CONCOURS A BCPST - SESSION 2019

ADMISSIBILITÉ

RAPPORT DE L'ÉPREUVE ECRITE DE SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE,

ÉPREUVE SUR SUPPORT DE DOCUMENTS

Statistiques :

Moyenne :	Médiane :	Note min. :	Note max. :	Écart-type :
11,01	11,05	0,00	19,50	3,05

I. Présentation générale de l'épreuve et du sujet

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.
Le sujet de géologie est structuré autour de questions précises, permettant l'évaluation des acquis fondamentaux du programme *via* des questions de cours, ainsi que 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 du candidat sont aussi testées par une question plus ouverte, sollicitant à la fois connaissances personnelles et exploitation de plusieurs documents.
Le sujet de biologie, distribué aux candidats au début de la troisième heure d'épreuve, était structuré en trois parties indépendantes, autour de questions précises et permettant de de guider le candidat, et, moins souvent, de questions plus ouvertes.
En géologie, plusieurs questions visent à évaluer le socle de connaissances des candidats (par exemple : « Définissez de manière succincte la croûte continentale »). En biologie, ce type de question est rare et forcément en lien direct avec l'interprétation d'un document associé. C'était par exemple le cas de la question 5a qui demandait "comment varie l'effectif d'une population de type proie en interaction avec une population de prédateurs" en lien avec l'interprétation des variations d'effectifs de populations de lions et de gnous. Les informations hors-programme nécessaires à l'analyse de certains documents sont fournies. Comme annoncé dans le rapport 2017, le sujet était plus court que ceux des sessions antérieures (12 pages en géologie, 8 pages en biologie). Cette tendance sera maintenue. Les questions testant l'esprit critique ou la prise de recul du candidat ont été un peu plus nombreuses cette année, en géologie comme en biologie.

Des **questions explicites** sont systématiquement associées aux documents. Les candidats doivent veiller à **bien lire les consignes** propres à chaque question, les **respecter** et y **répondre** clairement. En particulier, des questions de type « Décrivez » ou « Interprétez » les résultats présentés dans tel document, correspondent à des **consignes** et donc des **attendus** différents.

Dans le cas fréquent d'une question de type « **Interprétez** les résultats présentés dans tel document », le candidat veillera à saisir de manière très concise les informations pertinentes 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 formuler des **hypothèses explicatives,** par exemple sur

les mécanismes impliqués, si besoin en **lien explicite** avec le ou les document(s) précédent(s).

Les copies étant dématérialisées, il est interdit de découper des documents et de les coller sur sa copie. En géologie, une **annexe** (format A3) était fournie avec le sujet. Cette annexe contenait les documents ou figures à annoter, légender ou compléter, conformément aux consignes explicites des questions correspondantes. Cette annexe était à rendre obligatoirement avec la copie.

Le sujet de géologie était centré sur **la croûte continentale des massifs anciens et récents**, sollicitant des acquis capitalisés dans des parties variées du programme de cours et de TP de BCPST 1 et 2 : « I-A Structure de la planète Terre », « I-B Dynamique des enveloppes terrestres », « II-B Les ressources géologiques », « IV La carte géologique », « V Le magmatisme », « VII-B Les transformations minérales du métamorphisme » et « VIII Étude de grands ensembles géologiques ».

Le sujet de biologie abordait quelques liens entre **biodiversité et fonctionnement des écosystèmes**. La partie 1 s'intéressait à l'effet de la biodiversité des producteurs primaires sur le fonctionnement de l'écosystème prairial. La partie 2 abordait plusieurs aspects de la dynamique des populations d'herbivores et de prédateurs. La partie 3, plus courte et plus simple, s'intéressait à la dérive génétique et à la consanguinité dans une population isolée. Le sujet était donc en lien direct avec les parties du programme « III-A Les populations et leurs dynamique » et « III-B Les écosystèmes, leur structure et leur fonctionnement ».

Les points du barème restent distribués sur 6 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 : Soin, 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 Agro-Véto. Ces compétences ne sont pas toutes systématiquement évaluées dans chaque question. Leur prise en compte se fait selon un système de curseur à quatre modalités (0 ; 0,33 ; 0,66 ; 1). La compétence E (communication) est évaluée globalement sur l'ensemble de la copie. Un extrait de grille de correction vierge est indiqué ci-dessous (le total des points par question apparaît dans la colonne de droite, avant d'avoir réalisé le calcul ramenant la note sur 20 points).

	A		B		C		D		Points obtenus
	Curseur	Points	Curseur	Points	Curseur	Points	Curseur	Points	
Géologie - Question 1.1a (mobiliser des connaissances)			0,66	2					1,33
Géologie - Question 1.1b (recueillir des informations)	1	1							1
Géologie - Question 1.3b (présenter graphiquement analyses et conclusions)							0,33	4	1,33
Géologie - Question 1.3c3 (exercer son esprit critique)					0,66	1			0,66
Biologie - Question 1a (recueillir des informations, mobiliser des connaissances)	1	1	1	2					3
Biologie - Question 2c (exercer son esprit critique)					0	2			0
Biologie - Question 4 (présenter graphiquement analyses et conclusions)							0,66	6	4
Biologie - Question 7a (recueillir des informations)			0,33	1					0,33

II. Observations générales sur les copies

Sur la forme

La grande majorité des copies sont claires et agréables à lire : la rédaction et la syntaxe sont satisfaisantes. Le jury rappelle l'importance d'utiliser un stylo de couleur foncée de bonne qualité (bleu ou noir), afin de faciliter la lecture de la copie numérisée. Les consignes sont bien respectées en géologie, mais la concision doit être de mise dans l'exploitation des documents en biologie. L'**orthographe** doit être surveillée avec davantage de vigilance et **les éléments importants des réponses doivent être mis en valeur**, par exemple en les soulignant. L'emploi de **couleurs** (stylos ou feutres fins) est conseillé. Les réponses doivent être **structurées** en paragraphes si nécessaire. Les productions graphiques sur la copie et les annotations des annexes doivent être réalisées avec davantage de soin ; un titre est obligatoire pour chaque production graphique. Le temps passé sur chaque partie (géologie et biologie) est globalement bien géré et correctement réparti pour tous les candidats, mais le niveau est parfois hétérogène.

En géologie

Le niveau général est significativement meilleur que celui de l'année dernière. Les questions de cours sont satisfaisantes et les roches sont correctement identifiées. Les questions d'isostasie sont correctement traitées, avec un schéma du modèle à l'équilibre isostatique proposé dans la grande majorité des copies. Les calculs demandés sont le plus souvent réussis. Les questions relatives au métamorphisme ont en revanche été, de loin, les moins bien réussies. Plusieurs documents pourtant très proches du cours sont mal traités, en particulier le profil ECORS et la carte des anomalies gravimétriques de Bouguer. La diversité des questions a permis à tous les candidats de s'exprimer et de réussir le plus souvent au moins une partie du sujet, variable selon les candidats. La majorité des candidats a traité la quasi totalité du sujet, en sautant parfois quelques questions (ce qui est bien entendu autorisé), par exemple dans la partie 2 (métamorphisme) ou la question bilan (traitée dans 52 % des copies seulement), ce qui était dommage.

En biologie

Cette année encore, pratiquement tous les candidats ont perdu beaucoup trop de temps à décrire, souvent avec exhaustivité, les résultats visibles dans les différents documents. Cette activité fait perdre énormément de temps, mais ne rapporte aucun point. Le jury s'étonne de ne pas voir d'évolution sur ce point depuis 2015, alors qu'il a déjà été précisé que ce procédé pénalisait les candidats ! La **description** des résultats présentés dans un document doit se restreindre à la **saisie simple, concise et quantifiée des données pertinentes permettant de justifier la réponse à la question posée.** Les autres problèmes rencontrés par les candidats persistent : les documents sont globalement bien compris, mais les interprétations sont très incomplètes, souvent par manque de vocabulaire scientifique (celui du programme). Les consignes de la question 4 (schéma bilan de la partie 1) ont été très bien suivies mais le contenu informatif des productions était souvent bien maigre. Dans la partie 2, beaucoup de candidats paraphrasent les documents sans clairement répondre aux questions précises posées. Peu de points sont obtenus dans ce cas, alors que l'essentiel du document semblait compris. La plupart des candidats parviennent jusqu'à la partie 3 du sujet, généralement non terminée, particulièrement quand la paraphrase des documents des parties 1 et 2 était importante. Ainsi, 56 % des candidats n'ont pas traité la dernière question de biologie.

Plusieurs candidats ont brillamment réussi l'épreuve, avec une concision et une pertinence remarquables.

III. Commentaires sur les différentes parties du sujet

Partie 1 : Caractérisation de la croûte continentale des massifs anciens et récents français

1.1.a) La croûte continentale est l'enveloppe la plus superficielle de la Terre. Elle est constituée d'une croûte supérieure cassante et d'une croûte inférieure ductile. La base de la croûte continentale est caractérisée par un changement de lithologie avec le manteau lithosphérique. Cette transition est soulignée par la discontinuité de Mohorovicic (MOHO) dont la profondeur varie de quelques kilomètres en contexte divergent à plus de 70 km sous les chaînes de montagnes. L'épaisseur moyenne de la croûte continentale est de 30 km et elle se compose essentiellement de roches acides [plutoniques (granitoïdes), métamorphiques (gneiss), volcaniques (andésite, rhyolite)] et de roches sédimentaires.

Cette question de cours a été correctement traitée, mais les réponses étaient souvent trop courtes et incomplètes.

1.1.b) Les roches plutoniques affleurent majoritairement dans les chaînes de montagnes actuelles et passées (massif Central, massif Armoricain, Alpes, Pyrénées, Vosges, massif des Maures, ...).

Cette question simple a été bien traitée, quand la géographie des massifs français était acquise.

1.1.c) Un massif ancien est un massif de montagnes antérieur à l'orogénèse alpine, dont le relief a été adouci ou pénéplané (massif Central, massif Armoricain, Vosges, massif des Maures). Un massif récent est un orogène datant de l'Éocène/Oligocène, possédant un relief abrupt et élevé qui témoigne d'une tectonique active (Alpes, Pyrénées).

Cette question a posé plus de problèmes aux candidats. Si certains ont signalé uniquement que « les massifs anciens sont plus vieux que les massifs récents », d'autres ont correctement exploité la légende de la carte géologique fournie et proposé un âge correct pour les orogènes anciens et récents.

1.1.d) D'après la carte de France au 1/1000000^{e}, il y a davantage de granitoïdes à l'affleurement dans les massifs anciens que dans les massifs récents français. Plusieurs hypothèses (non exclusives) pouvaient être avancées :
- l'érosion plus longue des massifs anciens est associée à une remontée isostatique permettant l'exhumation des granitoïdes formés en profondeur ;
- davantage de granites ont été produits durant l'orogénèse hercynienne que durant l'orogénèse alpine.

Toute hypothèse cohérente et argumentée était acceptée, la première étant la plus fréquemment invoquée par les candidats. Le vocabulaire utilisé a souvent manqué de rigueur. Durée et intensité de l'érosion ont souvent été confondues par les candidats.

1.2.a) La roche semble entièrement cristallisée, grenue et présente des cristaux automorphes : il s'agit d'une roche magmatique plutonique. Elle est leucocrate. Le minéral 1 est blanc laiteux, présente des allongements rectangulaires sur la photographie : il peut s'agir d'un feldspath. Le minéral 2 est brillant et clair, probablement un mica blanc (muscovite). Le minéral 3 est noir, brillant, probablement un mica noir (biotite). Le minéral 4 semble translucide, grisâtre et présente un éclat gras : c'est un quartz. Cette roche est un leucogranite, ou granite à deux micas.

Compte tenu de la difficulté de distinguer clairement les minéraux clairs entre eux à partir de la photographie d'une roche macroscopique, l'inversion de minéraux a été tolérée tant que la diagnose était cohérente. Une majeure partie des candidats a reconnu un granite. Là encore, le vocabulaire a parfois manqué de rigueur.

1.2.b) La roche du document 1.2a est une roche magmatique plutonique, elle résulte de la fusion partielle d'une roche mère et de la cristallisation lente d'un magma en profondeur. Sa couleur claire, la présence de muscovite et de biotite et son origine indiquée comme étant crustale indiquent qu'elle est le produit de la fusion partielle de la croûte continentale (anatexie).

Le vocabulaire a fait défaut dans beaucoup de réponses. Le processus de formation de la roche a souvent été associé à un contexte de subduction, sans justification.

1.2.c) La roche semble entièrement cristallisée (pas de pâte) et présente une ségrégation minéralogique matérialisée par des feuillets clairs et sombres en alternance (foliation) : il s'agit d'une roche métamorphique. Le minéral 1 est blanc laiteux : c'est un feldspath. Le minéral 2 semble translucide et grisâtre, il s'agit du quartz. Le minéral 3, noir et braillant, est un mica noir (biotite). Cette roche est un gneiss.

Cette roche a été moins bien identifiée que le granite. Les termes de migmatite ou gneiss migmatisé étaient pertinents et ont donc également été acceptés.

1.2.d) La zone encadrée montre une ségrégation minéralogique plus poussée, aboutissant à la séparation spatiale des phases sombres (ferromagnésiennes) et des phases claires (alcalines ou siliceuses). Un processus métamorphique faisant intervenir une augmentation de pression accompagnée d'un réchauffement à l'état solide n'est pas suffisant pour obtenir une telle séparation. Le fractionnement des éléments chimiques dans la zone encadrée est dû à une fusion partielle dans le cadre d'une migmatisation.

Cette question a été beaucoup moins bien réussie que les précédentes. Beaucoup de candidats ont indiqué que la fusion partielle est un processus métamorphique.

1.2.e) Le leucogranite issu de l'anatexie crustale (question 1.2a) et le gneiss migmatisé (question 1.2b) témoignent tous les deux d'un apport de chaleur dans la croûte continentale des massifs anciens.

Cette question synthétique demandait de faire le lien entre plusieurs éléments. Compte tenu du fait que de nombreux candidats n'ont pas poussé l'analyse jusqu'à ces deux conclusions,

la réponse se limitait à l'existence de métamorphisme dans les chaînes de montagne (déjà visible sur la carte de France).

1.3.a) Le profil ECORS indique une épaisseur variable de croûte continentale suivant l'axe NO-SE. Le temps double indiqué sur le document correspond au temps mis par l'onde pour effectuer l'aller-retour entre l'émetteur et le réflecteur. Il faut donc diviser le temps par deux pour obtenir la profondeur du dernier réflecteur, indiquant la base de la croûte continentale :

$$d = v \times \frac{t}{2}$$

On détermine par application numérique une profondeur de 48 km pour l'axe de gauche (Nord-Ouest) et de 72 km pour l'axe de droite (Sud-Est).

Cette question a été bien réussie et les calculs étaient justes. Les expressions littérales ont été appréciées.

1.3.b)

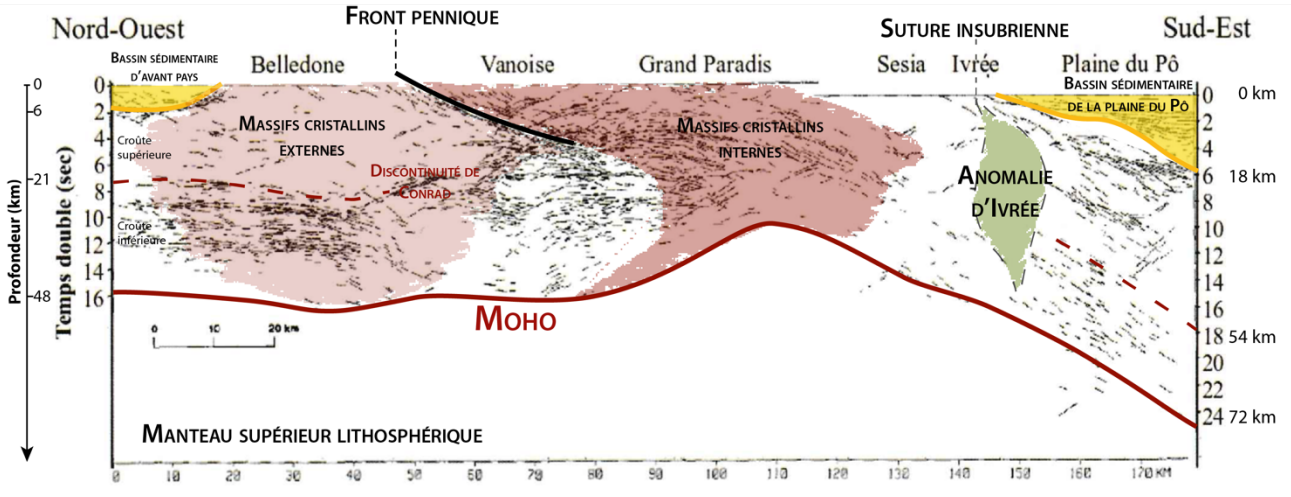

Figure 1. Profil ECORS légendé sous les Alpes

Alors que tout élément correctement identifié sur le profil était valorisé, cette question a globalement été très mal traitée. Le profil ECORS des Alpes occidentales, figurant au programme, a posé problème aux candidats, aussi bien sur le plan de son analyse que sur la connaissance de la structure interne des Alpes. Les annotations sont très pauvres et sont souvent limitées à la mise en évidence de la base de la croûte, sans forcément la légender comme étant le Moho. Les réflecteurs n'ont pas été exploités. Un tel profil ne pouvait pas être interprété par de la stratigraphie séquentielle. La croûte inférieure litée, la plaine du Pô ou les chevauchements majeurs n'ont été qu'exceptionnellement observés.

1.3.c.1)

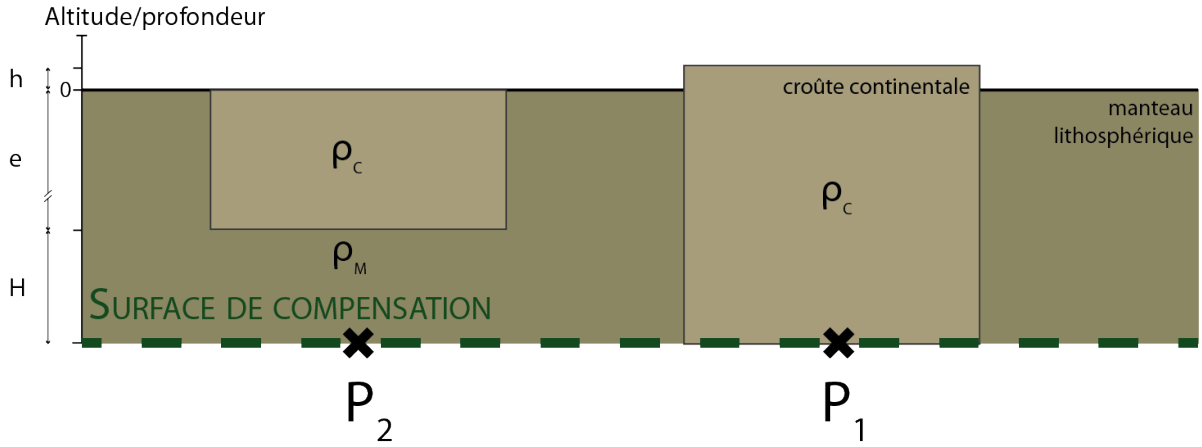

Figure 2. Modèle isostatique à l'équilibre des deux situations proposées (selon Airy)
P1 et P2 représentent respectivement les pressions à l'équilibre exercées par les colonnes de roches dans les situations 1 et 2, sur la surface de compensation.

La très grande majorité des candidats a proposé un schéma crédible et clair. Toutefois, il était demandé de respecter l'échelle verticale. Il fallait donc schématiser une racine crustale quatre à cinq fois plus épaisse que le relief en surface, ce qui n'était pas souvent le cas. Un titre est obligatoire et l'emploi de couleurs fortement conseillé.

1.3.c.2) On applique le modèle d'Airy pour calculer l'épaisseur de la croûte continentale au niveau des Alpes. La situation 2 de la question 1.3.c représente le modèle à l'équilibre d'une croûte continentale totalement pénéplanée. On pose l'hypothèse que les Alpes sont à l'équilibre isostatique dans le modèle.
En posant l'égalité des pressions exercées au niveau de cette surface on obtient :

$$\rho_m g H + \rho_c g e = \rho_c g (h + e + H)$$

Après simplification par g :

$$\rho_M H + \rho_c e = \rho_c (h + e + H)$$
$$\rho_M H = \rho_c (h + H)$$
$$H(\rho_M - \rho_c) = \rho_c h$$
$$H = \frac{\rho_c}{(\rho_M - \rho_c)} h$$

Par application numérique on trouve : H = 18 km, et donc : h + e + H = 52 km.
La croûte continentale en équilibre isostatique au niveau des Alpes fait donc 52 km d'après le modèle d'Airy

Cette question a été globalement réussie. Les résultats aberrants ont souvent été critiqués par les candidats. L'expression littérale des calculs effectués est appréciée.

1.3.c.3) Le profil ECORS montre que la racine crustale alpine est d'environ 50 km sous les massifs cristallins français (Belledone, Vanoise, Grand Paradis), ce qui est cohérent avec l'épaisseur de croûte continentale calculée en question 1.3.c.2.

Cette question a été bien réussie lorsque les questions sur le profil et le calcul ont été bien réalisés.

1.3.c.4) Un épaississement crustal implique l'accumulation d'éléments radioactifs et la production de chaleur *in situ*. Ce réchauffement peut être à l'origine d'un comportement ductile de la croûte.

Cette question a été mal comprise et mal traitée. De nombreux candidats indiquent que "l'épaississement de la croûte continentale augmente l'épaisseur de la racine crustale". La réponse attendue n'est donnée que dans un petit lot de copies. D'autres propositions jugées pertinentes et argumentées ont été acceptées.

1.4.a) L'anomalie de Bouguer au niveau du Massif armoricain est proche de 0 mgal (comprise entre -30 et +50 mgal d'après l'échelle donnée). Elle est forte et négative (de -70 à des valeurs inférieures à -150 mgal) sous le Massif alpin.
Une anomalie de Bouguer négative témoigne d'un déficit de masse en profondeur. Il y a donc un déficit de masse sous les Alpes mais pas sous le Massif armoricain. La croûte étant moins dense que le manteau lithosphérique, la présence d'une racine crustale sous le relief alpin et son absence sous le massif armoricain, suite à la pénéplanation de l'orogène hercynien, peuvent expliquer une telle différence.

Les candidats ont correctement fait le lien entre une anomalie de Bouguer négative et un déficit de masse en profondeur. Les explications relatives à la construction de la carte des anomalies de Bouguer se sont souvent révélées imprécises ou fausses, alors même que cela n'était pas demandé. De plus, des candidats ont conclu qu'une anomalie négative indique que les Alpes ne sont pas à l'équilibre isostatique, ce qui suggère fortement cette notion n'est pas comprise. C'est ici aussi le vocabulaire qui faisait souvent défaut.

1.4.b) Les données gravimétriques confirment le modèle isostatique à l'équilibre calculé en question 1.3.c et attestent l'existence d'une racine crustale sous les Alpes françaises, visible sur le profil ECORS.

Cette question est bien réussie, mais les justifications restaient souvent insuffisantes.

Partie 2 : Genèse et évolution de la croute continentale dans les massifs anciens et récents français

2.1.a Le granite de Saint-Arnac et la roche du document 2.1b (métapélite) sont liés géométriquement car le granite recoupe le ou les plans de déformation des roches métamorphiques (visible par le figuré des métapélites). Par datation relative, on peut conclure que le métamorphisme est antérieur à la mise en place du granite.

Cette question a généralement été mal traitée. La grande majorité des candidats n'a pas vu le recoupement de la déformation par le granite : le métamorphisme a été très souvent été interprété comme du métamorphisme de contact (et donc les métapélites comme postérieures au granite). Les principes de la datation relative ne sont pas utilisés.

2.1b) La roche contient de la sillimanite, du feldspath et de la biotite. Elle ne montre pas de trace de fusion et ne se situe donc pas au-delà du solidus du granite (voir figure 3).

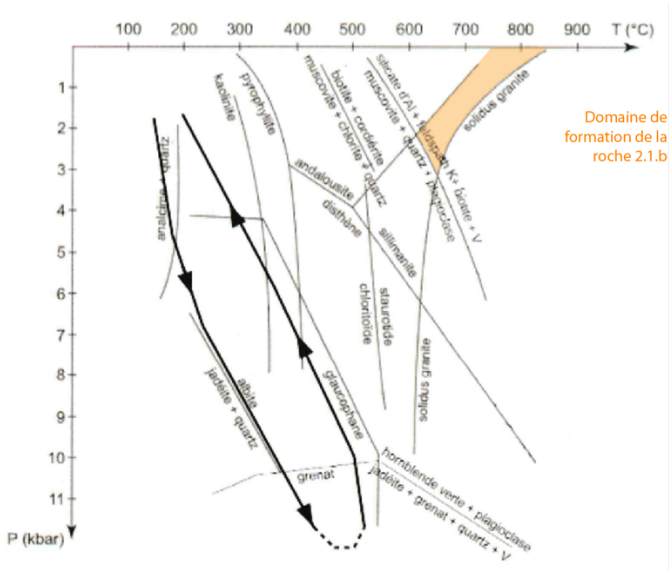

Figure 3. Domaine de formation de la roche 2.1.b dans le diagramme PT

La roche a souvent été correctement positionnée dans le diagramme fourni. Néanmoins, le jury relève de nombreuses imprécisions dans le vocabulaire utilisé par les candidats. Le jury n'a pas pénalisé les candidats qui ont positionné avec une croix la roche mais l'indication d'une zone aurait été plus judicieuse.

2.1c) La réaction métamorphique identifiée à l'aide de la roche 2.1b et du diagramme PT (Mu + Q + Pla => Sill + FK + Bio + V-vapeur d'eau) libère de l'eau, ce qui abaisse le point de fusion de la roche. On peut alors formuler l'hypothèse que le granite de Saint Arnac aurait pu être produit à partir de la fusion partielle de roches équivalentes aux métapélites, permise par la libération d'eau lors de la déshydratation de la muscovite.

Pratiquement aucun candidat n'a évoqué la libération d'eau lors de la réaction métamorphique, et donc le lien entre hydratation et fusion partielle, qui était l'hypothèse attendue.

2.1d) Les métapélites pouvant probablement correspondre au protolithe de ces granitoïdes, leur abondance peut expliquer celle des granitoïdes dans les massifs anciens.

La réponse à cette question est souvent fausse, car les candidats la proposent le plus souvent dans une logique de métamorphisme de contact.

2.2a) L'association grenat et pyroxène de haute pression (jadéite) est caractéristique du faciès éclogite. L'association hornblende verte + plagioclase est caractéristique du faciès amphibolite.

Les réponses à cette question ont été satisfaisantes, mais de nombreuses copies associaient un faciès à un seul minéral (ex. grenat seul pour le faciès éclogite) au lieu de l'associer à une paragénèse (ex. jadéite + grenat).

2.2b) Le trajet prograde correspond au trajet déjà dessiné sur la figure 4. Le trajet rétrograde doit recouper la droite correspondant à la réaction Cpx + Gt + Q +eau => Hb +Pl (présence d'une couronne réactionnelle autour du grenat).

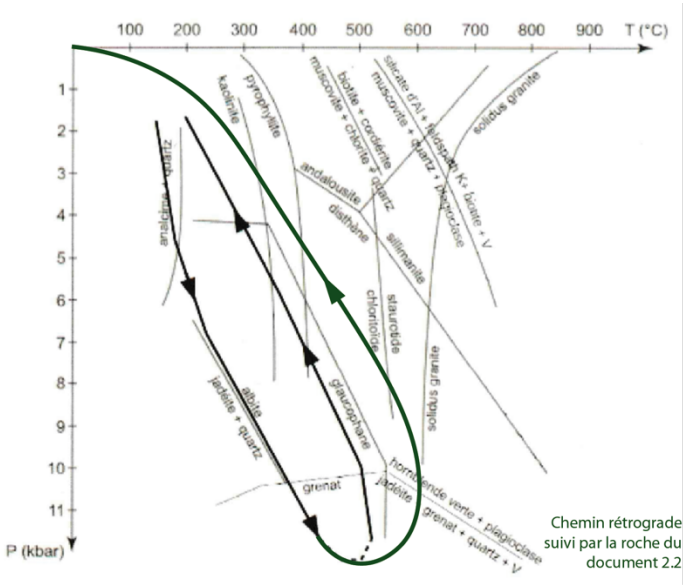

Figure 4. Chemin suivi par la roche du document 2.2

Cette question a été généralement bien traitée, mais le chemin n'est pas toujours justifié (présence d'une couronne réactionnelle) et souvent incomplet (retour à l'affleurement). Quelques copies ont fait partir le chemin au niveau du solidus, sans justification.

2.2.c) Le paramètre physique permettant d'expliquer la différence entre les chemins métamorphiques est la température, vraisemblablement plus importante lors du cycle varisque (ou hercynien) que pendant le cycle alpin dans les Alpes occidentales.

Cette question a globalement été bien traitée. Certains candidats évoquaient également la vitesse de remontée des roches et le rééquilibrage thermique.

2.2.d) L'analyse de la roche métamorphique du document 2.2 montre que la lithosphère hercynienne était probablement plus chaude que la lithosphère alpine dans la zone étudiée.

Cette question a globalement été mal traitée. La plupart des candidats l'ayant traitée ont répété les réponses de la question 1.1d.

2.3 a) D'après la carte, ce sont les massifs anciens qui possèdent le plus de ressources minérales et métallifères.

Cette question a été réussie par tous les candidats. Ce simple constat lié à l'observation de la carte des ressources minières avait pour but d'engager la réflexion sur la recherche de lien entre la localisation des ressources et l'abondance de granitoïdes (cf. question suivante).

2.3b) Les ressources minérales et métallifères sont présentes dans les zones où il y a le plus de granitoïdes. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cela :

- L'anatexie, à l'origine de la concentration d'éléments incompatibles dans les roches magmatiques ;
- Une cristallisation importante des métaux dans les plutons granitiques ;
- Un hydrothermalisme continental lié à une circulation importante de fluides à la faveur des failles.

Le lien géographique entre ressources minérales et métallifères était bien vu dans la majorité des copies. Mais rares sont les candidats qui ont tenté de faire un lien entre les deux, à l'aide de leurs connaissances sur les ressources.

3. Bilan. Les éléments de comparaison entre massifs anciens et massifs récents français sont présentés dans le tableau ci-dessous et récapitulent les différentes conclusions ou hypothèses formulées lors de l'étude des documents.

	Massifs anciens français	**Massifs récents français**
Abondance des granites à l'affleurement	Forte	Faible à moyenne
Épaisseur actuelle de la lithosphère	Moyenne	Importante
Relief	Relief adouci ou pénéplané	Relief élevé et abrupt
Formation des granites	Lors de la formation de la chaine de montagne et de son effondrement gravitaire	Moins importante et effondrement gravitaire non effectif
Température de la lithosphère	Lithosphère chaude	Lithosphère moins chaude
Protolithes de granites	Abondants	Moins de protolithes fertiles

Un bilan est fait par la moitié environ des candidats. Trop souvent la comparaison se limitait à une reprise des éléments qui apparaissaient au début du sujet, sans intégrer les nouveautés introduites par les différentes questions. Quelques candidats ont dressé un bilan sous forme de tableau ou de schéma bilan simple, ce qui a été apprécié.

1. BIOLOGIE : Biodiversité et fonctionnement des écosystèmes

Partie 1 : Biodiversité des producteurs primaires et fonctionnement de l'écosystème prairial

1.a) L'augmentation de la biodiversité des producteurs primaires, c'est-à-dire le nombre d'espèces de producteurs primaires différents au sein de l'écosystème étudié, a un impact particulièrement bénéfique sur les herbivores, les pollinisateurs et les carnivores, dont les abondances sont respectivement multipliées par 4 pour les herbivores et environ 2,3 pour les autres groupes.
L'augmentation de la diversité des producteurs primaires offre plus de ressources différentes pour les herbivores pouvant ainsi satisfaire des régimes alimentaires différents. De plus, cela limite la compétition pour les ressources en favorisant la spécialisation des régimes alimentaires. Il en va de même pour les pollinisateurs qui peuvent entretenir des relations mutualistes spécifiques avec des plantes à fleurs plus diversifiées. Les carnivores connaissent une augmentation de leur effectif et de leur diversité pouvant s'expliquer par une diversification de leurs ressources alimentaire (effet *bottom up)*. Enfin les parasites, souvent spécifiques, bénéficient de l'augmentation de l'ensemble des groupes et disposent de plus d'hôtes potentiels divers, animaux comme végétaux.

Les réponses à cette question étaient dans l'ensemble correctes, mais les justifications ne suffisaient pas toujours. Peu de copies quantifient la variation du nombre d'individus au cours du temps.
Les hypothèses avancées permettant d'expliquer les effets bénéfiques de la biodiversité des producteurs primaires sur les consommateurs manquaient très souvent d'un vocabulaire scientifique précis (niche, compétition, spécificité d'une relation trophique ou interspécifique, …). Plusieurs maladresses sont relevées : « fitness d'une espèce », « coévolution » pour « relation interspécifique », amalgame entre diversité et abondance.

1.b) L'augmentation de la biodiversité des producteurs primaires a un effet néfaste sur le développement des plantes invasives. Les producteurs primaires diversifiés occupent davantage de niches écologiques et exploitent plus efficacement les ressources ce qui rend l'écosystème plus résilient.

Le groupe était bien identifié. L'explication manquait cependant de rigueur scientifique. Le vocabulaire n'est pas maîtrisé ce qui donne lieu à des tournures finalistes (« les plantes luttent contre », « coopèrent contre », ...). Les confusions remarquées en question 1.a se retrouvaient ici, avec en plus l'effet Janzen-Connell confondu avec de l'allélopathie. Certains ont néanmoins pertinemment discuté des stratégies r et K.

1.c) De façon non exhaustive, on peut tout d'abord constater que le contrôle de la biodiversité d'un écosystème, en nombre d'espèces comme en nombre d'individus, est positivement corrélé à l'abondance des producteurs primaires (effet *bottom up*). L'effet au-dessus de la surface du sol est plus marqué qu'en dessous de la surface du sol. L'augmentation la plus importante sous la surface est mesurée pour la macrofaune herbivore qui, comme les populations herbivores vivant en surface, profite directement de cette diversification de ressources. Les populations de macrofaune saprotrophe sont presque doublées, ce qui peut s'expliquer par l'abondance et l'enrichissement des ressources carbonées issus des déchets

et restes des autres populations. En comparant le nombre d'individus et la diversité au sein des groupes, on peut mettre en évidence la spécificité liée à l'interaction pollinisateur/fleur puisqu'une augmentation des effectifs de producteurs primaires impacte peu le nombre de pollinisateurs alors qu'une diversification des producteurs primaires génère une forte diversification des pollinisateurs (interaction spécifique, limite liée au rapport du nombre de pollinisateur/nombre de fleur à visiter).

Dans cette question, plusieurs réponses différentes pouvaient être validées. Afin d'éviter de perdre du temps compte tenu de la quantité d'éléments qui pouvaient être décrits, il était conseillé au candidat de faire ressortir les informations en les catégorisant, en cherchant des similarités dont l'illustration sera basée sur un seul exemple. Il y a beaucoup de paraphrase et de perte de temps à décrire chaque courbe ce qui laisse généralement moins de temps pour l'interprétation. Les comparaisons des groupes vivant au-dessus de la surface du sol par rapport à ceux vivant en-dessous de celle-ci sont rarement faites.

2.a) Pour z = 0, l'équation utilisée dans le modèle devient : $y = a + b = constante$.
La macrofaune carnivore ne semble pas affectée par l'augmentation de la biodiversité des producteurs primaires, les populations sont constantes quel que soit le nombre d'individus ou d'espèces semées.

2.b) Pour z = 1, l'équation devient : $y = a + bS,\ équation\ d'une\ droite\ affine$
La diversité des parasites semble correspondre à ce type d'équation.

Ces deux questions ont globalement été correctement traitées.

2.c) Il ne s'agit pas de remettre en cause un protocole mais de réfléchir sur la construction du modèle mathématique. Ainsi, la quantité d'espèces ou d'individus est directement liée à la production primaire (S). Les interactions entre êtres vivants (mutualisme, parasitisme, compétition) n'entrent pas dans le modèle. Ils peuvent être déduits mais n'impactent pas directement les calculs. Avec ce modèle, une augmentation exponentielle d'une population n'est pas permise (on se situe systématiquement en dessous d'une droite affine) et donc pas de climax possible. Aussi, il n'y a pas de condition limite envisagée. Les populations peuvent croître indéfiniment car la capacité de charge du milieu n'est pas prise en compte. Enfin, les variations environnementales, saisonnières ou climatiques ne sont pas prises en compte et le modèle ne rend compte ni des évolutions cycliques, ni des extinctions.

Toute trace de recherche ou de réflexion était ici valorisée. Les réponses critiquant le modèle mathématique ont rarement été correctes.

3) D'après l'équation du document 2, plus z est élevé, plus l'impact de la biodiversité des producteurs primaires sur le groupe considéré est important. Les herbivores possèdent le z le plus élevé au-dessus comme en-dessous de la surface du sol puisqu'ils dépendent directement des végétaux. De plus, les valeurs calculées sont plus élevées pour la faune épigée que pour l'ensemble des groupes endogées. Ceci correspond bien aux tendances moins marquées du document 1 pour les groupes vivant sous la surface du sol. Les valeurs obtenues ne sont pas discriminantes sauf pour la macrofaune herbivore. On peut enfin noter que les groupes « macrofaune carnivore » et « omnivores », dont les courbes décrivant l'évolution des populations sont quasi horizontales, ont un z proche de 0. Les résultats relatifs

au groupe des « parasites » ne sont cependant pas en cohérence avec le modèle qui prévoyait un z environ égal à 1. Les limites évoquées en question 2.c pourraient être à l'origine de cet écart entre le modèle numérique et l'expérience réalisée.

Peu de candidats ont compris que z matérialisait l'impact de la biodiversité des producteurs primaires. Les comparaisons s'arrêtaient souvent à la mise en parallèle du graphique avec l'équation proposée dans le document 2 et les liens avec le contexte biologique dans lequel est réalisé l'étude n'étaient pas développés.

4)

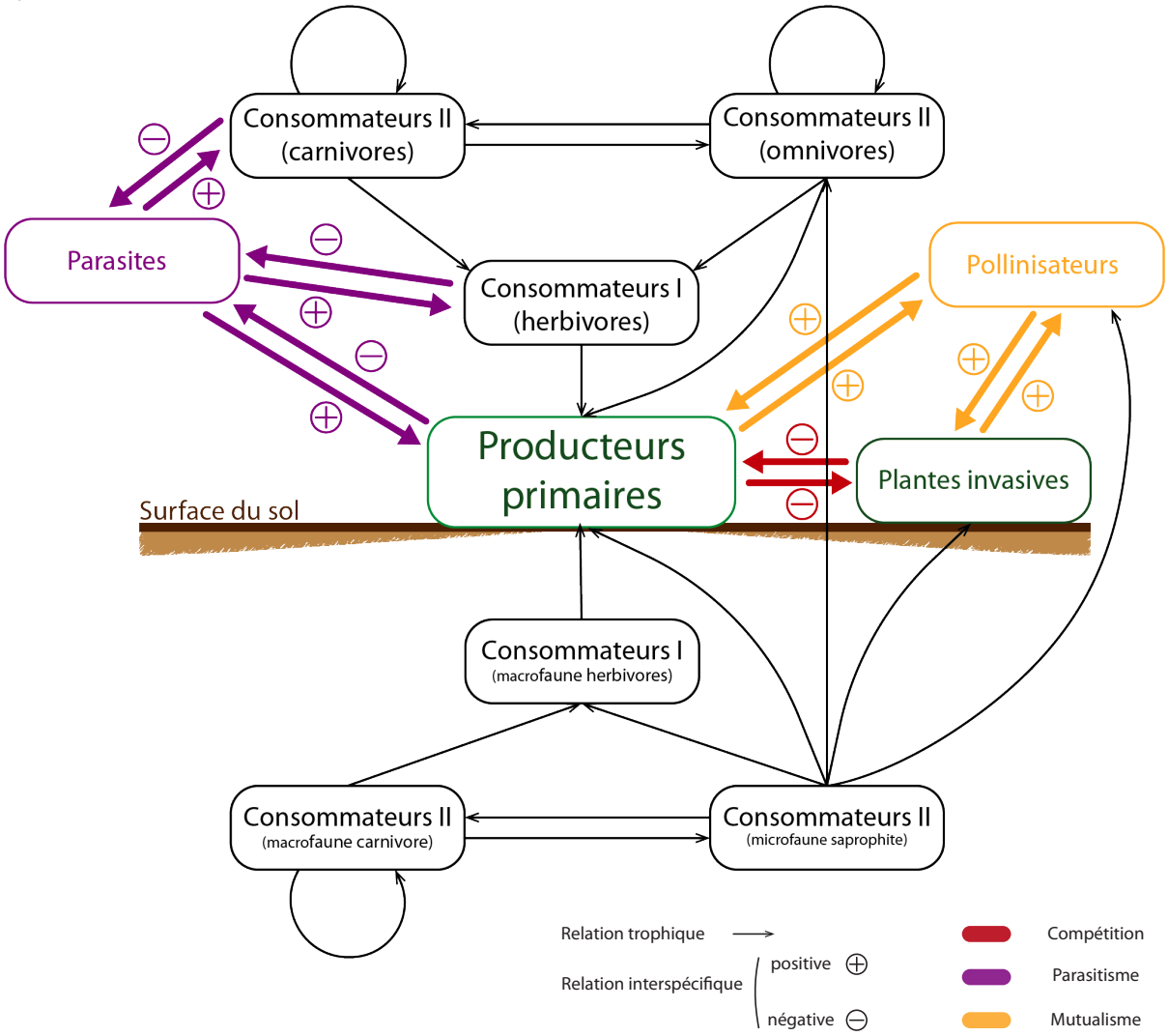

Figure 5. Schéma simplifié du fonctionnement de l'écosystème prairial étudié en partie 1.

Pour une partie des candidats, cette question n'a pas été traitée. Ce genre de question bilan permet pourtant de gagner des points en synthétisant plusieurs aspects de l'étude. Un titre doit être présent et informatif, les légendes doivent être indiquées, le schéma doit être propre et clair. Il y avait beaucoup d'éléments à inclure et certains ont été oubliés, notamment les relations interspécifiques qui devaient être qualifiées de positives ou négatives. Les relations trophiques devaient être correctement représentées, selon les conventions d'usage : « A est mangé par B » s'écrit « A → B »)

Partie 2. Biodiversité et dynamique dans l'écosystème du Serengeti

5a. Les paramètres démographiques déterminant l'effectif d'une population sont la natalité, la mortalité, le sex-ratio, la fécondité, le taux d'accroissement et les migrations. L'effectif d'une population de type proie en interaction avec une population de prédateurs varie de manière cyclique, conformément au modèle de Lotka-Volterra.

Les réponses à cette question ont été décevantes, de nombreux candidats confondant paramètres démographiques et relations interspécifiques (prédation, parasitisme, ...).

5b. On n'observe pas d'oscillations régulières et corrélées entre la population de gnous et celle de lions : le modèle de Lotka-Volterra n'est ici pas valide. Plusieurs hypothèses permettent d'expliquer l'absence d'une oscillation corrélée entre populations de lions et de gnous : le lion chasse d'autres proies et la population de lion n'est pas affectée que par celle de gnous, le gnou a d'autres prédateurs. Rentrent aussi probablement en compte la migration des gnous ou d'autres causes de mortalité.

Plus de la moitié des candidats ont observé une corrélation entre la densité de gnous et celle des lions et ainsi validé le modèle de Lotka - Volterra dans les populations étudiées. Cette réponse pouvait être acceptée, à condition qu'elle soit correctement argumentée et critiquée. D'autres candidats critiquent de manière plus pertinente l'application du modèle de Lotka-Volterra dans cette situation biologique.

6. Pour les petites proies de moins de 200 - 300 kg, la mortalité est exclusivement due à la prédation, ce qui limite l'effectif de ces populations. Ceci s'explique par le fait qu'ils sont chassés par de nombreux prédateurs différents (document de droite). La mortalité des gros herbivores (plus de 200-300 kg) est peu liée à la prédation car peu, voire aucun prédateur ne les chasse. Il existe alors forcément d'autres facteurs limitant leur population : la disponibilité des ressources (aliments, eau…), la compétition intra et interspécifique, …

Cette question a été très bien traitée dans une petite partie des copies. De nombreux candidats se sont restreint à la description des graphiques, et ce sans quantification (masse critique par exemple). Peu de candidats ont proposé un facteur limitant l'effectif des gros herbivores alors qu'il s'agissait explicitement de la question posée.

7a. Ce document confirme que la prédation limite l'effectif de la population pour les petits herbivores tels que le Topi, la Gazelle et l'Impala (la densité en l'absence de prédateurs augmente d'un facteur 5 à 20). Ceci ne s'observe pas chez la Girafe, ce qui est conforme à la réponse à la question précédente puisque la Girafe pèse plus de 800 kg et n'est donc pas chassée.

Cette question a généralement été bien traitée mais les candidats n'argumentent pas toujours leur réponse en se basant sur une quantification et un exemple précis tiré des documents.

Beaucoup n'ont pas fait le lien avec la question précédente, alors que l'énoncé le demandait de manière explicite.

7b. Comment expliquer le déclin de la population de Girafe dans le Serengeti ? Comment expliquer le déclin de la population de Topi dans le Masai Mara, alors que le nombre de prédateurs reste *a priori* constant ?

Cette question a été bien traitée. Il n'était pas demandé de proposer une réponse à la question soulevée.

7c. Pour réaliser une expérience, il faut idéalement faire varier un seul facteur entre une condition témoin et une condition expérimentale et contrôler les autres paramètres supposés constants. Or ici, lorsque l'on compare le Masai Mara au Serengeti, de nombreux facteurs sont variables et non contrôlés : environnement, paramètres climatiques, météorologiques ou saisonniers, ressources en eau, braconnage, présence humaine... De plus, les migrations ne sont pas prises en compte. On ne peut donc pas parler "d'expérience naturelle", il s'agit plutôt d'un travail de suivi de population.

Cette question a été mal traitée par la très grande majorité des candidats, qui ont uniquement critiqué le terme de "naturelle", en pointant l'influence de l'être humain dans les parcs. Or c'est bien sur le terme d'"expérience" qu'il fallait aussi et surtout réfléchir.

8. La situation la plus fréquente dans la nature est de loin la moins intéressante pour les lions, avec au moins 5 fois moins de Gnous tués par jour et par lion. En effet, en groupe, les Lions prospectent une surface moindre et doivent se partager les captures.

En comparant d-b ou a-c, on met en évidence l'avantage de la vie grégaire chez les Gnous : ils se protègent au sein du troupeau, la probabilité de capture d'un individu est moindre au sein de son troupeau.

Donc à court terme, la vie grégaire est un désavantage pour les lions (elle limite la prise alimentaire) et un avantage pour les Gnous. Mais seule la situation d est stable à long terme d'après les modèles probabilistes : c'est la seule effectivement réalisée dans la nature.

Dans de nombreuses copies, les données n'étaient que paraphrasées. Le jury déplore l'absence trop fréquente de comparaisons des situations deux à deux, alors qu'il s'agissait de la seule façon de faire pour pouvoir réellement conclure.

9. D'après le tableau, les performances des lions sont bien meilleures sur tous les paramètres mesurés. Comment les zèbres parviennent-ils à s'enfuir ?

Cette question n'a posé aucun problème aux candidats.

10. Les zèbres courent en zigzag avec une bonne accélération - décélération lors des virages. Les lions effectuent moins de virages et ont une moins bonne accélération - décélération, probablement du fait de leur poids plus élevé et de leur puissance supérieure.

Ces observations sont confirmées dans le doc 9 où l'on observe que les accélérations centripète et tangentielle sont pratiquement égales chez le zèbre et le lion. Les zèbres s'échappent donc en réalisant des virages très fréquents.

Les réponses à cette question ont souvent été bâclées, probablement par manque de temps. De nombreux candidats ont compris le fait que le zèbre faisait beaucoup de virages mais les quantifications et argumentations à partir des documents sont rarement présentes. Certains candidats ont confondu le nombre d'occurrence donné dans le doc 10 et les accélérations dans les virages (information donnée dans le doc 9).

11a. Ces faibles valeurs de P (polymorphisme au niveau d'un locus) et de H (fréquence de l'hétérozygotie à ce locus) peuvent être liées à la dérive génétique, à un effet fondateur, à un goulet d'étranglement. Les conséquences possibles sont de l'homogamie / consanguinité et un appauvrissement du réservoir d'allèles dans la population.

Cette question a été inégalement traitée. Les termes attendus apparaissent parfois mais pas toujours de manière pertinente. La faible diversité est généralement expliquée mais pas la faible hétérozygotie (liée à une consanguinité importante dans la population).

11b. Plusieurs critiques étaient possibles : le fait qu'un seul locus soit étudié, un nombre réduit d'individus pris en compte…

Cette question a été bien traitée. Certains candidats soulevaient la différence d'effectifs entre les deux populations. Cette critique du protocole n'est pas correcte : un résultat peut être statistiquement significatif même avec des effectifs différents (pour peu que ces effectifs soient suffisants).

12. Le volume d'éjaculat et le nombre de spermatozoïdes ne sont pas significativement différents entre les deux populations mais le pourcentage de spermatozoïdes présentant une motilité normale est plus faible et le pourcentage de spermatozoïdes possédant une morphologie anormale est plus élevé chez les Lions du cratère Ngorongoro. Leur sperme est donc de mauvaise qualité par rapport aux Lions du Serengeti.

La cause en est probablement la consanguinité et la dérive génétique qui entrainent une homozygotie. La conséquence est une extinction possible de la population du fait de difficultés pour se reproduire. L'introduction de lions du Serengeti ou d'ailleurs dans la population du cratère est une solution envisageable, comme la création d'un corridor entre les deux parcs (si toutefois cela est possible).

Beaucoup de candidats oublient de prendre en compte les barres d'erreur. Il est rappelé que lorsque les barres d'erreurs se recoupent, les différences ne sont pas significatives et il ne faut donc pas considérer une différence entre les résultats. Les phrases, fréquentes lorsque la question est traitée, de type : le "volume d'éjaculat est supérieur même si les barres d'erreur se recoupent" montrent une incompréhension de la signification de ces barres d'erreur. Les conséquences sont généralement bien traitées et quelques candidats proposent des actions anthropiques pertinentes.