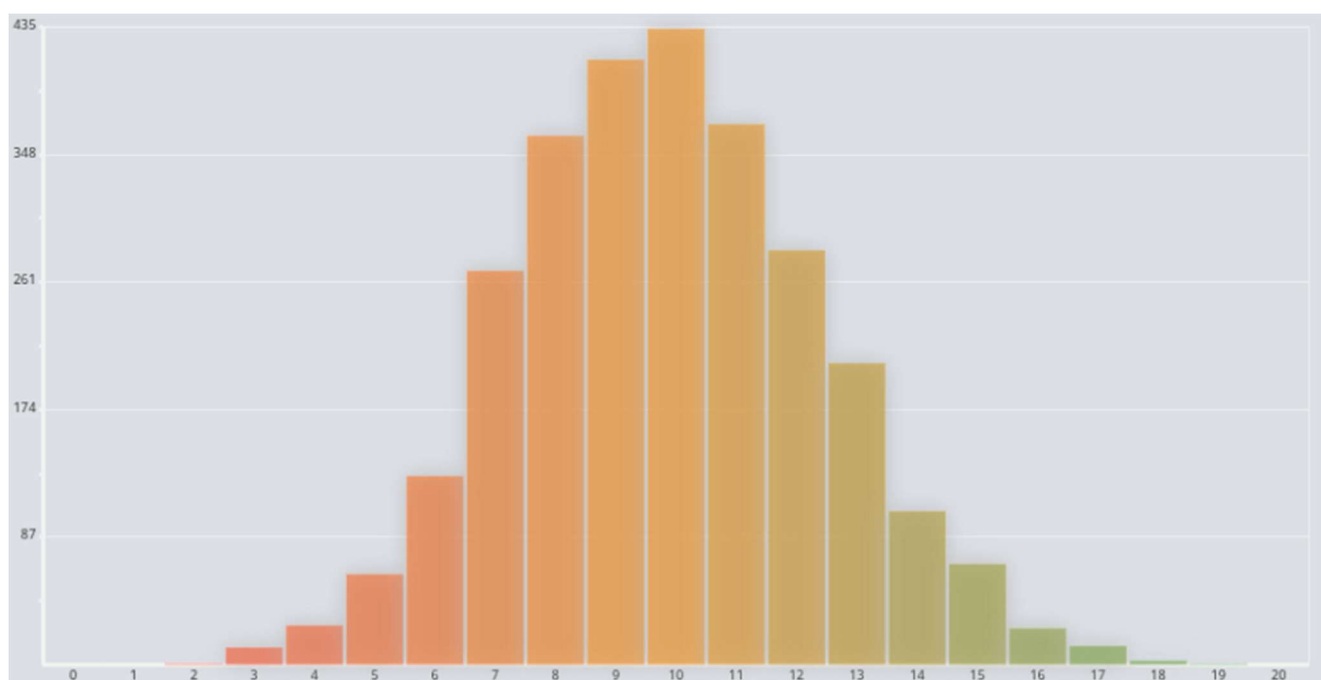




RAPPORT DE L'ÉPREUVE ÉCRITE : SVT, épreuve sur support de documents

1. Statistiques de l'épreuve



La moyenne de la partie consacrée à la géologie et celle consacrée à la biologie ne diffèrent que de 0,5 points cette année. On ne peut qu'encourager les candidats à traiter de façon équilibrée les deux parties de l'épreuve et d'y consacrer le même temps.

2. Présentation générale de l'épreuve et du sujet

L'épreuve de SVT sur support de documents, d'une durée de 3,5 heures, comprend une partie de géologie et une partie de biologie de longueurs équivalentes. Un document unique est distribué aux candidats, constitué des sujets pour chacune des deux parties. Les deux parties sont indépendantes.

Le sujet de géologie propose d'étudier divers aspects des olivines, minéraux très présents dans le manteau terrestre. Une première partie permet de discuter de la nature des olivines et de leurs différentes phases au sein des manteaux terrestre et martien. La deuxième partie est consacrée aux conditions de fusion et de cristallisation des olivines. Enfin, la troisième partie consiste en une étude de l'altération des olivines et de ses conséquences climatiques. Ces trois thèmes sont organisés sous la forme de questions successives précises, permettant l'évaluation des acquis fondamentaux et des capacités d'analyse grâce à l'interprétation de documents en lien avec le programme. Des réponses claires, concises et argumentées sont attendues. L'autonomie, l'initiative et la réflexion des candidats sont aussi testées par un certain nombre de questions plus ouvertes, sollicitant à la fois connaissances acquises au cours des deux années de classe préparatoire et exploitation de plusieurs documents.

Ce sujet mobilise plusieurs parties du programme de BCPST 1 et 2 : BG-A Les grands cycles biogéochimiques ; BG-B Les sols ; BG-C Le climat de la Terre ; ST-B La structure de la planète Terre ; ST-C La dynamique des enveloppes internes ; ST-E Le phénomène sédimentaire ; ST-F Le magmatisme ; ST-I Les risques et les ressources géologiques ; ST-J Les grands ensembles géologiques.

Le sujet de biologie porte sur le genre *Wolbachia*, comportant plusieurs espèces de bactéries associées à des insectes. Il est structuré en trois thèmes indépendants. Le premier thème permet de mettre en évidence l'aspect mutualiste de cette symbiose ; le deuxième thème nuance le premier en démontrant qu'il s'agit en partie d'un parasitisme ; le troisième thème traite de la transmission des bactéries entre individus.

Ce sujet mobilise lui aussi plusieurs parties du programme de BCPST 1 et 2 : SV-A L'organisme vivant en lien avec son environnement ; SV-C La cellule dans son environnement ; SV-F Génomique structurale et fonctionnelle ; SV-G Reproduction ; SV-J Populations et écosystèmes ; SV-K Évolution et phylogénie.

Cette épreuve est la seule qui évalue les connaissances et les capacités des candidats en Sciences de la Terre. Ainsi, dans la partie de géologie, plusieurs questions visent à évaluer les connaissances, par exemple la question 2 qui nécessite d'apporter des connaissances en pétrographie ou la question 9 qui porte sur les mécanismes d'altération ou de formation des roches. Les questions 6 et 8 de géologie permettent d'évaluer l'utilisation de diagrammes de phase. La réflexion face à un problème est, quant à elle, abordée par des questions telles que la question 4 de biologie.

Des questions explicites sont systématiquement associées aux documents. Par ailleurs, les documents indiqués pour répondre à une question sont les seuls qui doivent alors être analysés. L'objectif de cet exercice étant de répondre à un problème scientifique, les candidats doivent prendre en compte les conclusions formulées au fur et à mesure de leur étude afin d'éviter des contradictions malencontreuses. Les candidats doivent veiller à bien lire les consignes propres à chaque question, les respecter et y répondre clairement. En particulier, les verbes d'action « décrire », « interpréter » ou « comparer » correspondent à des attendus différents.

Dans le cas d'une question de type « interpréter les résultats présentés dans tel document » les candidats doivent veiller dans un premier temps à saisir de manière très concise les informations utiles du document, en les quantifiant le cas échéant. Dans un second temps, il s'agit de véritablement les interpréter : nommer les phénomènes mis en évidence, réfléchir aux causes, aux conséquences et proposer des conclusions, par exemple sur les mécanismes impliqués et, si nécessaire, émettre des liens avec les conclusions préalablement tirées.

Les copies étant dématérialisées, il est interdit de découper des documents et de les coller sur la copie. En géologie et en biologie, des annexes (format A3) sont fournies avec le sujet. Les annexes sont à rendre obligatoirement avec la copie. Elles contiennent des documents et figures à annoter, légender ou compléter, conformément aux consignes explicites des questions correspondantes. Les points du barème sont distribués sur plusieurs groupes de compétences spécifiques :

- 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, présentation

Ces compétences sont évaluées selon un système de curseur. La compétence E est évaluée sur le plan littéral et graphique sur l'ensemble de la copie. Elle est validée par une large majorité de candidats.

3. Observations générales sur les copies

3.1. Sur la forme

Dans l'ensemble, les copies se sont révélées claires et agréables à lire. La rédaction et la syntaxe sont globalement satisfaisantes, et de nombreux candidats apportent un soin réel à la présentation de leur travail. Le jury a notamment apprécié les copies dans lesquelles les mots-clés étaient judicieusement soulignés, ou celles distinguant explicitement les « données » issues des documents et les « déductions » formulées par le candidat. Ces démarches améliorent nettement la lisibilité et permettent de faire ressortir les éléments essentiels du raisonnement scientifique. Le jury rappelle toutefois que souligner de manière excessive, notamment lorsque des phrases entières sont mises en évidence, perd tout intérêt et nuit à la lecture de la copie.

Le jury souligne également que la qualité graphique des copies demeure un élément important de l'évaluation. Si la majorité des écritures est lisible, certaines copies restent difficiles à déchiffrer en raison d'une écriture peu soignée, de nombreuses ratures ou d'ajouts fréquents en interligne. Dans quelques cas, la compréhension des réponses nécessitait plusieurs lectures, ce qui a pu conduire à une pénalisation sur les points de forme, voire empêcher de valoriser certaines idées pourtant potentiellement pertinentes. Le jury rappelle donc l'importance d'apporter un soin particulier à la rédaction, à l'orthographe et à la lisibilité générale des réponses. Il recommande également l'usage de stylos foncés et de feutres fins pour les schémas, les copies étant numérisées ; les crayons de couleur peu contrastés rendent parfois certaines informations difficilement exploitables.

Les schémas constituent un autre point de vigilance. Lorsqu'une réponse sous forme de schéma est explicitement demandée, une rédaction complémentaire n'est pas nécessairement attendue. À l'inverse, les schémas ajoutés de manière spontanée peuvent faciliter l'expression d'un raisonnement, mais ils doivent rester pertinents et suffisamment soignés pour ne pas devenir contre-productifs. Le jury regrette que de nombreux schémas, y compris ceux réalisés en annexe, soient dépourvus de titre ou de légende claire. De même, l'utilisation d'abréviations non conventionnelles (associées parfois à de la prise de note) dans les schémas ou les réponses rédigées nuit parfois à la compréhension.

Le jury invite par ailleurs les candidats à traiter les sous-parties dans l'ordre de l'énoncé autant que possible et à identifier clairement chaque réponse. Réserver des espaces vierges afin de revenir ultérieurement sur une question peut permettre de conserver une copie structurée et plus lisible. Certaines questions n'étant pas totalement indépendantes au sein d'une même sous-partie, il est important de répondre précisément à la question posée sans anticiper excessivement sur la suite du sujet. Un argument pertinent placé dans une autre question que celle où il était attendu peut ne pas être pris en compte lors de l'évaluation. Cela a ponctuellement été valorisé lorsque le raisonnement global du candidat restait cohérent.

3.2. Sur l'objectif de l'épreuve

On rappelle que l'épreuve sur documents permet essentiellement de tester la capacité des candidats à construire une argumentation scientifique dans le cadre de problèmes biologique et géologique. Dans l'hypothèse d'une compréhension partielle des problèmes proposés, les candidats peuvent toujours répondre aux questions de connaissances et à une grande partie des questions sur documents qui mobilisent un raisonnement scientifique (analyse des témoins, quantifications...), même si la réflexion n'aboutit pas totalement. Pour autant, la stratégie qui consisterait à une restitution de connaissances en les présentant sans liens avec les questions posées ne permet pas d'obtenir de points dans ce type de sujets. En revanche, les copies avec de réelles analyses de documents, montrant des capacités à se questionner, à essayer de comprendre les relations de corrélation ou de causalité, sont valorisées, même si les analyses et réflexions n'aboutissent pas toujours.

Le jury valorise les réponses correctement construites, argumentées et présentant des analyses quantifiées par le biais du barème de chaque question et avec l'évaluation de la compétence transversale E.

Le jury appelle les candidats à une grande vigilance quant au traitement des données issues des documents et au niveau d'interprétation qu'ils en font. Les documents contiennent les informations nécessaires au traitement de

chaque question et doivent permettre aux candidats de formuler une réponse claire, complète, argumentée et concise.

Que ce soit en biologie ou en géologie, les questions de synthèse ne sont pas assez travaillées : de nombreux candidats ne réalisent pas les schémas-bilans, notamment ceux de géologie, et les schémas sont globalement peu aboutis lorsqu'ils sont faits, souvent par manque de données, de recul ou de temps. Ces constats témoignent d'une lecture et d'un traitement trop linéaires des questions, qui ne génèrent pas de réflexion d'ensemble sur le sujet. Le jury rappelle que cette épreuve n'a pas pour objectif de répondre à des questions successives, mais bien d'avancer dans la résolution d'une ou de plusieurs problématiques scientifiques, en structurant un raisonnement scientifique basé sur l'analyse des documents et leur articulation avec des connaissances. Les questions de synthèse étant fortement coefficientées, les candidats les ayant traitées avec des informations pertinentes, même parcellaires, sont valorisés.

Le jury conseille vivement aux candidats de prendre connaissance de l'intégralité du sujet avant de commencer la rédaction. Une bonne gestion du temps est indispensable pour permettre le traitement de l'ensemble des questions et en particulier de ces questions de synthèse en fin de sujet.

3.2.1. En géologie

Au premier ordre, chaque thème était organisé de la manière suivante : des questions de connaissances dans un premier temps, puis des questions davantage tournées vers l'exploitation de documents et enfin des questions permettant aux candidats de faire preuve d'esprit critique. Certaines questions de connaissances étaient, cette année encore, réparties sur l'ensemble du sujet. Cela a notamment permis de valoriser les candidats ayant traité le sujet jusqu'au bout. Certains candidats ont malgré tout identifié ces questions et y ont spécifiquement répondu, y compris lorsqu'elles étaient situées dans une partie du sujet non traitée par le candidat (question 10.d et question 11.a par exemple). Dans un même thème, certains candidats semblent considérer les questions, voire les sous-questions, comme totalement indépendantes les unes des autres et éprouvent des difficultés à réutiliser des conclusions préalablement établies pour étayer l'interprétation d'autres questions. Cela était particulièrement visible pour les réponses aux questions de conclusion des thèmes, comme la question 8.d par exemple. Lorsque la réponse à une question repose sur la lecture de graphiques, le jury déplore de ne voir que rarement une analyse quantifiée (question 11.b par exemple). Cette remarque est presque toujours faite d'une année sur l'autre, et vaut également pour la partie biologie. Le jury a remarqué cette année des confusions récurrentes entre minéral et roche, en particulier pour la question 2.a.

Les dernières questions ont plus souvent été traitées que ce qui était observé l'année dernière. Seules les deux dernières sous-questions, demandant aux candidats d'exercer leur esprit critique, ont rarement été traitées.

3.2.2. En biologie

En biologie, étant donné que l'épreuve de synthèse permet déjà de contrôler les connaissances, l'objectif de cette épreuve est plutôt de tester la maîtrise des méthodes expérimentales, la lecture et l'exploitation de résultats issus de publications scientifiques et la capacité à adapter des notions apprises en cours à un contexte nouveau et particulier. Le jury souhaite attirer l'attention essentiellement sur les points suivants :

- Cette année de nombreuses questions portaient sur les techniques expérimentales (microscopie électronique en transmission, RT-PCR, western blot, immunomarquage). Ces méthodes ne semblent pas être correctement maîtrisées par un grand nombre de candidats, ce qui est doublement pénalisant puisque ces questions aident à comprendre l'expérience réalisée et ainsi à rendre son exploitation plus facile dans les questions suivantes.
- Le jury attend de la part des candidats qu'ils soient capables de porter un regard critique sur les documents qui leur sont fournis et qu'ils fassent preuve de recul. En effet, plusieurs questions demandaient de critiquer de manière constructive les documents fournis en discutant par exemple l'absence de témoin de charge ou en proposant des expériences complémentaires. En ce qui concerne les erreurs repérées par les candidats dans le sujet, le jury rappelle qu'ils sont encouragés à le noter sur leur copie mais à poursuivre ensuite leur raisonnement.

- Enfin, le jury insiste sur l'importance d'adapter les connaissances aux cas précis présentés dans les documents. Cette année, certaines questions pouvaient ressembler à des questions de cours (question 11a avec l'endocytose des bactéries *Wolbachia* et question 12a avec la PCR permettant de détecter la présence de *Wolbachia*). Toutefois, il est nécessaire pour les candidats de bien lire les questions posées et d'adapter ces connaissances théoriques au cas précis proposé dans les documents.

4. Analyses des productions des candidats et liens avec les programmes

La partie suivante de ce rapport présente question par question les liens avec les programmes, la manière dont les candidats ont traité la question et les erreurs récurrentes qui ont été relevées par le jury.

4.1. Remarques générales

La démarche d'argumentation scientifique demande de partir des observations pour aboutir à une conclusion. De trop nombreuses réponses contiennent une simple description des documents et ne proposent pas de conclusion, ou inversement, apportent une conclusion qui ne s'appuie pas sur des observations.

Lorsque les documents le permettent, le jury attend que les candidats présentent des analyses simples des données identifiées. Les candidats qui fournissent des différences ou des quotients correctement chiffrés (et avec les bonnes unités) entre les situations testées et les situations témoins sont valorisés par rapport à ceux qui se contentent de juxtaposer les valeurs chiffrées. L'usage des pourcentages n'est pas toujours maîtrisé et peut amener à des comparaisons maladroites et plusieurs candidats confondent les différences et les facteurs lorsqu'ils comparent deux conditions.

Certains candidats parlent longuement des barres d'erreur présentes sur les documents, au point de se perdre dans des considérations accessoires. C'est une bonne chose d'être attentif à ce que les résultats soient significativement différents, mais il est nécessaire de rester mesuré pour optimiser le temps limité et de ne pas laisser des informations non essentielles prendre le pas sur l'argumentation.

Par ailleurs, il arrive que des candidats confondent l'absence de différence significative entre deux conditions testées et la présence de résultats non significatifs. Cette erreur amène souvent à des analyses erronées des expériences.

Le jury rappelle, cette année encore, la nécessité de bien lire et tenir compte des instructions : les verbes d'action « expliquer » ou « justifier », « identifier », « nommer » et « rappeler » n'ont pas la même signification. Aussi, l'usage du pluriel dans l'énoncé doit être identifié et pris en compte par les candidats. Par exemple, lorsqu'il est demandé en question 9.c de nommer '*quelques organismes*', le fait de ne citer qu'un seul organisme ne peut pas être considéré comme une réponse complète. Cette remarque est valable pour plusieurs questions du sujet, comme la question 10.f qui demandait d'identifier '*des limites*'.

De même, une réponse ne peut pas être valorisée lorsque la forme ne respecte pas les instructions données dans la question. Par exemple, des réponses sous forme de texte ou de carte mentale ont été proposées pour la question 11a du sujet de biologie alors que la consigne demande explicitement un schéma interprétatif. Le jury n'a pas tenu compte de ces propositions.

Enfin, de nombreux candidats laissent de côté des thèmes entiers du sujet. Cette stratégie est pénalisante, chaque thème contenant quelques questions plus simples dont les réponses sont facilement valorisées.

4.2. Sujet de géologie

Thème 1 :

Ce premier thème cherchait à explorer le minéral de l'olivine pour en comprendre l'abondance sur Terre et dans le système solaire.

Question 1

Références du programme : ST-F-2 : Évolution des magmas, ST-F-3 : Roches magmatiques

Il était demandé dans la question 1 de nommer deux roches et identifier les minéraux les constituant en s'appuyant sur des observations macroscopiques. Une fois les roches identifiées, les candidats devaient discuter de leur relation et ensuite proposer une localisation de la roche B dans l'une des enveloppes terrestres. Cinq éléments étaient alors attendus. L'analyse du document en annexe permettait d'identifier des minéraux facilement reconnaissables et constitutifs d'un basalte et d'une péridotite. Le jury a valorisé les copies qui identifiaient correctement les minéraux et les textures des roches, même lorsque la distinction entre orthopyroxènes et clinopyroxènes n'était pas explicitement formulée. En revanche, de nombreuses copies présentent des légendes incohérentes ou incompatibles avec les roches étudiées (quartz, biotite, feldspath potassique, voire « ophiolite »), traduisant une maîtrise insuffisante des critères visuels d'identification des principaux minéraux. De plus, quelques confusions subsistent également entre ce qui correspond à un minéral de ce qui correspond à une roche (pour certains candidats, l'olivine est une roche). Le jury souligne aussi que plusieurs candidats ont proposé des identifications de roches fondées uniquement sur la couleur ou sur des raisonnements par exclusion (« ni sédimentaire ni métamorphique donc magmatique »), sans mobiliser les textures ni les assemblages minéralogiques observables ; ce type d'argumentation n'a pas été valorisé. Le jury rappelle par ailleurs que la distinction entre texture microlithique et texture grenue reste mal maîtrisée par un nombre important de candidats, entraînant de fréquentes confusions entre basalte et gabbro. Quelques réponses cohérentes mais reposant sur une mauvaise identification initiale ont néanmoins été prises en compte lorsque le raisonnement pétrologique demeurait pertinent. Enfin, le jury note que les liens génétiques et géométriques entre les roches sont souvent partiellement compris : si l'un des deux aspects est généralement identifié, des interprétations erronées faisant intervenir le métamorphisme ou des localisations imprécises des roches restent fréquentes.

Question 2

Références du programme : ST-F-1 : Origine et évolution des magmas, ST-F-3 : Les roches magmatiques

Il était demandé dans la première partie de la question 2 de rappeler ce qu'est un silicate et de donner le rôle des cations dans un tel minéral. Le jury attendait clairement la formule des tétraèdres de silice. Le jury a valorisé les copies qui proposaient une définition correcte et rigoureuse des silicates, en particulier lorsque le rôle des cations dans la compensation des charges du tétraèdre était clairement explicité. En revanche, de nombreuses réponses demeurent imprécises ou incomplètes sur ce point, plusieurs candidats évoquant uniquement un vague « rôle de stabilisation » des cations sans faire référence aux charges électriques. De fréquentes confusions ont également été relevées entre les notions de silice, silicium et silicate, certains candidats assimilant par exemple les silicates à des roches ou définissant la silice comme une roche composée de silicium et d'oxygène.

Le jury souligne également que plusieurs copies présentent des erreurs de structure importantes, notamment lorsque les cations sont décrits comme remplaçant systématiquement le silicium au centre des tétraèdres. Enfin, une confusion entre silicates et phyllosilicates a été observée, probablement en lien avec les chapitres consacrés à l'altération et aux argiles. Ces imprécisions traduisent une maîtrise encore fragile des bases structurales et chimiques de la minéralogie.

Dans la deuxième partie de la question 2, il était demandé de positionner deux olivines sur un diagramme ternaire afin de déterminer leur nom. Le jury a valorisé les copies qui positionnaient correctement les olivines dans le diagramme en tenant compte de l'ensemble des pôles de composition. La question a globalement été bien réussie par les candidats. Toutefois, plusieurs erreurs ont parfois été observées : certains candidats ont tracé une simple droite entre les pôles Mg et Fe sans considérer correctement l'organisation du diagramme, tandis que d'autres ont placé les olivines à des positions incohérentes, notamment en dehors de l'axe binaire Mg-Fe, comme si du calcium entraînait significativement dans leur composition.

Question 3

Références du programme : ST-B-1 : Les enveloppes terrestres, ST-B-2 : Les méthodes d'étude de l'intérieur de la Terre, ST-C-1 : La tectonique des plaques

Dans la première partie de la question 3, il était demandé, en s'appuyant sur le document 3 et les connaissances utiles des candidats, d'indiquer l'état physique et la nature de la (des) roche(s) principale(s) entre la zone 1 et la zone 3 du document. L'analyse du document 3 permettait de mettre en avant la présence de 3 zones caractéristiques du manteau marquées par des sauts de vitesse dans la propagation des ondes S. Le jury a valorisé les copies qui identifiaient explicitement la nature péridotitique des roches étudiées et qui précisaient leur état solide au cours des processus décrits. Toutefois, cette question a souvent été mal comprise : de nombreux

candidats ne redonnent pas le terme « péridotite », sans doute jugé implicite ou trop évident, et se contentent de réponses vagues ou incomplètes. Par ailleurs, l'état solide des roches généralement mentionné explicitement mais dans certaines copies, les termes « rigide » ou « ductile » ont néanmoins été acceptés lorsqu'ils étaient employés de manière pertinente.

Dans la deuxième partie, il était question de nommer, d'un point de vue sismique, ce à quoi correspondent les zones 1, 2 et 3 présentées sur le document 3. Le jury a valorisé les copies qui identifiaient correctement les discontinuités. Dans la plupart des copies, le terme « discontinuité » était employé sans la précision « sismique ». Cela a généralement été accepté puisque le contexte de la question était clairement rappelé dans l'énoncé. Toutefois, les mots « d'un point de vue sismique » ont parfois été ignorés par les candidats, conduisant à des réponses hors sujet portant sur les transitions de phase de l'olivine. De nombreuses copies interprètent également les variations de vitesse à travers une opposition « rigide/ductile », traduisant une confusion entre propriétés mécaniques et propriétés sismiques. Enfin, certaines réponses mentionnent des discontinuités incohérentes avec les profondeurs considérées, notamment la discontinuité de Gutenberg ou la LVZ.

Question 4

Références du programme : ST-G-1 : Transformations minéralogiques, ST-G-2 : Conditions pression-température

Dans la première partie de la question 4, il était attendu des candidats qu'ils expliquent le principe de fonctionnement d'une cellule à enclumes de diamant. Le jury a valorisé les copies présentant une description claire et rigoureuse du fonctionnement de la cellule à enclumes de diamant, notamment lorsqu'elle était accompagnée d'un schéma précis et correctement légendé. Quelques candidats ont ainsi proposé des représentations complètes et pertinentes, intégrant les principaux éléments expérimentaux attendus. Toutefois, la description de ce dispositif reste le plus souvent absente ou très approximative, et les schémas proposés manquent fréquemment de précision, en particulier concernant le rôle de la température ou l'utilisation des rayons X pour l'étude des échantillons soumis à haute pression.

Le jury souligne également le fait que certains candidats confondent parfois la cellule à enclumes de diamant et les dispositifs de type presse triaxiale destinés à étudier le comportement mécanique des roches. Certains candidats décrivent ainsi une fracturation de l'échantillon sous l'effet des contraintes, tandis que d'autres attribuent aux diamants un rôle de « stimulation » des minéraux, traduisant une mauvaise compréhension des objectifs et du fonctionnement de l'appareillage expérimental.

Dans la deuxième partie de la question 4, il était attendu des candidats qu'ils réalisent un lien entre le document 4 et les zones 1 à 3 du document 3 en évoquant les changements de phases de l'olivine. Les formulations ne mentionnant pas explicitement l'expression « changement de phase » ont été acceptées dès lors que le raisonnement scientifique attendu apparaissait clairement, notamment lorsque la relation entre profondeur, pression et modification structurale de l'olivine était correctement explicitée. Cette sous-question a plutôt été bien traitée.

Toutefois, de trop nombreuses réponses restent ambiguës ou se limitent à une simple paraphrase des documents, sans véritable mise en relation des informations fournies. Plusieurs candidats évoquent uniquement un lien entre profondeur et changement de phase, sans mobiliser les variations de vitesse sismique présentées dans le document. Le jury rappelle ainsi que la qualité du raisonnement et la capacité à articuler les différentes informations du corpus de documents ont été particulièrement valorisées dans cette question.

Dans la troisième partie de la question 4, il était cette fois-ci question, à l'aide d'une simple lecture graphique du document 4, de déduire les gammes de température régnant aux zones 1 à 3. La question est dans l'ensemble bien réussie et le jury a valorisé les copies qui proposaient, pour chacune des zones, des gammes de températures cohérentes avec les données du document et correctement délimitées. Lorsque les candidats ne donnaient qu'une valeur moyenne au lieu d'un intervalle, alors que l'énoncé demandait explicitement une gamme, seule une partie des points a été attribuée. Néanmoins, le jury relève que plusieurs candidats présentent des lectures approximatives du graphique, parfois avec des écarts supérieurs à une centaine de degrés. La gamme de température de la zone 3 a été particulièrement mal évaluée, même dans des copies par ailleurs satisfaisantes. Le jury note également une différence sensible entre les candidats effectuant une lecture rigoureuse des valeurs à l'aide des graduations et ceux procédant à une estimation trop approximative « à l'œil ».

Dans un quatrième temps, il était demandé aux candidats d'argumenter sur l'intérêt de l'étude de l'olivine pour déterminer la température en profondeur. Le jury a privilégié les copies qui expliquaient clairement que les changements de phase de l'olivine dépendent à la fois de la pression et de la température, et que la connaissance des profondeurs des discontinuités sismiques permet d'accéder à la pression correspondante puis d'en déduire la température. Les réponses établissant explicitement ce raisonnement, même sans employer l'expression de « point d'ancrage du géotherme », ont été pleinement valorisées.

Toutefois, de nombreuses réponses demeurent très incomplètes. Beaucoup de candidats indiquent que les phases de l'olivine renseignent sur la température, sans expliquer le rôle des discontinuités ni le lien avec la pression et la profondeur. D'autres associent simplement chaque phase à une température donnée sans évoquer les transitions de phase elles-mêmes. Le jury rappelle que l'objectif de la question était précisément de montrer comment les transitions minéralogiques, replacées dans un contexte de pression connue grâce aux discontinuités sismiques, permettent de contraindre le géotherme terrestre.

Dans un dernier temps, les candidats devaient s'aider de la formule de la magnésio-wustite (MgO) pour donner la formule de la bridgmanite. Le jury note que cette question a, dans l'ensemble, été correctement traitée par les candidats. Toutefois, un nombre non négligeable de copies présentent des erreurs surprenantes ou des réponses absentes, y compris dans des devoirs par ailleurs solides. Plusieurs candidats confondent notamment les formules chimiques des minéraux étudiés, en attribuant par exemple à la bridgmanite la formule de la forstérite.

Question 5

Références du programme : ST-B-1 : Les enveloppes terrestres, ST-B-2 : Les méthodes d'étude de l'intérieur des planètes, ST-C-3 : Dynamique thermique des planètes

Dans un premier temps, les candidats étaient invités à s'appuyer sur le document 6 et de certaines de leurs connaissances pour proposer un modèle d'organisation de la planète Mars. L'analyse du document 6 permet à partir de la vitesse de propagation des ondes P et S en fonction de la profondeur de déterminer des caractéristiques physico-chimiques des couches géologiques traversées. Le jury a valorisé les copies qui proposaient une lecture rigoureuse du document et une délimitation cohérente des grandes enveloppes internes de Mars, accompagnée d'une justification fondée sur les variations des vitesses des ondes sismiques. Quelques candidats ont également produit des schémas clairs et pertinents, particulièrement adaptés à la question.

Toutefois, plusieurs difficultés récurrentes ont été observées. L'axe représentant la distance au centre de Mars est parfois interprété comme un axe de profondeur, ou simplement mal lu, conduisant à des délimitations imprécises des différentes zones. De nombreuses copies identifient uniquement une « croûte » superficielle sans mentionner la lithosphère, alors même que les variations des vitesses des ondes permettent d'envisager une structure plus complexe. Le vocabulaire apparaît par ailleurs parfois mal maîtrisé, certains candidats opposant maladroitement lithosphère et manteau sans percevoir qu'une partie de la lithosphère appartient au manteau supérieur.

Enfin, le jury note plusieurs formulations révélant des contresens importants, comme l'évocation d'une « croûte liquide », d'un « gabbro à 2400 km de profondeur » ou encore de la « croûte terrestre de Mars ».

Dans la deuxième partie de la question, il était demandé aux candidats d'indiquer des différences majeures entre la structure interne de Mars et celle de la Terre. Le jury a valorisé les copies qui identifiaient correctement l'absence de noyau solide interne ou encore le nombre plus limité de transitions de phase mantelliques sur Mars. Lorsque les candidats expliquaient correctement qu'il existait moins de transitions de phase sans mentionner explicitement l'absence de manteau inférieur, le raisonnement a été considéré comme recevable.

En revanche, plusieurs réponses révèlent des confusions importantes sur l'état physique des enveloppes internes, certains candidats évoquant par exemple un manteau inférieur liquide ou une asthénosphère liquide sur Terre. De même, l'argument d'une « taille plus petite » de Mars, souvent avancé seul, n'a pas été considéré comme une différence structurale suffisante lorsqu'il n'était pas relié à des conséquences géophysiques précises. Enfin, quelques copies présentent des contresens majeurs, allant jusqu'à décrire une surface martienne liquide, traduisant une compréhension de la structure interne des planètes telluriques.

Thème 2 :

Ce deuxième thème permettait d'explorer l'évolution de l'olivine lorsque celle-ci est amenée à fondre dans des contextes géodynamiques différents.

Question 6

Références du programme : ST-F-1 : Origine des magmas, ST-F-2 : Évolution et composition des magmas, ST-F-4 : Magmatisme et géodynamique globale

Dans un premier temps, il était demandé aux candidats d'expliquer, en s'appuyant sur leurs connaissances, comment il est possible d'obtenir un magma à partir d'une roche-mère mantellique et de réaliser un graphique judicieusement choisi. Le jury a valorisé les copies proposant un graphique clair et rigoureux faisant apparaître les éléments attendus : géotherme mantellique, position de la roche mère, solidus des péridotites hydratées et déshydratées, ainsi que la trajectoire de décompression adiabatique. Quelques candidats ont produit des représentations complètes et pertinentes, témoignant d'une bonne maîtrise des mécanismes de fusion partielle du manteau.

Toutefois, cette question — ainsi que la suivante — a très souvent été mal traitée, voire laissée de côté, y compris dans des copies par ailleurs satisfaisantes. De nombreux candidats semblent ne pas avoir compris l'attendu du graphique et proposent à la place des schémas très approximatifs ou des diagrammes sans lien avec la question (diagrammes TAS, diagrammes binaires, séries magmatiques, etc.). Les confusions entre graphique et schéma sont fréquentes, tout comme les représentations erronées du géotherme, du solidus ou de la décompression adiabatique.

Le jury souligne également plusieurs erreurs conceptuelles récurrentes : confusion entre solidus et liquidus, représentation incorrecte de la décompression adiabatique, ou encore assimilation de la fusion partielle à un simple échauffement des roches. Certains candidats indiquent ainsi que « la roche franchit le liquidus » pour initier la fusion partielle, ou décrivent la formation du magma comme résultant de la « fonte des parois d'une chambre magmatique ».

Enfin, lorsque les réponses aux questions 6a et 6b se complétaient mutuellement de manière cohérente, une certaine souplesse dans l'attribution des points a été adoptée afin de valoriser le raisonnement global du candidat sur ces deux sous-questions.

Dans un second temps, les candidats devaient présenter les principaux contextes géodynamiques dans lesquels ce phénomène est à l'œuvre avec une limite de 10 lignes maximum. Ils étaient invités à compléter, si besoin, le graphique de la question 6a. Le jury a valorisé les copies qui reliaient explicitement les contextes géodynamiques aux mécanismes de formation des magmas mantelliques, en distinguant clairement la fusion par décompression adiabatique au niveau des dorsales et la fusion facilitée par hydratation du manteau de la plaque inférieure en contexte de subduction. Les réponses mentionnant correctement ces deux contextes, même avec un niveau d'explication partiel, ont été valorisées.

Toutefois, de nombreux candidats se contentent de citer des contextes géodynamiques sans expliquer les processus de fusion associés. La dorsale et la subduction sont ainsi souvent mentionnées sans lien explicite avec la décompression adiabatique ou l'abaissement du solidus lié à l'hydratation des péridotites. Le jury rappelle que la question portait sur les mécanismes permettant la formation d'un magma à partir d'une roche mère mantellique, ce qui excluait notamment le magmatisme d'anatexie, parfois cité à tort.

Le jury note également plusieurs abus de langage ou confusions conceptuelles, comme l'expression « hydratation du solidus », ou encore l'association de l'hydratation à la fusion mantellique au niveau des dorsales.

Dans un troisième temps, il était attendu des candidats qu'ils donnent la définition du point E dans le diagramme du document 6, et qu'ils expliquent ce à quoi il correspond. Le jury a valorisé les copies qui définissaient correctement l'eutectique comme une composition ou une condition particulière permettant l'apparition de liquide lors de la fusion d'un assemblage minéral. Lorsque la notion de température de fusion minimale n'était pas explicitement mentionnée mais que le principe général était correctement compris, la réponse a généralement été considérée comme satisfaisante.

Si le terme « eutectique » est très fréquemment cité par les candidats, sa définition demeure souvent approximative ou erronée.

Dans un quatrième temps, les candidats devaient donner la composition minéralogique de la roche P positionnée sur le document 6 reproduit en annexe. Le jury note que cette question a été dans l'ensemble correctement traitée par les candidats, avec des compositions généralement cohérentes et une bonne compréhension globale du diagramme proposé. Toutefois, plusieurs erreurs récurrentes témoignent de difficultés persistantes dans la lecture et l'exploitation des diagrammes ternaires. Certaines copies présentent ainsi des pourcentages dont la somme dépasse 100 %, révélant une maîtrise insuffisante des contraintes de représentation de ce type de diagramme et de concepts mathématiques simples.

Dans un cinquième temps, les candidats, toujours en s'appuyant sur le document 6, devaient indiquer quelle serait la composition du magma obtenu après une fusion de 20 % de la roche P, ainsi que la composition de la roche Q résiduelle. Le jury note que cette question a été rarement traitée par les candidats et encore plus rarement réussie de manière satisfaisante. Les difficultés rencontrées traduisent une maîtrise insuffisante de la lecture des diagrammes ternaires ainsi que de la méthode des leviers, pourtant indispensables pour conduire correctement le raisonnement attendu.

Lorsque la question était abordée, les réponses restaient souvent très incomplètes : de nombreux candidats ne déterminent que la composition du solide résiduel, sans préciser celle du liquide formé, ou attribuent au magma une composition incorrecte. Les taux de fusion partielle proposés sont fréquemment surestimés, avec des compositions du solide résiduel incompatibles avec l'évolution attendue du système. Plusieurs copies se contentent également d'indiquer que le liquide conserve une composition eutectique, sans exploiter davantage le diagramme.

Le jury souligne néanmoins que quelques rares candidats ont su mobiliser correctement les outils graphiques attendus, en plaçant convenablement les compositions des différentes phases et en construisant un raisonnement cohérent. Même lorsque l'interprétation restait partiellement rédigée, ces démarches rigoureuses ont été valorisées.

Dans un dernier temps, il était demandé aux candidats de donner un exemple de contexte géodynamique pouvant correspondre à un tel taux de fusion puis d'indiquer à quoi correspondraient la roche P et la roche Q. Le jury note que cette question a été peu abordée par les candidats et que les réponses proposées demeurent souvent incomplètes. Lorsque les candidats mentionnaient un contexte géodynamique cohérent, comme une dorsale, cela a été valorisé même en l'absence de justification développée, l'énoncé demandant seulement de 'donner' un exemple de contexte.

La majorité des copies présentent des difficultés importantes dans l'identification des roches P et Q. De nombreux candidats attribuent à la roche résiduelle le nom d'une roche issue de la cristallisation du magma, en proposant par exemple un basalte ou un gabbro pour la roche Q. Ces confusions traduisent une compréhension encore fragile des relations entre fusion partielle, magma produit et résidu mantellique. Le jury rappelle que la cohérence globale du raisonnement pétrologique, et non la seule citation d'un contexte tectonique, constituait l'attendu principal de la question.

Question 7

Référence du programme : ST-F Le magmatisme

Il était demandé dans la question 7 de proposer des arguments pour justifier la place de l'olivine dans l'ordre de cristallisation des minéraux visibles sur le document 7. L'intitulé de la question précisait que l'argumentaire devait être basé sur l'étude de ce document et sur des connaissances. Deux éléments étaient alors attendus. L'analyse du document 7 permettait, dans un premier temps, de décrire le minéral d'olivine légendé comme automorphe (terme rarement utilisé par les candidats) et de grande taille. Dans un second temps, les connaissances des candidats devaient leur permettre d'indiquer que l'olivine est un des premiers minéraux à se former d'après la série de Bowen. Ce deuxième argument a rarement été utilisé par les candidats. Le jury a valorisé les copies qui présentaient une explication correcte des concepts associés à la série de Bowen, et ce même s'ils ne la citaient pas explicitement. Enfin, le jury souligne que de nombreux candidats utilisent, à tort, le principe d'inclusion pour justifier la cristallisation précoce de l'olivine visible sur le document 7. Ce type d'argument n'a pas été valorisé.

Question 8

Référence du programme : ST-C-3 La géodynamique de la lithosphère, ST-F-2 Les processus fondamentaux du magmatisme

La question 8 permettait de discuter des modalités de cristallisation de l'olivine.

La première sous-question a globalement mal été traitée. Il s'agissait de nommer le motif visible sur l'olivine du document 7. L'olivine était zonée (zonation du cristal). De très nombreux candidats ont indiqué que le motif était une *couronne réactionnelle*, ou encore une *auréole*. Des réponses exotiques ont été relevées par le jury : *forme en fuseau*, *œil de chat*, *couronne de cristallisation*, *plagioclase zoné*, etc.

La seconde sous-question consistait à exploiter un diagramme binaire fayalite/forstérite reproduit en annexe. La composition du magma initial est presque toujours bien placée. Le jury a valorisé les copies pour lesquelles le document 8 était bien annoté et légendé, même en l'absence d'explication rédigée dans la copie. Si les chemins réactionnels sont assez souvent bien indiqués, il est rare de voir une légende claire sur la figure. Quelques candidats indiquent le chemin d'une fusion au lieu du chemin de cristallisation.

Il était ensuite demandé aux candidats de justifier si le cœur de l'olivine était plus riche en fer ou en magnésium. Le verbe d'action étant *justifier* et non *indiquer*, les candidats ne devaient pas se contenter d'écrire que le cœur était plus riche en magnésium, ce que beaucoup ont fait. Les candidats devaient se référer au document 8 pour expliquer que le premier solide formé était plus riche en magnésium. Si la très grande majorité des candidats a bien identifié que le cœur du minéral était plus riche en magnésium, ils sont peu nombreux à avoir justifié cette réponse.

La dernière sous-question de ce thème a très rarement été traitée. Il était demandé de critiquer l'analyse menée dans le thème 2, notamment en ce qui concerne les températures de cristallisation. Les candidats devaient utiliser leurs connaissances et les documents 6 et 8 pour mettre en évidence l'incohérence suivante : dans la nature, le basalte est émis en surface à une température d'environ 1200 °C alors que la température de l'eutectique était indiquée sur le document 6 à 1670 °C et que la température de fusion d'une olivine magnésienne identifiable sur le document 8 est de 1890 °C.

Les candidats étaient également invités à expliquer ces écarts de température. Une seule explication cohérente était attendue. Les candidats pouvaient par exemple proposer que :

- le document 6 est réalisé pour des pressions équivalentes à une profondeur de 120 km, ce qui explique que les températures soient bien plus élevées qu'en surface ;
- seuls trois minéraux sont pris en compte dans le document 6 alors que la péridotite contient également, entre autres, des orthopyroxènes ;
- le diagramme ternaire du document 8 correspond à une faible pression de 1 bar (0,1 MPa) donc la température de fusion d'une forstérite d'après ce document (1890 °C) n'est pas représentative des conditions moyennes de fusion pour un magma basaltique profond.

Thème 3 : Altération de l'olivine

Ce troisième thème permettait d'explorer le devenir de l'olivine une fois à la surface de la Terre par l'étude de processus érosifs.

Question 9

Référence du programme : BG-A-1 Le cycle du carbone, ST-E Le phénomène sédimentaire

La question 9 faisait office d'introduction à ce thème. Les candidats devaient mobiliser leurs connaissances sur l'altération des silicates et la précipitation des carbonates. L'équation d'altération d'une olivine magnésienne était indiquée dans le sujet (équation 1).

Par analogie avec l'altération des feldspaths, les candidats devaient identifier dans cette première sous-question que l'équation 1 correspondait à une hydrolyse. Les candidats évoquant des formes particulières d'hydrolyse (bisiallisation, allitisation etc.) n'ont pas été pénalisés puisque, même si l'utilisation de ces termes était ici maladroite, le lien avec le concept d'hydrolyse était bien compris. De trop nombreux candidats indiquent que l'équation 1 représente une dissolution. D'autres réactions d'altération ont parfois été citées.

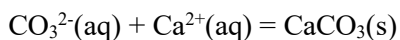
Après avoir nommé l'hydrolyse, les candidats devaient expliquer ce processus. Cette deuxième partie de la question a été peu souvent traitée. Il était par exemple attendu d'indiquer quels réactifs et produits faisaient partie de la solution d'attaque et de la solution de lessivage. Il est à noter que, en toute rigueur, le $\text{CO}_2(\text{g})$ n'est pas dans la solution d'attaque, mais on peut considérer que le gaz se dissout et que le $\text{CO}_2(\text{g})$ indiqué par l'énoncé pourrait s'écrire $\text{CO}_2(\text{aq})$. Les candidats n'ayant pas mentionné le $\text{CO}_2(\text{g})$ comme faisant partie de la solution d'attaque n'ont pas été pénalisés.

Il était ensuite demandé aux candidats de légender le diagramme de Goldschmidt reproduit en annexe. Les éléments attendus étaient les suivants : *cations solubles*, *cations précipitants (hydrolysats)* et *oxyanions solubles*. Le diagramme de Goldschmidt étant un classique de la sédimentologie, explicitement inscrit au programme de BCPST, le jury s'étonne qu'il soit rarement bien légendé. De manière plus inquiétante, des confusions ont été relevées à plusieurs reprises avec les séries magmatiques ou encore avec les étapes du cycle sédimentaire. Il est également arrivé que les candidats légendent chaque élément chimique du diagramme (Ca : calcium, Fe : fer, etc.).

La troisième sous-question comportait deux parties dont la première consistait à donner l'expression de l'équation de précipitation des carbonates. L'équation attendue était :



Cette équation a rarement été donnée. Une équation équilibrée comme représentée ci-dessous n'a pas permis d'obtenir tous les points mais a tout de même été valorisée, au même titre qu'une équation attendue (cf. ci-dessus) présentant une erreur de stœchiométrie.



Une équation présentée dans le sens de la dissolution a été comptée correcte, mais le jury attire l'attention des candidats sur ce type d'approximation qui peuvent être pénalisées dans les points généraux attribués à la rigueur scientifique.

Dans la deuxième partie de la question, les candidats étaient invités à nommer *quelques* organismes qui induisent directement ou favorisent la mise en place de cette réaction de précipitation. Les foraminifères ont le plus souvent été cités. De très nombreux candidats n'ont proposé qu'un seul type d'organisme, et ont donc été pénalisés à question. Les réponses telles que *coccolithes* ou encore *stromatolithes* n'ont pas été acceptées puisqu'il ne s'agit pas d'organismes. Il s'agit pour les premiers de plaques qui constituent les tests des coccolithophoridés et pour les seconds de précipitations calcaires indirectes favorisées par l'activité de cyanobactéries. Les coccolithophoridés et les cyanobactéries étaient bien entendu des réponses acceptées. Parmi les erreurs récurrentes, le jury a relevé de nombreux exemples d'organismes à tests siliceux comme les diatomées.

Question 10

Référence du programme : BG-A-1 Le cycle du carbone, BG-A-3 Impacts des activités humaines sur les cycles biogéochimiques, BG-C-3 Climat et variabilité climatique, ST-I-2 Les ressources géologiques, ST-J-1 Une chaîne de montagnes

La question 10 traite d'un projet de géo-ingénierie qui vise à répandre des sables d'olivine sur des plages pour que l'action des vagues produise une "altération forcée" de ces olivines.

Dans la première partie de la question 10, les candidats devaient raisonner à partir de l'équation 1 citée dans le sujet et de l'équation 2 retrouvée à la question 9.c pour justifier l'intérêt du projet de "plage de sable vert" dans le cadre de l'atténuation du réchauffement climatique. Les candidats devaient équilibrer l'équation 2 pour proposer un bilan tel que :



Ce bilan permettait alors de mettre en évidence le piégeage de deux molécules de CO_2 . Le CO_2 étant un gaz à effet de serre, son piégeage contribue à atténuer le réchauffement climatique.

La majorité des candidats n'ont raisonné qu'à partir de l'équation 1. Lorsque le raisonnement reposant uniquement sur l'équation 1 était complet, c'est à dire que le piégeage de CO_2 était explicitement mentionné et que le CO_2 était présenté comme un gaz à effet de serre, le jury a attribué aux candidats la moitié des points pour cette question. De très rares candidats ont proposé un bilan des équations 1 et 2. Lorsque cela était fait, l'équation 2 n'était la plupart du temps pas modifiée, ce qui aboutissait à un bilan de trois molécules de CO_2 piégées.

Dans la suite de la question 10, les candidats devaient identifier quels réservoirs du cycle du carbone allaient voir leur volume diminuer et lesquels allaient voir leur volume augmenter dans le cadre de la mise en place d'un projet "plages de sable vert". Les candidats ayant mis en évidence à la question 10.a que le $\text{CO}_2(\text{aq})$ était piégé lors de la précipitation des carbonates, et tenant compte des processus de dissolution et de dégazage de CO_2 entre le réservoir atmosphérique et le réservoir océanique, ils devaient indiquer que :

- le volume des réservoirs atmosphérique et océanique va diminuer (l'un ou l'autre était suffisant pour avoir la première moitié des points) ;
- le volume du réservoir carbonaté va augmenter (*géosphère* et *réservoir lithosphérique* étaient également acceptés pour se voir attribuer l'autre moitié des points).

La majorité des candidats ont mentionné la diminution du volume du réservoir atmosphérique. Néanmoins, peu de candidats ont indiqué que le volume des carbonates allait augmenter. À la place, une grande partie des candidats ont indiqué que le volume du réservoir océanique allait augmenter.

La troisième sous-question avait pour objectif de raisonner sur la temporalité des flux de carbone modifiés par ce projet et sur le temps de résidence du carbone dans les carbonates. Les candidats devaient indiquer qu'un tel piégeage de CO_2 dans les carbonates avait un effet long terme sur le climat. Cela s'explique notamment par la vitesse des flux impliquant le réservoir carbonaté à savoir la précipitation/dissolution, mais aussi la subduction vers le réservoir mantellique. Le carbone de ces réservoirs possède un temps de résidence long. Les candidats ont le plus souvent mentionné l'effet long terme. Le lien avec le recyclage des carbonates dans le manteau par subduction n'a presque jamais été évoqué.

La quatrième partie de la question 10 était une question de connaissances. Les candidats devaient définir une ressource géologique comme un composé naturel et/ou une forme d'énergie potentiellement exploitable et utilisable pour satisfaire les besoins humains même si son exploitation n'est pas encore rentable ou techniquement possible. Les candidats qui ont confondu *ressources* et *réserves* (ressources exploitables et rentables dans le contexte économique du moment) ont été pénalisés. Même si les définitions sont très variables d'un candidat à un autre, le jury souligne que le concept de ressource géologique est maîtrisé dans l'ensemble.

Il était ensuite demandé aux candidats d'indiquer un potentiel gisement abondant d'olivine en domaine continental, qui pourrait être exploité dans le cadre du projet "plage de sable vert". La mention des zones ophiolitiques était attendue, puisque des péridotites peuvent y affleurer.

Enfin, la dernière sous-question permettait aux candidats d'exercer leur esprit critique en proposant des limites à prendre en compte dans le cadre d'un tel projet. Des limites environnementales avec un impact négatif sur la faune et la flore et la dégradation des paysages ont le plus souvent été évoquées. Les questions de coût des extractions, du transport et du broyage ont également souvent été évoquées. Des réponses évasives comme "contraintes financières et environnementales" ne permettaient pas d'obtenir l'intégralité des points. D'autres limites étaient acceptées, comme :

- émissions de CO_2 liées à l'exploitation, au broyage et au transport qui pourraient être supérieures aux potentiels bénéfiques de l'hydrolyse (à vérifier) ;
- potentielle redissolution immédiate du CaCO_3 formé, surtout au-dessus de la profondeur de compensation des carbonates ;
- eutrophisation des écosystèmes (excédent d'ions Mg^{2+} par exemple) ;
- acidification des eaux (libération d'acide silicique H_4SiO_4 – cf. équation 3), etc.

Question 11

Référence du programme : BG-A-1 Le cycle du carbone ; BG-A-3 Impacts des activités humaines sur les cycles biogéochimiques ; BG-B Les sols, ST-E-1 Modelés des paysages et transferts de matériaux en surface.

La dernière question de la partie de géologie portait sur l'impact sur les sols de l'intégration d'olivine broyée en pleine terre pour favoriser l'"altération forcée".

La première sous-question était une question de cours à propos des horizons du sol. Il était attendu une description des horizons par leur nature telle que mentionné dans les programmes de BCPST : organique, organo-minérale, roche mère altérée et roche mère (ou substrat). Les candidats ayant seulement nommé ces horizons par les lettres correspondantes sans décrire leur nature ont été pénalisés. Cette question a plutôt bien été traitée par les candidats.

La suite de cette question consistait en une analyse des résultats du document 10 pour mettre en évidence l'effet de la température sur le contenu de la solution de lessivage. Les résultats de l'expérience ont rarement été présentés avec précision, et n'ont presque jamais été quantifiés. La plupart des candidats ayant répondu à cette question (soit peu de candidats) se sont contentés d'indiquer que la température entraîne une augmentation de la teneur en Mg^{2+} dans la solution de lessivage. Il était pourtant demandé de proposer une explication aux résultats de cette expérience. Il s'agissait alors d'indiquer que l'augmentation de la teneur en Mg^{2+} dans la solution de lessivage suggérait une altération chimique (hydrolyse) des olivines plus poussée.

Dans cette troisième sous-question, les candidats devaient identifier un élément manquant dans le dispositif expérimental du document 10. Il était par exemple possible de mentionner le fait qu'une seule carotte était utilisée pour chaque condition et qu'il serait alors pertinent de la répéter avec des carottes supplémentaires. On pouvait aussi proposer l'étude d'un sol témoin sans olivines broyées pour vérifier que le Mg^{2+} ne provienne pas d'autres composants du sol, la vérification au MEB de l'état altéré des olivines ou encore l'ajout de CO_2 à l'eau pour constater l'effet sur le lessivage du Mg^{2+} . La présentation d'une seule limite pertinente était suffisante pour obtenir l'ensemble des points à cette question. Cette sous-question a rarement été traitée par les candidats.

L'avant-dernière sous-question demandait aux candidats de raisonner pour proposer une solution de géo-ingénierie qui concilierait la séquestration du CO_2 atmosphérique et les rendements de culture. Il pouvait par exemple être proposé de :

- broyer des olivines et les incorporer aux horizons de surface pour libérer des ions Mg^{2+} dans le sol (solution la plus souvent proposée) ;
- broyer des feldspaths potassiques pour libérer, par analogie avec ce qui a été vu précédemment pour les olivines, du potassium en piégeant du CO_2 (le K faisant partie des principaux engrais utilisés dans le monde).

Cette sous-question a très rarement été traitée par les candidats.

Tout comme pour la question 10, il était ici demandé aux candidats d'exercer leur esprit critique en proposant des limites d'une telle pratique. Il convient de noter le pluriel dans l'énoncé. Deux limites étaient donc nécessaires pour obtenir la totalité des points. Il était possible d'évoquer :

- le coût énergétique/économique d'une telle pratique ;
- le fait que cette pratique soit dépendante de la température et donc de la latitude ;
- le fait que des argiles puissent se mettre en place en surface en conséquence de l'hydrolyse partielle, ce qui aura pour conséquence de limiter l'hydrolyse, etc.

D'autres limites étaient acceptées, à partir du moment où elles étaient pertinentes. Les quelques rares candidats ayant traité cette question ont, le plus souvent, proposé une seule limite sur les deux attendues. Cette sous-question a très rarement été traitée par les candidats.

4.3. Sujet de biologie

Thème 1 : *Wolbachia*, une bactérie symbiotique

Ce premier thème permettait d'explorer les interactions à bénéfices réciproques entre une bactérie intracellulaire du genre *Wolbachia* et différentes espèces d'arthropodes : la punaise de lit puis le moustique *Aedes aegypti*.

Question 1

Références du programme : SV-C-1 Les cellules au sein d'un organisme ; SV-C-2 Organisation fonctionnelle de la cellule

Cette question demandait aux candidats d'utiliser les apports de la microscopie électronique pour argumenter sur la structure de cellules eucaryote et procaryote, et sur leur association.

De nombreux candidats n'ont pas tenu compte du terme "justifier" de la première sous-question, et ont correctement identifié l'usage d'un microscope électronique à transmission sans indiquer ce qui permettait de le savoir (ultrastructure cellulaire observable, échelle inférieure au micromètre et zones +/- denses aux électrons). La technique d'observation a été bien nommée dans l'immense majorité des copies, mais de rares candidats ont inventé quelques techniques d'observation originales telles que le microscope optique à balayage, le microscope à infrarouge, le microscope optique-électronique, ou le microscope à balayage après immunomarquage de bactéries.

En réponse à la sous-question suivante, des arguments peu ou non visibles sur les images ont été proposés pour justifier la nature microbienne de *Wolbachia*, comme la présence d'une paroi (alors qu'il s'agit d'une bactérie Gram -) ou d'un nucléoïde. Le jury attendait des arguments plus solides, tels que la taille de la cellule et l'absence de noyau ou de compartimentation. La simple présence de *Wolbachia* au sein d'une cellule eucaryote et son caractère unicellulaire ne peuvent prouver sa nature bactérienne, étant donné qu'il existe des eucaryotes unicellulaires qui sont des parasites intracellulaires (par exemple le plasmodium).

Plusieurs candidats ont mal compris la question, et ont cherché à justifier un caractère parasitaire ou pathogène de *Wolbachia*, au lieu d'argumenter sa nature bactérienne. Le titre du thème précise pourtant qu'il s'agit d'une bactérie symbiotique.

Enfin, les réponses concernant la localisation de *Wolbachia* après infection de son hôte mentionnaient majoritairement le cytoplasme, ce qui manque de précision. La seconde image du document 1B montre clairement que l'une des bactéries est située à l'intérieur d'une vésicule (parfois confondue avec une vacuole). La vésicule n'étant pas visible autour de la seconde bactérie, l'indication d'une position de *Wolbachia* dans le cytosol était également acceptée.

Question 2

Référence du programme : SV-J-2-2 Diversité des relations interspécifiques et conséquences sur la structure de l'écosystème.

La question permet de réfléchir à l'apport des bactéries *Wolbachia*, et de démontrer qu'elles favorisent le développement des punaises de lit infectées, ce qui justifie le caractère symbiotique de leur association.

La première partie a été majoritairement réussie, avec généralement une description correcte du document et un lien bien établi entre la présence des bactéries *Wolbachia* et une augmentation du taux de larves de punaises effectuant leur métamorphose (via la production de vitamines B7 par les bactéries et leur transfert aux punaises). De trop nombreuses réponses n'étaient cependant pas appuyées sur une comparaison de valeurs chiffrées, ou une quantification relative.

La seconde partie n'a été que rarement traitée, avec parfois des propositions trop peu précises (par exemple, une idée pertinente de vérifier la présence de la bactérie *Wolbachia* chez les punaises qui entrent en métamorphose, mais sans précision de technique ou de protocole) ou sans rapport direct avec la question (par exemple, une idée de s'intéresser aux autres vitamines B).

De nombreux candidats proposaient de mesurer directement le taux de métamorphose de larves élevées en présence ou en absence d'antibiotiques pour faire le lien entre les deux documents. D'autres détaillaient des protocoles précis, comme de donner des précurseurs radioactifs de vitamine B à des bactéries *Wolbachia*, puis de les mettre en contact avec des punaises, et de chercher à détecter des vitamines B7 radioactives transférées dans l'organisme des punaises. Ces propositions ont été acceptées.

Question 3

Références du programme : SV-F-3 Le contrôle de l'expression du génome ; SV-J-2-2 Diversité des relations interspécifiques et conséquences sur la structure de l'écosystème.

Un autre avantage apporté par la bactérie *Wolbachia*, lors d'une symbiose avec le moustique *Aedes aegypti*, est étudié ici : une meilleure résistance à l'infection des moustiques par le virus de la dengue.

Les deux premières sous-questions permettaient d'évaluer la connaissance des techniques d'étude du transcriptome et du protéome. Les réponses montraient de nombreuses fragilités, dont les plus fréquentes étaient des confusions entre RT-PCR et PCR simple, entre Western, Northern et Southern blot, ainsi qu'entre électrophorèse simple et blot suivi d'un immunomarquage.

Peu de candidats ont ainsi correctement présenté les techniques de RT-PCR et de Western Blot. Les principes des techniques classiques d'étude du génome et de son expression doivent être bien maîtrisés, afin de permettre une bonne interprétation des documents. Pour répondre correctement à cette question, il fallait que les candidats comprennent que la RT-PCR permet l'identification d'un ARN spécifique, alors que le Western Blot permet l'identification d'une protéine spécifique. Les réponses du type "la RT-PCR est plus précise que le WB", sans justification, n'ont pas été valorisées.

De nombreux candidats ont proposé de compléter le document 3B par un témoin W-/DENV- qui ne présenterait aucun intérêt. On attendait que les candidats remarquent que ce Western blot ne présente pas de témoin de charge permettant de vérifier que la même quantité d'extrait protéique a été déposée dans chaque puit du gel d'électrophorèse.

Des candidats ont analysé le Western blot en évoquant la présence ou la production d'anticorps anti-W ou anti-DENV2 dans l'organisme du moustique, ce qui montre une incompréhension de la technique, pourtant usuelle, d'immunomarquage.

Bien que la description des documents soit souvent correctement réalisée, et permette de montrer que la bactérie *Wolbachia* protège le moustique de l'infection par le virus de la dengue en stimulant son immunité, l'augmentation de la fitness des moustiques en symbiose avec la bactérie n'a que très rarement été mentionnée.

Question 4

Référence du programme : SV-J-2-2 Diversité des relations interspécifiques et conséquences sur la structure de l'écosystème.

La question 4, en continuité avec les données de la question 3, amenait à s'interroger sur une stratégie visant à favoriser l'infection des moustiques par *Wolbachia* pour lutter contre la dengue, maladie vectorielle qu'ils transmettent aux humains.

La première partie a été généralement bien réussie, avec une description correcte du document, bien que la notion de fitness augmentée ne soit que trop peu proposée pour expliquer l'infection par *Wolbachia* de la quasi-totalité des moustiques des zones test en quelques générations.

Plusieurs candidats ont cependant émis l'hypothèse pertinente de migrations de moustiques, depuis les zones test vers les zones témoins, pour expliquer l'augmentation moins rapide, mais réelle, de la proportion de moustiques infectés par *Wolbachia* dans les zones témoin.

En seconde partie de la question, l'effet positif de l'infection des moustiques par *Wolbachia* sur la protection des humains contre la dengue a très souvent été retrouvé, sans que la discussion soit nuancée. Le terme "discuter" présent dans la consigne invite en effet les candidats à faire preuve d'esprit critique. Certains ont évoqué des effets possibles sur la transmission d'autres maladies vectorielles, ou des perturbations dans l'équilibre de l'écosystème, ce qui était pertinent. On pouvait aussi mentionner le manque d'indication sur la significativité statistique des différences présentées dans le document, ou le fait que le risque de contamination dépend également du nombre de piqûres de moustique, lié aux habitudes locales et au niveau de vie (permettant d'accéder ou non à des protections anti-moustiques), données qui ne sont pas indiquées.

Thème 2 : *Wolbachia*, une bactérie parasite

Ce thème s'intéressait cette fois aux interactions parasitiques entre les bactéries *Wolbachia* et la drosophile ; notamment au contrôle de la reproduction des drosophiles par les bactéries *Wolbachia*.

Question 5

Référence du programme : SV-J-2-2 Diversité des relations interspécifiques et conséquences sur la structure de l'écosystème.

Après avoir étudié le caractère symbiotique de l'association entre *Wolbachia* et certains insectes, il s'agissait, dans cette question de démontrer que la bactérie peut également être considérée comme un parasite.

L'aspect parasitisme a presque toujours été correctement justifié par la mort d'une partie des descendants (lorsque seul le parent mâle est infecté).

Cependant, de nombreux candidats justifient la transmission de la bactérie aux générations suivantes sans aller jusqu'à démontrer une propagation. En effet, dire qu'une femelle infectée transmet forcément la bactérie à sa descendance n'est une justification de propagation valable que s'il est précisé explicitement que les femelles infectées produisent plus de descendants que les femelles non infectées d'une génération à l'autre.

Le tableau de croisement permet de dire avec précision que 2/3 des descendants adultes seront infectés à la génération n+1 quand 1/2 des individus d'une population le sont à la génération n.

Question 6

Référence du programme : SV-F-3 Le contrôle de l'expression du génome

Cette question permettait de valider les résultats présentés à la question précédente, tout en y apportant un début d'explication.

Alors que la première partie demandait uniquement de justifier la cohérence des résultats entre les documents 5 et 6, de trop nombreux candidats ont décrit de façon exhaustive le document 6, y compris les résultats obtenus pour les expériences de transgénèse, qui n'avaient aucun lien direct avec le document 5.

Les descriptions des lignes supérieure et inférieure du document 6 étaient très souvent réduites au fait qu'aucun embryon issu d'un mâle infecté et d'une femelle saine n'avait pu éclore, et que tous les embryons issus d'un mâle sain et d'une femelle infectée étaient éclos. Cette réponse manque de précision : une lecture attentive de la figure montre des résultats d'éclosion moyens de 5% dans le premier cas, et de 95 % dans le second cas.

La condition suffisante pour la survie de l'ovocyte d'une femelle non infectée, dans le cas d'une fécondation avec un spermatozoïde de mâle infecté, a été correctement identifiée dans la grande majorité des réponses : l'ovocyte femelle doit exprimer le gène bactérien CidA (que ce soit dû à son infection par *Wolbachia*, ou induit artificiellement par transgénèse). Cependant, cette conclusion ne s'appuyait que trop rarement sur l'analyse du document.

Question 7

Références du programme : SV-D-2-4 Acides aminés et protéines, SV-F-1-1 Organisation des génomes, SV-F-3 Le contrôle de l'expression du génome

Les expériences d'interaction ADN-protéine *in vitro* et les transgénèses effectuées dans le document associé à cette question permettaient de poser des hypothèses sur la nature et la fonction des protéines CidA et CidB codées par les gènes bactériens de *Wolbachia* introduits dans la question précédente.

L'électrophorèse d'ADN du document 7b a parfois été confondue avec un Western blot, et la première piste avec un témoin de charge. Plusieurs copies mentionnent un simple "effet négatif" de CidB sur l'ADN, ce qui manque de précision. En majorité, les candidats ont cependant correctement identifié une dégradation de l'ADN par CidB, bien que les termes "nucléase" voire "enzyme" n'apparaissent que très rarement dans les copies.

De nombreuses réponses, après une description correcte du document, indiquaient cependant que CidB empêche la formation, la réplication, ou l'expression de l'ADN, ce qui révèle une incompréhension majeure de la situation expérimentale proposée. D'autres candidats ont conclu que CidB condensait les molécules d'ADN et empêchait leur migration dans le gel d'électrophorèse.

Le mécanisme expliquant l'inhibition de l'activité de CidB par liaison à CidA a généralement été correctement identifié, bien que certaines interprétations du document parlent de survie des plasmides au lieu de parler de survie des colonies de levures. Cela montre une mauvaise compréhension de la technique de transformation des levures.

En très grande majorité, les candidats ont proposé, comme complément, de vérifier l'inhibition par CidA de la dégradation de l'ADN par CidB en ajoutant un cas d'électrophorèse des fragments d'ADN préalablement mis en présence simultanée des 2 protéines CidA et CidB. Certains ont pensé également à ajouter à l'électrophorèse le cas ADN + CidB + CidA*. Cependant, l'objectif de ces expériences complémentaires et les résultats attendus n'ont pas toujours été précisés.

Quelques candidats ont proposé des expériences complémentaires plus originales, parfois hors programme comme la co-immunoprécipitation, et qui ont été validées lorsqu'elles étaient pertinentes.

Question 8

Référence du programme : SV-F-3 Le contrôle de l'expression du génome

Cette question poursuivait la réflexion abordée tout au long du thème 2, et permettait d'en faire une synthèse. Le document proposé est centré sur la détection *in vivo*, au sein de gamètes mâles et d'ovocytes fécondés, des protéines bactérienne CidA et CidB dont les rôles ont précédemment été déterminés. L'analyse de ces images permettait d'expliquer la mort des embryons issus d'un mâle infecté par *Wolbachia* et d'une femelle non infectée.

La première étape était une question de cours, évaluant la connaissance de la technique d'immunomarquage qui a permis d'obtenir les résultats. Cette notion est globalement confuse, de nombreux candidats évoquant la détection de gènes. Contrairement à la technique FISH, hybridation *in situ* avec des sondes fluorescentes formées de séquences nucléotidiques capables de se fixer par complémentarité sur des séquences d'ADN ou d'ARN, l'immunomarquage permet la détection *in situ* de protéines reconnues par des anticorps spécifiques couplés à un marqueur (ici, des fluorochromes).

De nombreux candidats se sont contentés d'expliquer que l'immunomarquage sert à localiser CidA, CidB et H4ac sans rappeler leur nature protéique, et donc, sans justifier la pertinence de l'utilisation de cette technique. Cette réponse a été considérée comme partielle.

Il fallait, par la suite, déterminer si l'infection d'un individu par *Wolbachia* a un effet sur l'expression de CidA et CidB dans ses cellules. Les réponses proposaient généralement une analyse des images concernant la coupe de testicule du mâle, mais aussi souvent de celles correspondant à l'ovocyte, notamment au pronucléus femelle. Or, le sujet précise bien (en le soulignant) que le croisement effectué concerne un mâle infecté par *Wolbachia* et une femelle non infectée. Ainsi, seule l'analyse de l'expression des protéines CidA et CidB dans les cellules du mâle était pertinente et attendue.

Un léger bruit de fond au niveau du pronucléus femelle a d'ailleurs été parfois interprété comme l'expression de CidB dans l'ovocyte, montrant une incompréhension majeure : la femelle n'étant pas infectée par *Wolbachia*, il n'est pas possible que ses cellules expriment des gènes de la bactérie.

L'analyse des images qui correspondent au détail du testicule (document 8a) a mis en évidence deux erreurs récurrentes dans les copies des candidats :

- Une partie n'a pas suffisamment approfondi l'analyse du document, ne tenant pas compte de la légende indiquant ce qui est pointé par les flèches et têtes de flèches, ni de la présence ou non des histones H4c, et n'a ainsi fait aucune distinction entre les spermatides seules et les spermatozoïdes en fin de différenciation.
- Une partie n'a pas reconnu le marquage des histones H4ac comme un simple marqueur de différenciation, permettant de distinguer les spermatozoïdes matures des spermatides, mais l'a considéré comme une donnée à analyser à part entière. Cela a amené ces candidats à imaginer un effet des protéines CidA ou CidB sur les histones des spermatozoïdes et la condensation de l'ADN.

De nombreux candidats ont cependant réussi à apporter une réponse satisfaisante et suffisamment détaillée, avec une expression des protéines bactériennes CidA et CidB dans les spermatides en cours de différenciation d'un mâle infecté par *Wolbachia*, mais de CidB seule en fin de différenciation des spermatozoïdes.

Dans la continuité, la troisième sous-partie de cette question demandait quelles seront la/les protéine(s) transmise(s) à l'ovocyte de la femelle par le spermatozoïde du mâle infecté. Alors que le document 8a montre déjà la présence de CidB seule dans les spermatozoïdes en fin de différenciation, le document 8b complète cette observation en prouvant que CidB est l'unique protéine détectée dans le pronucléus mâle transmis à l'ovocyte.

Enfin, il était demandé aux candidats de faire le lien avec le document 6 en indiquant les chances de survie de l'embryon étudié dans la question 8, ce qui permettait de clôturer ce thème de façon synthétique. De nombreuses réponses se limitaient à dire qu'un croisement entre un mâle infecté par *Wolbachia* et une femelle non infectée donne des embryons qui ne survivent pas (ou dont une très faible proportion survit), sans reparler des protéines CidA et CidB qui sont au cœur du document 6. La question demandant explicitement les rôles de ces deux protéines, il fallait les utiliser dans l'argumentation de la mort ou survie de l'embryon : le mâle infecté par *Wolbachia* transmet à l'ovocyte des protéines CidB qui, en absence de leur inhibiteur CidA, dégradent l'ADN de l'embryon et conduisent à sa mort.

Bien que les documents ne permettent pas de le prouver, on peut imaginer que les ovocytes des femelles infectées par *Wolbachia* expriment le gène CidA et contiennent de nombreuses protéines CidA qui protègent leur ADN de la dégradation par les protéines CidB apportées par les spermatozoïdes. Cette partie de la conclusion n'était pas attendue.

Thème 3 : *Wolbachia*, une bactérie transmise

Dans ce dernier thème, on s'intéresse aux différents moyens de transmission de *Wolbachia* entre individus d'une même espèce (par transmission verticale ou horizontale) voire entre individus d'espèces différents (par transmission horizontale).

Question 9

Référence au programme : SV-G - Reproduction

Dans cette question, il s'agissait de déterminer l'origine des *Wolbachia* lors d'une transmission verticale de parents à descendants chez la drosophile.

Grâce à l'analyse d'images en microscopie à fluorescence, il s'agissait de représenter sur un schéma fourni en annexe la position des bactéries *Wolbachia* dans un vitellarium puis dans un ovocyte de drosophile femelle et dans un cyste de drosophile mâle. Il était attendu que les candidats représentent les bactéries dans le futur ovocyte puis dans l'ovocyte mature ainsi que dans les spermatocytes mais pas dans les spermatozoïdes différenciés. Cette question a été globalement réussie. Le jury a valorisé des copies représentant des bactéries au niveau du flagelle, du moment qu'elles n'étaient pas présentes au niveau de la tête du spermatozoïde. Lorsqu'elle a été abordée, cette question a été globalement réussie.

Il fallait ensuite exploiter ces documents pour montrer que les bactéries étaient transmises uniquement par la femelle à sa descendance. Lorsqu'elle a été abordée, cette question a été bien réussie et de nombreux candidats ont mentionné le fait que le spermatozoïde ne contenant pas de bactéries, il ne pouvait donc pas les transmettre à sa descendance. Bien qu'aucune bactérie ne soit présente dans le spermatozoïde différencié, les candidats qui avaient présentés des bactéries dans le flagelle et qui ont précisé ensuite que seul le noyau (qui ne contient pas de bactéries) était transmis lors de la fécondation n'ont pas été pénalisés.

Question 10

Référence au programme : SV-K-2 Une approche phylogénétique de la biodiversité

Il s'agissait ici d'exploiter une phylogénie de quelques genres de fourmis afin d'étudier le type de transfert possible entre espèces de fourmis différentes.

En considérant la présence de *Wolbachia* comme une innovation évolutive, il s'agissait de qualifier les groupes de fourmis possédant une espèce particulière de *Wolbachia*. Il fallait donc montrer que chacune des quatre espèces de *Wolbachia* étaient présentes chez des espèces de fourmis éloignées et que cette innovation évolutive n'était donc probablement pas héritée d'un ancêtre commun. Les différents groupes de fourmis forment donc des groupes polyphylétiques qui ont acquis la présence de *Wolbachia* par convergence évolutive. Lorsque cette question a été comprise, le terme de polyphylétique est revenu régulièrement mais sans justification et des confusions avec le terme "paraphylétique" ont été observées plusieurs fois.

À la suite de cette question, il fallait ensuite proposer un mode de transmission possible des bactéries *Wolbachia* entre lignées de fourmis éloignées phylogénétiquement. De nombreux candidats ont su transposer la notion de transfert de gène au programme et ont proposé un transfert horizontal de bactérie entre fourmis d'espèces éloignées.

Enfin, en supposant un mode de transmission "verticale" d'une femelle à sa descendance (et par conséquent d'un ancêtre commun à ses descendants), il était demandé aux candidats de représenter sur une figure en annexe la distribution des bactéries *Wolbachia* de l'espèce 3. Il fallait donc compléter la colonne 3 en représentant la présence de *Wolbachia* pour tous les genres compris entre *Apterostigma* et *Pheidole*. Cette question, qui arrive en fin de sujet a été peu traitée. Toutefois, les candidats l'ayant traitée ont généralement bien réussi.

Question 11

Référence au programme : SV-C-3 Membranes et échanges membranaires

Cette question s'intéresse aux processus cellulaires qui permettent le transfert horizontal de bactéries *Wolbachia*. Tout d'abord, il était demandé aux candidats de représenter sur un schéma les processus mis en jeu lors de l'infection de cellules de drosophiles par des bactéries *Wolbachia*. Il était attendu que le candidat mette en évidence que les bactéries *Wolbachia* ne pénétraient que dans des cellules vivantes de drosophile et que ce processus était facilité par endocytose bien qu'il puisse avoir lieu sans. De très rares candidats n'ont pas respecté la consigne et ont présenté leur analyse sous la forme d'un texte. Plus communément, certains candidats ont

représenté de manière schématique l'expérience présentée dans le document 11 sans prendre le recul de présenter les différents processus naturellement en jeu, voire se sont contentés de schématiser un processus théorique d'endocytose sans lien avec les documents. Dans l'ensemble, cette question en fin de thème et en fin de sujet a été relativement peu traitée.

Il fallait ensuite extrapoler les résultats présentés au document 10 afin d'expliquer comment la bactérie peut être transmise entre lignées de fourmis. On pouvait alors supposer que le transfert horizontal (mentionné à la question 10) peut se faire par endocytose de bactéries *Wolbachia* présentes dans l'environnement suite à la mort ou à la blessure d'un autre individu par exemple. Toute réponse cohérente présentant un mécanisme relativement précis a été valorisée par le jury.

Question 12

Référence au programme : SV-J-2-2 Diversité des relations interspécifiques et conséquences sur la structure de l'écosystème.

Cette question s'intéressait à la transmission horizontale de *Wolbachia* chez l'aleurode par l'intermédiaire d'une guêpe parasitoïde du genre *Eretmocerus*.

Il fallait d'abord justifier l'intérêt d'utiliser une PCR dans le cadre de cette étude. Cette question de connaissance a été plus abordée que les questions précédentes mais les candidats ont souvent répondu à la question posée de façon inappropriée, en expliquant simplement que la PCR servait à amplifier la quantité d'ADN sans noter l'intérêt particulier dans le cadre de cette étude. Ici, l'intérêt de la PCR est de détecter spécifiquement la présence d'ADN bactérien et donc de la bactérie *Wolbachia* dans les guêpes hôtes, afin de déterminer si elles sont infectées ou pas.

Ensuite, en étudiant les documents 12B et 12C, il fallait montrer que la bactérie peut être transmise de façon horizontale entre deux individus d'aleurodes malgré sa faible survie chez la guêpe parasitoïde du genre *Eretmocerus*. On pouvait proposer le scénario suivant : une guêpe consomme une larve d'aleurode infectée par *Wolbachia* et devient donc infectée. Bien que la survie de *Wolbachia* chez *Eretmocerus* soit limitée à deux jours, si une guêpe pond dans une nouvelle larve d'aleurode pendant ce laps de temps, elle contamine alors un nouvel individu d'aleurode. Cette question en fin de thème et en fin de sujet, qui demande une analyse conjointe de plusieurs documents a peu été traitée.

Question 13

Référence au programme : SV-F-4 La diversification des génomes

Cette question bilan demandait de résumer sous la forme d'une carte mentale l'ensemble des modes de transmission de la bactérie *Wolbachia* d'un hôte à l'autre chez les Arthropodes qui ont été étudiés au cours du thème 3. Il était attendu de montrer que cette transmission pouvait se faire de manière verticale (de la mère aux descendants, comme dans le cas de la drosophile) mais également de manière horizontale par endocytose depuis l'environnement (cas des fourmis) ou par l'intermédiaire d'une espèce parasite (cas de l'aleurode).

Cette question, qui arrive en fin de sujet, a été relativement peu traitée. Le jury rappelle que les questions de synthèse, en fin de sujet, sont généralement généreuses en nombre de points et encourage les candidats à les aborder, même partiellement. Le jury se réjouit toutefois du fait que plusieurs candidats aient traité cette question même en n'ayant pas traité l'entièreté du thème 3, ce qui leur a été plutôt favorable. En effet, lorsque cette question a été abordée, elle a été plutôt bien réussie et les exemples étudiés dans le thème ont souvent été mentionnés.