

**SECONDE EPREUVE D'ADMISSIBILITE : EPREUVE ECRITE DISCIPLINAIRE  
APPLIQUEE  
COMMENTAIRES**

L'épreuve écrite disciplinaire appliquée a pour objectif l'élaboration par le candidat d'une séquence d'enseignement correspondant à un élément de programme de niveau collège et/ou lycée. Elle se fonde sur l'exploitation d'un corpus documentaire guidé par des questions recouvrant des champs scientifiques, didactiques et pédagogiques.

Le sujet dans son intégralité est disponible sur le site *Devenir enseignant* : <https://www.devenirenseignant.gouv.fr/>

L'intitulé du sujet est rappelé ci-dessous.

**Les changements de biodiversité aux différentes échelles de temps**

L'étude des changements de biodiversité aux différentes échelles de temps et de leur origine est abordée en sciences et technologie au cycle 3, en enseignement de SVT au cycle 4 et au lycée. Ce thème contribue à l'acquisition de nouveaux savoirs scientifiques ainsi qu'à la construction de compétences scientifiques et transversales. En outre, ce sujet participe à la formation de l'esprit critique en abordant certaines évolutions du monde vivant actuel dans une perspective scientifique.

L'objectif final de cette épreuve est d'élaborer une séquence d'enseignement, pour la classe de seconde, avec la réalisation d'un schéma-bilan. Une séquence d'enseignement s'entend comme un ensemble de séances, articulées entre elles dans le temps et organisées autour d'une ou de plusieurs activités en vue d'atteindre un ou plusieurs objectifs d'apprentissages. Les différentes questions posées dans les deux premières parties permettent d'aboutir à cet objectif.

**PARTIE 1**

Concepts et méthodes en SVT

Durée approximative conseillée : 1h30

**PARTIE 2**

Réflexions didactiques et pédagogiques

Durée approximative conseillée : 1h30

**PARTIE 3**

Construction d'une séquence d'enseignement en seconde.

Durée approximative conseillée : 2h00

Le corpus documentaire était constitué de 18 documents.

L'objectif du sujet était d'aborder dans une première partie quelques concepts généraux **des changements de biodiversité aux différentes échelles de temps**, ainsi que des méthodes utilisées dans les sciences du vivant et les géosciences. La deuxième partie permettait d'amorcer une réflexion didactique et pédagogique sur la construction des notions de biodiversités passée et actuelle inscrites dans les programmes de SVT du second degré. Cette partie contribuait également à l'identification d'enjeux éducatifs liés à ces parties des programmes. Dans la troisième et dernière partie, il s'agissait de construire une séquence d'enseignement en classe de seconde en mobilisant certaines des analyses produites dans les deux thèmes précédents.

Le sujet invitait à exploiter un savoir disciplinaire pour, d'une part, le mettre au service d'actions pédagogiques concrètes, et d'autre part, interroger certains enjeux éducatifs contemporains, comme développer l'esprit critique.

Les documents proposés étaient de nature variée (photographies d'échantillons, logs stratigraphiques, graphiques, tableaux, vues d'artistes, modèles...) permettant aux candidats de mettre en œuvre et de valoriser une large gamme de savoirs et savoir-faire fondamentaux, attendus de futurs enseignants en sciences de la vie et de la Terre en collège et en lycée. Les différentes questions permettaient d'évaluer la maîtrise de notions scientifiques élémentaires (définition d'un fossile) ou plus pointues (diagramme de Wetherhill, anomalies de Bouguer), la précision et la rigueur de la démarche et du discours mis en œuvre, ainsi que l'aptitude à les mobiliser pour construire des réponses pertinentes à des questions pédagogiques et didactiques, en se plaçant dans une posture d'enseignant de SVT. L'esprit de synthèse des réponses, au service du message scientifique ou pédagogique, a également été apprécié par les correcteurs.

### **1. Remarques générales concernant les réponses des candidats**

Les réponses des candidats ont fait apparaître plusieurs constats et le jury tient à souligner particulièrement les points suivants.

#### **➤ Le respect des consignes**

Les consignes ne sont pas toujours respectées, ce qui provient souvent d'une lecture partielle ou peu attentive des questions et documents.

#### **➤ La rigueur scientifique**

Il s'agit d'une composante non négligeable de la compétence professionnelle relative à la maîtrise des savoirs disciplinaires et à leur didactique (entre autres) pour laquelle le jury accorde une attention toute particulière.

#### **➤ La complétude du traitement du sujet**

Certaines questions n'ont pas été traitées par un grand nombre de candidats, laissant penser au jury que des concepts scientifiques fondamentaux ne sont pas maîtrisés. C'est le cas particulièrement des questions de la partie 1.

#### **➤ La rédaction des réponses**

Les qualités rédactionnelles, l'orthographe, le soin apporté dans la communication écrite sont fondamentaux. Le jury a noté des copies très majoritairement bien tenues qui auront obtenu

les points de formalisation prévus au barème. D'autres copies malheureusement montrent une qualité rédactionnelle peu lisible et peu rigoureuse. Souvent, les tableaux présentés par les candidats ne respectent pas les règles de mise en forme et de communication. Ces retours faits aux candidats sont cohérents avec les exigences qu'ils auront eux-mêmes avec leurs élèves.

➤ **L'exploitation des extraits des programmes officiels**

De nombreuses copies présentent des réponses qui ne prennent pas assez appui sur les programmes officiels fournis en document de travail dans le sujet. Ces documents représentent pourtant l'élément indispensable sur lequel s'appuyer pour construire des séquences, des séances, des supports pédagogiques, etc., et construire des apprentissages répondant aux objectifs, de savoirs et savoir-faire, officiels.

*Dans les pages suivantes, des exemples de réponses correctes sont donnés à titre indicatif. Ces exemples ne sont pas des modèles, certaines questions ayant pu être traitées différemment par les candidats et obtenir tous les points prévus au barème.*

## **2. Eléments de correction et commentaires du jury**

Chaque question est rappelée (encadré). Elle est suivie des éléments de correction puis du commentaire du jury sur les prestations des candidats.

### **2.1. Partie 1. Concepts et méthodes**

Cette partie proposait 16 questions.

1A-1. Donnez la définition d'un fossile, puis illustrez les différentes étapes de la fossilisation à l'aide d'un ou plusieurs schémas.

Un fossile est un reste, une trace ou un moulage naturel d'organisme conservé dans des sédiments (parfois dans une roche volcanique à la suite d'une éruption).

La fossilisation implique plusieurs étapes qui demandaient à être schématisées :

- (1) mort de l'organisme
- (2) enfouissement dans le sédiment
- (3) conservation

(a) de la structure, sans modification chimique (squelettes minéralisés) ou avec modifications (recristallisation en lieu et place de la matière organique).

(b) de la forme par moulage, interne ou externe

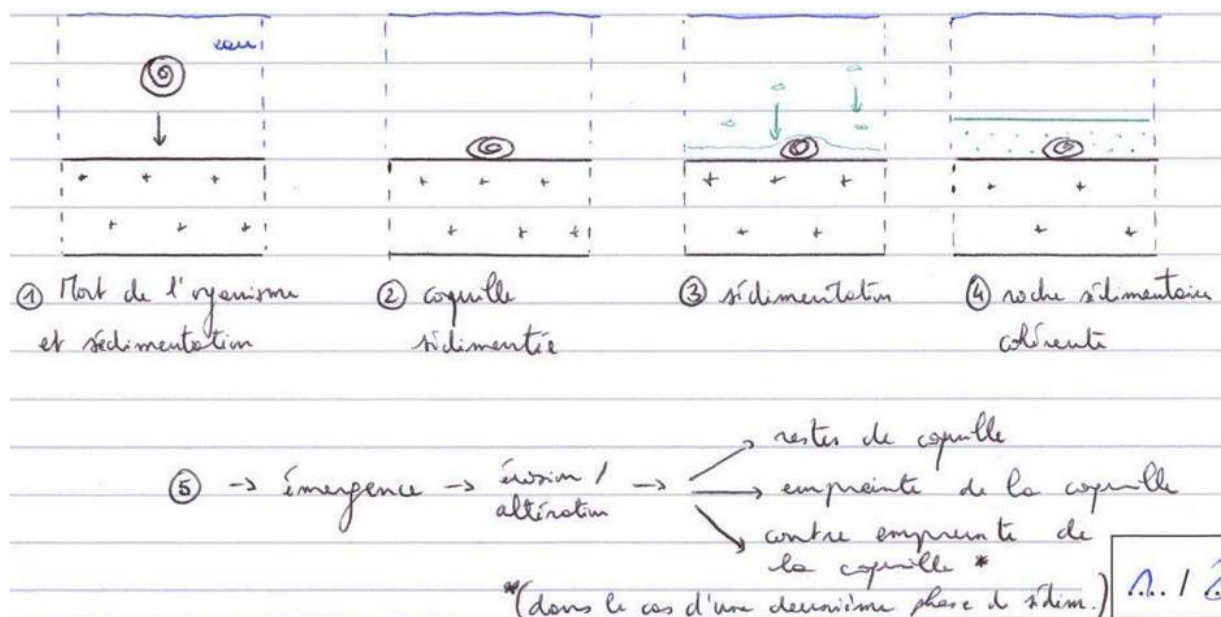
*On attend d'un enseignant qu'il sache clairement donner la définition d'un fossile, un concept de base. Ici, la question était double (définition puis schéma) : il ne s'agissait pas de répondre à la définition à travers le seul schéma des étapes de la fossilisation.*

*De nombreux candidats se contentent de définir un fossile comme « une trace de vie passée qui a été minéralisée ». Il est important de préciser les conditions de cette minéralisation (au cours d'une sédimentation par exemple). De nombreux candidats confondent les termes « sol », « terre », « sédiment », constat déjà fait*

lors de la session 2023 du concours, dont le sujet d'analyse de documents portait sur le sol.

Une définition peut être étayée d'exemples, qui ne peuvent constituer à eux seuls la définition. Plusieurs candidats mentionnent l'existence de fossiles dans l'ambre : si c'est une réalité, ce type de fossile reste très rare, et ne saurait constituer un élément suffisant pour donner une définition générale.

Voici un exemple simple et précis de schématisation pertinente (en remplaçant toutefois « émergence » par « émersion ») :



#### 1A-2. Donnez le principal critère qui permet de définir une espèce en paléontologie.

La morphologie est souvent la seule caractéristique observable d'un organisme fossile (parfois, l'anatomie des organes est conservée). On considérera que deux individus appartiennent à la même espèce si leur morphologie est similaire, ou si les différences sont comprises dans une certaine gamme de valeurs morphométriques.

*Une question simple qui a été bien traitée par la majorité des candidats.*

*Parler simplement de « ressemblance » n'est pas suffisant, puisque cela peut faire référence à d'autres critères (génétiques par exemple). Plusieurs candidats confondent anatomie (disposition des organes internes) et morphologie (forme externe de l'organisme).*

#### 1A-3. Précisez la technique utilisée pour visualiser l'échantillon du cliché C du document 1.

Le cliché C est observé au microscope optique. Dans le cas d'une observation au microscope polarisant, un filtre polariseur est placé au niveau de la source lumineuse. Un deuxième filtre (l'analyseur) est placé entre l'objet et l'oculaire, on obtient une observation en LPA (lumière polarisée analysée).

*Le jury a été surpris par le faible nombre de réponses justes (moins d'un tiers a mentionné le microscope optique ou photonique !), sur une question traitant d'une technique élémentaire dans l'enseignement des SVT. La microscopie*

électronique pouvait être exclue grâce à l'échelle d'observation. Des réponses farfelues ont été souvent présentées (rayons X, IRM, radioluminescence...).

1A-4. Nommez les critères généraux qui permettent d'identifier un foraminifère.

Un foraminifère se caractérise par :

- (1) sa taille (environ 50  $\mu\text{m}$  à 10 cm)
- (2) sa forme (loges)
- (3) sa nature ( $\text{CaCO}_3$  : calcite et parfois aragonite)

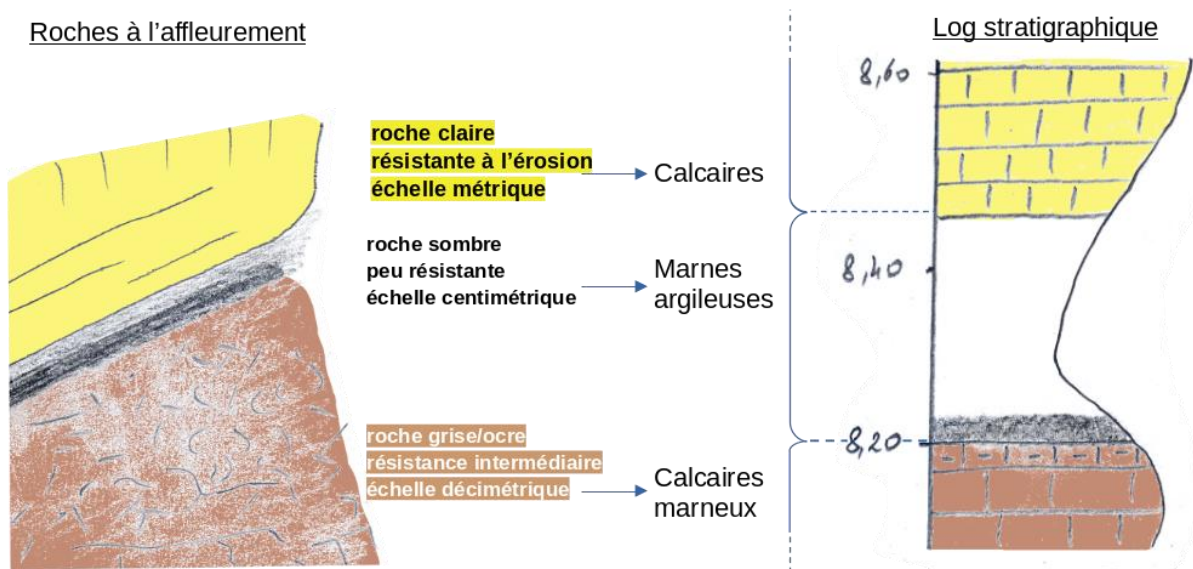
*Une question bien traitée par la majorité des candidats.*

1B-1. À l'aide d'un schéma, mettez en corrélation la lithologie du log stratigraphique (document 3) et les roches visibles sur les photographies (document 2). Justifiez votre réponse.

Il s'agissait ici de se fonder sur l'allure des roches telles qu'elles apparaissent sur le cliché de l'affleurement (couleur, compacité ou résistance à l'érosion). Le principe de superposition pouvait également être utilisé pour justifier de l'âge relatif des couches. Rappelons que des légendes, dont l'échelle, sont nécessaires pour la compréhension d'un schéma : l'utilisation des figurés du log du document fourni ne dispensait pas de rappeler leur signification en regard du schéma.

L'activité tectonique à l'origine du basculement des couches a été mentionnée par plusieurs candidats, mais n'était pas un attendu de la question.

*Cet exercice de corrélation entre un log et un affleurement est classique en sédimentologie, il ne présentait pas de difficulté particulière et de nombreux candidats ont présenté des corrélations justes. Néanmoins, peu de candidats ont justifié leur réponse.*



1B-2. Après avoir rappelé la définition d'une biozone, justifiez leur utilisation pour la datation des roches sédimentaires.

La biozone est une division stratigraphique fondée sur l'apparition et/ou la présence et/ou la disparition d'espèces fossiles données, ou parfois sur leur abondance (= acmé). Les biozones constituent ainsi une échelle stratigraphique de référence. Certains fossiles (dits stratigraphiques) sont particulièrement utiles pour la définition des biozones, leur présence étant limitée dans le temps et leur répartition géographique étendue.

Le principe d'identité paléontologique permet une datation relative des roches sédimentaires. La présence de certains fossiles caractéristiques de certaines périodes géologiques précises permet d'attribuer un âge relatif à ces roches.

*Les définitions proposées par les candidats sont souvent partielles, mais considèrent bien les deux aspects, de temps de référence et de composition en fossiles.*

*Si de nombreux candidats décrivent le principe d'identité paléontologique, il est rarement mentionné dans ses termes. De plus, il était nécessaire d'insister sur le fait qu'il ne permet qu'une datation relative des roches. Les sciences de la vie et de la Terre mobilisent des notions et des outils précis qu'il est important de mentionner en utilisant le vocabulaire scientifique adéquat.*

### 1B-3. Rappelez les critères qui permettent de caractériser une crise biologique.

Une crise biologique est une période de l'histoire de la Terre caractérisée par :

- (1) une disparition de nombreux taxons (= un rapport apparitions/extinctions très faible)
- (2) brutale à l'échelle des temps géologiques (ordre de grandeur : Ma)
- (3) perceptible à l'échelle globale

De nombreux candidats évoquent la phase de radiation comme caractéristique de l'après-crise biologique. Bien que cela soit utile dans la détermination d'une crise *a posteriori*, cela ne constitue pas un élément de définition.

*Plusieurs candidats proposent des valeurs en pourcentages d'espèces ou taxons éteints comme marqueurs d'une crise biologique. Ces valeurs sont souvent très exagérées (jusqu'à 80 % des taxons) par rapport à la réalité ; notons néanmoins que la précision de ces valeurs est fortement dépendante de paramètres tels que la complétude du registre fossile.*

### 1B-4. Expliquez quels arguments le document 4 fournit-il en faveur de l'existence d'une crise biologique pour la limite Crétacé – Paléocène.

On observe :

(1) des changements brutaux d'espèces entre le Crétacé terminal et le Paléocène basal (disparition de tous les genres d'espèces tropicales et subtropicales ; fortes variations des genres d'espèces cosmopolites)

(2) une chute de la richesse spécifique (80 à 20%) avec un faible nombre de survivants, donc un fort renouvellement d'espèces

(3) une extension géographique importante de cette crise (à l'échelle du bassin méditerranéen)

*Un tel document était l'occasion pour le candidat de montrer qu'il maîtrise la démarche scientifique, qui consiste à s'appuyer sur des faits pour élaborer une théorie. Une bonne argumentation repose sur des faits précis. Ici, peu de*



*candidats ont pris la peine de citer des chiffres ou des noms d'espèces et de groupes d'espèces, ce qui a affaibli leur argumentaire.*

*L'observation de la chute de diversité simultanément au niveau des deux sites méditerranéens a souvent été oubliée : bien que n'attestant pas d'un événement à l'échelle globale, cela exclut une échelle purement locale et soutient l'idée d'une crise biologique.*

**1B-5. Rappelez le principe de la datation par radiochronologie.**

La méthode de datation par radiochronologie utilise la propriété naturelle des éléments radioactifs (dits pères) à se désintégrer en éléments radiogéniques (fils). Chaque couple de radio-isotopes se caractérise par une constante de désintégration précise ( $\lambda$ ) en lien avec la demi-vie ( $t_{1/2}$ ) de l'élément père (correspondant au temps nécessaire à la désintégration de la moitié des éléments de départ). Ces paramètres permettent de définir la gamme d'âges pour laquelle ce couple est utilisé en datation.

La relation entre la quantité d'éléments radioactifs et le temps écoulé depuis la fermeture du système (formation du cristal ou de la roche) est donnée par la loi de décroissance radioactive :  $P(t) = P_0 \cdot e^{-\lambda t}$

La diversité des couples isotopiques disponibles permet la datation de roches d'âges différents, du millier au milliard d'années.

*Dans les copies, la notion de demi-vie apparaît souvent, mais est rarement expliquée. Il est regrettable de constater que peu de candidats mentionnent la notion de système et de sa fermeture.*

*La datation par radiochronologie semble rebuter de nombreux candidats, sans doute par la diversité et la relative complexité des méthodes de calcul associées à chaque couple isotopique. Il est souhaitable que des efforts soient menés afin de maîtriser son principe général, qui repose sur des concepts simples, les seuls exigés dans cette question.*

**1B-6. Interprétez la distribution des zircons en 3 groupes dans le diagramme concordia-discordia du document 5.**

L'âge de 500 Ma est placé sur la concordia. Il indique l'âge des zircons non choqués, donc n'ayant pas subi de réouverture du système au moment de l'impact. Cet âge doit donc correspondre au socle du Mexique.

L'âge de 66 Ma est également sur la concordia. Il est obtenu sur des zircons choqués, dont la teneur en Pb radiogénique a été remise à zéro il y a 66 Ma (réouverture du système à cause de l'impact météoritique) : ils datent donc l'impact météoritique.

Entre les deux, des valeurs discordantes (non placées sur la concordia), correspondent aux zircons ayant subi une ouverture partielle du système lors de l'impact météoritique. Cela a entraîné une perte partielle de plomb, empêchant toute datation : l'âge de ces échantillons est indéterminable.

*Près d'un tiers des candidats n'a pas traité cette question. L'absence de mention de la fermeture du système à la question précédente se retrouve dans les difficultés d'analyse de ce document. La différence d'âge des trois groupes de zircons repose en effet sur des différences d'ouverture/fermeture de systèmes.*

1B-7. Expliquez comment les données géophysiques fournies dans le document 6 permettent de valider l'hypothèse d'un impact météoritique à Chicxulub.

On observe la présence d'anomalies gravimétriques organisées en cercles concentriques. Un pic d'anomalies positives au centre traduit un excès de masse en profondeur : il peut être interprété comme un apport de matière dense qui fait suite à la collision par la météorite, ou comme une compaction des roches à la suite du choc. Les anomalies négatives circulaires traduisent un déficit de masse, pouvant être causé par l'éjection de matière à la suite de la collision.

*De nombreux candidats (70 %) n'ont pas traité cette question ou n'ont pas su expliquer les résultats présentés, témoignant de lacunes en gravimétrie. Comme pour la radiochronologie, la maîtrise de concepts de base suffisait à traiter la question. Plusieurs candidats prudents décrivent justement la répartition des anomalies gravimétriques, en les interprétant comme étant dues à des déficits ou excès de masse en profondeur. Une telle analyse suffisait à avoir tous les points.*

*Une vigilance particulière doit être portée par les futurs enseignants sur ce genre de document, qui ne représente pas du tout les variations de topographie !*

1C-1. Expliquez comment est établie une courbe de paléobiodiversité, telle que celle présentée dans le document 7.

Évaluer la paléobiodiversité (biodiversité du passé, basée sur les archives fossiles) implique la recherche, l'identification et la datation de fossiles. Ces données sont ensuite confrontées à celles issues de la littérature scientifique, ce qui permet d'établir une synthèse sur l'ensemble du phanérozoïque.

Les biais liés à la qualité de préservation des sites ou du nombre de chercheurs impliqués dans les différentes périodes nécessitent l'application de facteurs correcteurs.

*Les biais sont rarement mentionnés, ils sont pourtant à l'origine de la correction de nombreuses anciennes courbes de paléobiodiversité, qui avaient tendance à exagérer la biodiversité du Cénozoïque, par leur meilleure préservation du fait de leur âge plus récent, ou par le nombre plus élevé de chercheurs travaillant sur cette ère.*

1C-2. A partir de l'exploitation du document 7, expliquez les variations de paléobiodiversité observées (10 lignes maximum).

On observe une bonne corrélation entre le nombre de genres et le rapport isotopique en Sr : un nombre élevé de genres est souvent associé à un rapport isotopique élevé et inversement (exception faite de la dernière orogénèse, anti corrélée).

Cela indique que la biodiversité augmente lors des orogénèses, où l'érosion est intense : cela caractérise des radiations. Au contraire, la biodiversité diminue lors des phases d'océanisation, caractérisant des extinctions.

Des relations de cause à effet peuvent être envisagées entre ces paramètres :

- l'érosion libère des éléments minéraux, qui s'accumulent dans l'eau de lessivage, enrichissant le milieu de vie des organismes autotrophes. Par effet *bottom-up*, cela favorise le



développement des niveaux supérieurs de la chaîne trophique, dont font partie les animaux marins.

- l'océanisation entraîne une baisse globale du niveau marin (eustatisme), à l'origine de la disparition ou de la modification de niches écologiques. Cela peut perturber la survie des espèces marines animales à l'échelle globale.

Les glaciations sont, dans les deux cas, suivies d'une période de radiation, explicable par la libération de niches écologiques lors de la fonte des glaces.

*La qualité de l'analyse repose sur la précision du vocabulaire employé. Les corrélations dégagées doivent être claires : l'emploi des mots « influence » ou « modifie » ne permet pas de saisir si la variation est une hausse ou une baisse.*

*De nombreux candidats confondent les rapports isotopiques en Sr, utilisés ici comme des marqueurs d'orogénèse et d'océanisation, avec les rapports isotopiques utilisés dans la datation absolue. Il est important d'éviter toute confusion dans ces deux types d'application.*

1C-3. Identifiez les points de vigilance préalables à une mise en parallèle des documents 7 et 8.

Tout d'abord, les données utilisées pour construire ces courbes sont différentes. En effet, la courbe de paléobiodiversité du document 7 indique l'évolution du nombre de taxons d'animaux marins fossiles répertoriés dans les archives sédimentaires ; cela ne correspond donc qu'aux animaux dont les restes ont été préservés et étudiés. L'indice IPV du document 8 quant à lui correspond à l'effectif d'animaux, marins et aériens, parmi ceux des populations choisies pour calculer l'indice.

Ensuite, contrairement à la courbe de paléobiodiversité, l'indice IPV ne donne aucune indication sur le nombre total de taxons : il ne montre que la variation de l'effectif de populations depuis 1970. On peut néanmoins supposer que la baisse du taux d'accroissement des animaux est corrélée à la disparition de plusieurs taxons, animaux ou non.

Enfin, ces deux graphiques présentent une abscisse différente : la biodiversité actuelle est évaluée sur quelques décennies, tandis que la paléobiodiversité passée l'est sur plusieurs millions d'années.

*Cette question a été bien abordée par les candidats, ce qui montre une capacité à critiquer des mises en relation hâtives, à partir de données pas toujours comparables. Néanmoins, peu de candidats extraient des données précises pour appuyer leur comparaison (concernant la différence d'échelle de temps, il était attendu de préciser le nombre d'années).*

1C-4. A partir de l'exploitation des figures 9.1 et 9.2 du document 9, proposez des hypothèses en relation avec l'augmentation du nombre de lézards sur Redonda dès 2018.

La figure 9.1 montre un changement important du milieu en 2 ans : une colonisation importante par des herbacées, créant une strate herbacée pluridécimétrique. Cela entraîne une modification du biotope pour l'espèce de Lézard, pouvant favoriser les cachettes et lieux de nidification (élargissement de la niche écologique potentielle), à l'origine de son développement à cette période (attestée par la figure 9.2). C'est une première hypothèse. Les rats sont des prédateurs potentiels des lézards. Leur extermination en avril 2017 est suivie

d'une croissance de la population de lézards, qui peut s'expliquer par la disparition de leur prédateur. C'est une deuxième hypothèse.

*Toute autre hypothèse cohérente, s'appuyant sur concepts d'écologie a été valorisée.*

1C-5. Après avoir rappelé la définition de la valeur sélective (= fitness), expliquez comment les résultats présentés dans la figure 9.4 du document 9 peuvent aider à comprendre l'augmentation des paramètres morphologiques observés dans la figure 9.3 du document 9.

#### Définition de la valeur sélective

Dans une population, certains individus seront sélectivement avantagés s'ils sont porteurs d'un génotype leur conférant plus de descendants. Ainsi, on attribue à chaque génotype une valeur sélective (notée  $w$ ), ou fitness, une variable qui décrit l'aptitude d'un variant génétique à se perpétuer. Elle peut se mesurer par le nombre moyen de descendants laissés par les zygotes porteurs de ce génotype à la génération suivante. Elle dépend de 2 composantes :

- la survie (ou viabilité, notée  $v$ ) : probabilité pour un zygote porteur de ce génotype, d'arriver à l'âge reproducteur
- la fécondité (notée  $f$ ) : nombre moyen de zygotes laissés à la génération suivante (ou de gamètes participant à la reproduction).

La valeur sélective d'un génotype va donc influencer sur les fréquences de ce génotype, et entraîner une déviation par rapport aux proportions de Hardy-Weinberg. Ainsi, on obtiendra la valeur sélective en divisant la fréquence réelle du génotype, par sa fréquence attendue sous H-W.

Une valeur sélective  $>1$  indique que le génotype est favorisé par sélection naturelle.

Une valeur sélective  $<1$  indique que le génotype est défavorisé par sélection naturelle.

#### Analyse du document

Le tableau 9.3 montre une augmentation de la taille des individus (corps et tête) entre 2017 (date du retrait des rats) et 2018.

Le graphique 9.4 montre que les individus présentant une force de morsure élevée ont une descendance plus abondante que les individus à la force de morsure plus faible. Ils ont donc une fitness supérieure.

On peut supposer que la force de morsure est corrélée à la taille de l'individu, en particulier de sa tête. Les individus de grande taille ont donc une fitness supérieure à celle des individus plus petits. Comment expliquer la modification de phénotype observé entre 2017 et 2018, chez une population indigène de lézards, présente depuis fort longtemps ?

Les deux espèces chèvre et rat ont pu exercer une pression de sélection négative sur les individus les plus gros (plus repérables ? moins mobiles ?) diminuant leur fitness. Le retrait de ces deux espèces a rétabli une valeur de fitness supérieure, à l'origine de leur accroissement dans la population de lézards. Cet exemple montre qu'un caractère peut être avantageux dans certaines conditions, et défavorable dans d'autres.

*Toute réponse exposant les notions de survie et de fécondité, même de façon succincte, a été valorisée.*

*La notion de fitness est souvent présentée au niveau de l'espèce, alors qu'elle n'a de sens qu'à l'échelle intraspécifique, puisqu'elle compare des génotypes différents d'organismes de la même espèce.*

*Le changement de fitness déclenché par le retrait des rats a été rarement présenté. La plupart des candidats reste sur l'étude du graphique 9.4, en occultant les données du tableau 9.3 où la variation phénotypique était bien visible. Ce changement de forme devait être mis en relation avec une augmentation de la fitness des grands individus.*

*Quelques candidats pensent à critiquer la pertinence de la droite de régression linéaire, au vu de son faible  $R^2$ , et donc à nuancer le propos sur le lien entre fitness et paramètres morphologiques. Ces réponses ont bien entendu été valorisées.*

*La rareté des copies à l'expression finaliste montre une bonne maîtrise générale de l'aspect mécanistique de la sélection naturelle, ce qui est très satisfaisant.*

## 2.2. Partie 2. Réflexions didactiques et pédagogiques

La deuxième partie du sujet comportait 14 questions. Elle complète les documents scientifiques vus précédemment, par d'autres documents considérés comme classiques dans le métier d'enseignant de SVT. Les compétences didactiques et pédagogiques des candidats sont évaluées à travers la qualité de la démarche pédagogique, l'adéquation aux exigences des programmes officiels, la maîtrise d'outils didactiques (barème curseur, évaluation diagnostique).

### Question 2A. Réflexions didactiques autour d'une ressource scientifique

*Le jury a relevé une méconnaissance des mécanismes évolutifs (phylogénie, évolution). Plusieurs candidats ou candidates ont confondu Paris Canyon et Paris en France. Lorsque la question A3 est traitée, les supports concrets sont très souvent absents ce qui est préjudiciable pour un enseignement de sciences expérimentales.*

### 2A-1. Dans le cadre d'une séance en classe, justifiez la pertinence d'utiliser des publications scientifiques pour aborder le peuplement du passé.

Diverses justifications possibles :

- **Fiabilité des sources** : site officiel ou proche éducation nationale présentant les résultats de recherches scientifiques, auteur identifiable, validation par les pairs....
- **Permet l'éducation au choix des sources et médias (EMI)** : lutter contre les « fake-news » et publications de sources conspirationnistes ou créationnistes
- **Parcours avenir, découverte du métier** de journalisme scientifique et de paléontologue.

2A-2. Précisez les intérêts et les limites de l'utilisation d'une vue d'artiste telle que celle présentée en figure 10.3.

Intérêts	Limites
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilite la compréhension pour l'élève de la notion de paléoenvironnement</li> <li>- Permet une discussion sur l'actualisme</li> <li>- Discussion sur la vision parcellaire du paléoenvironnement et donc sur les conditions de fossilisation (on ne voit que les espèces fossilisées)</li> <li>- Rendre visible les événements du passé</li> <li>- Rendre l'histoire ludique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interprétations, « vue de l'esprit » sur le mode de vie, relations entre individus, couleurs des organismes</li> <li>- Échelles pas toujours respectées pour des raisons artistiques</li> <li>- Appréhension du temps par la mise en place d'une représentation figée</li> </ul>

2A-3. Dans le cadre d'une séance de cycle 3 portant sur la partie de programme « le vivant, sa diversité et les fonctions qui le caractérisent » (et en particulier « biodiversité actuelle et passée » document 18a), proposez une activité en utilisant tout ou partie du document 10. Vous préciserez :

- les ressources complémentaires éventuelles que vous mobiliseriez ;
- la ou les consignes données aux élèves.

Toutes ressources pertinentes permettant de faire le lien entre diversités actuelle et passée, par exemple :

**Support documentaire :**

- Frise chronologique géologique, échelle des temps
- Carte paléogéographique mondiale du Trias
- Photographies d'un site fossilifère local
- Acquisition de la notion de changements de biodiversité : comparaison biodiversité actuelle (photo écosystème local actuel) et biodiversité passée (photographies site fossilifère plus local)
- Photographie d'un écosystème marin actuel (10-4 ou autre plus local)
- Acquisition de la notion de changements de biodiversité mondial : corrélation entre exemple USA et local

**Support concret :** Échantillons fossiles

**Support numérique :** Logiciel Phylogène, ou autre logiciel

Consignes proposées en lien avec l'activité :

- Positionnez le Trias sur la frise chronologique.
- Remplacez son fossile dans un paléoenvironnement à partir de documents sur le fossile et le descendant actuel.
- Expliquez les liens de parenté entre les espèces actuelles et les espèces fossiles à l'aide d'un logiciel.
- Réalisez un tableau comparatif des êtres vivants en utilisant les documents 10.3 et 10.4.

Question 2B. Conception et mise en œuvre d'une activité pratique expérimentale pour construire la notion de crise.

Une activité pratique est proposée à des élèves de seconde. Il s'agit d'observer à la loupe binoculaire des contenus fossilifères de deux échantillons de calcaires marneux provenant de la falaise de Bidart (documents 2, 3 et 4), l'un du Danien (Paléocène), l'autre du Maastrichtien (Crétacé supérieur) en identifiant et en dénombrant les microfossiles de foraminifères à l'aide du document 11.

2B-1. En vous aidant des ressources à disposition (documents 2, 3, 4 et 11), proposez une activité pratique que vous feriez avec des élèves de seconde en précisant :

- le ou les objectifs proposés ;
- la problématique ;
- les modalités de travail des élèves, en les justifiant, et les ressources utilisées ;
- la ou les consignes données aux élèves.

**Objectifs :** on cherche à montrer que la biodiversité évolue en permanence tout au long de l'histoire des êtres vivants en interaction avec les changements environnementaux (BO).

Identifier des changements de la biodiversité au cours de la crise Crétacé/Tertiaire à différentes échelles (macro et microscopique).

Aborder la notion de fossile stratigraphique.

Découvrir les microfossiles du groupe des foraminifères.

**Problématiques :** *Comment les fossiles peuvent-ils témoigner de l'existence d'une crise de la biodiversité ? On cherche à montrer que les foraminifères témoignent de l'existence d'une crise passée.*

**Organisation :**

- Travail par binôme  
pour les élèves : facilite la coopération, les échanges d'idées, motivation...  
pour le professeur : évaluation du savoir être, gestion du matériel...
- Échantillons de résidus secs de marne (Danien, Maastrichtien)
- Loupe binoculaire
- Clé d'identification (doc 11)
- Documents 2, 3 et 4 + carte géologique régionale ou de France au millionième

**Exemple de consignes :**

- Pour chaque résidu, **isolez** dans le champ d'une loupe binoculaire les foraminifères présents.
- **Identifiez**-les en utilisant la planche de détermination (globigérines, globotruncana ou hétérohélicidés).
- **Déterminez** la période de présence des foraminifères.
- **Présentez** vos observations sous forme d'une image numérique traitée ou d'un dessin d'observation (photos via Mesurim, caméras numériques ; comptage éventuel via Mesurim des différents groupes de foraminifères pour donner une abondance relative des groupes sur les deux périodes)
- A partir de l'ensemble des documents, répondre à la problématique initiale

2B-2. Proposez des ressources complémentaires à cette activité pratique permettant de conduire au bilan sur la notion de crise biologique.

Ressources complémentaires pouvant être utilisées :

- Graphiques d'abondance relative d'autres groupes (mammifères, angiospermes, insectes, amphibiens, dinosaures...)
- Documents sur le contexte géologique (carte paléogéographique, volcanisme, climat, impact météoritique)
- Graphique sur l'évolution de la biodiversité mondiale marine et continentale au cours des temps géologiques.

**Près de 10 % des candidats n'ont pas traité cette partie, ce qui est étonnant, l'objectif étant de réaliser une séance pratique, compétence attendue de la part de futurs enseignants des SVT.**

*Souvent l'élève doit juste identifier « quel est le foraminifère présent » dans chacune des lames (comme s'il n'y avait qu'un seul type de foraminifère par lame, comme une coupure nette...). Au mieux est proposé un comptage des différents foraminifères, mais les candidats ne tirent pas partie de ce travail réalisé par l'ensemble des binômes : une mise en commun de l'ensemble des résultats de la classe permet une analyse statistique plus fiable, et donne du poids à l'interprétation.*

*Le jury a souvent regretté l'absence de précision de la nature des « échantillons » qui seront observés par les élèves (résidus de lavage de marnes ou lames minces ?), ce qui aurait justifié le matériel utilisé pour l'observation (loupe binoculaire ou microscope).*

*Quand le document 4 est proposé aux élèves, c'est pour qu'ils puissent identifier l'âge des échantillons. Or ce document ne comporte pas les mêmes noms d'organismes que ceux de la fiche de détermination (doc. 11). Il est indispensable de vérifier que le document donné permet de réaliser la tâche pour laquelle on le donne ET/OU le didactiser.*

Question 2C. Analyse des acquis d'élèves à travers une évaluation formative en cycle 4

En aval d'une séance sur la sélection naturelle, un exercice est proposé aux élèves. Il est accompagné de quelques productions d'élèves correspondantes (document 12).

2C-1. Précisez ce que l'on entend par évaluation formative et quels en sont les objectifs pour l'enseignant.

**Définition :** Évaluation qui se réalise en cours d'apprentissage permettant le contrôle de l'acquisition de connaissances et /ou de compétences. Elle ne correspond pas à une évaluation finale ou de fin de chapitre.

**Objectifs :** repérer les élèves en difficultés, les faire progresser. Les connaissances et compétences peuvent être ainsi validées, renforcées ou remédiées.



2C-2. Justifiez le choix de la consigne par l'enseignant « formulez une hypothèse afin d'expliquer » plutôt que « expliquez ».

La formulation d'une hypothèse par les élèves permet l'acquisition et le travail de la démarche scientifique. Le manque de documents, de données ne permet pas de construire une explication complète ce qui amène ici à plusieurs solutions hypothétiques.

2C-3. Proposez une grille d'évaluation sous forme de barème curseur pour la question du document 12.

	Avec aides		Sans aides	
Attendus :	Maîtrise insuffisante	Maîtrise Fragile	Satisfaisant	Très satisfaisant
<b>Description :</b> Plus de 80% de moustiques résistants se trouvent dans la zone traitée.	Description maladroite		Description correcte	
<b>Hypothèse :</b> L'utilisation de l'insecticide a entraîné la présence de moustiques résistants.	Hypothèse maladroite	Hypothèse bien formulée et scientifiquement valide	Hypothèse maladroite	Hypothèse bien formulée et scientifiquement valide

*Les réponses à la question C1 montrent une confusion récurrente entre évaluations formative et diagnostique. La définition de l'évaluation formative se limite très souvent au fait qu'elle « ne compte pas dans le bulletin ».*

*Pour la question C2, les réponses sont souvent déconnectées de tout raisonnement scientifique car la notion d'hypothèse est mal maîtrisée et mal reliée à la démarche scientifique : une hypothèse ne relève pas d'une opinion.*

*Des candidats considèrent comme « maîtrise insuffisante » le fait que l'hypothèse ne commence pas par « Je pense que/Je suppose que... ». Une hypothèse ne commence pas obligatoirement par ces propositions et, surtout, cette façon de faire prévaloir la forme sur le fond pourrait pénaliser l'élève qui a la bonne hypothèse au niveau des idées « seulement » parce qu'il ne respecte pas la mise en forme imposée (arbitrairement) par le professeur.*

*L'exemple ci-dessous montre une proposition de candidat qui respecte les attendus pour répondre à la question.*

	1 <del>à</del> 2 pts	3-4 pts	5 pts
Description de répartition /5	Distinction zone traitée / non traitée Pas de chiffres	Comparaison chiffrée T / non-T	idem + pas de résistants avant 1968
Hypothèse /5	Les moustiques sont "devenus" résistants	Mort des individus sensibles et sélection des résistants	Idem + reproduction des résistants → population résistante

Question 2D. Modélisations des changements de biodiversité sous l'action de la sélection naturelle

Différentes modélisations permettent d'aborder l'évolution de la biodiversité sous l'action de la sélection naturelle.

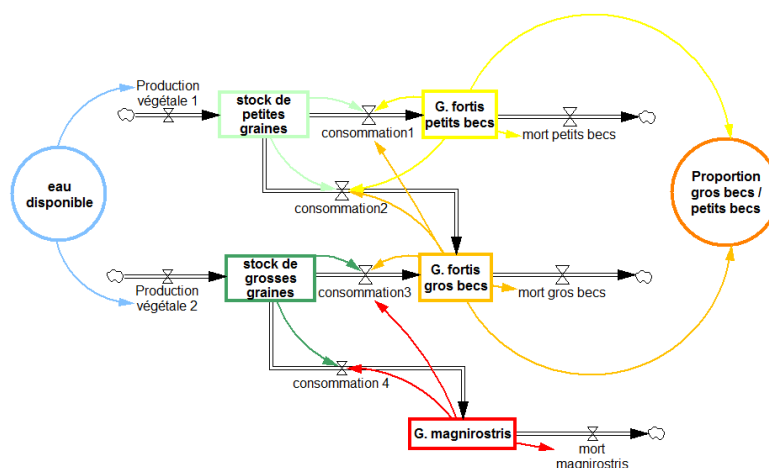
2D-1. Précisez les résultats attendus pour la modélisation présentée dans le document 15.

On s'attend à voir :

- la fréquence des individus porteurs de caractères avantageux augmenter voire se fixer dans la majorité des modélisations
- la fréquence des individus porteurs de caractères désavantageux diminuer voire disparaître dans la majorité des modélisations
- la fréquence des individus porteurs de caractères neutres fluctuer au hasard des modélisations

2D-2. Le document 16 fournit le schéma du modèle construit à partir d'un logiciel de simulation (VENSIM) pour l'année 1977. Complétez ce schéma sur le document-réponse (présent à la fin du corpus documentaire) de manière à représenter le modèle pour l'année 2004.

Ajout de l'espèce *G. magnirostris* sur le modèle avec création d'une relation « consommation 4 » à partir du stock de grosses graines et création d'une influence sur « consommation 3 ».



2D-3. Sous la forme d'un tableau, présentez les avantages et les limites de chacune de ces modélisations (analogique et numérique) pour aborder la notion de sélection naturelle avec les élèves.

	Avantages	Limites
<b>Modèle analogique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- la manipulation d'objets concrets peut aider à construire une représentation mentale et donc à comprendre, mémoriser, utiliser (exemple de modélisation de chromosomes, de gènes et d'allèles).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les objets physiques utilisés sont souvent très éloignés des caractéristiques physiques des éléments réels et donc les modèles sont souvent très éloignés de la réalité (modélisation de l'effet de serre, modèles tectoniques analogique de convergence ou divergence utilisant de la farine,,).</li> <li>- Difficulté du retour au réel.</li> </ul>
<b>Modèle numérique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- grande qualité de représentation, pas toujours possible avec des objets concrets (exemple modélisation 3D de structures cellulaires ou anatomiques).</li> <li>- explorer un grand nombre de cas possibles (exemple de modélisation sur la régulation en physiologie, sur les mécanismes évolutifs)</li> <li>- répliquer un grand nombre de fois une même expérience, ou de manipuler un grand nombre d'objets (exemple de travail sur des grandes populations).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- algorithmes souvent non accessibles ; ces boîtes noires peuvent être des obstacles à la compréhension.</li> <li>- nécessité d'accès à un parc numérique suffisant (c'est souvent le cas en lycée, mais pas encore toujours en collège).</li> <li>- Difficulté / complexité de la construction ; de la lecture de graphiques</li> <li>- Vensim PLE n'est pas un modèle scientifique</li> </ul>

12 % des candidats n'ont pas traité cette partie concernant la modélisation alors que l'utilisation de modèles dans l'enseignement des SVT est omniprésente. Le devenir du caractère neutre (D1) est trop souvent absent. Très peu de copies ont présenté une réponse complète et sans erreur. Les candidats précisent dans les limites (D3) que les modèles sont « complexes » sans autre précisions.

Question 2E. Organisation d'une sortie scolaire dans un musée pour une classe de seconde

Une visite de la Grande Galerie de l'Évolution du Jardin des Plantes, Muséum national d'Histoire naturelle de Paris (document 17), est organisée pour une classe de seconde.

2E-1. Justifiez le choix de réaliser une sortie dans un musée plutôt qu'une étude documentaire en classe. Vous ne développerez que deux arguments.

La sortie à la grande galerie de l'évolution en Seconde permet aux élèves de s'approprier une partie du programme de SVT sur la biodiversité. Dans cet espace, les élèves découvrent que la biodiversité se caractérise à différentes échelles d'observations (écosystèmes, espèces, individus), travaillent l'observation par le dessin scientifique et utilisent les ressources de la galerie pour comprendre les forces évolutives qui animent la biodiversité et déterminent l'impact de l'humain sur cette dernière.

Catégories d'arguments possibles :

- Diversification des pratiques pédagogiques et d'apprentissages
- Enjeux éducatifs : ouverture culturelle, cohésion, développer les compétences psycho-sociales....
- Parcours avenir : découverte des métiers
- Acquisition de savoirs scientifiques
- Aspect concret, naturaliste des SVT
- L'enthousiasme et l'excitation de visiter le musée
- Parcours d'activités interactifs

2E-2. Formulez des consignes pour le recueil et l'exploitation d'informations issues de la visite de la salle des espèces menacées et disparues de la Grande Galerie de l'évolution.

Une fiche d'activité, un questionnaire avec des consignes permettant d'aborder 2 aspects :

- Recueil de **témoins de crises de biodiversité passées** (espèces éteintes, périodes d'extinction)
- Recueil de **témoins de crise de la biodiversité actuelle** (espèces menacées, origine de la menace).
- Distinction des origines biologiques et/ou géologiques et/ ou anthropique des crises passées et actuelle.

2E-3. A l'issue de la visite de la salle des espèces menacées et des espèces disparues, un élève évoque l'hypothèse d'une 6<sup>e</sup> crise biologique causée par les conséquences de l'activité humaine mais affirme ne pas y croire car « cela n'a rien à voir avec ce qui s'est passé au moment de la crise crétacé-paléocène, par exemple avec la disparition de tous les dinosaures ». Proposez une réponse à cet élève.

Éléments scientifiques :

- Limites de l'actualisme
- Distinguer les échelles de temps entre crises passées et actuelle
- Valeur scientifique de la preuve, fait biologique peu discutable
- Rappels sur la définition de dinosaure et la non extinction de ce groupe

### Éléments éducatifs :

- Esprit critique : sciences, croyance vs démonstration, opinion (complotisme, climatoscepticisme)
- Prise en compte de la robustesse des arguments

*Environ 11 % des candidats n'ont pas traité cette partie. L'aspect ludique est régulièrement cité par les candidats. Les consignes sont souvent présentées, mais l'exploitation possible est rarement mentionnée. Les éléments éducatifs sont régulièrement absents. Seulement l'échelle de temps est présente.*

### 2.3. Partie 3. Construction d'une séquence d'enseignement en classe de seconde

Tous les documents du dossier sont mobilisables pour la construction de cette séquence, mais l'exhaustivité n'est toutefois pas attendue.

L'objectif est de construire une séquence d'enseignement en lycée en classe de seconde, portant sur le point du programme :

La biodiversité change au cours du temps

**Dans cette séquence vous montrerez comment peuvent être intégrés et articulés certains éléments et documents exploités dans les parties 1 et 2, dans une démarche dont vous ferez clairement apparaître la logique.**

#### **Cette séquence comportera obligatoirement :**

- **une situation d'évaluation diagnostique afin d'amorcer la séquence, en spécifiant sa mise en œuvre (organisation de la classe, ressources utilisées...).**

- **plusieurs séances, dont vous préciserez, pour chacune :**

- les grandes étapes de la démarche pédagogique choisie (y compris l'articulation avec la séance précédente) ;

- les activités proposées en précisant les objectifs, les documents mobilisés ainsi que les modalités organisationnelles ;

- un bilan notionnel.

- **un schéma bilan fonctionnel faisant ressortir de façon distincte les points spécifiquement apportés au niveau de la classe de seconde et ceux construits antérieurement au cycle 4.**

Ce schéma correspondra à l'objectif du programme de seconde « un lien est établi entre le constat d'une évolution rapide au travers d'exemples actuels et les variations de la biodiversité planétaire à l'échelle des temps géologiques et en interaction avec les changements environnementaux ».

#### **Précision importante :**

Il n'est pas attendu du candidat la construction de tous les points du programme mais uniquement l'exploitation, cohérente et intégrée dans une démarche, d'exemples passés et actuels de variation de biodiversité en lien avec des changements environnementaux.

*La dernière partie du sujet permettait au candidat de remobiliser l'ensemble du travail effectué lors des deux premières parties. Un bon traitement du début du sujet autorisait à se concentrer sur l'enchaînement des activités et la qualité de la démarche, en leur donnant du sens.*

*Le jury attendait véritablement que chaque élément de la consigne soit présent de manière explicite dans les copies. De très nombreuses copies ont révélé une partie 3 non faite (12,3 % des candidats), réduite à un schéma bilan ou pour le moins bâclée par manque de temps. Rares sont les copies qui ont pu mettre en évidence le savoir-faire d'une construction de séquence organisée, répondant à une ou plusieurs problématiques explicites, organisées en séances, elles-mêmes présentant une ou plusieurs activités desquelles découlent des éléments complets ou partiels de réponse à la problématique posée et faisant montre d'un développement de savoirs (sous-forme de bilan par exemple) et de savoir-faire identifiés en lien avec la tâche proposée. L'élève apparaît trop souvent absent des copies ou bien alors présenté en tant qu'exécutant de tâches à accomplir. Celui-ci est peu présent dans la construction des séances et de la séquence. Il est important de rappeler que si la connaissance d'outils pédagogiques (tels que la démarche hypothético-déductive, parmi d'autres) est essentielle, la simple énumération de ses constituants (objectifs, problèmes, hypothèses) ou leur affichage au sein d'une démarche dénuée de sens ne saurait être valorisée. La qualité pédagogique d'un enseignant repose sur la logique de sa démarche.*

➤ **La séquence construite**

*Le jury attendait là encore les marqueurs essentiels d'une séquence construite dont les éléments saillants étaient explicités dans le sujet. De nombreuses copies n'ont pas suffisamment pris appui sur la consigne pour construire cette troisième partie, ce qui n'a pas permis d'atteindre le maximum du barème.*

➤ **L'évaluation diagnostique**

*Seules de rares copies présentent une véritable évaluation diagnostique qui permette de faire un état des lieux des savoirs et savoir-faire des élèves acquis précédemment avec un objectif concret à cette évaluation : pouvoir remédier aux besoins identifiés..., pouvoir organiser le groupe classe..., permettre de remobiliser dans le but de... De très nombreuses copies se sont contentées de présenter un travail de rappels des acquis des années antérieures, le plus souvent de vocabulaire, en classe dialoguée ou en version écrite mais qui de fait, ne constituent pas une évaluation diagnostique.*

*Certains candidats utilisent des situations initiales avec des objets de fiction (Jurassic Park) ce qui n'est pas compatible avec l'enseignement des sciences.*

➤ **Les séances apparentes**

*Si un point particulier est développé ci-dessous concernant les séances en tant que telles, le jury attendait pour ce point précis que les séances apparaissent réellement, avec une quotité horaire, et/ou un début et une fin et/ou tout élément qui permette de comprendre que les candidats sont conscients de ce que représente une séance qui a très souvent été substituée par des activités. Le jury*



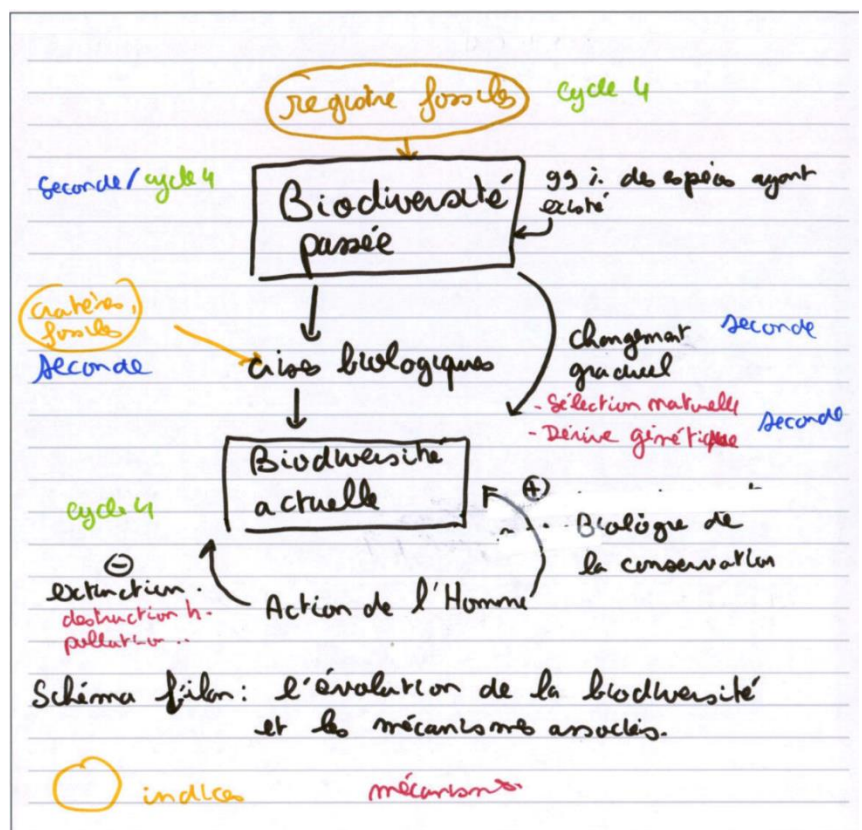
rappelle qu'une séance pourrait inclure plusieurs activités et que si une activité couvre l'ensemble de la durée d'une séance, cela mérite d'être mentionné. L'articulation est présente dans la majorité des cas. Plusieurs copies présentent des propos finalistes concernant l'évolution de la biodiversité au cours du temps ce qui interroge. Quelques candidats confondent fossiles et ancêtres. Le modèle analogique (avec les billes) a souvent été utilisé uniquement pour la sélection naturelle. Les candidats semblaient ignorer que les deux mécanismes peuvent être modélisés par cette activité. Les activités proposées par les candidats sur les mécanismes de l'évolution (sélection naturelle et dérive génétique) au niveau des populations ne conduisaient pas à une étude – claire et nette - de la spéciation, alors même que la spéciation avait pu être citée dans les objectifs de la séance et pouvait être mentionnée dans les bilans. Peu de candidats proposent une activité sur le Pouillot verdâtre.

### ➤ Le schéma bilan

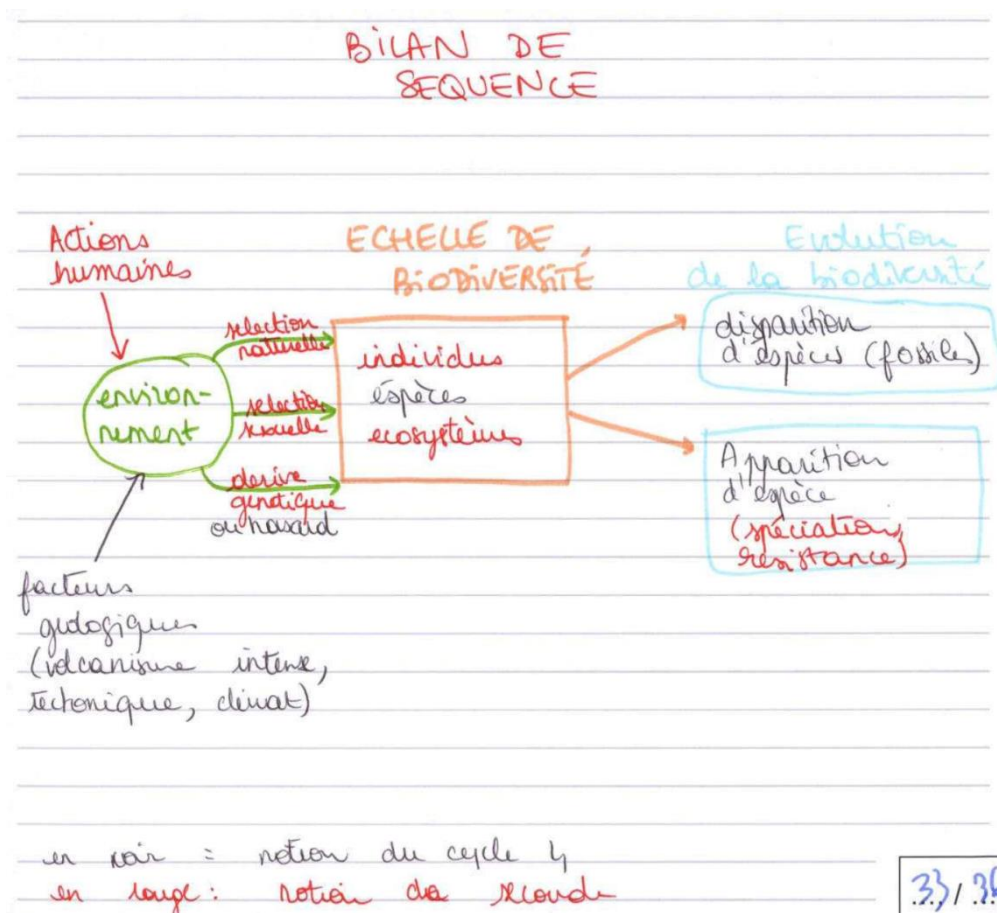
Comme indiqué précédemment, cette partie a souvent été réalisée avec peu de temps et de fait, les schémas bilans apparaissent pour un grand nombre peu soignés, ne respectant pas les conventions de communication et avec des erreurs ou oublis scientifiques importants. Des schémas présentent des réponses dont le mérite est de réfléchir sur les différentes échelles de la biodiversité (ré-exploitation du paragraphe du programme de Seconde « Les échelles de la biodiversité » qui précède celui sur lequel portait la séquence demandée dans cette partie 3). Les schémas proposés par les candidats sont incomplets : pas de lien entre les cycles, pas de notion de temps, pas de présence de biodiversité...

A titre d'exemples, deux propositions extraites de deux copies sont présentées ci-dessous.

Exemple 1 de schéma-bilan



## Exemple 2 de schéma-bilan



### ➤ En conclusion de la partie 3

Un temps suffisant doit être réservé à la résolution de cette partie, le sujet donnait la valeur indicative de deux heures dont il faut s'approcher.

L'exhaustivité n'est pas demandée : il n'est pas attendu des candidats qu'ils donnent une séquence complète et détaillée sur l'ensemble de l'extrait de programme ciblé par le sujet. Le candidat doit montrer sa capacité à donner du sens et de la cohérence au sein de la séquence proposée. Sens et cohérence s'entendent d'un point de vue du contenu scientifique et d'un point de vue de la formation des élèves en termes de construction des savoirs, de développement des savoir-faire et d'identification d'enjeux éducatifs.