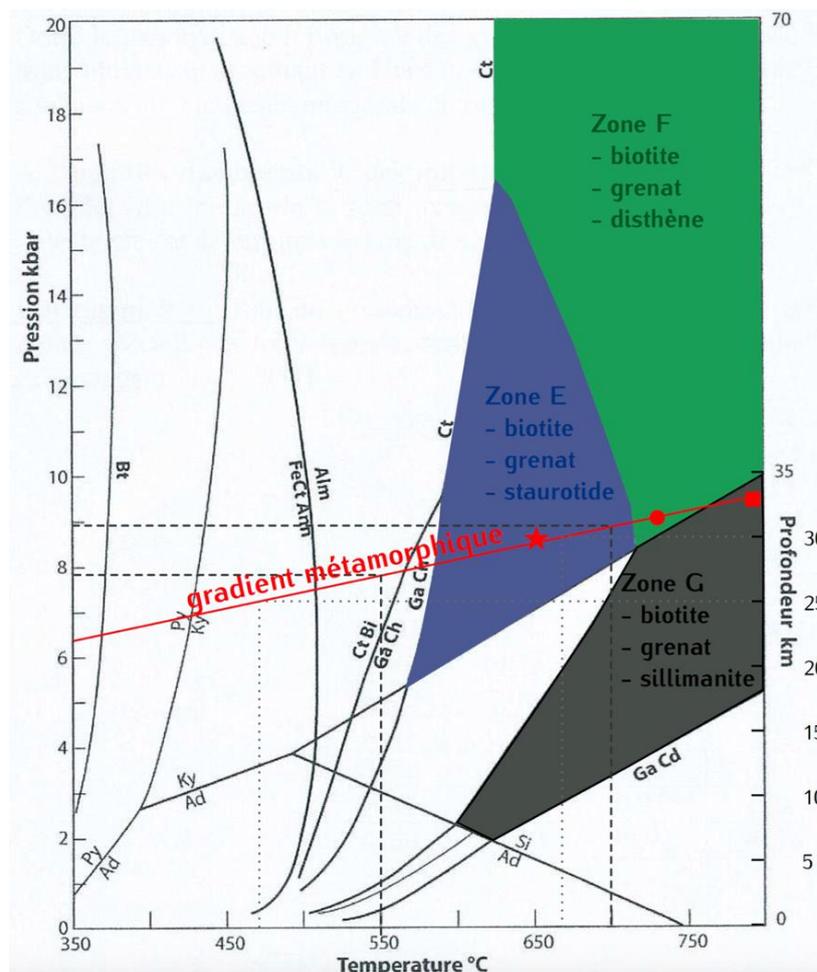
13) Si les autres roches suivent un chemin proche, il est possible d'estimer un gradient de métamorphisme : ici il est de haute pression et basse température caractéristique d'une subduction. L'âge du pic à 53 Ma indique l'époque où cette subduction était active.

Les candidats ont généralement évoqué en le justifiant plus ou moins l'existence d'une zone de subduction même si le terme « gradient de haute pression-basse température » est rarement apparu. Cependant, l'âge de cette subduction, pourtant attendu puisque le jury attendait des éléments sur l'histoire de la région, est le plus souvent oublié.

14) D'après les assemblages minéralogiques du document 8a et la grille pétrogénétique, l'étoile correspond à la zone E, le rond à la zone F et le carré à la zone G.

Cette question a généralement été bien traitée par les candidats.

15) Le gradient métamorphique est un gradient thermique déterminé en passant par les pics de métamorphisme de roches d'une même région. Il est ici d'environ 40°C/km (détermination à l'aide du document 8b légendé), c'est un gradient caractéristique d'une zone de collision (moyenne pression-moyenne température, gradient Dalradien).



Tracé du gradient métamorphique du Haut Himalaya

La définition du gradient métamorphique est très rarement connue des candidats. La grande majorité des étudiants confondent gradient métamorphique et chemin P,T,t (ce qui ne les empêche pas ensuite de tracer sur la courbe un gradient reliant trois roches différentes).

Le tracé du gradient n'est, par ailleurs, pas toujours correct. De nombreux candidats tracent une courbe (sur le modèle des séries magmatiques ?) ou des droites passant artificiellement par l'origine. De plus, le simple calcul du coefficient directeur, quand il est fait ce qui est loin d'être souvent le cas, pose encore de nombreux soucis. De nombreux candidats s'y noient, font des calculs fantaisistes (en °C/kbar voire en kbar/°C) ou incorrects. Rares sont les candidats qui trouvent une valeur correcte exprimée avec la bonne unité (°C/km).

16) La roche est déformée de manière ductile. Il s'agit donc d'une roche métamorphique. Elle présente un litage avec des zones plus claires (leucocrates) et des zones plus foncées (mélancrates). C'est une migmatite, roche métamorphique ayant subi un début de fusion partielle. Dans la zone, le métamorphisme étant croissant vers les granites himalayens, il est possible que ceux-ci soient produits par anatexie crustale.

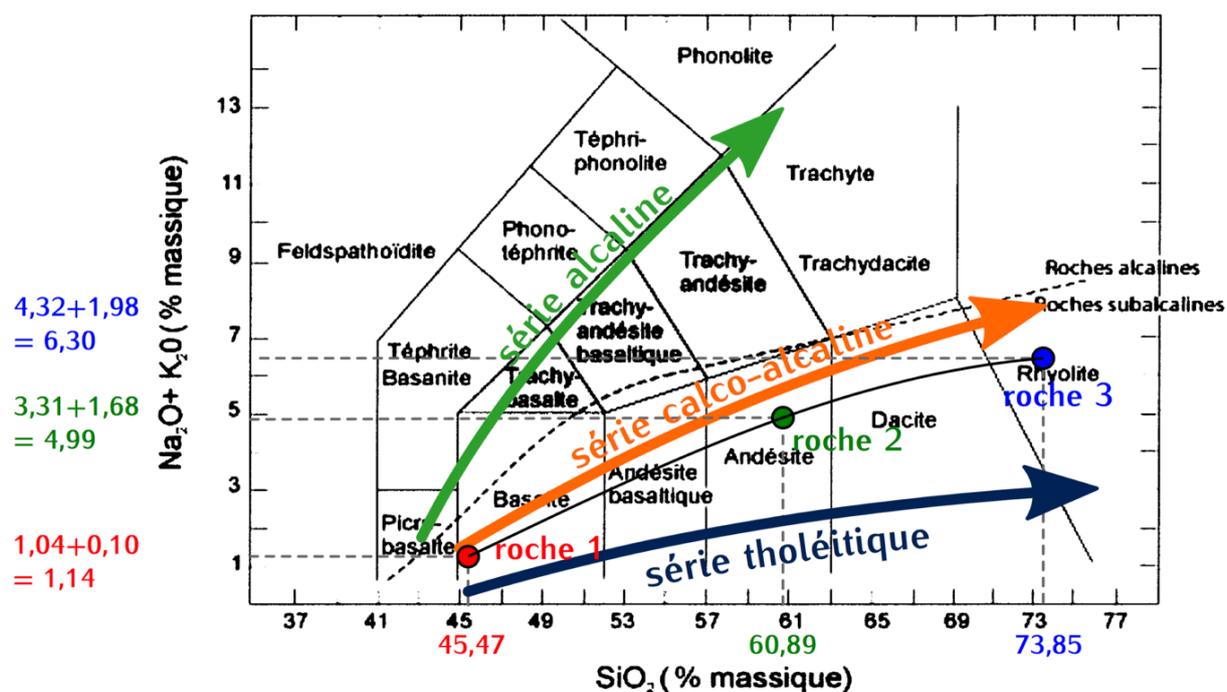
À l'exception de quelques déterminations aberrantes (cornéenne, grès, ou schistes par exemple), la plupart des candidats ont mis en évidence le fait qu'il s'agissait d'une roche métamorphique et ont proposé a minima le terme de gneiss. De nombreux candidats ont vu l'existence de zones de fusion partielle et ont donné le terme de migmatite. La plupart a également proposé l'anatexie crustale comme origine des granites, mais le lien entre la roche photographiée et les granites n'est pas toujours clairement fait.

17) La valeur du gradient MT-MP est caractéristique d'une zone de collision. Son âge indique que la collision était suffisamment avancée pour induire un épaissement crustal important à l'origine de l'anatexie. L'orogénèse est donc en place en Himalaya depuis au moins 23 Ma.

Cette question a souvent été éludée. Le gradient n'étant pratiquement jamais correctement calculé dans la question 15, cette question a rarement été bien traitée. La plupart des candidats n'ont pas compris qu'il s'agissait là simplement d'identifier l'épaississement crustal suite à la collision grâce au gradient et à l'anatexie. Parmi ceux qui ont parlé de collision, pratiquement aucun n'a donné précisément l'âge de l'orogénèse.

18) Une série magmatique est une famille de roches formée à partir d'un même magma qui évolue par cristallisation fractionnée au cours de son refroidissement. Ces roches cogénétiques doivent être situées à proximité et avoir été formées à la même époque. On observe au sein d'une série magmatique un enrichissement progressif en éléments incompatibles (typiquement silice et alcalins) et un appauvrissement en éléments compatibles. Si l'on place les trois roches dans le diagramme TAS, on observe que l'alignement est non aléatoire et correspond à une série sub-alcaline. Étant donné le contexte géodynamique (subduction), il s'agit très probablement d'une série calco-alcaline.

Document 9.b : Diagramme total alcalin en fonction de la silice (TAS)

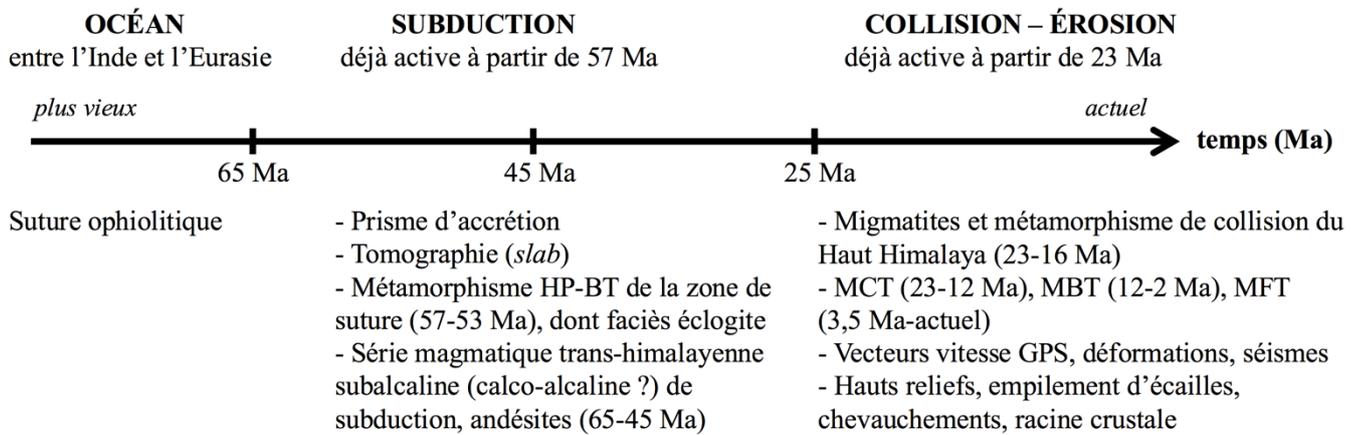


Cette question n'a été que rarement traitée dans son intégralité. La définition de série magmatique n'est pas connue par beaucoup de candidats. Si les roches ont été fréquemment bien positionnées sur le diagramme, de nombreuses copies justifient l'appartenance à une même série magmatique uniquement parce que les roches « s'alignent sur le diagramme TAS », en oubliant leur lien cogénétique. Lorsque la question a été traitée en entier, de nombreux candidats proposent une série subalcaline sans aller plus loin. Certains candidats vont jusqu'à proposer une série tholéitique, soit sans justification, soit en proposant le rapprochement avec le volcanisme de dorsale de l'ancien océan Téthys. Les candidats auraient dû remettre la série dans le contexte géologique de l'énoncé. Il était bien spécifié que la zone magmatique s'étendait au Nord de la zone de suture, et était datée entre 65 et 45 Ma. En lien avec les documents 7 (précisant les âges) et 3 (montrant un panneau plongeant vers le nord), il fallait rapprocher ce magmatisme avec le contexte de subduction. Ceci a permis à de nombreux candidats de justifier qu'il s'agissait d'une série calco-alcaline.

19) Cette question n'a quasiment jamais été traitée, même dans les copies par ailleurs complètes. Les candidats semblent avoir été pris par le temps, préférant passer directement à l'épreuve de biologie plutôt que de revoir l'ensemble de l'épreuve de géologie pour édifier cette frise. Il aurait été judicieux de la part des candidats de noter dès le début qu'une frise bilan était attendue et de la construire au fur et à mesure de l'épreuve. Les quelques candidats ayant tenté de faire cette frise ont souvent oublié de la fixer dans le temps (aucune date), se contentant de juxtaposer les grands processus ayant permis l'orogénèse (présence d'un océan, subduction, collision). Peu de candidats ont justifié leur frise avec les informations déduites des documents du corpus. Certains candidats ont proposé une collision avant la subduction, montrant d'une part un manque de recul

vis-à-vis de leurs connaissances en géologie, et d'autre part un manque de compréhension de l'ensemble des documents proposés dans cette épreuve.

Un exemple de frise attendue :



Frise temporelle montrant la succession des grands processus ayant permis l'orogénèse himalayenne (en haut) et leurs différents marqueurs étudiés qui les caractérisent (en bas)

ÉPREUVE DE BIOLOGIE

Thème 1 : Dimorphisme sexuel et succès reproducteur

Document 1-1 : Caractéristiques morphologiques des deux phases de fleurs de *Saponaria officinalis*

Cet ensemble de trois documents visait à caractériser le dimorphisme sexuel chez *Saponaria officinalis* et à évaluer l'influence de la luminosité sur la morphologie florale. Parmi ces documents figuraient des boîtes à moustaches. Cette représentation des données n'étant pas toujours connue des candidats, il était important de lire attentivement les indications fournies notamment concernant les tests statistiques indiqués par des lettres au-dessus des boîtes. Les résultats de ces tests ont malheureusement été fréquemment ignorés.

Document 1-1A : Observations macroscopiques

Ce document permettait d'identifier les caractéristiques morphologiques spécifiques à chacune des phases sexuelles, notamment la position et la couleur des pétales. Ces caractéristiques permettent de mettre en évidence un dimorphisme sexuel.

Le dimorphisme sexuel est identifié par la plupart des candidats, cependant l'annotation des pièces visibles sur ce cliché n'est que rarement effectuée. Les candidats ayant pris l'initiative de coller et d'annoter le cliché avec pertinence ont été valorisés.

Document 1-1B : Données morphométriques

Ce document visait à quantifier le dimorphisme observé dans le document A ainsi qu'à évaluer l'influence de la luminosité (ombre ou soleil) sur ce dernier.

En ce qui concerne la longueur des pétales, aucune différence significative n'est observée chez la phase mâle comme femelle entre la condition « ombre » et « soleil ». En dépit de la proximité des médianes et de la dispersion des résultats, les tests statistiques démontrent que la faible augmentation de la longueur des pétales chez la phase femelle comparativement à la phase mâle est statistiquement significative.

Le diamètre apparent de la corolle diminue d'environ 20 % entre la phase mâle et femelle, et les tests statistiques indiquent que cette différence est significative. Encore une fois la luminosité n'engendre aucune différence significative de la taille de la corolle.

Ce document confirme et quantifie donc le dimorphisme sexuel existant chez *Saponaria officinalis*.

Ce document a rarement été mis en relation avec le précédent ce qui démontre un manque de fil conducteur dans le raisonnement. Certains candidats comparent les médianes et déduisent une influence de la luminosité sur la taille de la corolle ou la longueur des pétales sans prendre en compte les résultats des tests statistiques représentés par les lettres. À l'inverse, de nombreux candidats affirment que « les différences ne sont pas significatives car les barres d'erreurs se chevauchent » entre la phase mâle et femelle, ignorant également la présence des tests statistiques. Un recul critique sur la dispersion des valeurs et la significativité des différences était attendu et valorisé.

Il est précisé aux candidats que le mot pétale est du genre masculin !

Document 1-1C : Coloration des fleurs

Ce document avait pour but de quantifier la différence de coloration entre phase mâle et femelle observée en A, mais également d'évaluer l'influence de la luminosité sur cette coloration.

Les pétales de la fleur en phase mâle possèdent un indice de coloration faible (entre 0 et 0,1) confirmant la coloration blanche observée dans le document A. La fleur en phase mâle ne présente pas de variation d'indice de coloration en réponse à la lumière.

En revanche la fleur en phase femelle présente un indice de coloration significativement plus élevé que la fleur en phase mâle. Cette coloration est multipliée par 3 ou 4 (médiane) à la lumière, la coloration de la fleur en phase femelle est donc statistiquement plus importante au soleil (tests statistiques indiqués au-dessus des boîtes).

Ce document confirme donc la présence d'un dimorphisme sexuel associé à la coloration des pétales et dépendant de la luminosité.

Ce document a été globalement assez bien traité par les candidats, à l'exception de certains qui concluent sur une différence entre ombre et lumière chez la fleur en phase mâle en dépit de la présence des tests statistiques.

Enfin, à ce stade, de nombreux candidats postulent que le rose est plus visible par les insectes que le blanc. Certains reconnaissent ensuite leur erreur tandis que d'autres tentent d'expliquer les contradictions entre les documents suivants et leur affirmation de façon incohérente.

Bilan des documents 1-1

À ce stade, on peut donc affirmer qu'il existe un dimorphisme sexuel caractérisé par des modifications de port et de coloration des pétales, avec une éventuelle dépendance à la luminosité.

Ainsi la lumière pourrait activer la synthèse et/ou l'absence de dégradation des anthocyanes, ce qui expliquerait les résultats du document 1-1C dans lequel il est précisé « l'indice de coloration augmente avec la concentration en pigments (anthocyanes) ».

Enfin on peut supposer que le dimorphisme observé est impliqué dans la pollinisation (prise et dépôt du pollen).

Ce bilan du document 1-1 n'est que très rarement présent. Les candidats proposant des explications ou formulant des hypothèses sur les rôles ou origines du dimorphisme sexuel observé sont rares.

Document 1-2 : Préférence des insectes au cours de la pollinisation

Ce document vise à évaluer l'influence du dimorphisme sexuel sur la préférence des insectes lors de la pollinisation. Le but ici est d'identifier les éléments morphologiques (position des pétales, couleur des pétales) déterminant l'attraction des insectes vers les fleurs mâles puis femelles.

Les fleurs mâles blanches représentent 75 % des visites initiales quand elles sont confrontées aux fleurs femelles roses, l'astérisque indiquant que la répartition est significativement différente. À ce stade de l'analyse, il est possible de supposer que cette attirance préférentielle résulte soit de la couleur de la fleur, soit de la forme de la corolle.

Quand les fleurs mâles sont confrontées à des fleurs femelles blanches, les taux de visites sont identiques, montrant que la couleur blanche semble être un élément déterminant pour l'attraction des pollinisateurs.

Enfin, quand les fleurs femelles blanches et roses sont confrontées, les fleurs blanches sont deux fois plus visitées que les fleurs roses (différence de répartition statistiquement significative) pour des formes identiques, ce qui confirme que la couleur blanche joue un rôle déterminant pour l'attraction des pollinisateurs.

Ainsi, les fleurs mâles sont plus visitées initialement que les fleurs femelles essentiellement en raison de leur couleur blanche, ce qui favorise la prise et le transport du pollen par les insectes. Cette attraction préférentielle des insectes pour les fleurs blanches (mâles en conditions ensoleillées) assure la récolte du pollen par les insectes en premier lieu, puis le dépôt de ce dernier sur la fleur femelle. Ceci favorise le succès reproducteur. Il est important de noter que, même confronté à une fleur blanche, le taux de visite initiale associé aux fleurs colorées n'est pas nul, ainsi malgré les proportions observées les deux fleurs sont toujours visitées.

Une majorité de candidats comprend bien le principe de l'expérience même si ce dernier est rarement explicité. Cependant, certains effectuent une mauvaise lecture de l'histogramme : « le pourcentage de visites initiales est de 70 % chez les fleurs mâles blanches et de 100 % pour les fleurs Fb ». De plus, un nombre non négligeable de candidat reprennent les données dans un tableau ce qui n'apporte aucune plus-value, et leur fait perdre du temps !

En ce qui concerne l'interprétation du document, peu de candidats pensent à la forme de la fleur pour expliquer l'attraction des insectes et se focalisent sur la coloration des pétales. La description des résultats expérimentaux ne suffit pas si elle ne conduit pas à une analyse intégrant un problème biologique, ici, les effets du dimorphisme sur la pollinisation entomophile et la coévolution angiosperme/pollinisateurs. Cet aspect est rarement abordé par les candidats.

Le jury rappelle aux candidats qu'il est important de ne pas adopter une démarche finaliste : « les insectes sont plus sensibles à la couleur blanche car c'est celle des fleurs mâles et ils doivent aller chercher le pollen », et ce d'autant plus que les mécanismes de l'évolution figurent à présent au programme de BCPST.

Document 1-3 : Relation entre la pollinisation et la quantité de graines produites

Ces deux documents visaient à évaluer la valeur sélective des fleurs femelles en lien avec leur coloration et la luminosité du milieu extérieur.

Il est important de souligner que la notion de fitness est au programme de BCPST et doit être connue des candidats. Certaines formulations indiquent une méconnaissance totale de la notion de fitness par de nombreux candidats. Nous rappelons également que fitness est un nom féminin en biologie !

Document 1-3A : Expérience de limitation du pollen

Ce document vise à évaluer l'impact d'une limitation du pollen sur le nombre de graines. L'étude se fait en conditions de pollinisation naturelle ou manuelle (uniquement une phase de dépôt du pollen sur une fleur femelle) chez des individus privés d'étamines. Il fallait remarquer qu'enlever les étamines au stade bouton floral permettait d'éviter tout risque d'autopollinisation, et donc d'avoir une pollinisation croisée (ici entomophile).

La pollinisation manuelle engendre une production de graines deux fois plus importante qu'en condition naturelle (30 contre 15 en condition A). Ceci démontre une limitation en condition naturelle probablement liée à un investissement énergétique pour la reproduction, et une perte importante liée au mode de pollinisation par les insectes. On n'observe aucune différence significative du nombre de graines obtenues entre ombre et soleil pour les conditions A et B, et donc pas de variation de la valeur sélective en réponse à la luminosité.

Pour l'exploitation de ce document plus difficile, toutes les hypothèses et tous les raisonnements cohérents, argumentés, crédibles, en lien avec les documents précédents et la question posée en début de thème étaient valorisés.

Document 1-3B : Coloration des fleurs et production de graines

Ce document permet de tester la présence ou non d'une corrélation entre le nombre de graines (et donc la valeur sélective) et la coloration des fleurs en phase femelle.

Au Soleil, on note une absence de corrélation, la coloration des individus ne modifie pas le succès reproducteur, en effet le coefficient de corrélation est proche de zéro.

A l'ombre, on constate une tendance soutenue par un coefficient de -0.541 mais qui du fait de son éloignement de -1 n'est peut-être pas significative. Ainsi le succès reproducteur des individus aux pétales peu colorés semble être plus important que les individus à pétales rosés.

Ce document est globalement bien traité malgré une erreur inquiétante et pourtant récurrente qui est la confusion du coefficient de corrélation avec un coefficient directeur : « le r indiqué semble être le coefficient directeur et non le coefficient de corrélation, car on peut voir que sur le 2^{ème} graphique, la droite est presque horizontale, donc le coefficient directeur est proche de zéro ».

Bilan des documents 1-3 :

La valeur sélective des fleurs femelles est liée au succès reproducteur dépendant de la pollinisation et de la fécondation qui s'ensuit. Au soleil, en pleine lumière, la valeur sélective des individus femelles est similaire quelle que soit la coloration des pétales. En revanche, à l'ombre, les individus plus pâles seraient avantagés et attireraient mieux les insectes (document 1-2). La discrimination des couleurs par les insectes pourrait être facilitée en lumière restreinte.

Ce bilan est très rarement présent dans les copies ; quand il l'est, beaucoup de candidats se perdent dans des considérations sur les effets de la lumière, en oubliant l'essentiel à savoir le dimorphisme sexuel et l'interaction plante-insecte permettant une pollinisation efficace et la production de graines augmentant la valeur sélective.

Bilan du thème 1 :

Le dimorphisme sexuel de *Saponaria officinalis* a pour conséquence des variations dans le comportement des insectes pollinisateurs. Les fleurs mâles, à la corolle blanche, attirent fortement les pollinisateurs qui se chargent ainsi en pollen. Les fleurs femelles, aux corolles de couleur plus roses, attirent moins les pollinisateurs. Toutefois, l'attraction forte/prioritaire des fleurs mâles, assure qu'une visite incidente d'une fleur femelle soit réalisée par un pollinisateur transportant du pollen.

Par ailleurs, la coloration variable des fleurs femelles, dépendante de la lumière, module leur succès reproducteur, en l'augmentant notamment quand la corolle est plus pâle. Enfin, la luminosité du milieu extérieur pourrait jouer un rôle sur la perception des couleurs par les insectes et donc moduler le choix des fleurs pollinisées.

Ce bilan n'est présent que dans une faible proportion de copies et se limite souvent à une répétition des variations de morphologie et coloration selon la phase sans aller plus loin dans l'interprétation.

Thème 2 : Anthocyanes et pigmentation des pièces florales

Document 2-1 : Variations de pigmentation des pétales et diversité allélique du gène *an1*

Il s'agissait de dégager une tendance reliant la couleur des pétales de pétunia ainsi que leur pattern de coloration, et le pH. Le plant sauvage (A) a des pétales rouges et un pH = 5,4 ; on peut ainsi le rapprocher des plants (L), (S) et (T). Un pH plus élevé (entre 5,8 et 6,0) semble associé à des pétales de couleur rose pâle, voire blancs. Certains génotypes donnent des associations couleur/pH plus difficiles à interpréter, par exemple (F), rose clair à pH = 5,4. De façon générale, on observe un gradient de coloration associé à un pH croissant.

Les différents allèles du gène *an1* correspondent probablement à des protéines AN1 plus ou moins actives. Plusieurs hypothèses concernant le rôle du produit du gène *an1* étaient envisageables, il peut s'agir d'une protéine intervenant dans le contrôle du pH cellulaire ou tissulaire, ou encore d'une enzyme intervenant dans la voie de biosynthèse des pigments.

*L'interprétation de ce document était guidée. Il n'était pas utile ni envisageable de commenter la variabilité de tous les phénotypes mutants. Le cas des fleurs panachées, par exemple (D) ou (B), n'est pratiquement jamais discuté. Des candidats écrivent que le pH a une influence sur le gène *an1*, ce qui ne constitue pas une hypothèse sur le rôle de ce gène, et donc ne répond pas à la question posée. Les hypothèses concernant la fonction de AN1 vont parfois trop loin – détail d'un mécanisme moléculaire précis, mais inventé indépendamment des données du sujet –, ou au contraire demeurent vagues ou abstraites – AN1 « joue un rôle dans la coloration des pétales ». On rappelle qu'il est faux d'écrire qu'*an1* « code pour les anthocyanes », puisque ces pigments ne sont pas des protéines.*

Certains candidats ne font pas la différence entre le constat d'une corrélation/covariation, et la preuve d'une relation de causalité : il est impossible à ce stade de savoir pourquoi la coloration et les pH sont liés, il n'était d'ailleurs pas demandé d'en proposer une explication.

Document 2-2 : Expression de gènes impliqués dans la biosynthèse des anthocyanes

On attendait une analyse systématique prenant en compte pour les différentes lignées étudiées le phénotype (cf. document 2.1), la séquence du domaine bHLH de AN1, le *Western blot* permettant de détecter cette protéine (panneau 1), et le *Northern blot* permettant de détecter les ARNm du gène *dfr* impliqué dans la voie de biosynthèse des anthocyanes (panneau 2).

Les mutations présentées touchent un domaine bHLH de fixation à l'ADN, caractéristique de certains facteurs de transcription ; la protéine est tronquée au niveau de ce domaine pour le mutant W211 (mutation par addition dans le gène causant l'apparition d'un codon *stop*). Cette protéine n'est donc pas détectée au niveau auquel migre AN1 (*wt*) dans le 2^{ème} puits du panneau 1. L'analyse du *Western blot* révèle que les trois autres lignées mutantes ont un niveau d'expression du gène *an1* plus faible que chez le témoin *wt*.

Le *Northern blot* révèle que le gène *dfr* est fortement exprimé chez le sauvage contrairement à W211 chez qui il n'est pas transcrit ; enfin, on note une expression croissante de *dfr* de W211R3 à W211R1. L'absence d'expression de *dfr* chez W211 suggère que ce gène est normalement trans-activé par le facteur de transcription AN1, ici absent. On pouvait faire l'hypothèse que les variations d'expression de *dfr* chez les autres mutants sont dues à une fixation plus ou moins importante du facteur AN1 au niveau du gène *dfr*, les modifications de la séquence en acides aminés du domaine bHLH causant une perte de fonction plus ou moins importante de la protéine AN1. Il restait enfin à mettre en relation ces observations avec les phénotypes des trois mutants W211R3 (Q), W211R2 (R) et W211R1 (S), aux pétales de couleur plus en plus foncée et proche de celle du phénotype sauvage lorsque le taux d'expression de *dfr* croît.

Ce document se prêtait très bien l'annotation, ce qui permettait de gagner du temps ; on rappelle cependant que coller un document en l'annotant de façon superficielle n'apporte rien.

*Il est inutile de détailler les techniques d'électrophorèse et de blotting, surtout en introduisant des erreurs (par exemple à propos des méthodes de détection après transfert). L'emploi correct des noms des deux blots est exigible en BCPST. La détection des ARNm de *gapdh* tenait lieu de contrôle de charge de la deuxième électrophorèse (il ne s'agit pas d'un « test »), et pouvait être utilisée pour argumenter sur la spécificité de l'effet transactivateur étudié ici.*

Un certain nombre de candidats n'a pas compris que le domaine bHLH appartenait à la protéine AN1, qui elle-même était le produit du gène an1, ce qui posait par la suite des problèmes d'interprétation difficilement surmontables.

Trop d'imprécisions ont été rencontrées dans les réponses : parler de gène, d'ARNm ou de protéine n'est pas équivalent. Ces imprécisions débouchent parfois sur des erreurs graves : certains candidats écrivent que « le gène est absent » au lieu de commenter son niveau d'expression.

Des candidats inversent cause et conséquence et concluent que c'est dfr qui contrôle l'expression de an1. Aucun élément ne permettait de faire cette supposition, alors qu'on apprend qu'AN1 possède un domaine de liaison à l'ADN, et que DFR est une enzyme. Il faut toujours commencer par considérer la ou les hypothèses les plus simple(s) et parcimonieuse(s) au lieu de chercher des interprétations compliquées. D'autres candidats, au contraire, hésitent à faire des interprétations précises : à quoi bon étudier en détail ce document si c'est pour en conclure que le gène an1 est « responsable de la pigmentation ».

La position de l'enzyme DFR au sein de la voie de biosynthèse des anthocyanes (cf. annexe) a été quelquefois commentée ; les difficultés que cela a pu poser à quelques rares candidats ont été considérées avec bienveillance.

Document 2-3 : Rôles des protéines PH1 et PH5 dans la pigmentation des pétales

Document 2-3A : Phénotype du mutant perte de fonction PH5 ($PH5^{-/-}$)

On compare le phénotype macroscopique de fleurs de pétunia provenant de plants sauvages et mutants (perte de fonction pour la protéine PH5). À concentration en anthocyanes identiques, leurs couleurs respectives et les pH mesurés dans un broyat de pétales diffèrent (fleurs sauvages roses à pH = 5,6, fleurs $PH5^{-/-}$ violacées à pH = 6,1). On en déduit que le pH conditionne la coloration des pétales, et que PH5 a un effet sur le pH des cellules de pétales. Ceci confirme que PH5 est probablement une ATPase à protons (cf. p. 9).

De nombreux candidats n'ont pas compris l'intérêt de l'expérience : il s'agissait de confirmer que PH5 code pour une pompe à protons (ce n'était jusque-là qu'une hypothèse reposant sur une analyse de la séquence de PH5). On ne peut qu'insister sur l'importance de distinguer les interprétations émises à titre d'hypothèses, et celles ayant donné lieu à démonstration.

Document 2-3B : Observations en microscopie à fluorescence de cellules exprimant PH5

Le but de cette expérience était de proposer une localisation pour la protéine PH5. Différentes molécules étaient repérables en microscopie à épifluorescence, dont deux protéines obtenues par expression de constructions génétiques associant un gène d'intérêt et un gène rapporteur (celui de la GFP) sous le contrôle d'un promoteur permettant une expression ubiquitaire dans la plante, donc dans les cellules épidermiques de pétales utilisées ici.

On attendait une description rapide de la localisation intracellulaire des différentes fluorescences, il était aussi envisageable de légèrer le document découpé et collé dans la copie. La fluorescence associée à la protéine AHA2-GFP est « spécifiquement localisée dans la membrane plasmique », le fluorochrome Hoechst « marque les acides nucléiques » (donc le noyau), et les anthocyanes « sont présents dans les vacuoles des cellules végétales » (cf. annexe). Une connaissance élémentaire de l'ultrastructure d'une cellule végétale permettait de déduire que la protéine PH5-GFP, entourant les anthocyanes mais bordant intérieurement le noyau, était localisée dans la membrane de la vacuole, ou tonoplaste (il est incorrect de parler de « membrane plasmique de la vacuole »). Remarquons que l'expérience suivante consistait en un *patch-clamp* impliquant PH5 et réalisé sur des membranes vacuolaires, ce qui constituait un indice supplémentaire.

Il n'est pas exact de voir dans cette expérience une étude de l'expression des deux constructions génétiques, dont on s'est justement assuré qu'elles soient exprimées dans les cellules transgéniques observées ; c'est le site d'adressage des protéines de fusion qui peut être étudié ici.

Cette expérience a été très rarement analysée correctement. De trop nombreux candidats, présupposant que PH5-GFP est localisée dans la membrane plasmique, en sont réduits à écrire que le noyau est sorti de la cellule, ou que cette membrane l'« évite » ! D'autres discutent les effets de l'expression de PH5-GFP sur la quantité d'anthocyanes : dans ce cas, il est clair que l'objectif de l'expérience n'est pas compris.

Pour aborder la question suivante, il était utile de noter que des « expériences similaires » montrent que la localisation de PH1 est la même que celle de PH5.

Document 2-3C : Interactions fonctionnelles entre PH1 et PH5

Cette expérience de *patch-clamp* permet d'étudier les courants induits de part et d'autre de membranes vacuolaires de cellules foliaires suite à l'ajout d'ATP dans la micro-pipette. On considère quatre cas : plantes sans protéines PH1 et PH5 (*wt*), plants transgéniques avec PH1 ou PH5, plants doublement transgéniques avec ces deux protéines – on sait à présent que PH1 et PH5 sont des protéines localisées dans les membranes vacuolaires. Le même courant moyen est observé chez le témoin *wt* et avec PH1 (entre 550 et 600 u.a.), son intensité est multipliée par environ 1,4 avec PH5, et doublée avec PH1 et PH5. PH5 seule produit donc un flux ionique tonoplastique, ce flux est augmenté en présence de PH1, mais cette dernière seule n'a pas d'effets sur le courant mesuré. Les barres d'erreur (dont la nature n'était pas précisée) ne posaient pas de problème, il suffisait de constater que PH1 n'induisait pas de différence significative avec le témoin.

L'« interaction fonctionnelle » entre PH1 et PH5 indiquée dans le titre du document est ainsi mise en évidence. On attendait ici une hypothèse vraisemblable, par exemple celle d'un complexe protéique avec deux sous-unités au rôle différencié, PH5 assurant le transport ionique, et PH1 un rôle régulateur. L'analyse de leurs séquences suggère qu'il s'agit d'ATPases à protons (cf. p. 9), ce qui est cohérent avec les résultats exploités ici. Leur fonctionnement synergique assure un

transport ionique actif de part et d'autre du tonoplaste, possiblement celui de protons dont l'accumulation acidifie la vacuole.

On attend que les candidats émettent des hypothèses concrètes à l'échelle moléculaire : écrire que les deux protéines « agissent ensemble » n'apporte pas grand-chose à l'interprétation de l'expérience.

Document 2-4 : Interactions entre anthocyanin 1, PH1 et PH5

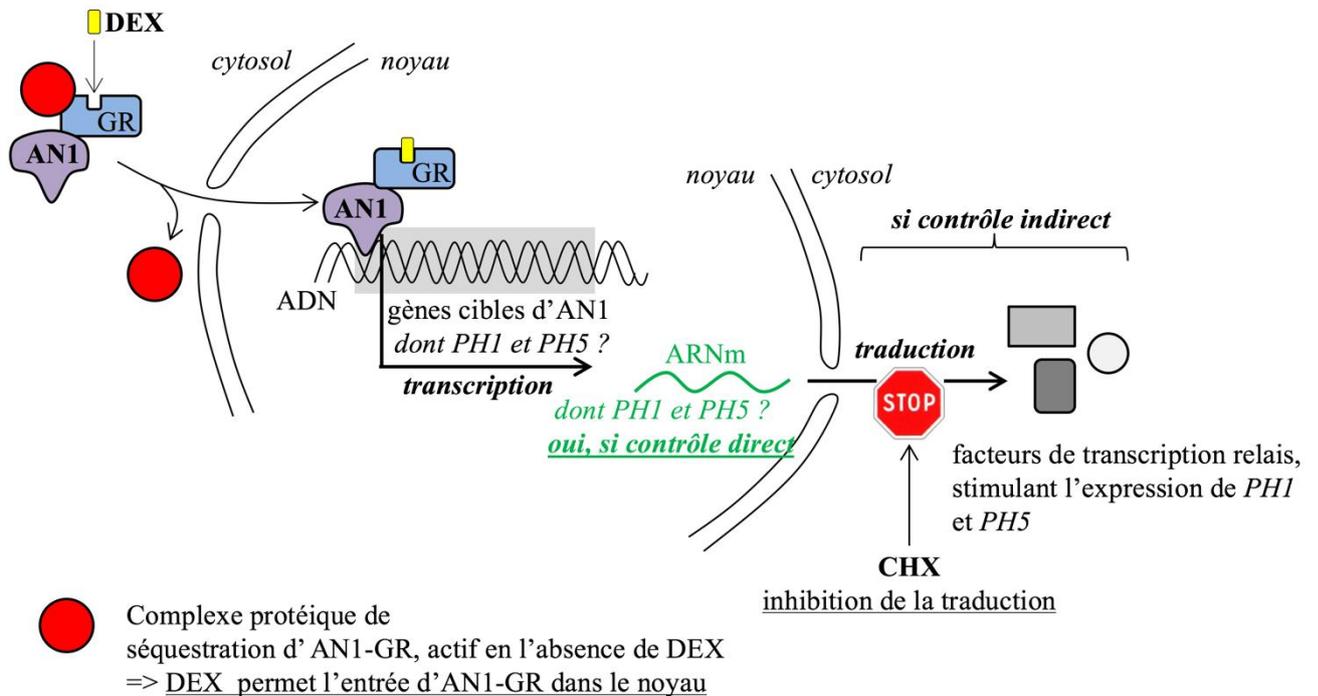
L'expérience permettait de mettre en évidence l'existence d'une relation entre AN1 et PH1/PH5, et de préciser sa nature.

La construction *an1-GR* permet de contrôler l'activité du facteur de transcription AN1 dans le noyau : l'ajout de DEX, qui se fixe sur la partie GR de la protéine de fusion, la libère du complexe protéique la séquestrant dans le cytosol, ce qui lui permet de pénétrer dans le noyau.

L'expression des gènes *PH1* et *PH5* est analysée par RT-PCR dans des cellules de pétales provenant de plants *an1*^{-/-}, ce qui élimine toute possibilité d'une activité AN1 endogène : seule l'activité éventuelle due à la protéine de fusion AN1-GR est possible.

L'ajout de CHX (un inhibiteur de la traduction) deux heures après celui de DEX permet de bloquer la synthèse protéique après avoir permis la fixation d'AN1-GR sur ses gènes cibles :

- si AN1 contrôle directement l'expression des gènes *PH1* et *PH5*, on s'attend alors à observer un niveau d'expression élevé de ces gènes même en présence de CHX.
- si AN1 contrôle indirectement l'expression des gènes *PH1* et *PH5*, on s'attend alors à mesurer une expression nulle des gènes *PH1* et *PH5* en présence de CHX, car les facteurs de transcription relais ne peuvent pas être synthétisés.



Principe de l'expérience réalisée : contrôle direct ou indirect de la protéine AN1 sur les gènes PH1 et PH5 ?

On attendait un schéma représentant les deux hypothèses (contrôles direct et indirect). Il fallait se souvenir qu'AN1 est un facteur de transcription, ou du moins une protéine interagissant avec l'ADN par un domaine bHLH (cf. document 2.2), et envisager qu'un facteur de transcription puisse avoir pour gènes cibles d'autres facteurs de transcription. On précisait que la protéine de fusion conservait les propriétés de GR et d'AN1. Il fallait représenter deux compartiments cellulaires (cytosol et noyau) pour illustrer le principe du contrôle de la localisation d'AN1-GR par séquestration/déséquestration.

Les résultats expérimentaux montrent qu'en l'absence d'activité nucléaire AN1 (témoins négatifs en l'absence de transgène 35S:an1-GR, ou avec CHX mais sans ajout de DEX), il n'y a aucune expression de PH1/PH5 : AN1 contrôle bien l'expression de ces deux gènes. L'ajout de DEX restaure ainsi la transcription de PH1/PH5, mais avec des conséquences différentes lorsqu'on inhibe la traduction. Pour PH1, les taux d'expression moyens sont proches avec et sans CHX (cf. les barres d'erreur, qui représentent probablement la dispersion des résultats des trois répétitions de l'expérience réalisées). Pour PH5, le taux d'expression moyen divisé par plus de sept fois sous CHX, mais l'inhibition de la traduction n'annule pas son expression.

On peut en déduire que PH1 est contrôlé directement par AN1 (pas d'effet mesurable du CHX), tandis que PH5 est soumis à un double contrôle, direct et indirect, par AN1.

Ce document n'a que très rarement été étudié, et compris : les candidats se sont le plus souvent contentés de quelques remarques superficielles, alors qu'ils avaient là l'occasion de démontrer

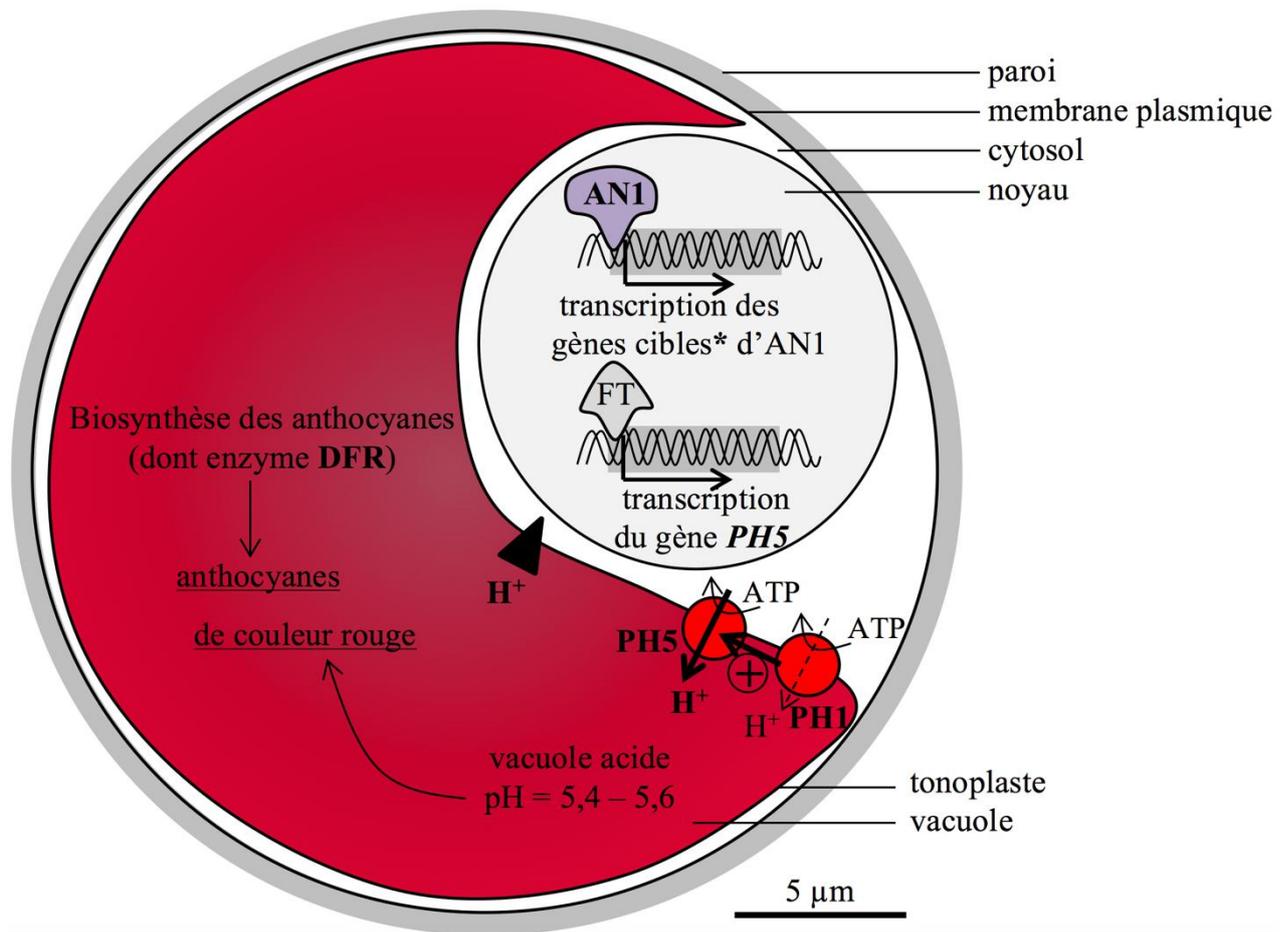
leurs capacités d'analyse. Il fallait étudier méthodiquement le principe de l'expérience avant d'espérer en proposer une interprétation.

Schéma bilan du thème 2

Il fallait représenter les possibles voies de contrôle de la coloration des cellules épidermiques des pétales telles qu'on pouvait les connaître à partir des données et des interprétations disponibles ici. Dans le noyau, AN1 active directement ou indirectement des gènes cibles impliqués dans la voie de biosynthèse des pigments (*DFR*), et d'autres dans l'acidification de la vacuole (*PH1/PH5*) : la coloration est la résultante de la concentration en anthocyanes et du pH vacuolaires.

On attendait un schéma bilan, mais très peu de candidats en ont produit un, par manque de temps probablement. Tout schéma (même partiel) intégrant de façon cohérente des interprétations proposées précédemment a été valorisé. En revanche, il n'est pas judicieux de faire figurer des relations entre molécules proposées dans l'urgence de la fin de l'épreuve sans aucune justification, et parfois sans logique.

Les rôles du gène *anthocyanin1* dans le contrôle de la pigmentation des pétales du pétunia.



* dont ceux codant l'enzyme **DFR**, le transporteur **PH1** (et dans une moindre mesure **PH5**), ainsi que des facteurs de transcription relais (FT)