

---

## ***Epreuves d'admissibilité – exploitation d'un dossier documentaire – durée 4 heures***

### ***Corrections et remarques concernant l'exploitation du dossier documentaire***

---

#### **Classer les êtres vivants : des classifications en classe à l'histoire des classifications**

Ce sujet relevait d'une des huit thématiques du programme du CAPES pour la session 2016, « la classification phylogénétique du vivant » mais partiellement également, celle relative à l'écosystème forestier. Au-delà, ce sujet est très présent dans les programmes d'enseignement, depuis la classe de sixième jusqu'au lycée. La maîtrise de cette thématique est donc essentielle pour toute personne ayant l'ambition de faire carrière comme professeur de SVT.

Par « maîtrise », le jury entend la capacité à dominer les aspects scientifiques les plus fondamentaux (définition des notions clés, élaboration de classification, construction d'arbres, etc.) et le recul nécessaire à la compréhension des limites des différentes méthodes à l'œuvre. Cela inclut également l'aptitude des candidats à proposer des activités concrètes et pertinentes dans un contexte d'enseignement, et la capacité de mettre ces connaissances en perspective (des notions d'histoire des sciences étaient donc attendues). Le sujet a été construit dans le but de mesurer ces différents degrés de maîtrise.

Le sujet comportait trois parties : *Culture naturaliste et classification par groupes emboîtés à partir d'échantillons d'organismes de sol forestier* (partie 1) ; *réalisation d'arbres phylogénétiques par différentes méthodes* (partie 2) ; *les classifications, histoire et obstacles à la compréhension* (partie 3). La première partie était dévolue aux connaissances à maîtriser dans le cadre d'un enseignement au collège. Il s'agissait pour le candidat de reproduire certaines étapes de la démarche qui fondera sa pratique pédagogique, notamment en classe de 6<sup>e</sup> : reconnaissance d'organismes (ici ceux du sol forestier), étude de leurs attributs, réalisation d'une classification emboîtée à l'aide de ces attributs. La deuxième partie avait pour objectif de tester les compétences du candidat en rapport avec les exigences de l'enseignement en lycée, où la construction d'arbres devient prépondérante. La vocation de la dernière partie était de mesurer le recul et l'esprit critique du candidat face aux nombreux biais qui viennent nourrir les représentations communes à propos de la classification du vivant. L'histoire des sciences était ici vue comme un outil permettant de mettre en évidence les obstacles propres à la conceptualisation correcte des procédures modernes de classification phylogénétique.

Pour ce qui concerne enfin les questions à visée plus directement didactique, le jury a souhaité autant que possible ne pas les regrouper dans une partie distincte mais au contraire introduire cette réflexion pédagogique tout au long du sujet. Ceci afin de souligner que dans la pratique, un enseignant doit prendre en compte simultanément les aspects scientifiques et pédagogiques. D'autre part, le jury a estimé qu'une telle manière de faire permettait d'éviter que les candidats s'en tiennent à un discours pédagogique formaté et général : il leur était demandé une réflexion circonscrite portant sur des cas concrets (c'est pourquoi aucune terminologie didactique n'était attendue).

### ***Corrections et remarques concernant l'exploitation du dossier documentaire***

---

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

Les réponses des candidats ont fait apparaître quelques constats relativement généraux. Pour ce qui concerne les insuffisances et les aspects à améliorer, le jury tient à souligner particulièrement les points suivants :

- La culture naturaliste d'une grande majorité de candidats est insuffisante, voire inexistante. Il est rappelé qu'une part prépondérante de l'enseignement des SVT au collège mobilise une approche naturaliste. Il est donc fondamental que les candidats aient à cœur de s'approprier ce type de connaissance durant leurs études universitaires.
- Les bases conceptuelles de la classification phylogénétique ne sont pas suffisamment maîtrisées. Par exemple, beaucoup de candidats ne comprennent pas la différence entre cladistique et phénétique, méthodes pourtant clairement identifiées dans les programmes du secondaire. L'appropriation d'une discipline scientifique nécessite d'avoir une connaissance suffisamment précise et rigoureuse des concepts qui la constituent. Sans cela, tout le reste (construction d'arbres, élaboration d'activités, etc.) s'apparente plus à un bricolage qu'à une mise en pratique raisonnée d'authentiques connaissances.
- L'expression écrite demeure d'un niveau nettement insuffisant. La maîtrise de la langue est pourtant fondamentale pour tout candidat ayant vocation à devenir un enseignant, c'est-à-dire une personne capable de transmettre un savoir à l'aide d'un discours (oral et/ou écrit). Cette pratique fautive du français touche tout à la fois l'orthographe, la syntaxe, la conjugaison et la grammaire, tant et si bien que cela donne l'impression qu'un nombre conséquent de candidats n'a qu'une idée très approximative de la nature et de la fonction des mots au sein d'une phrase. Ceci renforce considérablement le manque de rigueur et de précision dans l'exposé des connaissances.
- La lecture des questions posées reste souvent trop superficielle pour permettre de proposer des réponses bien ciblées et donc pertinentes.

## 2. Libellé et documents supports, corrigé et commentaires spécifiques question par question

Les commentaires sont figurés ci-après en italique.

<p><b>Partie 1</b> : <i>Culture naturaliste et classification par groupes emboîtés à partir d'échantillons d'organismes de sol forestier – annexes 1 à 4 – durée approximative : 1 heure</i></p>
--



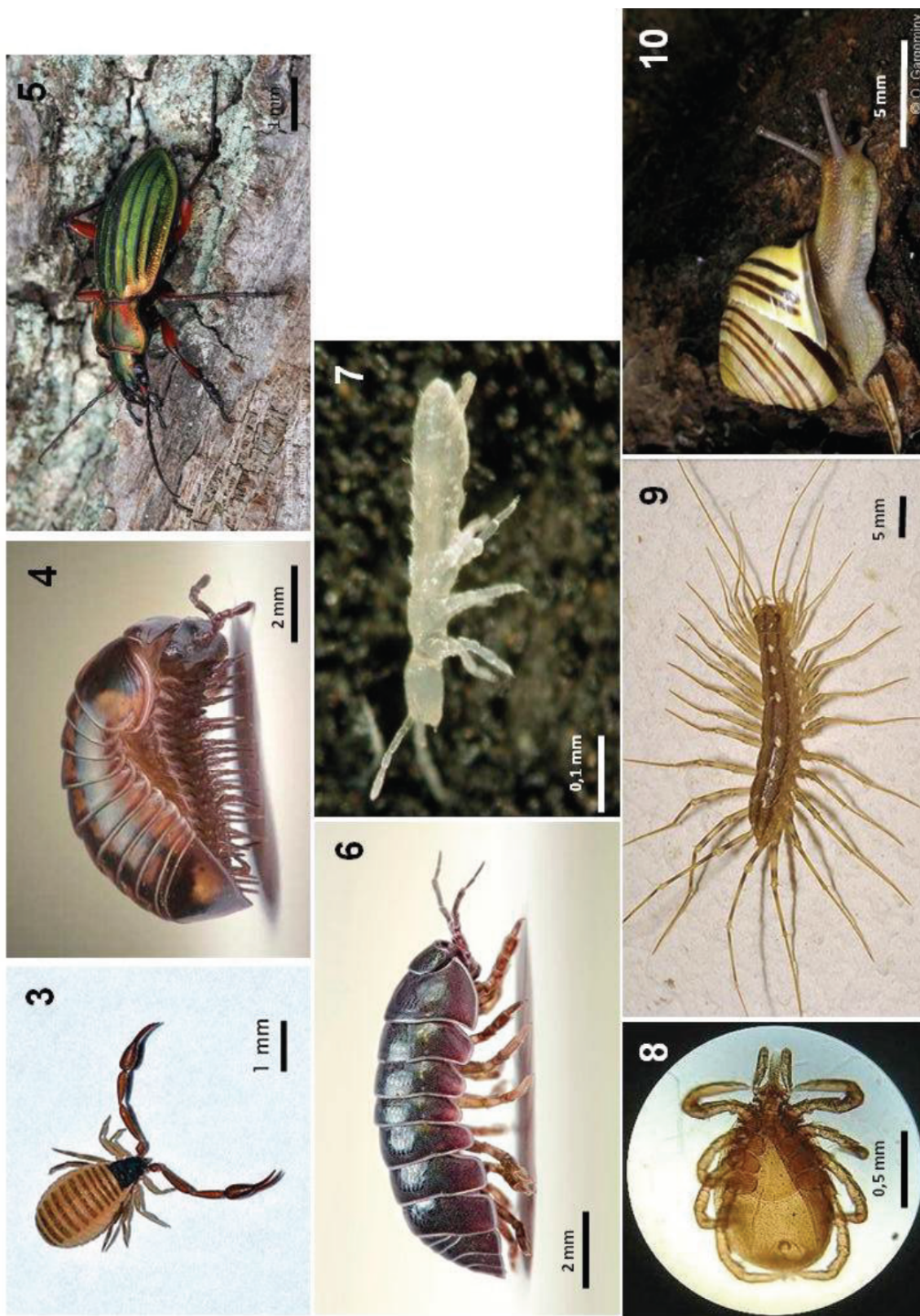
Sources des illustrations : Echantillon 1: <http://www.devoir-de-philosophie.com/> & <http://insectes-tout-simplement.over-blog.com/page/4> & <http://www.hiltonpond.org/ThisWeek030522.html>. Echantillon 2: [http://alexhyde.photoshelter.com/image/I0000\\_Qfsp\\_Zcq2E](http://alexhyde.photoshelter.com/image/I0000_Qfsp_Zcq2E) & <https://www.flickr.com/photos/mg-muscapix/3388138790>



Clé de détermination des échantillons 1 et 2. (Clé simplifiée d'après Iorio 2004, Insectes n°133(2) & L. Wilmé, The Field Museum)

- 0A) Présence de pattes modifiées en crochets à venins, ventralement sous la tête – une seule paire de pattes par segment → 4  
 0B) Deux paires de pattes par anneau (sauf pour les deux premiers anneaux) → 1
- 1A) Tégument mou et présence de bouquets de soies notamment dans la partie postérieure du corps → **Polyxène**  
 1B) Tégument dur et rigide, plus de 11 anneaux et plus de 17 paires de pattes → 2
- 2A) Corps de plus de 22 anneaux → **Iule**  
 2B) Corps de moins de 22 anneaux → 3
- 3A) Corps de 12 anneaux avec tergite du second anneau très élargi → **Gloméris**  
 3B) Corps de 19 ou 20 anneaux sans yeux ni ocelles → **Polydesme**
- 4A) 15 paires de pattes. Presque toutes les plaques tergaux distinctes dorsalement (17 tergites dont 16 visibles, segment forcipulaire et telson inclus) ; antennes composées de quelques dizaines d'articles → **Lithobie**  
 4B) Plaques tergaux très incomplètement distinctes dorsalement (9 tergites apparents, segment forcipulaire et telson compris) → 5
- 5A) Pattes longues et fines, particulièrement les dernières dont les articles apicaux sont divisés en anneaux nombreux ; les antennes sont également très longues et divisées en plusieurs centaines d'articles → **Scutigère**  
 5B) Plus de 15 paires de pattes → 6
- 6A) 21 à 23 paires de pattes. Pattes terminales accolées, disposées dans le prolongement du corps → **Scolopendre**  
 6B) Plus de 25 paires de pattes. Pattes terminales non accolées, se détachant latéralement du corps. → **Géophile**





Sources des illustrations : 3 : <https://en.wikibooks.org/wiki/Wikijunior:Bugs> ; 4 : <http://bvi.rusf.ru/taksa/s0027/s0027257.htm> ; 5 : <http://www.naturefoto2000.com/cs/fotografie-139> ; 6 : [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Armadillidium\\_vulgare\\_DSC\\_9278.Ir3.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Armadillidium_vulgare_DSC_9278.Ir3.jpg) ; 7 : [http://www.cnrs.fr/inee/communication/breves/thomas\\_tully.htm](http://www.cnrs.fr/inee/communication/breves/thomas_tully.htm) ; 8 : <http://svtonweb.free.fr/6eme/sol.htm> ; 9 : <http://www.p1prenelle.fr/2008/11/14/jaime-pas-les-bebetes/> ; 10 : [http://inpn.mnhn.fr/espece/cd\\_norm/163387](http://inpn.mnhn.fr/espece/cd_norm/163387)

## Partie transversale : diversité, parentés et unité des êtres vivants

### Objectifs scientifiques

L'objectif au collège est de découvrir et d'utiliser la classification actuellement retenue par les scientifiques, qui traduit l'histoire évolutive, les relations de parenté entre les organismes vivants. Il ne s'agit pas, en classe de sixième, d'aller jusqu'à l'interprétation de cette classification en terme d'évolution. Il s'agit tout au long de l'année :

- d'identifier des organismes vivants en utilisant une clé dichotomique ;
- de les classer selon les critères de la classification actuelle ;
- d'établir leur unité au niveau cellulaire au cours d'observations microscopiques.

### Objectifs éducatifs

Cette partie sera l'occasion de sensibiliser l'élève à la nécessité de reconnaître les organismes vivants du milieu proche et de prendre conscience de la biodiversité afin de la prendre en compte dans une perspective de développement durable.

Connaissances	Capacités déclinées dans une situation d'apprentissage	Commentaires
La diversité des espèces est à la base de la biodiversité. Une espèce est un ensemble d'individus qui évoluent conjointement sur le plan héréditaire.	Observer, recenser et organiser l'information utile afin de déterminer un organisme vivant à partir d'une clé de détermination.	A l'école élémentaire une approche de la classification du vivant a été menée.
Les organismes vivants sont classés en groupes emboîtés définis uniquement à partir des attributs qu'ils possèdent en commun.	Observer, recenser et organiser l'information utile afin de créer des groupes emboîtés dans la classification.	On se limitera, en classe de sixième, aux organismes vivants rencontrés au cours des activités organisées, sans chercher à être exhaustif. On saisira cependant, durant la scolarité au collège, toute occasion d'identifier et de classer les organismes vivants étudiés.
Ces attributs définis par les scientifiques permettent de situer des organismes vivants dans la classification actuelle.	Observer, recenser et organiser l'information utile afin de replacer un organisme vivant de l'environnement proche dans la classification actuelle.	Ne sont pas étudiées les classifications reposant sur une absence de caractères (ex : pas de vertèbres = invertébrés).
Au niveau microscopique, les organismes vivants sont constitués de cellules.	Effectuer un geste technique en réalisant une préparation microscopique de cellules animales et/ou végétales, et/ou d'un micro-organisme unicellulaire.	Ne sont pas attendues la détermination et la mémorisation des critères de la clé dichotomique utilisée.
La cellule est l'unité d'organisation des êtres vivants.	Faire (en respectant les conventions) un dessin scientifique traduisant les observations réalisées.	La présentation exhaustive et l'interprétation évolutive de la classification actuelle des êtres vivants ne sont pas au programme.
Certains organismes vivants sont constitués d'une seule cellule, d'autres sont formés d'un nombre souvent très important de cellules.	Situer dans le temps des découvertes scientifiques (évolution des techniques d'observation, des représentations des cellules au cours des temps).	Les constituants de la cellule autres que ceux qui sont cités ne sont pas à connaître.
La cellule possède un noyau, une membrane, du cytoplasme.		

### Annexe 4

Q1-1 - Les deux organismes présentés sur la planche photographique de **l'annexe 1** présentent une tête et une symétrie bilatérale. Trouvez au moins deux autres caractères (visibles sur les photographies) communs à ces deux organismes.

Les caractères communs à ces deux organismes visibles sur la planche photographique sont : pattes articulées, antennes, corps composé d'un grand nombre de segments locomoteurs répétés le long de l'axe antéro-postérieur, griffes.

*Seuls les caractères visibles sur les photographies étaient pertinents, ce qui fait que des attributs tels que l'exosquelette (caractérisable seulement à l'aide d'une coupe) ne pouvaient être retenus. Seule une lecture attentive des questions permettait aux candidats d'éviter ce type d'erreur.*

Q1-2 - Les caractères (visibles sur les photographies) partagés par ces deux organismes permettent de leur assigner une position systématique commune dans la classification. Indiquez et justifiez cette position systématique.

Ces organismes sont des Bilatériens (plan de symétrie bilatérale), Panarthropodes (griffes), Arthropodes (pattes articulées), Antennates (antennes), Myriapodes (nombre de segments locomoteurs supérieur à 7).

*A condition d'être justifiée, l'une quelconque des réponses ci-dessus était acceptée. Le jury constate que beaucoup de candidats ont classé ces deux organismes parmi les Insectes et/ou parmi les Invertébrés ou encore les annélides. Ce manque de culture zoologique est tout à fait regrettable à ce niveau d'étude et au vu des enjeux de l'enseignement des SVT.*

Q1-3 - Identifiez les deux échantillons 1 et 2 à l'aide de la clé de détermination fournie en **annexe 2** et inscrivez ces noms dans le tableau de la question 1-5 sur les lignes correspondant aux numéros 1 et 2.



Q1-4 - Utilisez votre culture naturaliste pour identifier les organismes présentés sur la planche photographique de l'**annexe 3**, le plus précisément possible (est attendu le nom vernaculaire ou le nom de genre, mais en aucun cas l'espèce précise). Indiquez les noms dans le tableau de la question 1-5.

Q1-5 - En observant les photographies, complétez la matrice de caractères ci-dessous (la première colonne correspond au numéro de l'échantillon) :

La matrice correctement remplie est la suivante (en vert les cases déjà renseignées dans le sujet) :

N° de l'échantillon	Taxons	Symétrie	Nombre de paires de pattes	Types de pattes	Nombre de segments thoraciques visibles	Nombre de paire (s) de pattes par segment thoracique	Antennes
1	<b>Lule</b>	Bilatérale	N paires	Articulées	N (>38)	2	Oui
2	<b>Lithobie</b>	Bilatérale	15 paires	Articulées	N (15)	1	Oui
3	<b>Pseudoscorpion</b>	Bilatérale	4 paires	Articulées	0	1	Non
4	<b>Gloméris</b>	Bilatérale	N paires	Articulées	10	2	Oui
5	<b>Carabe</b>	Bilatérale	3 paires	Articulées	3	1	Oui
6	<b>Cloporte (cochon de St Antoine)</b>	Bilatérale	7 paires	Articulées	7	1	Oui
7	<b>Collembole</b>	Bilatérale	3 paires	Articulées	3	1	Oui
8	<b>Acarien (Tique)</b>	Bilatérale	4 paires	Articulées	0	1	Non
9	<b>Scutigère (*)</b>	Bilatérale	N paires	Articulées	N (>25)	1	Oui
10	<b>Escargot des haies (escargot)</b>	Bilatérale	Aucune	Non concerné	Aucun	Non concerné	Non

Mis à part l'escargot (cependant parfois déterminé comme un myriapode, en utilisant la clé de détermination fournie !), très peu d'échantillons ont été correctement déterminés, alors qu'il s'agit d'animaux typiques de la faune du sol, qui constitue un aspect important de l'enseignement des SVT en classe de 6<sup>e</sup>. En outre beaucoup de candidats ont écrit « Lule » au lieu de « lule » dans la case n°1, indiquant là encore que cet animal caractéristique des litières leur était inconnu auparavant.

Les noms vernaculaires de l'échantillon n°9 étaient tolérés, en revanche, « coléoptère » n'était pas accepté pour le carabe et les termes « Helix » et « petit gris » ne pouvaient être acceptés pour l'escargot des haies. Beaucoup de candidats ont amalgamé dans la catégorie « antennes » les appendices articulés des arthropodes et les tentacules de l'escargot. D'autres ont confondu segments et anneaux.

Si la culture naturaliste moyenne apparaît extrêmement pauvre, de nombreux candidats ont été fort heureusement capables de décrire les échantillons et de remplir très correctement le tableau de caractères, ce qui atteste de vraies aptitudes à l'observation.

Le jury rappelle que la classification à présenter en 6<sup>ème</sup> doit se rapprocher le plus d'une classification phylogénétique et donc que les états de caractères doivent être homologues : il est donc très surprenant de voir que de trop nombreux candidats ont considéré que les tentacules des escargots étaient homologues des appendices antennaires des arthropodes au point de les appeler par le même nom d'antenne !

Q1-6 - Schématisez une classification emboîtée à partir des états de caractères remplis dans la matrice en expliquant votre méthode de construction. Dans votre schéma les organismes seront identifiés par le numéro d'échantillon.

Deux méthodes sont possibles pour réaliser une classification emboîtée. L'une consiste dans l'agglomération prioritaire des organismes partageant le plus grand nombre de caractères au sein de la collection définie. Cette étape est réitérée avec de moins en moins de caractères partagés. Une telle procédure est dite agglomérative. La seconde consiste à réaliser la procédure inverse : il faut alors partir du caractère partagé par le plus grand nombre d'organismes et définissant le groupe le plus inclusif. On décompose ensuite en sous-groupes sur la base du partage des autres caractères. Cette seconde méthode est appelée approche divisive.



L'une ou l'autre de ces méthodes donne le résultat ci-après.

*Lorsque des classifications étaient proposées, elles étaient en général plutôt satisfaisantes mais souvent incomplètes. Le nom des groupes n'était pas attendu, seul le lien entre caractère anatomique et topologie de l'emboîtement était pris en compte dans l'évaluation de la réponse. On regrettera à nouveau que le terme « Insectes » soit apparu de manière irraisonnée dans de nombreuses classifications. Par ailleurs, trop de candidats ont défini certaines boîtes par des caractères d'absence, comme regroupant des organismes ne possédant pas tel ou tel caractère, ce qui est antithétique de la méthode d'emboîtement.*

*En ce qui concerne la description de la méthode de construction, peu de candidats ont su proposer une méthodologie générale transposable, et se sont souvent contentés de décrire ce qu'ils avaient fait pour ce cas particulier.*

Symétrie bilatérale = bilatériens



Pattes articulées = Arthropodes

Antennes = Antennates

< 7 segments thoraciques =  
Pancrustacés

7 paires de pattes =  
Crustacés



3 paires de pattes =  
Hexapode



> 7 segments thoraciques =  
myriapodes

1 paire de patte par  
segment = chilopodes



2 paires de pattes par  
segment = diplopode



Quatre paires de pattes =  
chélicérates



**Q1-7** - En utilisant le corpus documentaire précédent et éventuellement d'autres supports (que vous préciserez), détaillez une activité que vous pourriez proposer aux élèves d'une classe de 6<sup>ème</sup> sur le thème de la classification du vivant. Vous préciserez les objectifs visés et les types de production(s) qui peuvent être attendues. La partie du programme de 6ème concernée vous est fournie en **annexe 4**.

L'activité proposée doit être détaillée, concrète et avoir du sens pour un élève de sixième. Elle s'ancre dans le programme de l'annexe 4.

En classe de sixième, il est possible de proposer plusieurs types d'activité en lien avec ce thème lié aux classifications du vivant. On peut imaginer de se baser sur une sortie en milieu forestier où il a été possible de récolter des échantillons à rapporter en classe ou de les prendre en photo. On peut aussi, en prévoyant le matériel suffisant (loupe, lampe de poche, boîtes), proposer un protocole léger de prélèvement (litière de surface, à 5cm et 10 cm de profondeur) ou réaliser la reconnaissance sur le terrain.

Les animaux de la planche de l'annexe 3 et ceux de l'annexe 1 sont faciles à trouver. Une première activité possible est de les identifier à partir d'une clé de détermination dichotomique (celle de l'annexe 2 à simplifier pour des élèves de sixième) en ayant pris soin de bien définir le vocabulaire utilisé pour les caractères.

Il est également possible de leur faire effectuer un dessin d'observation ou des photographies numériques d'un des animaux en y faisant apparaître les annotations pour les caractères visibles. En sixième, il sera nécessaire de les guider en leur donnant les attendus du dessin en matière technique.

En utilisant un système de boîtes gigognes et des étiquettes, il est intéressant de faire raisonner les élèves sur les groupes emboîtés. Cela peut être complété en amont ou en aval de l'utilisation d'un logiciel type « Phyloboîte » qui permet de ranger des échantillons suivant leur taille par exemple, puis les trier (squelette interne/externe) et les classer. Le logiciel Phylogène dans sa version collège, permet aussi de comparer des êtres vivants par leurs caractères et de les classer mais la construction d'arbres n'est pas attendue en sixième.

Les objectifs visés doivent comprendre des objectifs de connaissance et des objectifs méthodologiques (capacités, savoir-faire). Ils sont détaillés dans l'annexe 4. On tiendra compte du lien entre l'activité décrite et les objectifs choisis pour s'assurer qu'il y a cohérence. Les types de productions attendues peuvent être variés mais doivent rester cohérents avec l'activité et les objectifs visés. Un compte -rendu, un dessin d'observation, un herbier (si les exemples sont pris chez les végétaux), un tirage annoté d'une page écran d'un logiciel, la schématisation des groupes emboîtés, etc.

*La question précisait bien qu'il fallait utiliser le corpus documentaire fourni et pourtant nombreux sont les candidats qui ne l'ont pas fait. Les objectifs fixés et les productions d'élèves sont souvent à peine ou seulement mentionnés. Là encore, une lecture plus attentive de la question permettrait aux candidats de proposer une réponse plus pertinente.*

*Si les activités proposées ont souvent été cohérentes, en revanche, peu de candidats ont suffisamment explicité les objectifs visés et les productions attendues. La description des activités constituait souvent l'essentiel de la réponse. Par ailleurs, trop de candidats se sont contentés de reprendre directement les documents proposés dans les questions précédentes, en les adaptant - plus ou moins - à une utilisation pour des élèves de sixième.*

*Enfin, trop de candidats utilisent le terme « expérience » de manière infondée (par exemple en l'employant au sujet d'une manipulation mettant en jeu l'appareil de Berlèse). Le jury a décidé d'évaluer cette question indépendamment. Cependant il est quand même regrettable que la majorité des candidats ne sachent pas produire une classification emboîtée alors qu'ils croient pouvoir l'intégrer dans une séance en classe !*

*Certains candidats se sont illustrés sur cette question en proposant des activités précises, répondant à de vrais objectifs notionnels et ou capacitaires avec des productions attendues très explicites, attestant par la même de leur extrême maturité pédagogique.*

**Partie 2 : Réalisation d'arbres phylogénétiques par différentes méthodes – annexes 5 à 7 – temps approximatif 1h40**



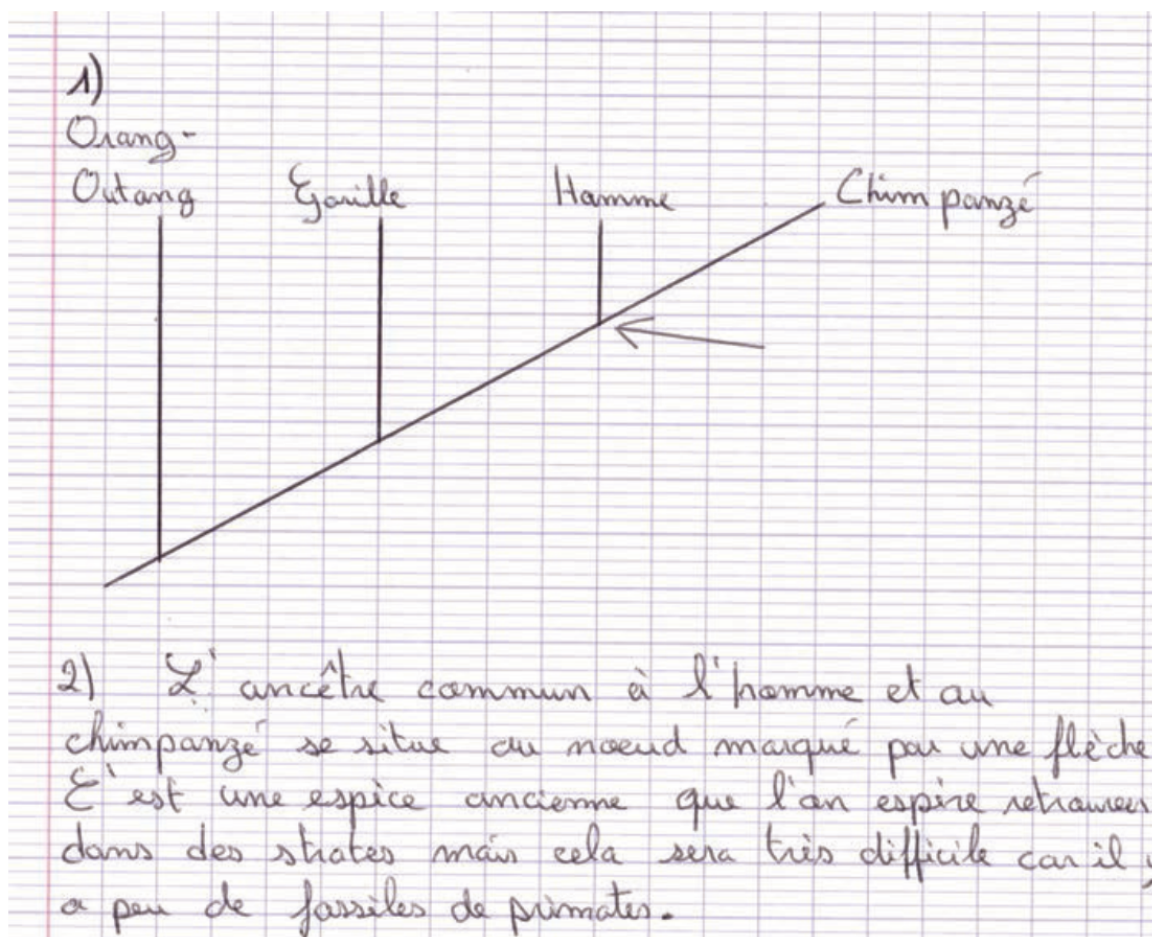
Matrice taxons/caractères mettant en jeu quatre espèces et sept caractères

N°	Caractères	TAXONS			
		<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Boletus satanas</i>	<i>Polytrichum formosum</i>	<i>Mus musculus</i>
1	<i>Etat cellulaire</i>	Unicellulaire	Pluricellulaire	Pluricellulaire	Pluricellulaire
2	<i>Paroi</i>	Oui	Oui	Oui	Non
3	<i>Réserve</i>	Polybutyrates	Glycogène	Amidon	Glycogène
4	<i>Noyau</i>	Non	Oui	Oui	Oui
5	<i>Locomotion</i>	Oui	Non	Non	Oui
6	<i>Méiospores</i>	Non	Oui	Oui	Non
7	<i>Introns</i>	Non	Oui	Oui	Oui

#### Annexe 5

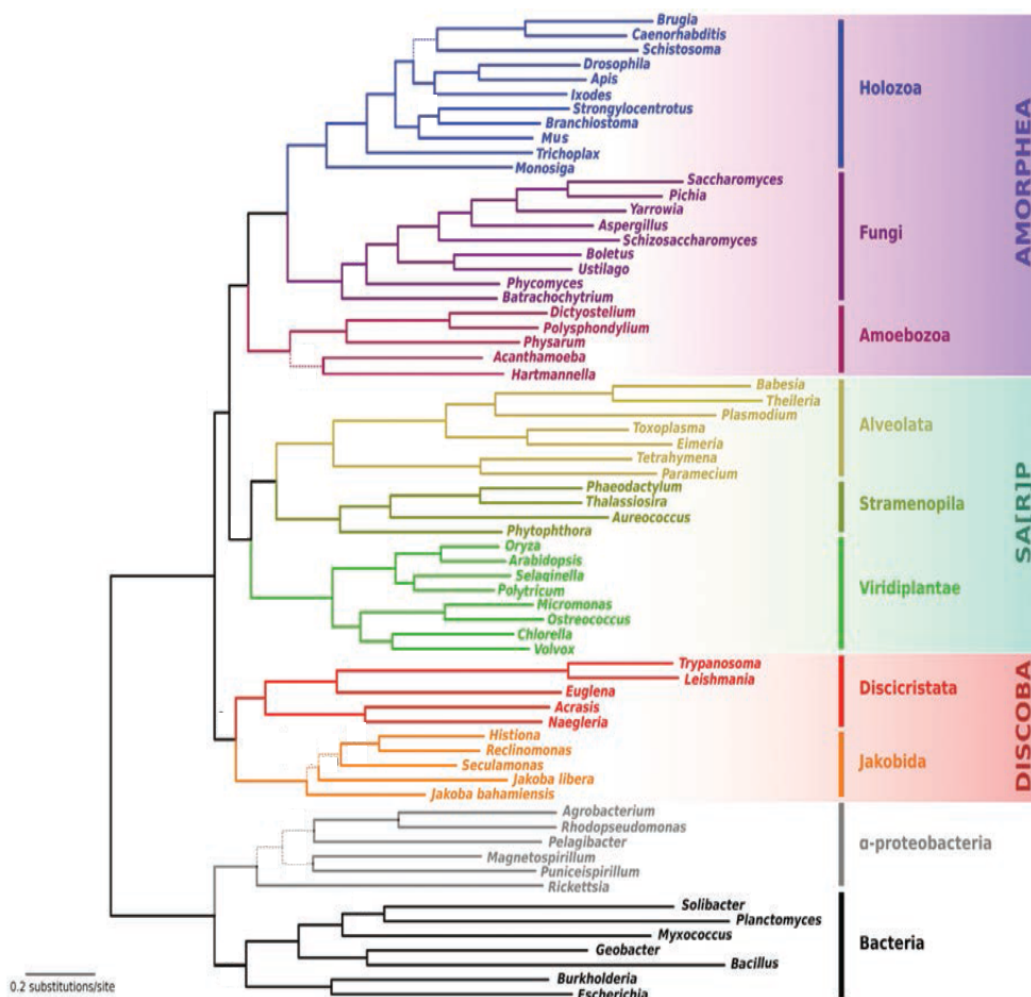
Extrait d'une évaluation et réponse d'un élève (terminale S)

- 1) Représentez un arbre de parenté entre les 4 espèces suivantes de primates actuels : Orang-outan, Gorille, Homme, Chimpanzé.
- 2) Indiquez par une flèche la place de l'ancêtre commun le plus récent entre l'Homme et le Chimpanzé et caractérisez-le.



#### Annexe 6

Arbre phylogénétique du vivant reconstruit à partir d'un jeu de données de 37 protéines d'origine bactérienne totalisant 14 367 acides aminés. D'après He et al. 2014. *Current Biology* 24, 465 : 470



Annexe 7

Vous trouverez en **annexe 5** une matrice taxons/caractères pour quatre organismes, une bactérie (*Bacillus subtilis*), un champignon (*Boletus satanas*), une mousse (*Polytrichum formosum*) et une souris (*Mus musculus*).

Q2-1 - Définissez ce qu'est une classification phylogénétique.

Une classification phylogénétique est une méthode de regroupement qui rend compte des liens de parenté entre les taxons.

Beaucoup de candidats n'ont pas mentionné dans leur définition qu'une classification était avant tout une méthode de regroupement. Autrement dit, ils ont défini « phylogénétique » sans définir « classification ». Par ailleurs, trop de candidats mettent sur le même plan classification phylogénétique et cladistique. La cladistique est une méthode phylogénétique, mais ces deux catégories ne sont pas équivalentes (il existe des méthodes de classification phylogénétique autres que la cladistique). Il a été surprenant de constater que pour certains candidats une classification phylogénétique s'appuie exclusivement sur des caractères génétiques

Q2-2 - Définissez ce que l'on nomme un groupe externe et indiquez sa fonction dans la reconstruction phylogénétique cladistique.

Par convention, en cladistique, le groupe externe rassemble l'ensemble des états plésiomorphes (ancestraux) des caractères. Il permet d'enraciner l'arbre en polarisant les caractères, c'est-à-dire en permettant de distinguer les états ancestraux des états dérivés.

Les réponses à cette question ont mis en évidence une appropriation insuffisante du vocabulaire scientifique par les candidats. Le jury regrette ainsi que les termes « plésiomorphes », « dérivés » et « enracer » aient été peu utilisés. Beaucoup de réponses proposaient une description vague et peu

spécifiée de la fonction du groupe externe, faites de périphrases plus ou moins heureuses. Ici particulièrement, le défaut de maîtrise du vocabulaire a été préjudiciable. Il convient de rappeler qu'il s'agit ici de ce que l'on attend d'un élève de terminale S.

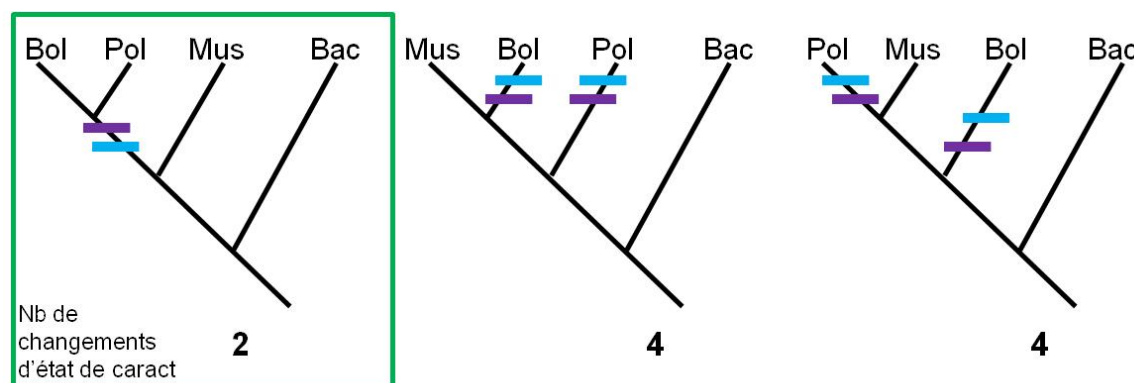
Q2-3 - Définissez ce que l'on appelle « caractères informatifs » et identifiez-les dans la matrice, sachant que *Bacillus subtilis* sera utilisé comme groupe externe dans ce qui suit.

Un caractère informatif est un caractère qui se présente sous au moins deux états, ancestral ou dérivé. Les deux états doivent être chacun partagés par au moins deux taxons. Ainsi, un caractère informatif donne une information qui permet la construction d'au moins un nœud non trivial au sein de la topologie phylogénétique. Dans l'exemple traité, les caractères informatifs sont les caractères 5 (locomotion) et 6 (méiospores).

La mention du caractère 3 (réserve) comme informatif était tolérée, bien que sa prise en compte ne permette pas de résoudre les conflits entre les différentes topologies. Cette question a été l'une des moins bien réussie. Là encore, le manque de maîtrise du vocabulaire aura été un obstacle.

Q2-4 - Dessinez tous les arbres possibles (en utilisant *Bacillus* comme groupe externe) et placez les changements d'état des caractères informatifs sur les arbres. En appliquant le principe de parcimonie, que vous énoncerez, vous choisirez l'arbre qui y répond le mieux.

Le principe de parcimonie stipule que l'arbre retenu est celui qui minimise le nombre de changements d'état de caractère. Dans cet exemple, il s'agit de l'arbre n°1 parmi les trois dessinés ci-après (seulement 2 changements d'état de caractères pour les caractères informatifs, contre 4 pour les arbres n°2 et n°3).



■ Etats dérivés: « Absence de locomotion »

■ Etats dérivés: « présence de méiospores »

Un nombre significatif de candidats a proposé plus de trois arbres, ce qui montre que la signification de ce type de topologie n'est pas comprise (en particulier, le fait que les branches peuvent tourner par rapport à un nœud sans que cela ne change les rapports entre taxons). Beaucoup de candidats ont placé tous les changements d'état sur les arbres, et pas uniquement ceux concernant les caractères informatifs. Ces réponses étaient comptées comme justes. L'énoncé du principe de parcimonie était parfois très peu rigoureux notamment par la confusion entre « nombre de changements d'état des caractères » et « nombre des caractères », ce qui revêt une signification totalement différente.

Q2-5 - En **annexe 6** vous trouverez une production d'un élève de terminale S. Analysez dans la réponse de l'élève ce qui a été compris de la notion d'ancêtre commun et ce qui représente une erreur de compréhension. Proposez alors une activité de remédiation à cette erreur de conceptualisation.

Chez cet élève, le positionnement de l'ancêtre commun sur le cladogramme est correct mais la confusion est claire entre ancêtre (vocabulaire hérité de la généalogie) et fossile. Or, en cladistique, on travaille avec un jeu de données qui n'est pas « tout le vivant » mais qui concerne seulement certains taxons spécifiques (actuels ou passés). On ne raconte donc pas une généalogie où chacun des ancêtres pourrait être identifié mais on infère des liens de proximité phylogénétique où les nœuds sont des constructions hypothétiques dépendant de la collection de caractères et donc de l'échantillon initial.

Une remédiation possible pourrait consister à comparer un arbre généalogique (arbre familial d'une maladie génétique par exemple) avec un arbre phylogénétique. Une autre possibilité serait de supprimer certains taxons de l'échantillon pour observer comment cela engendre des changements dans le positionnement des nœuds. Des remédiations qui proposaient de reconstruire des



classifications phylogénétiques sur des objets courants ou qui mélangeaient espèces fossiles et actuelles étaient particulièrement pertinentes.

*La première partie de la question a en général été très bien traitée. Beaucoup de candidats ont vu la confusion entre le concept d'ancêtre commun hypothétique et celui de fossile. En revanche, la seconde question a été souvent oubliée ou traitée de manière non satisfaisante. Notons que certains candidats ont reproché à l'élève de ne pas avoir mis l'Homme « au bout » de l'arbre phylogénétique ce qui témoigne d'une incompréhension totale de la reconstruction phylogénétique et de la position de l'Homme dans l'évolution.*

**Q2-6** - Construisez une matrice de distance à partir de la matrice taxons/caractères de l'annexe 5 et précisez, en justifiant, laquelle des deux matrices contient le plus d'informations, la matrice taxons/caractères ou bien la matrice de distance ?

La matrice des distances ci-après contient moins d'informations que la matrice taxon-caractère. En effet, s'il est possible de construire la matrice des distances à partir de la matrice taxon-caractère, l'inverse n'est pas vrai.

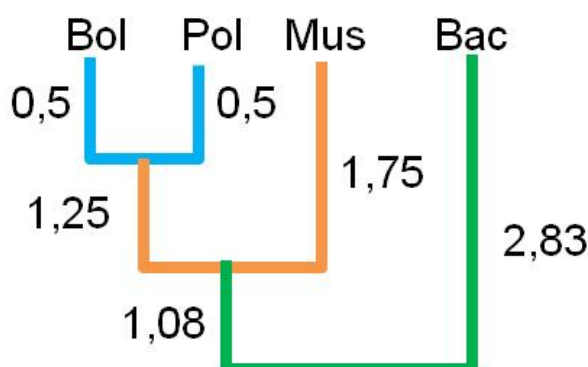
	BAC	BOL	POL	MUS
BAC	0	6	6	5
BOL		0	1	3
POL			0	4
MUS				0

*Pour construire la matrice des distances, il suffit, pour chaque couple d'organismes, de compter le nombre de différences dans la matrice taxon-caractère. On peut ensuite soit figurer ce nombre tel quel (choix retenu ci-dessus), soit le diviser par le nombre total de caractères (7) pour exprimer un rapport, soit encore donner un pourcentage de différences (multiplier le rapport ainsi obtenu par 100). Trop peu de candidats communiquent complètement en légendant la matrice de distance, ce qui peut la rendre incompréhensible. Points communs, différences, pourcentages et fractions sont quatre modalités de communication des données, elles méritent d'être explicitées pour être comprises par le jury.*

*On constate que cette question a été celle qui a donné lieu au moindre taux de réponse. La phénétique est utilisée telle quelle au lycée, et force est de constater que construire une matrice de distance est une compétence que trop peu de candidats maîtrisent.*

**Q2-7** Construisez un phénogramme à partir de la matrice de distance en prenant soin d'y indiquer les distances. Décrivez brièvement la méthode que vous utilisez.

La méthode la plus classique pour construire un phénogramme est la méthode UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean). L'arbre se construit progressivement en rassemblant les taxons dont la distance est la plus faible (la longueur des branches est égale à la moitié de cette distance selon la méthode UPGMA qui suppose donc un taux de changement constant entre taxons). Les nouvelles distances du groupe obtenu avec les autres taxons se calculent en moyennant les distances de chacun des taxons composant le groupe avec les autres taxons. Le processus est réitéré jusqu'au dernier taxon, ce qui donne le résultat suivant :



	Boletus	Polytricum	Mus
Bacillus	6	6	5
Boletus		1	3
Pisum			4

	Boletus-Polytricum	Mus
Bacillus	6	5
Mus	$(3+4)/2=3,5$	

	Boletus-Polytricum-Mus
Bacillus	5,66

*Cette question a rarement été réussie et même par ceux, rares, qui avaient construit une matrice de distance.*

Q2-8. L'arbre présenté dans l'annexe 7 est une phylogénie du vivant construite avec d'autres critères et des méthodes modernes de reconstruction. Il représente actuellement une vision consensuelle de la phylogénie. Après avoir discuté des apports des critères moléculaires dans les reconstructions phylogénétiques, vous repérez les groupes auxquels appartiennent les taxons de la matrice initiale (annexe 5) et vous en déduisez leurs relations de parenté. Comparez alors ce scénario évolutif avec celui que vous avez trouvé en construisant vos cladogramme et phénogramme.

Les apports des données moléculaires sont de trois types :

- Les progrès dans le séquençage des gènes et des génomes permet de travailler sur des alignements de séquences de milliers de nucléotides. Ainsi les caractères moléculaires (chaque nucléotide de la séquence) ont révolutionné la phylogénie, nombreux, ils permettent donc de construire des hypothèses robustes. Au mieux, une phylogénie reposant sur des caractères morphologiques met en jeu 200 caractères différents, alors que dans l'exemple de l'annexe 7, la comparaison porte sur 14367 acides aminés.
- Les caractères moléculaires sont aussi universels et permettent donc de comparer des espèces ou taxons très différents morphologiquement au point qu'aucun caractère morphologique est utilisable (comment comparer un éléphant, une bactérie, un bolet, une fougère et une paramécie). Les caractères moléculaires en fonction de leur environnement génomique sont aussi très variables en termes de taux d'évolution : des séquences introniques évoluent plus vite que des gènes codant pour des protéines de la chaîne respiratoire mitochondriale. Aussi cette diversité de taux d'évolution permet de décrypter des phylogénies récentes ou alors très anciennes.

La lecture de l'arbre présenté dans l'annexe 7 indique que les deux taxons les plus proches sont Boletus et Mus, puis se branchent successivement Polytricum et Bacillus. Cette topologie est différente de celles obtenues avec les cladogramme et phénogramme construits précédemment, qui rassemblaient Boletus avec Polytricum à l'exception de Mus.

*La question concernant les apports des caractères moléculaires a été particulièrement mal traitée. Beaucoup de candidats se sont contentés d'expliquer – plus ou moins rigoureusement – comment on pouvait comparer soit des séquences de nucléotides soit des séquences d'acides aminés. Bien peu ont compris que ceci ne constituait à aucun moment une réponse à la question posée.*

Q2-9. Cette comparaison met en évidence les limites de la cladistique et de la phénétique comme méthodes de reconstruction phylogénétique à partir de ce jeu de données. Explicitez les limites de ces deux méthodes dans le cadre de ce jeu de données. Vous pouvez répondre à cette question même si vous n'avez pas construit les arbres cladistique (Q2-4) et phénétique (Q2-7).

Pour ce qui concerne le cladogramme, les limites viennent du faible nombre de caractères mis en jeu. En effet, le poids des caractères convergents (ici la vie fixée ou la présence de méiospores) peut alors devenir supérieur à celui des homologies authentiques (ici le glycogène) et ainsi brouiller le signal phylogénétique. De plus, le principe de parcimonie repose sur l'idée que l'évolution procède en minimisant le nombre de changements d'état de caractère, ce qui est vrai uniquement de manière statistique, à grande échelle. Lorsque le nombre de caractères pris en compte est trop faible, les réversions peuvent être significatives ce qui fait que le chemin le plus parcimonieux en changements d'état n'est pas nécessairement celui qui est vrai.

Pour ce qui concerne le phénogramme, la limite est liée au fait que la phénétique ne distingue pas les homologies et les analogies dans la comptabilité de la ressemblance globale et postule que la parenté est corrélée au degré de ressemblance globale entre taxons. Aussi dans un jeu de données limité en nombre de caractères, le poids des caractères convergents ou réversibles devient fort par rapport au poids des homologies et peut induire des regroupements artificiels.

*Comme la question précédente, celle-ci a été très peu et très mal traitée. Cela montre que si une majorité de candidats est capable de mettre en œuvre, au moins partiellement, les méthodes de la phylogénétique (notamment de la cladistique), peu sont conscients qu'il s'agit de méthodes, et qui donc en tant que telles connaissent des limites et des conditions d'application.*

**Partie 3 : Les classifications, histoire et obstacles à la compréhension – annexes 8 à 10 – temps approximatif 1h20**

« Dès la période la plus reculée de l'histoire du globe on constate entre les êtres organisés divers degrés de ressemblances, de sorte qu'on peut les classer en groupes subordonnés à d'autres groupes. Cette classification n'est pas arbitraire, comme l'est, par exemple, le groupement des étoiles en constellations. L'existence des groupes aurait eu une signification très simple si l'un eût été exclusivement adapté à vivre sur terre, un autre dans l'eau ; celui-ci à se nourrir de chair, celui-là de substances végétales, et ainsi de suite ; mais il en est tout autrement ; [...] Les naturalistes, comme nous l'avons vu, cherchent à disposer les espèces, les genres et les familles de chaque classe, d'après ce qu'ils appellent le *système naturel*. Qu'entend-on par là ? Quelques auteurs le considèrent simplement comme un système imaginaire qui leur permet de grouper ensemble les êtres qui se ressemblent le plus, et de séparer les uns des autres ceux qui diffèrent le plus ; [...] Mais beaucoup de naturalistes estiment que le système naturel comporte quelque chose de plus ; ils croient qu'il contient la révélation du plan du Créateur ; mais à moins qu'on ne précise si cette expression elle-même signifie l'ordre dans le temps ou dans l'espace, ou tous deux, ou enfin ce qu'on entend par plan de création, il me semble que cela n'ajoute rien à nos connaissances. [...] Toutes les règles, toutes les difficultés, tous les moyens de classification qui précèdent, s'expliquent, à moins que je ne me trompe étrangement, en admettant que le système naturel a pour base la descendance avec modifications, et que les caractères regardés par les naturalistes comme indiquant des affinités réelles entre deux ou plusieurs espèces sont ceux qu'elles doivent par hérédité à un parent commun. Toute classification vraie est donc généalogique ; la communauté de descendance est le lien caché que les naturalistes ont, sans en avoir conscience, toujours recherché, sous prétexte de découvrir, soit quelque plan inconnu de création, soit d'énoncer des propositions générales, ou de réunir des choses semblables et de séparer des choses différentes. »

Extrait de : Charles Darwin, *L'Origine des espèces*, texte établi par Daniel Becquemont à partir de la traduction de l'anglais d'Edmond Barbier, Paris, Flammarion (1859 pour l'édition originale).

*Annexe 8*



# IDE'E D'UNE ECHELLE

## DES ETRES NATURELS.

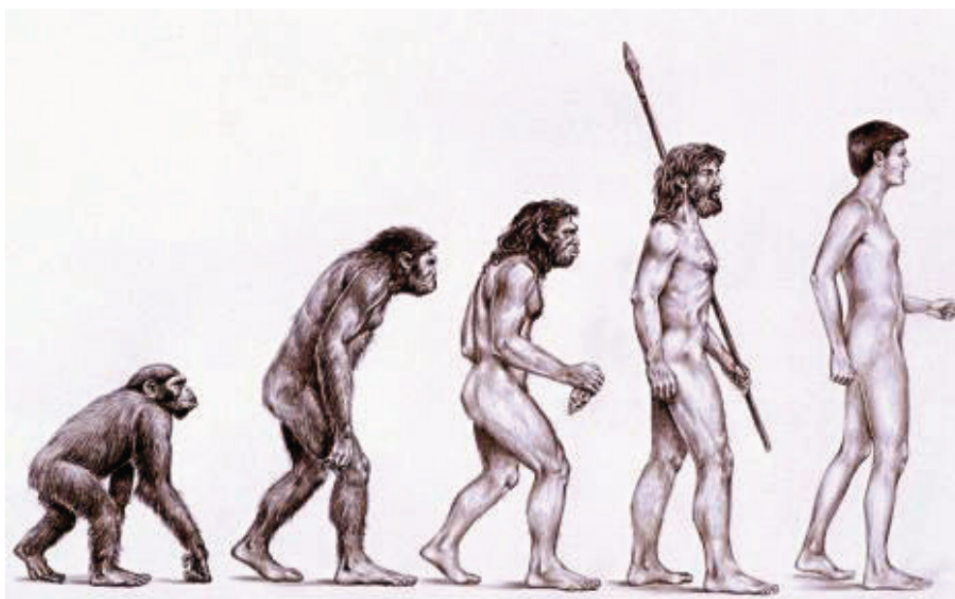
L'HOMME.	COQUILLAGES.	PIERRES.
Orang-Outang.	Vers à tuyau.	Pierres figurées.
Singe.	Teignes.	Cryallisations.
QUADRUPEDES.	INSECTES.	SELS.
Ecureuil volant.	Gallinectes.	Vitriols.
Chauvefouris.	Tenia, ou Solitaire.	METAUX.
Autruche.	Polypes.	DEMI-METAUX.
OISEAUX.	Orues de Mer.	SOUFRES.
Oiseaux aquatiques.	Sensitive.	Bitumes.
Oiseaux amphibies.	PLANTES.	TERRES.
Poissons volans.	Lychens.	Terre pure.
POISSONS.	Mouffures.	EAU.
Poissons rampans.	Champignons, Agarics.	AIR.
Anguilles.	Truffes.	FEU.
Serpens d'eau.	Coraux & Coralloides.	Matières plus subtiles.
SERPENS.	Lithophytes.	
Limaces.	Amianthe.	
Limaçons.	Talcs, Gyps, Sélénites.	
COQUILLAGES.	Ardoises.	

Echelle des êtres extraite de l'ouvrage de Charles Bonnet intitulé *Traité d'insectologie* (1745).

Charles Bonnet était au XVIII<sup>e</sup> siècle un des naturalistes les plus réputés d'Europe, et ses ouvrages sont restés des classiques durant de nombreuses années. Il y développe notamment une idée très ancienne qui veut que l'ensemble des corps des trois règnes de la nature (animal, végétal, minéral) puissent être ordonnés le long d'une échelle de complexité croissante.

Annexe 9

Représentation très commune de la « lignée humaine » ou de « l'évolution humaine » accessible sur internet en utilisant ces mots clés. Source : <http://www.hominides.com/html/theories/evolution-de-l-homme-representation-dessin.php>



Annexe 10

Q3-1 - Décrivez l'histoire des classifications du vivant selon quatre étapes principales (l'Antiquité, le XVIII<sup>ème</sup>, le XIX<sup>ème</sup>, et le XX<sup>ème</sup> siècles) en précisant les personnages clés, les contextes idéologiques et philosophiques, les principales découvertes (nouveaux critères, nouvelles méthodes, etc...) et les principaux progrès techniques.

**La réponse donnée ci-dessous, volontairement développée, va au-delà de ce que le jury attendait des candidats. Les éléments fondamentaux (qui permettaient d'avoir tous les points attribués à cette question) sont indiqués en gras.**

De manière condensée, l'histoire des pratiques classificatoires dans les sciences du vivant peut être décrite comme suit :

#### **Antiquité** (et Moyen Age dans une large mesure)

Durant l'Antiquité, les classifications sont descriptives et macroscopiques, et très souvent associées à un but pratique (ex : classification médicinale des plantes depuis l'Antiquité égyptienne). Le degré de précision taxinomique est alors relativement faible. Les écrits d'Aristote (-384, - 322) (pour les animaux) et Théophraste (-371, -288) (pour les plantes) font autorité durant plusieurs siècles sans remise en cause.

#### **XVIII<sup>e</sup> siècle** : Plan du créateur et systématique linnéenne

Les nombreux échantillons collectés à travers le globe du fait des grands voyages en bateaux rendent évidente la nécessité d'une refonte de la systématique. Les anciennes catégories n'apparaissent plus comme pertinentes. Simultanément se développe la théologie naturelle, ce qui modifie l'objectif des classifications. **Celles-ci doivent montrer le plan suivi par le Créateur, ce que l'on appelle l'« ordre naturel ».** C'est la foi dans l'existence d'un Créateur qui rend réaliste le projet d'une classification exhaustive du monde vivant. **L'œuvre du botaniste suédois Carl von Linné (1707-1788) est à l'époque exemplaire d'une telle démarche. Son système porte en priorité sur les plantes et repose sur l'étude de leurs caractères sexuels. Linné veut également rendre homogène la nomenclature et introduit à ce titre la nomenclature binominale.** Le développement des méthodes linéennes va permettre d'augmenter considérablement la précision taxinomique, jusqu'au niveau de l'espèce, de la sous-espèce, voire de la variété.

**Les espèces sont alors conçues comme des entités fixes (« fixisme »). On peut donc les définir de manière atemporelle comme une collection de caractères et en prenant un « type »**

**comme modèle définitif (conception typologique et réaliste de l'espèce).** Dès le XVIII<sup>e</sup> siècle, Buffon, grand adversaire du « système » linnéen (qu'il dénonce comme arbitraire), promeut une définition biologique de l'espèce, comme un ensemble d'individus capables de se reproduire entre eux.

### XIX<sup>e</sup> siècle : Classification et évolution

L'essor de l'anatomie comparée aux alentours de 1800 permet le renouveau de la classification animale ainsi que l'essor de la paléontologie. **Georges Cuvier (1769-1832) distingue alors quatre plans d'organisation principaux sans intermédiaire possible, ce qui exclut toute possibilité d'évolution** : Vertébrés, Radiés, Arthropodes et Mollusques. Comme le registre fossile est discontinu, Cuvier propose l'existence de catastrophes de grande ampleur ayant conduit à l'extinction d'espèces. Même si Cuvier reste fixiste, on commence alors à admettre que des espèces puissent avoir disparues.

**Lamarck (1744-1829) est le premier à proposer une théorie générale de l'évolution des espèces**, qu'il développe en 1809 dans sa *Philosophie zoologique*. Spécialiste des invertébrés, Lamarck propose une classification linéaire des animaux, en fonction de leur complexité anatomique. La possibilité d'une telle classification est pour lui la preuve la plus significative de la transformation du vivant : au cours du temps, les animaux se complexifient de manière progressive. Ainsi, pour Lamarck, les espèces ne sont que des regroupements arbitraires élaborés par le classificateur. Seuls les individus existent et sont réels.

La théorie de l'évolution de Charles Darwin (1809-1882), qui repose sur le principe de « descendance avec modification », est très différente de celle de Lamarck. **Comme Lamarck néanmoins, Darwin montre que « l'ordre naturel » n'est en fait que l'ordre de production des espèces au cours de l'évolution. La classification doit donc avoir comme fonction de refléter cet ordre. Mais contrairement à Lamarck, Darwin conçoit l'évolution comme un processus fait de ramifications successives : les espèces ne dérivent pas linéairement les unes des autres, mais possèdent des ancêtres communs plus ou moins proches.** La classification linnéenne par groupes emboîtés (classe, ordre, famille, etc.) reste donc opérationnelle avec l'essor du darwinisme. Chaque emboîtement représente désormais l'ensemble des descendants d'un même ancêtre (ce que l'on nomme aujourd'hui groupe monophylétique).

La fin du XIX<sup>e</sup> siècle et le début du XX<sup>e</sup> siècle voient l'essor de la phylogénétique, qui se développe pourtant dans des directions différentes de ce qu'avait suggéré Darwin. Par exemple, à la suite du zoologiste allemand Ernst Haeckel (1834-1919), on recherche dans les stades embryonnaires des organismes les liens de parenté entre les taxons, suivant ce que Haeckel appelle la loi biogénétique fondamentale : « l'ontogenèse récapitule la phylogenèse ».

### XX<sup>e</sup> siècle : L'avènement de la cladistique

Les classifications phylogénétiques qui se développent durant la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle mettent au premier plan l'idée de degré d'évolution (de « grade »). Par exemple, dans cette optique, le plan d'organisation des mammifères est compris comme plus évolué que celui des reptiles. Ceci aboutit à ce que beaucoup de groupes soient définis de manière négative, et donc ne soient pas monophylétiques (groupe paraphylétique comme celui des reptiles ou celui des poissons).

**Les phylogénies élaborées alors mêlent ainsi plusieurs types de critères et explicitent rarement leur méthodologie. Les relations d'apparement ne sont pas le seul critère pris en compte, car on y associe des considérations sur la complexité anatomique des taxons, voire sur leur écologie.** C'est dans cette ambiance de confusion conceptuelle que l'entomologiste allemand Willi Hennig (1913-1976) propose de refonder la méthodologie de la phylogénie. **La cladistique a pour ambition de construire des groupes exclusivement monophylétiques sur la base du partage de caractères homologues à l'état dérivé (synapomorphies).** L'apparement devient le seul critère à prendre en compte.

**Les techniques du génie génétique vont ensuite permettre de produire une quantité beaucoup plus grande de données exploitables pour la systématique phylogénétique.** La mise au point de la PCR, par exemple, est à l'origine de techniques de séquençage à haut débit qui rend possible la comparaison des séquences d'ADN entre de nombreux échantillons différents. Ce foisonnement de données permet de tester la robustesse des arbres, c'est-à-dire leur capacité à résister à la réfutation.

*Cette question de synthèse a révélé que de nombreux candidats possédaient des repères au moins généraux en ce qui concerne l'histoire des classifications. En particulier, beaucoup de réponses identifiaient de manière pertinente le fait que durant l'Antiquité les classifications avaient été élaborées dans un but pratique et que Linné avait été au XVIII<sup>e</sup> siècle un des grands fondateurs de la systématique*

moderne.

*En revanche, à partir de Darwin et de la prise en compte de l'évolution du vivant, il est apparu qu'une majorité de candidats traitaient de l'évolution en général (parfois en allant jusqu'à la Théorie synthétique) mais sans relier leurs propos aux changements que cela induisait quant à la classification. Cette partie des réponses était donc hors-sujet.*

*On regrettera enfin que ces repères historiques ne s'accompagnent pas, le plus souvent, d'une vraie explicitation des thèses en présence. Beaucoup de réponses se contentent de citer quelques noms (plus rarement quelques dates), sans expliquer de manière compréhensible et rigoureuse en quoi consistaient les idées auxquelles il est fait trop rapidement allusion.*

**Q3-2 -** Le texte de l'annexe 8 présente comment Darwin comprenait les nouveaux enjeux de la classification du vivant lorsqu'il publia en 1859 *L'Origine des espèces*. Dans le texte il emploie l'expression « plan du Créateur » ; expliquez pourquoi cette expression n'appartient pas au domaine de la science.

Avant Darwin, on admettait en général que les espèces (ou au moins les genres) avaient été créées par Dieu, selon un certain plan, qui constituait alors l'« ordre naturel » que recherchaient les botanistes et les zoologistes. L'hypothèse de la création n'est pas scientifique car elle fait appel à une cause extra-naturelle – donc non réfutable – et finaliste (le dessein divin) pour rendre compte de phénomènes naturels. Par principe, la science se borne à expliquer les phénomènes à l'aide de causes naturelles susceptibles d'être soumises à l'observation et l'expérimentation.

*Très peu de candidats ont su proposer une réponse complète et donc satisfaisante à cette question. En effet, lorsqu'elle était traitée, celle-ci a donné lieu la plupart du temps à des réponses du type : « le plan du Créateur n'appartient pas au domaine de la science car la science ne prend pas en compte ce type de questions ». Ceci est vrai, certes, mais aussi très incomplet et peu satisfaisant. Le jury souligne ici qu'il est fondamental qu'un futur enseignant en sciences soit à même d'expliquer les raisons de cette non-prise en compte. La science repose sur l'idée que les événements naturels sont explicables par des causes naturelles. Or, ce qui définit une cause naturelle est sa propriété d'être accessible à la mesure, à la différence des causes transcendantes qui nécessitent un acte de foi.*

**Q3-3 -** Sur la base d'une analyse du texte de l'annexe 8, expliquez le changement que Darwin introduit en ce qui concerne l'objectif de la classification des êtres vivants.

Dès le début du texte, Darwin distingue les classifications « arbitraires » ou « imaginaires » de ce que devrait être la classification du vivant. Contrairement aux systèmes arbitraires, celle-ci doit refléter la généalogie des espèces. Son registre est donc celui du vrai et du faux, et plus celui du pratique ou de l'efficace. La classification du vivant change donc radicalement d'objectif à partir du moment où elle devient phylogénétique.

*A nouveau, la plupart des réponses ne traitait que la moitié de la question. Beaucoup de candidats ont su dire que les nouvelles classifications devaient montrer les liens évolutifs entre organismes (idée directement exprimée par Darwin dans le texte donné en annexe). En revanche, très peu ont vu que cela changeait le registre de la classification : puisqu'elle devait donner une image d'un processus naturel, elle pouvait alors être vraie ou fausse, ce qui auparavant n'avait aucun sens.*

**Q3-4 -** Expliquez comment on pourrait utiliser en classe les deux figures des annexes 9 et 10 permettant aux élèves de prendre conscience des représentations biaisées qu'ils peuvent se faire de l'évolution et des classifications.

La figure de l'annexe 9 est une classification ancienne des « corps naturels » fondée sur l'idée de complexité croissante et qui donne lieu à une représentation sous la forme d'une échelle. Chaque barreau y représente un niveau de complexité. Au XVIII<sup>e</sup> siècle, on n'envisageait pas qu'il puisse exister de liens évolutifs entre les barreaux. En revanche, lorsqu'on commença à concevoir que les espèces puissent se transformer, durant la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, on conserva longtemps l'idée d'une évolution complexifiante et linéaire (Lamarck). La figure de l'annexe 10 montre la prégnance de ce type de représentation linéaire et complexifiante. On la retrouve très souvent à propos de l'évolution humaine, le terme impropre de « lignée humaine » étant courant, y compris dans certains manuels.

On pourrait par exemple demander aux élèves une comparaison détaillée de ces deux figures, celle de l'annexe 9 leur étant donnée avec une légende conséquente. L'objectif serait d'abord que les élèves identifient la ressemblance très forte entre la représentation datant du XVIII<sup>e</sup> siècle et celle, grand-public, du XXI<sup>e</sup> siècle. Cela devrait permettre ensuite de considérer ce schéma linéaire et complexifiant comme renvoyant à des conceptions périmées, puisque celles-ci sont bien antérieures au XIX<sup>e</sup> siècle et à la « révolution darwinienne ».

Une autre exploitation possible serait de partir de la figure de l'annexe 10, certainement déjà connue des élèves. On pourrait envisager de les interroger directement sur les limites d'une telle



représentation étant donné nos connaissances actuelles concernant le processus évolutif. La figure de l'annexe 9 viendrait dans un deuxième temps, et serait le support permettant de montrer aux élèves que ces conceptions erronées s'ancrent dans des traditions très anciennes, qui viennent biaiser à notre insu nos représentations.

*Beaucoup de réponses n'étaient qu'un commentaire vague des deux documents pris séparément. De manière surprenante, seul un nombre restreint de candidats ont pensé à comparer les deux iconographies et à construire une activité à partir de cette comparaison. Par ailleurs, le jury déplore que l'échelle des êtres proposée par Charles Bonnet (XVIII<sup>e</sup> siècle) tout comme la frise « du singe à l'Homme » ait été trop souvent interprétée dans les termes de la théorie de l'évolution, ce qui constitue un anachronisme majeur et atteste d'une complète incompréhension du fait évolutif et de la représentation en arbre.*

## **Epreuves d'admission – Epreuve de mise en situation**

### **professionnelle**

### **Déroulement et remarques concernant les prestations des candidats**

#### **PREPARATION DE L'EXPOSE ET DEROULEMENT DE L'EPREUVE**

L'épreuve de mise en situation professionnelle dure une heure (40 minutes d'exposé et 20 minutes d'entretien) et se déroule devant un jury de deux personnes, composé d'un scientifique (universitaire ou professeur de classe préparatoire aux grandes écoles) et d'un professeur formateur.

#### **L'INTITULÉ**

Le sujet comprend :

- un intitulé scientifique (titre du sujet) ;
- l'indication du niveau d'enseignement auquel le sujet doit être traité ;
- Rappel : voir plus haut les évolutions pour 2017 en lien avec les nouveaux programmes de collège.*
- une liste du matériel fourni qui doit obligatoirement être utilisé et exploité au cours de l'exposé dans une activité pratique que le candidat doit concevoir (*à compter de la session 2017, le sujet ne proposera pas le libellé de cette activité (exemple : réaliser une préparation microscopique) ouvrant encore davantage le choix du candidat*) ;
- un document professionnel.

#### **LA PRÉPARATION DE L'EXPOSÉ**

La préparation dure quatre heures. Le candidat est d'abord placé pendant **deux heures** en salle de préparation commune.

Pendant cette phase, le candidat a un accès complet et libre à l'intégralité de la bibliothèque.

Le candidat a connaissance du sujet, du matériel qui lui sera fourni ultérieurement (quand le sujet comporte une carte de géologie, le candidat dispose de la notice correspondante pendant la préparation), de la manipulation qui lui est imposée et du document professionnel.

Le candidat a différents outils numériques à sa disposition : un ordinateur, des logiciels de traitement de textes (open office ; Microsoft), les contenus de la clé concours (voir en annexe) dont les programmes (programmes officiels de SVT de l'enseignement secondaire, socle, enseignements d'exploration de seconde et programme de chimie-biochimie-sciences du vivant), des fiches techniques, des logiciels, des bases de données (images, vidéothèques, etc.).

Il organise son exposé, envisage les activités et peut d'ores et déjà prévoir une demande de matériel complémentaire grâce à une fiche matériel qu'il doit, dans ce cas, remplir obligatoirement. Ce matériel ne lui sera fourni qu'en salle de passation.

Trois ouvrages de son choix pourront être emportés dans la salle de passation. Aucune photocopie de livre ni aucun scan ne sont réalisés. Les documents complémentaires demandés ne peuvent porter que