

## **4. COMMENTAIRES DES EPREUVES ECRITES**

4.1 Composition portant sur le sujet d'option A : biologie et physiologie cellulaires, biologie moléculaire: leur intégration au niveau des organismes.

4.2 Composition portant sur le sujet d'option B : biologie et physiologie des organismes et biologie des populations, en rapport avec le milieu de vie.

4.3 Composition portant sur le sujet d'option C : sciences de la Terre et de l'Univers, interactions entre la biosphère et la planète Terre.

4.4 Composition portant sur le sujet de contre-option A (pour les candidats ayant choisi le secteur B ou C pour l'épreuve de spécialité).

4.5 Composition portant sur le sujet de contre-option B (pour les candidats ayant choisi le secteur A ou C pour l'épreuve de spécialité).

4.6 Composition portant sur le sujet de contre-option C (pour les candidats ayant choisi le secteur A ou B pour l'épreuve de spécialité).

## **4.1 COMPOSITION PORTANT SUR LE SUJET D'OPTION A (Biologie et physiologie cellulaires: leurs intégrations au niveau des organismes)**

### **4.1.1 Sujet**

#### **L'expression génétique et son contrôle chez les Eucaryotes**

*Par des exemples précis, le candidat traitera le sujet dans son sens le plus large : de l'ADN à la protéine.*

### **4.1.2 Commentaires**

Cette année encore, la question posée recouvrait un vaste domaine de la Biologie : celui de l'expression génétique et de son contrôle. L'ampleur du sujet nous a conduits à le restreindre aux Eucaryotes. Comme les années précédentes, il était demandé aux candidats de construire leur devoir à partir d'exemples précis. Nous attendions qu'à partir de ces exemples, une démarche expérimentale et déductive soit développée. Bien que ces exigences, classiques en sciences expérimentales, soient réitérées chaque année, trop de candidats s'en sont tenus à une démarche dogmatique dans laquelle les exemples, lorsqu'il y en avait, ne servaient pas d'appui mais d'illustrations.

Sur le fond, la lecture régulière des revues scientifiques comme « Pour la Science », « La Recherche », ou « Médecine/Sciences » apportait de précieuses mises à jour (voir Pour la Science n°296 de juin 2002). Les débats actuels de Bioéthique sur les thérapies géniques, sur les cellules souches embryonnaires ou sur le clonage reproductif pouvaient également fournir des arguments scientifiques et des exemples fort utiles.

Le sujet pouvait être abordé de diverses manières pourvu qu'il soit traité sous tous ses aspects : l'expression du gène et sa régulation. Le barème, établi de façon très détaillée, permettait d'attribuer les points dans chaque cas. La mise en évidence de la production de protéines spécifiques par diverses cellules différenciées du même organisme pouvait servir d'introduction pour présenter les paragraphes du devoir. Les différentes étapes de l'expression de l'information génétique devaient être abordées et pour chacune les contrôles devaient être expliqués. Le sujet précisait « de l'ADN à la protéine », il fallait comprendre protéine biologiquement active.

Il semblait logique de partir de l'ADN et de son accès par les protéines régulatrices, puis de décrire les mécanismes de la transcription et de la maturation des ARN. Le fonctionnement du complexe de transcription devait être exposé de façon détaillée pour bien montrer les nombreux contrôles intervenant à ce niveau. Les exemples abondent et beaucoup sont obligatoirement connus par un candidat à l'agrégation ; ils peuvent être recueillis dans le domaine de l'embryologie moléculaire ou de la détermination du sexe (épissage différentiel chez la drosophile) ou tout autre chapitre du programme de spécialité.

L'expression des gènes aboutit à la synthèse d'ARNm, r, ou t et de protéines. Ce point expliqué, il fallait, à l'aide d'exemples, montrer comment les protéines sont modifiées pour acquérir leur activité biologique. Là encore, les exemples de glycosylation, de phosphorylation, de sulfatation de structuration spatiale, de protéolyse partielle ne manquaient pas. Peu de candidats ont abordé l'expression du génome extra-nucléaire.

Enfin, et ce point nous semble important, il fallait faire le bilan de la part du génome exprimé et non exprimé, se demander comment, chez l'Homme, 30 000 gènes peuvent coder plus de 300 000 protéines, comment s'exprime ce génome dans un cadre physiologique, pathologique ou expérimental.

Sur la forme, les remarques formulées les années antérieures semblent prises en compte : les copies comportent presque toutes une introduction et une conclusion, les différents chapitres du plan sont apparents et un effort est fait sur la présentation. Cependant, beaucoup reste à accomplir.

Cet aspect rejoint le fond car faire une belle copie hors sujet n'est pas faire une bonne copie ; nous en avons eu cette année de multiples exemples. Au risque de répéter ce qui a été écrit dans les rapports précédents, nous donnerons quelques conseils.

La lecture attentive du sujet est une étape importante, elle doit être suivie d'une recherche d'idées qui permet de construire un plan détaillé. Ce plan doit être revu d'un œil critique pour en évacuer le hors sujet ou ajouter ce qui manque. Les exemples sont alors inclus dans ce plan en veillant à ce qu'ils soient variés et en accord avec le sujet.

Enfin, le plan est reconsidéré pour mettre en cohérence les titres des chapitres et sous-chapitres et pour placer l'illustration. Celle-ci est souvent pauvre, mal réalisée, aux légendes et orientations incertaines : elle ne fait que trop rarement ressortir le point fondamental du sujet pour lequel elle a été choisie. Nous rappelons qu'un schéma clair, introduit et commenté en quelques lignes remplace souvent fort avantageusement de longues paraphrases.

Toutes ces opérations sont probablement les plus décisives dans la réussite du devoir. Elles doivent prendre une heure environ ; ce n'est pas du temps perdu. L'introduction est souvent verbeuse, sans rapport avec le sujet : était-il nécessaire de remonter au big-bang pour répondre à la question posée ? L'introduction, comme son nom l'indique, doit introduire le sujet, en définir les termes et présenter les différentes parties de ce qui va suivre, en un mot souligner les questions fondamentales posées par le sujet. La conclusion n'est pas un résumé de ce qui précède, elle doit souligner les conclusions principales et surtout proposer quelques développements futurs en rapport avec la question. Sur le sujet de cette année, il était inutile de rédiger de longues digressions sur le monde meilleur ou apocalyptique qui résulterait de la maîtrise du contrôle de l'expression génétique par quelque bon médecin ou quelque savant fou. L'introduction et la conclusion ont été notées sur 2 points /20.

La forme a été notée sur 2/20 sous réserve qu'un fond scientifique minimum soit présent. Cependant, dans la forme comptait également l'orthographe ! Il est inacceptable que de futurs enseignants aient, en grande majorité, une orthographe aussi approximative. Des fautes graves de grammaire et notamment de conjugaison sont de plus en plus fréquentes. L'accord des participes passés n'est toujours pas dominé.

Le sujet « A », comme il se doit, appartient au programme de spécialité. Certes, ce programme est immense, même s'il tient en une vingtaine de titres. Cette année, comme les précédentes, la question était suffisamment vaste pour qu'un candidat moyen, de niveau bac plus 4, puisse répondre convenablement. La note maximum de 20/20 a été attribuée à plusieurs copies. Soulignons qu'il n'y a aucune corrélation entre la note et le nombre de pages même si un devoir peu consistant n'a que peu de chance de répondre en totalité au sujet.

## **4.2 COMPOSITION PORTANT SUR LE SUJET D'OPTION B**

**(Biologie et physiologie des organismes et biologie des populations en rapport avec le milieu de vie)**

### **4.2.1 Sujet**

#### **Spéciation et co-spéciation**

*Après avoir présenté et discuté les critères sur lesquels se fonde la notion moderne d'espèce, le candidat exposera, à partir de faits précis et actuels, les mécanismes et les conditions qui favorisent ou conduisent à l'apparition de nouvelles espèces.*

## 4.2.2 Commentaire

Le sujet d'option B de la session 2003 touchait au paragraphe 5.3 du programme général et au point 11 du programme de spécialité. Il invitait les candidats à réfléchir sur deux questions étroitement liées. Le problème posé est en apparence simple : l'espèce est une catégorie taxinomique commode, mais correspond-t-elle à une réalité biologique en tant que telle ? Si oui, comment les espèces apparaissent-elles ? L'intitulé du sujet pouvait conduire à adopter un plan en deux parties.

Dans une première partie le candidat devait proposer une définition « moderne » de l'espèce. Les revues récentes sur la question recensent jusqu'à sept (!) définitions distinctes. Une seule suffisait, à condition qu'elle soit argumentée et solidement étayée.

Le plus souvent, les devoirs ont sagement opté pour la définition la plus largement acceptée, due à Mayr et Dobzhansky, dite *concept d'espèce biologique* (CEB) : *ensemble de populations réellement ou potentiellement interfécondes, isolées reproductivement d'autres groupes semblables.*

Quelques devoirs ont retenu comme définition celle du *concept d'espèce phylogénétique* dû à Cracraft. L'une ou l'autre de ces définitions a été jugée acceptable dès lors qu'elle était correctement présentée et argumentée.

Une discussion sur la signification précise des différents termes utilisés dans la définition devait ensuite être entreprise. On pouvait souligner que le CEB fait référence à des populations et non à des individus ; que la notion de ressemblance n'y figure pas parce que la variabilité interindividuelle est la règle et non l'exception, enfin que l'interfécondité peut n'être que potentielle ce qui permet de grouper dans un même ensemble des populations séparées par de si grandes distances que toute rencontre leur est impossible. La conclusion attendue à ce niveau devait souligner que l'espèce se définit par une discontinuité reproductrice, une barrière aux flux de gènes avec d'autres groupes de même statut.

Le CEB, majoritairement adopté par les biologistes évolutionnistes présente des limites par suite de la restriction de son domaine d'application. On pouvait évoquer qu'il ne s'applique qu'à des organismes à reproduction biparentale, qu'il est invérifiable sur les formes fossiles et qu'il connaît, sur la question de l'hybridation, de nombreuses exceptions. Par ailleurs l'isolement reproductif n'est pas toujours rencontré dans la nature sous une forme abrupte. Des situations d'échanges réduits entre populations voisines (parapatricques) sont connues dans la nature : l'exemple de la corneille (*Corvus*) est assez souvent cité, de même que les situations dites « en anneau », plus rarement évoquées. Des exemples maintenant classiques concernent les salamandres *Ensatina* de Californie ou les Pouillots de l'Himalaya (*Phylloscopus*) sur lesquels Irwin et coll. ont publié récemment de remarquables travaux qui touchent directement au problème de la spéciation.

Une majorité de copies a traité cette question de manière dans l'ensemble satisfaisante. Trois situations ont conduit à ne pas attribuer l'ensemble des points prévus pour cette partie du devoir.

Dans certaines copies la définition est purement et simplement escamotée. La notion d'espèce est posée, utilisée, mais jamais définie.

Dans d'autres copies la définition est posée mais non discutée, comme si elle allait de soi. C'est après des années de travaux, d'essais insatisfaisants et de réflexions que Mayr a proposé le CEB : c'est bien le signe que la situation n'est pas simple et que, comme dans toute définition en biologie, il existe toujours des cas limites, en bordure du concept, où l'interprétation reste malaisée.

Un cinquième des devoirs environ a proposé pour l'espèce une définition complètement dépassée, basée sur la seule ressemblance et sur la stérilité des hybrides : aucun de ces deux termes ne figure dans le CEB.

Après avoir signalé que l'isolement reproductif est l'élément clé de la définition de l'espèce, on attendait un développement sur les mécanismes qui le favorisent, l'établissent et le maintiennent. Ces mécanismes d'isolement sont classiquement classés en pré-zygotiques et post-zygotiques. Cette partie est généralement bien connue des candidats, traitée de manière satisfaisante et souvent illustrée de bons exemples. Quelques rares copies, appréciées, ont détaillé le mécanisme de l'isolement génétique post-zygotique.

Dans la seconde partie du devoir le candidat était invité à réfléchir sur les mécanismes et les situations qui conduisent à la spéciation où à la co-spéciation. Le premier de ces deux phénomènes demandait les plus longs développements.

La transition logique avec la première partie du devoir devait reposer sur l'isolement reproductif entre espèces. L'isolement reproductif est la conséquence de changements génétiques qui apparaissent pour des raisons diverses. La spéciation apparaît ainsi comme une conséquence non adaptative de la divergence entre plusieurs populations.

Quelle est la nature de ces changements génétiques, où et comment apparaissent-ils étaient les questions sur lesquelles devait s'appuyer le développement de la seconde partie du devoir.

On pouvait aborder, à ce niveau de la composition (ou à tout autre mais en aucun cas ne l'oublier) les processus à l'origine de la variation génétique. Au niveau moléculaire on attendait un bref exposé sur les mutations et les transposons. L'effet des mutations devait être évoqué. Si elles sont trop rares par elles-mêmes pour modifier significativement les fréquences alléliques, c'est par les mécanismes de recombinaison chez les organismes à reproduction sexuée qu'elles peuvent aboutir à des nombres astronomiques de combinaisons génétiques. Les mutations du caryotype (réarrangements) devaient également être évoqués. Le cas de la polyploïdisation pouvait être différé (voir plus loin la spéciation sympatrique). Les échanges déséquilibrés lors du crossing-over provoquent enfin des délétions ou des duplications de gènes.

On pouvait ainsi, en quelques pages, exposer les différents niveaux où se crée la variabilité génétique et montrer que leurs effets sont multiplicatifs.

Un traitement étendu de la spéciation en allopatrie était le minimum exigé. On attendait une explication détaillée de son mécanisme. Les résultats d'ensemble sont seulement acceptables car les mécanismes sont trop rarement expliqués correctement. Les connaissances des candidats en génétique des populations sont globalement insuffisantes et le mécanisme de la sélection souvent incomplètement compris.

Une erreur est communément rencontrée. Les devoirs évoquent souvent une aire initialement unique que vient partager en deux parties une barrière géographique. Soudain, et *comme sans raison*, les deux populations ainsi séparées commencent à diverger génétiquement, sans que la nature de cette divergence soit clairement expliquée. Le bon sens conduit à s'interroger : que se passait-il sur le plan génétique *avant* la séparation ? La dérive génétique est trop souvent citée comme l'unique mécanisme de cette divergence ; les ségrégations écologiques et la sélection sexuelle ne sont pratiquement jamais évoquées. Enfin les exemples concrets sont rares. L'étude du passé récent de l'Europe fournit pourtant de nombreux exemples où l'on peut reconstituer toute la gradation de la spéciation allopatrique. Tracer un ensemble oval que l'on coupe en deux comme une pomme de terre, parler de populations A et B qui deviendront deux espèces distinctes ne sauraient passer pour une explication satisfaisante de la spéciation en allopatrie. Sont rarement citées, mais appréciées : les variations de compatibilité reproductrice entre populations

géographiquement séparées ; la distribution parapatrique de beaucoup d'espèces affines ; la correspondance entre des discontinuités génétiques et des barrières géographiques passées ou présentes ; l'obtention de tendances à l'incompatibilité reproductrice dans des populations de laboratoire.

Les développements sur les situations voisines de parapatrie et péripatricie sont rencontrés dans d'assez nombreux devoirs. Les copies où il en était fait mention ont été appréciées. Les mêmes remarques qu'à propos de la spéciation allopatricie s'appliquent également ici.

Le mode de spéciation sympatrique fait encore l'objet de controverses parmi les spécialistes : ses mécanismes et son importance ne sont pas clairement établis. Un cas particulier est toutefois bien documenté chez les plantes : la spéciation par polyploïdie (tétraploïdie et au-delà), en particulier la polyploïdisation des hybrides. Le polyploïde est isolé post-zygotiquement de ses ancêtres diploïdes car le croisement en retour conduit à des gamètes aneuploïdes à fertilité souvent faible. Ce mode de spéciation est original par sa brusquerie et par le fait qu'il se produit à la suite d'un événement génétique isolé, chez un individu. On attendait des candidats une connaissance minimale du phénomène, appuyée sur un exemple au moins (le blé est parfois cité) et surtout l'explication génétique des mécanismes en jeu. Moins d'un quart des copies citent ce mode de spéciation et le plus souvent les processus ne semblent pas complètement compris. Le correcteur ne pouvait se satisfaire d'une simple affirmation, même exacte. Une explication, qui pouvait être réduite à quelques schémas, devait montrer pourquoi et comment cette situation conduit à des isolements reproductifs.

Le terme de co-spéciation figurait dans l'intitulé général du sujet. Il invitait les candidats à ne pas oublier ce mode particulier de spéciation pour lequel on dispose aujourd'hui d'exemples assez bien documentés. C'était l'occasion de présenter des arbres phylogénétiques, topologiquement similaires, montant des cladogrammes. Un exemple classique pouvait être cité : celui de la co-spéciation entre des rongeurs *Geomidés* et leurs parasites mallophages. La congruence des arbres phylogénétiques devait être définie et les critères de co-spéciation clairement exprimés.

La co-spéciation n'est abordée que dans une fraction minime de copies : moins de 10%. Elle est généralement traitée de manière trop superficielle et présentée sous l'étiquette générale de co-évolution. Néanmoins les rares copies ayant abordé le sujet ont été appréciées à la notation. Certains exemples cités à l'appui de cette hypothèse – à propos du figuier notamment – font justement partie des contre-exemples de co-spéciation dans la littérature spécialisée ! Ces copies n'ont toutefois pas été pénalisées.

Une conclusion s'imposait. Réunir, dans une même composition, les questions relatives à la définition de l'espèce, à ses limites et aux modes de spéciation ne devait évidemment rien au hasard. C'était l'occasion d'ouvrir le sujet, par exemple, sur les rythmes d'apparition des espèces nouvelles au cours des temps géologiques (la théorie des équilibres ponctués figure dans une minorité appréciée de copies) ou sur les facteurs favorisant le phénomène : barrières topographiques, faibles taux de dispersion, forte sélection sexuelle etc.

On pouvait préciser pour terminer que la spéciation est finalement la source de toute la diversité des organismes à reproduction biparentale, qu'elle est l'événement responsable de chaque branche dans les phylogénies et qu'elle n'est pas, *en soi*, un phénomène adaptatif. Son rythme enfin est à la fois trop lent à l'échelle de la vie humaine – exception faite de la spéciation sympatrique par polyploïdie – et trop rapide à l'échelle des temps géologiques pour que toutes les étapes puissent en être décrites par l'analyse des formes fossiles.

Les résultats d'ensemble obtenus sur ce sujet d'option sont finalement satisfaisants : tous les candidats admissibles aux épreuves pratiques et orales ont obtenu la moyenne ou davantage à l'écrit. Dix pour cent des copies ont été notées excellentes et une, exceptionnelle, a reçu la note

symbolique de 20/20. Le message que souhaitait faire passer le jury d'option a été reçu par une large fraction de candidats : la biologie évolutive figure pleinement aux épreuves de l'agrégation, à tous les niveaux du concours. L'écrit commençait, une épreuve de TP a suivi et vingt-cinq leçons orales d'option ont concrétisé cette volonté.

Quelques regrets doivent néanmoins être exprimés. Ce qui suit doit être considéré comme une suite de conseils à méditer par les futurs candidats au concours et non comme une stérile liste de doléances.

On a déjà noté que, sur le fond du sujet, la co-spéciation n'était qu'exceptionnellement traitée. Ce manque n'a pas empêché certaines copies de recevoir une très bonne note, mais il est l'occasion de rappeler, une fois de plus, que dans le titre et la formulation du sujet chaque mot compte parce qu'il a été soigneusement pesé. Plus que jamais le conseil qu'on doit donner aux candidates et aux candidats reste - ce qui fait trop souvent sourire - « lire, ce qui s'appelle lire, le sujet. Traiter *tout* le sujet et *rien que* le sujet.

De manière réciproque, les digressions sont à proscrire. Elles font perdre du temps au rédacteur et indisposent le correcteur. Les hors sujets les plus fréquents constatés cette année concernaient l'histoire des idées sur la notion d'espèce quand ce n'était pas sur l'évolution elle-même. Il ne servait à rien d'exposer les conceptions de Lamarck ou de Linné sur l'espèce : le sujet demandait explicitement d'établir une définition *moderne* du concept.

Les développements hors sujet conduisent à une autre constatation relative au volume des devoirs rendus. L'examen des notes montre clairement que les meilleures notes (y compris le 20/20) ont été attribuées à des devoirs de volume raisonnable : 20 à 25 pages environ. Il n'est pas possible, simultanément, de remplir un grand volume de papier et de conserver la maîtrise réfléchie de ses développements. Sélectionner ses connaissances, renoncer à vouloir tout dire, émonder ses brouillons, choisir ce que l'on va développer par le texte ou par des schémas prend du temps et permet de condenser son message. Vingt pages suffisent dans la plupart des cas. Les fascicules de 38 pages rédigés à la hâte ne donnent, par contraste, que des résultats désastreux. Quantité et qualité sont toujours en conflit dans un devoir écrit parce que le temps de l'épreuve étant limité, tout ce qui est consacré à la réflexion est perdu pour la rédaction. Des exercices répétés de devoirs blancs permettent de progresser rapidement dans ce domaine.

Sur l'architecture du devoir de cette année, comme pour les années passées et sans doute les futures, trois points restent toujours *fortement* appréciés des correcteurs :

- 1) Les exemples concrets. Trop de devoirs restent dans les généralités vagues ou abstraites. Toute situation d'intérêt, en option B, doit pouvoir s'illustrer par au moins un exemple animal ou végétal. Sinon de quoi parlerait notre science ? C'est à partir d'observations ou d'expériences de laboratoire, éventuellement de modèles que nos disciplines progressent, c'est donc à partir d'observations ou de résultats d'expérience qu'on doit les exposer. Les faits sont importants, les situations où on les rencontre le sont tout autant.
- 2) L'explicitation des mécanismes. Les sujets d'écrit ont *toujours* comme arrière pensée un problème et ses mécanismes explicatifs. Un devoir purement descriptif, même exact, même appuyé sur des exemples ne vaudra que par l'explication des mécanismes qu'il propose. Nul besoin pour cela de refaire toute la science. Le correcteur doit être considéré comme un honnête homme, connaissant les bases de sa science (niveau terminale S) et, on l'espère, doté d'une intelligence moyenne. A partir de là, le devoir doit lui exposer, dans un langage accessible, le problème, ses ramifications, les antécédents, les conséquents et les mécanismes explicatifs. Séparer les causes des effets, distinguer entre l'essentiel et l'accessoire. Nul besoin de reprendre le détail de la mitose : elle est supposée connue du lecteur. Les articles de vulgarisation parus dans

« Pour la Science » ou « La Recherche » sont une mine inépuisable de bons exemples sur la façon de rédiger un écrit d'option.

Sur la qualité de la rédaction, la doléance est permanente mais encore d'actualité. Il est sans doute difficile d'imposer à un agrégatif la réactivation de ses connaissances en grammaire et syntaxe. Mais un texte est fait pour être lu et compris, c'est ainsi. La langue a ses usages, ses accords, ses codes et ses règles. Trop de copies sont littéralement constellées de fautes. Une erreur occasionnelle échappe aux meilleurs rédacteurs, mais trente fautes par page dénotent de la négligence ou de l'inculture. Relire sa copie permet d'en faire la toilette orthographique. Ce quart d'heure n'est pas à délaissier parce qu'il n'est pas sans conséquences : le barème accorde toujours des points pour la qualité de la rédaction et la clarté de l'exposé. Rédiger, à connaissances égales, une copie propre rapporte *aussi*

### **4.3 COMPOSITION PORTANT SUR LE SUJET D'OPTION C**

**(Sciences de la Terre et de l'Univers, interactions entre la biosphère et la planète Terre)**

#### **4.3.1 Sujet**

##### **Structure et dynamique interne des planètes telluriques**

*En s'appuyant essentiellement sur l'exemple de la Terre, le candidat présentera la structure de ces planètes et étudiera leur dynamique interne.*

#### **4.3.2 Commentaires**

Le sujet a été généralement traité de façon superficielle en raison d'une méconnaissance inquiétante de quelques faits importants relatifs aux planètes telluriques : tailles relatives de Mars, de Vénus et de la Terre, absence de tectonique des plaques sur Mars et Vénus, importance des panaches mantelliques sur Mars et caractéristiques du volcanisme (rifts et rides), etc. Le problème de la connaissance de la structure interne des planètes est généralement mal posé. Peu de candidats posent la question fondamentale relative à la masse et à la composition des planètes telluriques et de la Terre en particulier : comment accède-t-on à ces paramètres physiques et chimiques essentiels ? Le minimum requis en astronomie est généralement absent des copies. Un nombre extrêmement limité de candidats a traité, ne serait-ce que très simplement, le principe de la détermination de la masse de la Terre. Les théories de l'accrétion homogène ou hétérogène sont connues, mais plusieurs candidats prétendent que certaines chondrites sont un modèle réduit de la différenciation de la Terre. Quelques candidats ont bien compris le rôle important des chondrites, voire des échantillons lunaires, pour accéder à la composition chimique globale de la Terre, mais très peu ont connaissance des données isotopiques et des isochrones montrant une origine commune, ce qui aurait permis de fournir des bases solides pour le raisonnement.

La structure interne de la Terre est souvent traitée de façon fantaisiste. Rares sont les candidats qui sont capables de représenter une coupe synthétique de la Terre, par exemple un modèle de type PREM, dans lequel figurent les épaisseurs, les vitesses sismiques et les températures correctes, sans même parler du diamètre de la Terre. La distinction entre l'approche physique et chimique n'est pas faite. Il existe encore des confusions entre lithosphère, asthénosphère, croûte et manteau. Certains candidats ne situent pas correctement le Moho ou la LVZ, et ne discutent ni de la signification physique de telles discontinuités, ni des variations de leur profondeur, de leur épaisseur, et bien évidemment de leur importance en géodynamique. Ceci est réellement inquiétant et doit être souligné. Les erreurs concernant les profondeurs des transitions de phases (Olivine, Spinelle, Perovskite) sont ainsi extrêmement fréquentes, ce qui est surprenant compte

tenu du niveau attendu pour ce concours. Le principe fondamental selon lequel la vitesse des ondes sismiques augmente avec la densité des matériaux n'est généralement pas compris; les conversions P-S aux niveaux des discontinuités ne sont présentées que par de très rares candidats.

La dynamique du noyau est rarement discutée. Il est vrai qu'il s'agit d'un domaine où la recherche fournit fréquemment des modèles nouveaux. Cependant le principe de la dynamo auto-entretenu n'est pas connu.

L'origine de la croûte continentale est traitée rapidement en général; la notion de manteau primitif et appauvri est rarement abordée à l'aide de quelques diagrammes d'éléments traces. Les données topographiques simples (courbe de Trabert) opposant les deux croûtes sont inconnues.

Les candidats ont généralement correctement exposé le fait que la chaleur interne du globe se dissipe selon plusieurs modalités. On constate que des progrès sont faits dans la connaissance des principes de la convection, et plusieurs copies discutent correctement du déclenchement de la convection et du nombre de Rayleigh (équation correctement posée). Toutefois, l'évolution temporelle de la dynamique interne, avec ses causes (refroidissement global et selon quelle loi) et ses conséquences (notamment pétrologiques : nature et sources des magmas), est rarement traitée.

Peu de candidats ont pensé à terminer leur devoir par un tableau comparatif présentant les caractéristiques principales des différentes planètes telluriques.

Comme chaque année, le jury souhaite que les candidats s'efforcent d'améliorer la qualité et la pertinence des schémas produits, ainsi que le soin apporté à l'orthographe.

#### **4.4 COMPOSITION PORTANT SUR LE SUJET DE CONTRE-OPTION A (pour les candidats ayant choisi le secteur B ou C pour l'épreuve de spécialité)**

##### **4.4.1 Sujet**

##### **Les mutations : diversité , conséquences et applications**

*Le candidat devra construire son devoir à partir d'exemples précis et en s'appuyant autant que possible sur des démarches expérimentales.*

##### **4.4.2 Commentaires**

Même si les candidats ont dans leur grande majorité adopté le plan suggéré dans l'énoncé, plusieurs autres plans étaient possibles. En effet, quelques candidats ont choisi un autre plan, le plus souvent avec une grande efficacité, montrant une réelle réflexion préalable à la rédaction sur le sujet. Au premier abord le sujet proposé pouvait apparaître comme ciblé, mais s'élargissait largement lorsque les aspects « conséquences et applications » du sujet étaient pris en considération dans toutes leurs implications. Un choix devait donc être fait :

- traiter de façon la plus complète tous les aspects possibles, en approfondissant dans chaque grande partie un ou deux points significatifs,
- être très complet dans une et même deux parties du sujet et traiter de façon moins approfondie, mais de manière cohérente une troisième partie, qui n'était pas forcément la dernière.

Les deux approches ont été également réalisées, parfois avec brio, un nombre significatif de candidats ayant obtenu une excellente note.

## Forme

La présentation générale est tout à fait acceptable, même si l'orthographe est parfois désastreuse dans certaines copies. Il est inutile de souligner avec des couleurs diverses les mots et les phrases considérés comme importants. Outre la perte de temps et de concentration pour le candidat, la lecture du devoir en devient parfois difficile.

Les efforts de dessins et de schémas ont été appréciés. Malheureusement, beaucoup trop de schémas surgissent comme illustrations, à posteriori de ce qui vient d'être expliqué parfois laborieusement en une page. Il y a là double emploi, perte de temps et déception du correcteur qui aurait préféré découvrir d'emblée ce schéma commenté et clair.

Un déséquilibre entre les différentes parties a été fréquemment constaté : mauvaise gestion du temps, connaissances insuffisantes, manque de discernement pour évaluer ce qui est significatif de ce qui ne l'est pas, ... C'est ainsi que le catalogue des diverses mutations a été souvent très complet, celui des conséquences un peu moins élaboré et les applications biologiques, pratiques totalement oblitérées. Les transitions sont une bonne chose, mais elles ne doivent pas être une récapitulation de ce qui précède. En revanche, lorsqu'elles font l'articulation avec le chapitre à venir en replaçant ce chapitre dans la problématique générale, elles permettent de recadrer le sujet et sont appréciées.

Il n'est pas obligatoire de reprendre le plan sur des feuilles séparées. Des titres clairs, cohérents entre eux, significatifs, suffisent à définir un plan facile à suivre dans toute la composition, surtout si les grandes lignes du plan ont été clairement établies dans l'introduction. Des titres de trois lignes, parfois plus longs que le contenu du paragraphe lui-même sont à éviter.

Le vocabulaire et la syntaxe sont trop souvent imprécis, voire inadaptés. Peut-on vraiment considérer comme une affirmation scientifique des phrases du type : « les mutations sont à l'origine de gros dégâts aux conséquences désastreuses » ou bien « les mutations des nucléotides bouleversent le bon fonctionnement des molécules » sans autres précisions.

De la même manière, les comparatifs ne comparent pas, et/ou restent vagues : « Les mutations chromosomiques ont des effets plus importants ». Que quoi ? Introduction et conclusion sont des parties importantes du sujet et donc valorisées comme telles dans le barème. L'introduction au sujet manque fréquemment, mais un effort réel a été constaté dans l'annonce des grandes lignes du plan choisi, même si une problématique n'est pas toujours dégagée. En revanche, les correcteurs ont constaté que trop de conclusions ont été bâclées en quelques minutes, et apparaissent alors davantage comme des récapitulations, parfois de la seule dernière partie, que comme des ouvertures globales. En ce sens, « ouverture » ne signifie pas fourre-tout où apparaissent divers points, concepts, notions qui auraient dû être développés dans le courant de la composition. Trop souvent, le correcteur a l'impression que le candidat n'a vraiment compris le sujet dans toutes ses implications qu'au moment de rédiger la conclusion

## Fond

L'existence d'une démarche expérimentale, demandée de façon répétée dans les précédents rapports, a été très fortement valorisée par le barème. Cette démarche expérimentale était attendue à tous les stades de la rédaction et pas seulement au début lors de la mise en évidence des mutations. C'est ainsi qu'une démarche scientifique constante pouvait être maintenue pendant toute la rédaction.

Ce n'est pas parce que le sujet demandait de développer la diversité des mutations que ces dernières ne devaient pas être définies ainsi que leurs caractéristiques. Cette définition pouvait être proposée d'emblée dès l'introduction, ou mieux apparaître rapidement à la suite d'observations voire d'expériences relatées au début d'une première partie. Bizarrement, de nombreux candidats ont disserté sur les mutations sans prendre la peine de les définir d'aucune manière. Cela aurait peut-être évité une confusion constante entre lésions de l'ADN et mutations. De même, une

réflexion sur les recombinaisons égales ou inégales lors de la méiose aurait pu être envisagée Une définition claire aurait également évité aux candidats de parler de mutations lors de la réplication, de la traduction, voire de la maturation des protéines.

De plus, le caractère héréditaire des mutations a été passé sous silence dans la plupart des copies, ou alors une distinction a été faite par les candidats entre lignée germinale et lignée somatique, excluant d'office tout caractère transmissible aux mutations touchant cette dernière lignée. Cela n'a pas empêché ces mêmes candidats de parler, à juste titre, des cancers. Il y a là un manque de précision, donc de compréhension de ce qui s'exprime derrière le mot héréditaire. Des notions de base sont également méconnues ou incomprises. Les mutations vont ainsi « modifier le code génétique », modifier le code de lecture, modifier la « forme du gène »,... Il ne s'agit pas d'exemples précieusement relevés dans telle ou telle copie, mais d'erreurs répétées.

Beaucoup de candidats ont consacré un temps important aux mutations simples de l'ADN (délétion, substitution, ...) en donnant des exemples pour chaque cas. Certains sont même remontés jusqu'à la mise en place du code génétique. Le temps leur a manqué pour parler des mutations chromosomiques, des transposons,... Des lésions de l'ADN à l'origine de mutations apparaissent constamment dans un organisme, mais des mécanismes de réparation sont également présents. Ils ont été pratiquement ignorés par 80 % des candidats, le chapitre « conséquences » se ressentant lourdement de cette méconnaissance. Les candidats connaissent dans la majorité les effets des radiations et des agents mutagènes en général sur l'ADN, mais les crossing-over inégaux (et leurs conséquences), les mutations programmées et les hyper-mutations n'ont pratiquement jamais été considérés.

Beaucoup de candidats, dont certains ont peut-être pour spécialité la Biologie des Organismes et des Populations, n'ont envisagé le sujet que sous le seul angle évolutif tout en sortant du programme général du secteur A. Ce point devait être traité bien évidemment, dans l'option du programme général du secteur A, et n'était que l'une des conséquences attendues. Dans cette partie du sujet, beaucoup de candidats ont énormément développé le cas de la drépanocytose, mais sans véritablement le traiter d'un point de vue cellulaire, et surtout moléculaire. Les correcteurs ont été moins sensibles à la carte de répartition mondiale de la maladie qu'à une explication claire de son origine moléculaire. Toujours pour l'hémoglobine, il y avait là un exemple intéressant et précis à développer pour traiter de l'origine des familles de gènes.

Les applications des mutations représentent sûrement le point le plus maltraité du sujet, sans doute par manque de temps, mais également par manque de mobilisation des connaissances. Très peu de candidats se sont souvenus que c'est par l'étude des mutations que la génétique s'est développée, que des cartes factorielles ont pu être déterminées, et que la définition du gène a pu être établie. Sans vouloir refaire tout l'historique, certaines expériences (Beadle et Tatum, les travaux de Morgan...) pouvaient être reprises. Les maladies génétiques ont été mieux traitées, témoignant d'un intérêt des candidats (et des préparations) pour cette partie de la biologie. Les exemples, quand il y en avait, ont été trop souvent limités à la génétique humaine sans considérer l'intérêt des autres organismes modèles en génétique tels que la *Drosophile* et/ou les haploïdes. Les OGM ont souvent été cités, mais sans beaucoup de précisions scientifiques sur leurs modes d'obtention. S'intéresser aux événements de société n'est pas un défaut pour un futur enseignant, au contraire, mais limiter les connaissances sur les OGM à des phrases toutes faites sur leurs éventuels dangers, sans aucune explicitation, ne témoigne pas non plus d'une démarche scientifique.

Le finalisme n'est pas un défaut général constaté, mais quand il est présent, il l'est tout au long de la copie, entraînant une rédaction bien peu scientifique : « les bases s'arrangent pour former des séquences codantes », ou encore « Par exemple, un jour des animaux ont eu des plumes. Ils se sont rendus compte qu'ils pouvaient voler : ils sont ainsi devenus des oiseaux »..Les

quelques exemples cités dans ce rapport ne sont pas destinés à se moquer de tel ou tel candidat d'ailleurs anonyme. Il s'agit simplement de rappeler aux candidats qu'une rédaction précise, concise et réfléchie ne trahira pas leur pensée, et présentera mieux qu'une rédaction écrite trop rapidement au fil de la plume leurs connaissances et leurs qualités de réflexion et de synthèse.

## **4.5 COMPOSITION PORTANT SUR LE SUJET DE CONTRE-OPTION B (pour les candidats ayant choisi le secteur A ou C pour l'épreuve de spécialité)**

### **4.5.1 Sujet**

#### **Le parasitisme**

*Sans rechercher l'exhaustivité, le candidat montrera comment des animaux, des végétaux, des champignons sont adaptés à ce mode de vie et en quoi le parasitisme, dans la nature actuelle, constitue un des meilleurs arguments en faveur de l'évolution.*

### **4.5.2 Commentaires**

#### **4.5.2.1. La forme**

La technique de l'exposé écrit reste souvent mal maîtrisée.

- ?? Le plan est le plus souvent rudimentaire, limité aux seules grandes subdivisions, elles-mêmes dotées de titres peu ou pas évocateurs du contenu. Or le plan est essentiel car il jalonne le raisonnement du candidat et permet au lecteur (ici correcteur) de suivre le fil conducteur de l'exposé. Parfois, ce plan existe bien mais les contenus ne correspondent pas à ce qui est annoncé, donc attendu.
- ?? Les illustrations (schémas, dessins, tableaux, bilans) sont rares, or elles valent souvent mieux qu'un long texte, surtout quand l'expression écrite (orthographe, accords, syntaxe) laisse à désirer comme c'est, hélas, le cas le plus fréquent. En outre, elles méritent un minimum de soins (titre, légende, orientation, couleurs, échelles) et doivent être réparties harmonieusement sur toute la longueur du devoir.
- ?? Les termes scientifiques et usuels dont la signification est méconnue sont employés maladroitement voire à contresens. Quitte à se répéter, il faut souligner que notre discipline ne possède pas de langage formalisé (comme en mathématiques) et que cela impose une grande rigueur dans la maîtrise des termes utilisés.
- ?? Souvent, les notions sont annoncées et assénées sans arguments, sans preuves, sans faits biologiques susceptibles de les étayer. Ainsi, nombre de copies ne renferment qu'une suite d'affirmations dogmatiques ou les faits prennent au mieux la valeur d'illustration ou de vérification. La logique et la rigueur scientifique imposent de présenter les objets, les faits et ensuite seulement d'en dégager les notions importantes dans le cadre du sujet posé.
- ?? Face au manque de culture biologique, nombreux sont les adeptes d'un fastidieux délayage dans lequel le lecteur se perd et cherche vainement les éléments directement liés au sujet. D'autres détournent le sens du sujet, en modifient les limites et font avec des hors sujets un remplissage bien inutile. Le lecteur n'est pas dupe de ces diverses stratégies et y perçoit immédiatement les lacunes dans les connaissances du candidat.

Enfin, il faut rappeler une évidence : la technique de l'exposé, même bien maîtrisée, n'est d'aucune utilité lorsque le fond scientifique, la culture biologique font défaut. Ainsi, le fond et la forme sont étroitement liés.

#### 4.5.2.2. Les contenus

La majorité des copies montre un niveau inquiétant sur le plan des connaissances biologiques : elles y sont limitées, fragmentaires et/ou approximatives. Pourtant, parasites et parasitisme apparaissent clairement dans plusieurs rubriques du programme : « grands plans d'organisation », « nutrition des hétérotrophes », « fixation à un hôte », « espèces et spéciation », « stratégies de transmission des parasites », « l'Homme face aux maladies parasitaires » en font partie. En outre, les effets des parasitoses sur les populations humaines ne se limitent pas au seul SIDA et ne devraient pas laisser aussi indifférents.

##### **L'introduction**

Si la majorité des candidats a su définir le parasitisme dès l'introduction, peu ont réfléchi à la durabilité de la relation hôte-parasite (temporaire, permanente), à la spécificité (cycles), à la localisation du prélèvement effectué sur l'hôte (ectoparasites, mésoparasites, endoparasites). Le parasitisme fongique a été oublié dans de nombreuses copies alors que les virus et procaryotes parasites ou symbiotiques – bien que clairement exclus par le libellé du sujet - y prenaient souvent une bonne place (que de développements superflus portant sur *Agrobacterium*, *Rhizobium* ou sur le VIH !). Le terme d'adaptation n'est presque jamais défini.

##### **Le corps de l'exposé**

Le plan proposé est rarement centré sur la réalisation des grandes fonctions dans le cadre de la vie parasitaire ; ce n'est souvent qu'un inventaire limité et hétéroclite d'organismes où les notions élémentaires de systématique sont malmenées sans souci de dégager les véritables informations utiles.

En évitant le piège (malheureuse habitude) de l'incontournable plan en 3 parties, les aspects suivants auraient dû être abordés :

?? La nutrition

L'exposé trop souvent limité à un catalogue d'exemples non développés, devait distinguer clairement champignons, végétaux et animaux (ectoparasites, mésoparasites et endoparasites y compris les parasites intracellulaires).

?? La reproduction

Il fallait montrer l'association fréquente des modes sexué et asexué, la fréquence de l'hermaphrodisme, la fécondité très élevée et bien supérieure à celle de l'hôte et, en conséquence, la compensation par le nombre des aléas de la rencontre hôte-parasite. Quant à la reproduction asexuée, outre son importance dans la multiplication des formes infestantes, elle apparaît aussi comme un moyen de colonisation rapide d'un milieu stable (cas des endoparasites).

?? La rencontre de l'hôte

Elle fait intervenir des stades libres actifs (larves) ou en vie ralentie (graines, spores, œufs, kystes) aux modes de dispersion variés (dispersion libre, dispersion portée par un vecteur). Les phénomènes de favorisation optimisant les chances de rencontre hôte-parasite sont assez bien connus mais l'infestation de l'hôte a été très souvent omise ou négligée.

?? Le maintien de la relation hôte-parasite

S'il était inutile de développer les réactions immunitaires de l'hôte, il convenait d'aborder différents mécanismes d'évitement adoptés par les parasites (résistance chimique, variants antigéniques, camouflage, relation « gène pour gène »...) et permettant le maintien du parasite dans l'hôte malgré son arsenal immunitaire.

?? Des cycles

L'exposé d'un nombre limité d'exemples suffisait à condition qu'ils soient diversifiés (cycle à un hôte et cycle à plusieurs hôtes) et fassent apparaître les phases de reproduction sexuée et asexuée, les vecteurs éventuels ainsi que la spécificité de la relation hôte-parasite ; la spécificité du parasite vis à vis de l'hôte est bien l'expression de l'adaptation écologique du parasite à un milieu de vie :

son hôte. Encore fallait-il que ces cycles soient exacts ! Hélas, que de confusions entre Plasmodium, Trypanosome et leurs vecteurs, entre Douve, Schistosome et Ténia...

?? Les argument en faveur de l'évolution.

Cette partie du sujet a été souvent détournée de son sens et traitée sous l'angle d'un avantage évolutif conféré par le parasitisme ou du rôle du parasitisme dans l'évolution. Pourtant, le fait parasitaire offre de nombreux arguments en faveur de l'évolution comme la régression parasitaire (endoparasites), l'existence d'intermédiaires entre formes libres et formes parasites (cas des Gastéropodes prosobranches), l'identité des larves des formes libres et des formes parasites d'un même taxon. La co-évolution hôte-parasite offre à elle seule nombre d'arguments tels que arbres phylétiques en miroir, répartition biogéographique, synchronisation des cycles hôte-parasite. La course aux armements (stratégie de la Reine Rouge) est souvent le seul argument cité mais il est bien mal expliqué en termes de relation hôte-parasite.

### **La conclusion**

Limitée trop souvent à un bref résumé du corps de l'exposé ou de sa dernière partie, la conclusion ne doit pas être négligée : elle est l'occasion d'une véritable synthèse agrégeant les apports des différentes parties de l'exposé en une réponse finale au sujet posé. Elle pouvait aussi ouvrir sur une comparaison avec les symbioses mutualistes, mentionner l'existence d'autres parasites (procaryotes et virus), envisager l'impact des parasitoses sur les populations d'hôtes dont l'espèce humaine, les animaux d'élevage. Enfin, il faut rappeler que parasites et parasitoses suscitent toujours d'importantes recherches dans les domaines de la biologie, de la pharmacologie et de l'aménagement des milieux.

## **4.6 COMPOSITION PORTANT SUR LE SUJET DE CONTRE-OPTION C (pour les candidats ayant choisi le secteur A ou B pour l'épreuve de spécialité)**

### **4.6.1 Sujet**

#### **Le cycle géochimique du carbone**

### **4.6.2 Commentaires**

Le sujet de géologie de contre-option portait sur le cycle géochimique du carbone. Plusieurs rubriques devaient être exposées, structure atomique du carbone, isotopes, principaux réservoirs et flux, évolution des réservoirs au cours des temps géologiques, perturbation du cycle... Sans négliger le réservoir biosphérique, il fallait éviter de traiter des mécanismes biologiques et biochimiques intimes de la photosynthèse. Seule une minorité de candidats n'a pu éviter cet écueil. Par ailleurs, il était indispensable de se placer dans une perspective géologique et de présenter le fonctionnement actuel du cycle, mais aussi son fonctionnement passé.

Les principaux réservoirs de carbone sont généralement connus mais de manière extrêmement superficielle. Ils sont souvent simplement cités sans information sur les formes du carbone impliquées, sur la taille du réservoir, sur les temps de résidence. Il n'était pas indispensable de fournir des chiffres précis en Gt mais il fallait au moins donner des ordres de grandeur et évoquer la relation inverse entre taille du réservoir et temps de résidence. C'est probablement l'océan qui a été le plus malmené, la distinction entre océan superficiel et profond n'est quasiment jamais mentionnée, les lois de dissolution du CO<sub>2</sub> dans l'eau de mer rarement évoquées, le couplage océan-atmosphère encore moins. En revanche, la notion de niveau de compensation des carbonates est généralement comprise. Le réservoir atmosphérique n'est pas mieux traité, à part quelques exceptions ; les candidats connaissent en général la teneur en CO<sub>2</sub> et son évolution depuis la révolution industrielle, mais l'évolution de cette teneur à l'échelle

géologique n'est que très rarement abordée alors qu'elle a joué un rôle crucial de contrôle de l'effet de serre et du climat. Le méthane est, en général, passé sous silence

Les réservoirs constitués par les roches carbonées et carbonatées (quand elles ne sont pas confondues !) ont été mieux traités, bien que l'équilibre des carbonates soit souvent approximatif et la notion de séquestration du carbone passée sous silence. De très nombreux exemples de formations géologiques carbonatées ou de séries houillères ont été fournis par les candidats. L'approche est souvent restée très classique, limitée au mode de formation de ces roches, plus rarement à leurs évolutions diagénétiques. Curieusement, des notions importantes comme la productivité/préservation, la répartition mondiale de la productivité, les événements anoxiques globaux, ou encore la zone à oxygène minimum ne sont pratiquement jamais abordés. Les approches isotopiques (notion de fractionnement) sont rarement exposées, le  $\delta^{13}\text{C}$  dont l'expression est souvent erronée n'est pas présenté comme un outil paléocéanographique, pire, il est parfois confondu avec le  $\delta^{18}\text{O}$ . Le carbone 14 est souvent mentionné et son origine cosmogénique parfois présentée. Occasionnellement, la méthode de datation était détaillée ce qui constituait un développement hors sujet. En revanche l'utilisation de cet isotope pour la datation des masses d'eau océanique ou l'estimation des flux solaires historiques ne sont jamais évoquées.

Les notions de puits et de sources de  $\text{CO}_2$ , en particulier l'altération des continents consommatrice de  $\text{CO}_2$ , l'influence du volcanisme et de la géodynamique interne, et d'une manière générale le rôle de la tectonique des plaques sur le cycle du carbone sont rarement abordés. Cela traduit un manque de recul compréhensible des candidats vis à vis du sujet. Ce manque de recul transparait aussi dans l'absence de relations établies par les candidats entre variations climatiques à différentes échelles et cycle du carbone.

En revanche, l'influence de l'homme et de ses activités est souvent (trop) détaillée généralement en conclusion ce qui aggrave encore le manque de perspective géologique du devoir, d'autant que la conclusion s'apparente souvent à des considérations écologiques vagues et peu constructives.

D'une manière générale, on note une légère amélioration de la qualité de la rédaction et de l'orthographe par rapport aux années antérieures. La qualité de l'illustration est extrêmement variable, faut-il encore rappeler aux candidats qu'une bonne illustration comprenant de nombreux schémas constitue un élément valorisant.