

## **5. COMMENTAIRES DES EPREUVES PRATIQUES**

5.1 Travaux pratiques d'option A : biologie et physiologie cellulaires, biologie moléculaire; leur intégration au niveau des organismes.

5.2 Travaux pratiques d'option B : biologie et physiologie des organismes et biologie des populations, en rapport avec le milieu de vie.

5.3 Travaux pratiques d'option C : sciences de la Terre et de l'Univers, interactions entre la biosphère et la planète Terre.

5.4 Travaux pratiques de contre-option A (pour les candidats des secteurs B et C)

5.5 Travaux pratiques de contre-option B (pour les candidats des secteurs A et C)

5.6 Travaux pratiques de contre-option C (pour les candidats des secteurs A et B)

## **5.1 TRAVAUX PRATIQUES D'OPTION A** **(Biologie et physiologie cellulaires, biologie moléculaire; leur intégration au niveau des organismes)**

### **5.1.1 Sujet (durée totale : 6 heures)**

Voir annexe TP A

### **5.1.2. Commentaires du jury**

L'épreuve de travaux pratiques de spécialité comportait deux exercices indépendants sur le thème général du chloroplaste. L'exercice 1 concernait l'étude expérimentale des mécanismes photochimiques de la photosynthèse dans des chloroplastes de feuilles d'épinard. L'exercice 2 concernait l'étude de mutants non photosynthétiques de *Chlamydomonas reinhardtii*.

L'épreuve cherchait à évaluer la compréhension des principes expérimentaux, les qualités de manipulation, de conception, d'analyse et d'interprétation de données expérimentales.

La partie expérimentale était contenue dans l'exercice 1, la partie analyse dans la partie D2 de l'exercice 1 et dans l'exercice 2. Ce sujet permettait à un candidat qui aurait eu des difficultés dans la réalisation pratique d'être malgré tout testé sur ses capacités de réflexion.

Le travail demandé dans chacun des exercices exigeait une démarche expérimentale rigoureuse et progressive.

#### **Exercice 1 :**

Les expériences faisaient appel à des techniques de base tant sur le plan pratique que conceptuel. Il s'agissait en particulier d'appliquer le principe de la colorimétrie, de maîtriser la notion de blanc et de témoin, la signification d'un pH et de suivre rigoureusement un protocole expérimental. Deux questions de l'exercice demandaient de proposer et de concevoir un protocole pour tester le candidat sur ses qualités d'expérimentateur. Par ailleurs, en faisant appel à des connaissances simples, certaines des questions conduisaient le candidat à retrouver les principes de base de la photochimie chloroplastique.

D'une manière générale, les parties A, B et C (extraction et numération des chloroplastes) ont été correctement réalisées. Néanmoins, de nombreux candidats manquent encore de sens pratique, voire même de bon sens lors des expérimentations (choix de cuves spectrophotométriques adaptées au volume à mesurer, orientation des cuves dans le spectrophotomètre...). Les divers calculs demandés (concentrations en chlorophylles, vitesses de réduction du DCPIP...) ont vraisemblablement été un handicap pour certains candidats, entraînant une perte de temps considérable et des problèmes d'organisation dans le reste du TP. Les parties B et C, pour lesquelles plus d'un tiers des candidats ont obtenu la moyenne, sont globalement les mieux traitées. Cependant, la notion d'absorbance pour un mélange de composés n'est pas maîtrisée par la plupart des candidats. Il en est de même pour la prise en compte du facteur de dilution dans les calculs de concentration. Concernant la numération des chloroplastes, le mode de comptage et le nombre de répétitions sont rarement clairement présentés. Il faut donc souligner avec force qu'un résultat seul, sans explication ou justification, est insuffisant ! Les parties D1 et D2 n'ont été traitées que par 2 candidats sur 3, avec une réussite très variable et globalement faible. En effet, si les connaissances de base sont généralement restituées correctement, l'analyse et l'exploitation des résultats sont souvent décevantes ou absentes. Enfin, la conception d'expérimentations par les candidats est

souvent théorique et peu créative. Il ne s'agit pas forcément de se rappeler d'une expérience lue dans un livre mais de proposer une démarche expérimentale précise et cohérente avec le problème posé.

Après préparation d'une suspension de chloroplastes lavés (SC), la partie B portait sur la détermination de la concentration en chlorophylles de la suspension. Pour cette partie comportant les 5 premières questions, le principe d'un dosage colorimétrique était utilisé et l'application de la loi de Beer-Lambert était demandée. Pour la première question, il suffisait de rappeler que le spectre d'absorption de chaque type de chlorophylles (a ou b) extraites dans l'acétone à 80% (solvant de l'expérience), montre une absorption dans le rouge maximale à 663nm et 645nm pour la chlorophylle a et pour la chlorophylle b, respectivement. En superposant les deux spectres, les courbes se coupent en un point correspondant à 652nm. A cette longueur d'onde, les deux chlorophylles absorbent et l'intensité d'absorption tient compte de la concentration de chaque type de chlorophylle et du rapport de concentration entre les deux types. Les questions 2 et 3 permettaient de déterminer la concentration en chlorophylles totales, il suffisait de tenir compte du fait que la suspension de chloroplaste était diluée dans la solution acétonique :

$$C_{a+b} \text{ (mg/mL SC)} = A_{652\text{nm}} / \epsilon_{(a+b)652\text{nm}} \times \text{dilution (37,5 ou 75)}.$$

Les questions 4 et 5 conduisaient à déterminer la concentration en chlorophylles a (Ca) et b (Cb) séparément. Il fallait préciser que les absorbances des deux types de chlorophylle, à une longueur d'onde donnée, sont additives, ce qui conduisait à écrire les 2 équations suivantes ayant pour inconnues Ca et Cb. :

$$A_{645\text{nm}} = (\epsilon_{a645\text{nm}} \times l \times Ca) + (\epsilon_{b645\text{nm}} \times l \times Cb) \quad (1)$$

$$A_{663\text{nm}} = (\epsilon_{a663\text{nm}} \times l \times Ca) + (\epsilon_{b663\text{nm}} \times l \times Cb) \quad (2)$$

La résolution de ces deux équations (avec  $l = 1\text{cm}$ ) conduisait à écrire les formules d'Arnon (spécifiques du solvant utilisé).

$$Ca \text{ (mg/mL dilution)} = (12,69 \cdot 10^{-3} \times A_{663\text{nm}}) - (2,58 \cdot 10^{-3} \times A_{645\text{nm}})$$

$$Cb \text{ (mg/mL dilution)} = (22,8 \cdot 10^{-3} \times A_{645\text{nm}}) - (4,46 \cdot 10^{-3} \times A_{663\text{nm}})$$

En tenant compte de la dilution de SC (37,5 et 70 fois), on pouvait déterminer les concentrations en chlorophylles a et b en mg/mL SC. La concentration en chlorophylles totales devait être de l'ordre du mg/mL de SC, le rapport Ca/Cb voisin de 3.

La partie C portait sur la numération des chloroplastes par cellule de numération. Pour un comptage correct (question 6), il était nécessaire de diluer SC {de l'ordre de 1000 fois pour pouvoir compter correctement les chloroplastes, soit pas plus de 10 à 15 chloroplastes par carré élémentaire) et de faire plusieurs comptages (minimum sur 5 à 6 carrés élémentaires)] Après avoir calculé le volume du carré élémentaire à partir des données fournies, les résultats du comptage (par carré élémentaire) pouvaient être ramenés au mL de SC en tenant compte de la dilution.

Les questions 7 et 8 de la partie D1 conduisaient à calculer la vitesse de réduction du DCPIP par mg de chlorophylles totales. La représentation graphique de variation d'absorbance en fonction du temps pour chaque essai permettait d'obtenir des pentes ( $\epsilon_{A_{600\text{nm}}}$  par seconde) pour chaque essai. Les pentes corrigées (essais lumière – essai obscurité) devaient ensuite être ramenées en  $\mu\text{moles}$  de DCPIP/min/mg de chlorophylles en utilisant, une nouvelle fois, la loi de Beer-Lambert :  $A_{600\text{nm}} = \epsilon_{600\text{nm}} \times l \times C_{\text{moleDCPIP/L}}$  soit :

$C_{\mu\text{moleDCPIP/mg chl./min.}} = [\epsilon_{A_{600\text{nm}} \text{ par seconde}}]_{\text{corrigée}} / \epsilon_{600\text{nm}} \times 3/1000 \times 1000/20 \times 10^6 \times 60$   
sachant que les cuves contenaient 3mL de milieu réactionnel et 20 $\mu\text{g}$  de chlorophylles.

Pour la question 9, le DCMU est un inhibiteur de la chaîne photosynthétique, il bloque le transfert des électrons entre le photosystème II (PSII) et la plastoquinone. S'il y a inhibition de la réduction du DCPIP en présence de DCMU, on pouvait supposer que le DCPIP prend en charge les électrons photosynthétiques après le site d'action du DCMU. Au niveau de la chaîne photosynthétique, le transfert d'électrons se fait suivant le sens des potentiels redox ( $E'^{\circ}$ ) décroissants, grâce à l'énergie lumineuse : En tenant compte des données de potentiels redox de la figure page 9 (trajet des électrons photosynthétiques) et de la valeur de potentiel redox du DCPIP donnée page 10 ( $E'^{\circ} = + 0,217V$ ), on pouvait supposer que le DCPIP prend en charge les électrons photosynthétiques entre la plastoquinone ( $E'^{\circ} \approx 0V$ ) et le cytochrome f ( $E'^{\circ} \approx 0,3V$ ).

L'autre technique permettant de mesurer l'efficacité de transfert d'électrons (question 10) correspondait à une mesure du dégagement de dioxygène photosynthétique (voir réaction page 10) grâce à une électrode à dioxygène (ou oxymètre ou électrode de Clark).. Le protocole demandé consistait à placer des chloroplastes dans un milieu initial appauvri en oxygène [en présence de  $N_2$  : pour avoir une échelle maximale de mesure de  $O_2$ ], en présence d'un accepteur d'électrons [ex : DCPIP ou ferricyanure de potassium] et à la lumière. Les intérêts principaux de cette deuxième technique sont :

- d'une part une mesure directe du dégagement de dioxygène photosynthétique alors que pour la technique de réduction du DCPIP, la vitesse de dégagement de dioxygène peut être estimée à partir de la question 8, en divisant les résultats par 2 (voir réaction page 10).

- d'autre part, avec une électrode à dioxygène, du fait de la très forte dépendance de la solubilité du dioxygène en fonction de la température, on travaille toujours en conditions thermostatées ce qui n'a pas été le cas pour la technique colorimétrique utilisée en D1.

Pour la partie D2, la question 11 conduisait à préciser que la suspension SD2 correspondait à des thylacoïdes (une solution  $NaCl$   $10mmol. L^{-1}$  est  $20mosmol.L^{-1}$  : ce qui conduit par osmose à faire éclater l'enveloppe du chloroplaste). L'augmentation de pH dans le milieu réactionnel simule le passage, à la lumière, des  $H^+$  du stroma vers le lumen (question 12). A la lumière, il y a établissement d'un gradient de protons ( $\Delta pH$ ) pouvant être, en théorie, de l'ordre de 3 entre le stroma et le lumen qui s'explique par les étapes suivantes

- \* production de  $H^+$  dans le lumen au niveau du PSII
- \* Transfert actif de  $H^+$  du stroma vers le lumen par l'intermédiaire des plastoquinones.
- \* consommation de  $H^+$  dans le stroma au niveau du PSI

NB : il n'y a pas de différence de potentiel électrique suite à ce gradient de pH car l'influx de  $H^+$  est compensé par un efflux de  $Mg^{2+}$  ou un influx de  $Cl^-$ .

Le nombre de protons mis en jeu expérimentalement (question 13) pouvait être déterminé après conversion des pH, sachant, par définition, que  $pH = - \log [H^+]$  donc  $[H^+] = 10^{-pH}$ , la concentration en  $H^+$  étant donnée en  $mol.L^{-1}$ . Les variations de pH obtenues correspondaient donc à  $10^{-6,30} - 10^{-6,58} = 2,38 \cdot 10^{-7}$  moles  $H^+$  par litre et pour 2 minutes. En tenant compte du volume de milieu réactionnel (5mL) et de la quantité de chlorophylles de l'essai (250 $\mu g$ ), on pouvait utiliser la formule suivante :

$$2,38 \cdot 10^{-7} \times 5/1000 \times 1000/250 / 2 \times 10^9 = 2,38 \cdot 10^{-7} \times 10^7 = 2,38 \text{ neq } H^+/\text{min}/\text{mg chl.}$$

La question 14 cherchait à rappeler les conséquences *in vivo* de la variation de pH mesurée à la lumière : synthèse d'ATP (photophosphorylation) nécessaire au fonctionnement des phases biochimiques de la photosynthèse (cycle de Calvin) et activation des enzymes du cycle de Calvin (pH optimum proche de 8, ces enzymes sont également activées par l'efflux de  $Mg^{2+}$ ). L'expérience de Jagendorf permet de montrer *in vitro* que des thylacoïdes isolés, placés dans un milieu contenant de l'ADP et du phosphate inorganique (Pi), sont capables de synthétiser de l'ATP, même à l'obscurité, à partir du moment où  $\Delta pH$  est créé. La détermination du pH optimum des enzymes du cycle de Calvin (rubisco, triose P déshydrogénase, fructose 1,6

bisphosphatase, MdH, ...) permet par ailleurs de montrer la nécessité de pH basiques pour une activité enzymatique optimale.

## **Exercice 2 :**

L'objectif de l'exercice 2 était de tester la capacité d'analyse et les connaissances à un haut niveau requis pour des candidats à l'Agrégation. Cet exercice relevait des points n° 4, 7 et 9 du programme de spécialité A. L'exercice faisait appel à des disciplines, des approches expérimentales et des techniques diverses et complémentaires comme la génétique, la biochimie, l'immunologie, la biologie moléculaire.

De façon satisfaisante, cet exercice a été abordé par tous les candidats sans exception. Les notes vont de 0 (seulement 2 copies) à 12 points sur 12. Plusieurs questions (1, 2.2, 3.1, 3.2) laissaient le champ ouvert à une interprétation approfondie de la part des candidats en tenant compte des données fournies.

### **Analyse génétique**

Cet exercice classique de génétique des haploïdes a été abordé par seulement un petit nombre de candidats.

La ségrégation 2 : 2 dans chaque asque du type sexuel indique un déterminisme monogénique nucléaire, et pouvait servir de contrôle de méiose normale. A propos du caractère non photosynthétique, il s'agit aussi d'un déterminisme monogénique nucléaire pour la catégorie A. Pour la catégorie B, la transmission est uniparentale (parent mt+), ce qui suggère un déterminisme cytoplasmique. Du fait du phénotype, on pouvait s'orienter vers les chloroplastes. Le mécanisme de ségrégation n'était pas demandé.

### **Structure de la Rubisco**

La mesure de l'absorbance à 280nm (absorbance spécifique des protéines) permettait la mise en évidence et l'isolement d'une fraction protéique à activité Rubisco.

Les données permettaient d'établir la structure primaire de chaque sous-unité :  $55000\text{Da}/110 = 500\text{aa}$  environ pour L; et  $14000/110 = 127\text{aa}$  environ pour S, ainsi que la structure quaternaire :  $550/(55+14)=8$  paires L-S.

### **Etude d'un mutant de la Rubisco**

L'holoenzyme est absente chez le mutant. Il était précisé que l'anticorps utilisé est polyclonal. Le raisonnement a pourtant souvent été mené comme s'il s'agissait d'un anticorps monoclonal, ce qui indique une méconnaissance de base en immunologie.

Alors que l'anticorps est dirigé contre l'holoenzyme, même la petite sous-unité n'est pas détectée, alors que le gène est normal, ce qui suggère que la sous-unité L est importante pour la stabilité de la structure. En fait, la sous-unité S n'est pas stable si elle n'est pas associée à L.

Le G en position 197 (du TGG) est remplacé, suite à une mutation ponctuelle, par un A, ce qui donne dans le cadre de lecture indiqué, TAG, soit un codon stop à la place de Trp. Ceci arrête prématurément la transcription à l'acide aminé 65 (au lieu de 500 pour le sauvage).

### **Etude de révertants**

Il s'agit d'une ségrégation mitotique ou cytoplasmique de la mutation réverse. Ceci est compatible avec une hérédité cytoplasmique, portée par un organite.

- 1) On retrouve le mutant original, la mutation originale est donc toujours présente : la mutation réverse ne touche pas le site initialement muté.
- 2) Le déterminisme est cytoplasmique : le gène affecté par cette seconde mutation est probablement chloroplastique.

Cette partie a souvent été éludée, ou mal traitée, ce qui indique une mauvaise connaissance des caractéristiques de l'hérédité cytoplasmique qui fait partie du programme de spécialité.

*Partie 4.2.1* NlaIII permet de détecter la première mutation dans *rbcL* : la mutation (CATA) fait disparaître le site. R13 porte toujours la mutation dans le gène *rbcL*. Le phénotype révertant n'est pas dû à une mutation réverse vraie.

*Partie 4.2.2*

Gène TrnW forme 2 sauvage	ADN ARNt <sup>Trp</sup> codé (anticodon) Codon correspondant	5'GGTTT <u>CCA</u> AAACCTGATG3' 5' <u>CCA</u> 3' 3'            GGU                    5', codon Trp normal
Gène TrnW forme 1	ADN ARNt <sup>Trp</sup> codé Codon correspondant	5'GGTTT <u>CTA</u> AAACCTGATG3' 5' <u>CUA</u> 3' 3'            GAU                    5', codon STOP

*Partie 4.2.3.* L'ARNt portant Trp va donc adresser l'acide aminé Trp à la place du codon STOP du gène *rbcL*, d'où la réversion.

*Partie 4.2.4.* Avec la forme 1, deux problèmes se posent :

1) si elle était la seule présente, il n'y aurait plus d'ARNt<sup>Trp</sup> pour adresser normalement Trp aux codons UGG, donc plus de synthèse possible, la situation serait non viable. Ce problème est compensé par la forme 2 normale du gène qui est présente dans les révertants R13 (en hétéroplasmie).

2) on peut s'attendre à ce qu'elle adresse des Trp au niveau des codons stop UAG, ce qui aurait pour conséquence de ne pas terminer normalement les synthèses des protéines dont la terminaison est annoncée par ce codon. En fait, dans les nombreuses situations de réversion où l'on a détecté des ARNt supprimeurs de codon stop, ce problème n'apparaît pas : on n'observe pas, en présence de supprimeur de non-sens, d'allongement des chaînes polypeptidiques au-delà de leur extrémité C-terminale normale. Les ARNt supprimeurs ne reconnaissent pas les codons non-sens situés à la fin des séquences codantes des gènes et qui marquent la terminaison de la traduction. En effet, le contexte nucléotidique de ces codons favorise l'interaction avec les facteurs de terminaison au détriment de l'ARNt supprimeur.

Cette partie a globalement été bien traitée par ceux qui l'ont abordée. A noter cependant qu'un nombre significatif de candidats éprouve des difficultés à manipuler les orientations de brins d'ADN/ARN, et à définir les brins transcrits et complémentaires. La phase de lecture était pourtant clairement indiquée.

*Partie 4.2.5* Les schémas de synthèse étaient globalement de qualité et indiquaient une assez bonne compréhension de l'ensemble de la partie 4. La notion d'hétéroplasmie semble cependant ne pas avoir été perçue par tous les candidats.

## 5.2 TRAVAUX PRATIQUES D'OPTION B (Biologie et physiologie des organismes et biologie des populations, en rapport avec le milieu de vie)

### 5.2.1 Sujet (durée totale : 6 heures)

Voir annexe TP B

## 5.2.2 Commentaires du jury.

### I – Cœur et appareil circulatoire

#### *IA - L'embryon de caille : organisation et physiologie cardiaque*

L'étude descriptive de l'organogenèse cardiaque chez l'embryon de caille consistait en deux approches complémentaires : l'une à partir d'une observation menée sur une préparation *in toto* d'un embryon à 96h d'incubation, l'autre à partir d'un schéma d'un embryon à 33h d'incubation et d'une série de coupes transversales réalisées dans la région postérieure du cœur en formation chez ce même embryon.

En ce qui concerne la première partie, la préparation de l'embryon et des structures extra-embryonnaires associées (ces dernières ayant été fréquemment malmenées lors des manipulations) a souvent été réalisée dans une position inverse à celle existant *in situ*, induisant par là-même de mauvaises identifications des structures observées. Le schéma censé représenter la préparation a donné lieu dans la majorité des cas à de véritables caricatures de la réalité, ce qui constitue un constat préoccupant quant aux aptitudes potentielles de futurs enseignants à transmettre à des élèves le sens de l'observation minutieuse et la rigueur de l'interprétation par l'intermédiaire de dessins. L'engouement actuel pour l'outil informatique ne doit pas s'exercer au détriment du travail formateur que constitue la pratique du schéma rapide à main levée. Les commentaires ayant trait à la caractérisation de l'embryon de 4 jours ont souvent peu de relation avec le schéma qui précédait et relevaient souvent de banalités issues de souvenirs de cours.

Quant à la seconde partie, les structures concernées par la formation du tissu cardiaque dans les coupes proposées ont rarement été décrites avec justesse à l'aide de légendes pertinentes. Le positionnement des niveaux de coupes sur le schéma de l'embryon s'est souvent avéré fantaisiste. Enfin, malgré l'existence de traits caractéristiques telle que la linéarité du système nerveux ou l'absence de torsion complète du cœur, peu de candidats ont identifié le stade de développement (33h), et au mieux se trouve évoqué un vague stade précoce par rapport à l'embryon de 4 jours.

La manipulation sur la physiologie cardiaque a été globalement bien menée. En revanche, les interprétations des résultats obtenus, ont été trop souvent construites à partir des connaissances acquises par les candidats sur le cœur des mammifères adultes. Il était inutile en particulier de réciter le cours sur les cellules du tissu nodal, le nœud de Keith et Flack, les canaux  $Ca^{2+}$ . Une confusion constante a été également remarquée entre les médiateurs nerveux et hormonaux. La précocité de la mise en place de l'automatisme cardiaque et de sa régulation a été très peu soulignée.

Enfin, des candidats ayant réalisé des mesures qu'ils ont considéré, à juste titre, comme aberrantes ont su discuter ces résultats et proposer des explications et/ou des hypothèses scientifiquement bien construites. Cette attitude a été valorisée.

#### *IB - L'escargot : mise en évidence et injection de la région cardiaque*

L'exercice proposé nécessitait une bonne connaissance de l'anatomie de l'animal, le respect du protocole indiqué et des gestes précis tant pour la dissection que pour l'injection. Pour la plupart des candidats, les travaux réalisés (dissection et injection évaluées en salle, dessins d'anatomie notés avec le compte-rendu) ont montré une qualité médiocre : un dixième des notes seulement atteint ou dépasse la moyenne et seuls quelques candidats obtiennent la note maximale. Dans de nombreux cas, l'évaluation en salle de la dissection et de l'injection a révélé un travail de qualité qui ne se retrouve pas dans les dessins

d'anatomie ; une meilleure gestion du temps aurait sans doute permis d'éviter cela. A l'inverse, certains dessins d'anatomie rapportés à l'évaluation en salle indiquent une restitution de mémoire sans lien avec la dissection. D'autres, peu ressemblants et aux légendes incomplètes ou fausses relèvent plus de l'imagination que de l'observation (cœur d'escargot cloisonné à 2 oreillettes et 2 ventricules par exemple).

NB : le colorant proposé pour l'injection était un mélange d'eau, de glycérine et de gouache jaune.

## II – Biologie de la reproduction d'*Arabidopsis*

### II A - Organisation florale et régime de reproduction d'*Arabidopsis*

Cette première partie ne comportait pas de difficulté particulière si ce n'est éventuellement celle due à la petite taille des fleurs d'*Arabidopsis*. Celles ci disponibles en quantité suffisante, demandaient un peu d'adresse et de soin pour être disséquées et présentées de manière satisfaisante.

Si beaucoup de dissections florales sont correctement réalisées, on rencontre trop de présentations plus ou moins fantaisistes: verticilles concentriques peu nets; sépales superposés aux pétales; pièces alignées ou disposées en éventail. Par ailleurs, le dessin de la dissection florale est souvent peu soigné, incomplet, de dimension minuscule et sans rapport avec la réalité. On ne demandait pas un croquis mais un dessin d'observation qu'il convenait de légendier complètement. Mais, c'est du côté de la formule florale que l'on rencontre les réponses les plus surprenantes. Celles-ci témoignent d'une absence de logique et de connaissances de base en botanique systématique. Ainsi en est-il des formules florales incomplètes (pas de renseignement sur la symétrie, l'hermaphrodisme) ou fausses (5 étamines, alors que le nombre des autres pièces est exact ; souvent 1 ou 4 carpelles). Si le comptage des ovules (campylotropes) n'a dans l'ensemble pas posé de problème (60 environ, mais les nombres entre 30 et 60 ont été considérés comme exacts), le comptage des grains de pollen (1660 grains de pollen/fleur) à partir des documents fournis a donné lieu à des résultats variés allant de 1,2 grain de pollen à  $10^6$  grains de pollen par fleur. En bilan, on demandait de faire ressortir clairement quelques caractéristiques majeures de l'autogamie : fleurs de petite taille, sans parfum ni pigment; ratio pollen/ovules très inférieur à 1000 (réponse attendue : entre 55 et 27 ); anthères à déhiscence introrse, étaient quelques unes des réponses attendues.

### II B - Analyse de génétique des populations d'*Arabidopsis*

Les fréquences sont simplement  $p = 9/10 = 0,9$  pour l'allèle **a** et  $q = (1-p) = 0,1$  pour l'allèle **b**. Le problème que pose cette estimation vient du fait que la population étudiée est peu nombreuse (10 individus seulement) et qu'elle risque de ne pas être représentative des fréquences alléliques rencontrées dans l'importante banque de graines que contient le sol, comme c'est fréquemment le cas chez les plantes annuelles rudérales.

Sous l'hypothèse de panmixie, les fréquences attendues des trois génotypes sont : **aa** = 0,81, **ab** = 0,18 et **bb** = 0,01 (loi de Hardy Weinberg). La plupart des candidats ont correctement répondu à ces deux questions. Quelques copies énoncent des fréquences supérieures à 1, d'autres avancent des nombres complètement fantaisistes à l'issue de calculs non justifiés.

L'observation d'un génotype **ab** dans la descendance de l'individu **bb** peut provenir soit d'une mutation, soit d'un cas d'allofécondation par du pollen provenant d'un individu **aa**.



L'individu **bb** étant le seul de ce génotype dans la population, tous les cas d'allofécondation sont visibles. Le taux peut être estimé ici à 1%. La probabilité d'une mutation étant très faible par rapport à celle d'un cas d'allofécondation, c'est sans doute à ce second type de phénomène que doit être rattachée l'apparition d'un génotype **ab**.

Le régime de reproduction d' *A. thaliana* apparaît donc comme *partiellement* allogame.

Les cas d'allofécondation sont relativement rares et 9 donneurs de pollen sur 10 sont de génotype **aa**. Dans ces conditions, des graines de génotype **aa** produites par autofécondation seront indiscernables de graines éventuellement obtenues par allofécondation. On n'observe donc que des génotypes **aa** dans la descendance de l'individu **aa**. Moins d'un candidat sur 10 s'est montré capable de tenir ce raisonnement relativement élémentaire.

L'exercice permettait de confirmer les conclusions obtenues à la fin de la partie précédente : *Arabidopsis* est une plante à reproduction essentiellement autogame.

### III – Reconnaissances raisonnées

Les reconnaissances portaient sur des insectes (Lépidoptères, Coléoptères, Hémiptères) et des angiospermes (Brassicacées diverses, tilleul, noisetier). Il fallait ensuite établir les relations unissant ces plantes et insectes : spécificité entre certains insectes et Brassicacées, insectes pollinisateurs, phyllophagie, parasitisme par exemple.

Moins de la moitié des candidats obtient une note supérieure ou égale à la moyenne ; un peu plus de la moitié reconnaît - en précisant la famille et le genre - une piéride et une capselle ! Est-il nécessaire, faute de mieux, de préciser qu'il s'agit là de métazoaires et de métaphytes ? Enfin, si dans l'incertitude certains candidats préfèrent s'abstenir de toute réponse, d'autres n'ont pas cette prudence et reconnaissent un dytique pour un charançon (*Ceuthorhynchus*), une cigale pour une punaise (*Eurydema*), un bombyx du mûrier pour une vanesse (*Vanessa urticae*). Au sein des Lépidoptères, la piéride du chou est nommée piride, pyrède, pyrite, pyrle et sa chenille présente un régime nectarivore !

Etaient proposés en reconnaissance : Lépidoptères (Piéride du chou, Vanesse de l'ortie), Hémiptère (*Eurydema*), Coléoptère (*Ceutorhynchus*), Brassicacées (*Capsella*, *Sisymbrium*, *Diplotaxis*, *Lunaria*), feuille de noisetier, feuille de tilleul avec galle en corne (Phytopte du tilleul, Acarien).

## 5.3 TRAVAUX PRATIQUES D'OPTION C

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

### 5.3.1 Sujet (durée totale : 6 heures)

Voir annexe TP C

### 5.3.2. Commentaires du jury.

La coupe géologique proposée se situait sur la carte de Carcassonne au 1/50 000ème. Le profil topographique étant fourni, les candidats pouvaient consacrer quelques minutes à la compréhension de la structure locale et à la recherche d'éventuelles lacunes stratigraphiques. Il apparaît que plus de la moitié d'entre eux n'ont pas pris le temps de se livrer à cet indispensable exercice préliminaire. De nombreuses coupes ont été dessinées sans que leur auteur ait réussi à traduire le style structural de la partie nord du secteur considéré. D'autre part, le jury est surpris, voire décontenancé, par des coupes rendues sans légende, d'autres où

la couleur remplace maladroitement les figurés, des failles tracées à la règle, des couches qui s'épaissent plus de deux fois, etc. Doit-on rappeler que la coupe géologique est un exercice de base dans le secteur C ? Il est donc surprenant que certains candidats ne sachent visiblement pas le faire (copies blanches et tentatives surréalistes), et que plus de la moitié des autres n'ait pas repéré les deux chevauchements principaux, ait dessiné des pendages sans rapport avec la réalité ou encore, n'ait pas remarqué la discordance angulaire entre les dépôts éocènes et paléozoïques. Enfin, l'orientation de plusieurs coupes était inversée, bien qu'elle soit indiquée sur le profil et que des points topographiques repères figurent également sur celui-ci.

Les deux seules difficultés de l'exercice se situaient dans la partie nord de la coupe :

- 1- il fallait correctement dessiner la structure inversée des dépôts paléozoïques. Signalons cependant qu'elle était indiquée grâce aux signes de pendage inversé tracés sur l'extrait de carte fourni ;
- 2- en examinant l'ensemble du document, il était possible de comprendre qu'une partie des dépôts paléozoïques représente une nappe totalement allochtone reposant sur l'Ordovicien inférieur.

L'exercice portant sur le pluton de Panticosa comportait une étude graduelle qui devait amener le candidat, non seulement à concevoir des hypothèses concernant l'histoire de la mise en place de ce massif, mais aussi à adapter des observations, des analyses réalisées à d'autres échelles lors de son apprentissage des sciences de la Terre. La première question permettait tout d'abord de souligner la structure concentrique du massif liée à des roches de composition différente (zonation normale). Ceci devait induire deux hypothèses : soit une différenciation centripète d'un magma calco-alcalin dans son site de mise en place, soit une alimentation polyphasée, à partir d'une source zonée ou d'une chambre magmatique plus profonde et déjà différenciée. Le jury déplore que peu de candidats aient dépassé le simple stade de l'observation. Dans la deuxième question, l'étude des documents portant sur les trajectoires de linéations et de foliations magnétiques des roches de ce pluton montrait que ces enregistrements résultaient d'une tectonique régionale imprimée soit à l'état (sub)magmatique ou immédiatement après la cristallisation en conditions HT. Leur direction moyenne Nord-Est/Sud-Ouest et leur forme sigmoïde indiquaient une composante décrochante dextre et précisaient que ce pluton était très vraisemblablement syncinématique d'une déformation modérée en contexte transpressif. La troisième question portait sur l'analyse de microstructures de lames minces issues de deux roches du pluton. Tout comme pour l'exercice 3 de pétrographie, rares furent les bonnes réponses ce qui eut pour effet d'entraver la résolution de l'ultime question. L'analyse devait conduire les candidats à conclure que les fractures dans les feldspaths de la figure 4 s'étaient formées avant la fin de la cristallisation complète dans la mesure où l'on observait leur remplissage par le prolongement d'un quartz monocristallin extérieur. Par contre, les petits grains de quartz recristallisés de la figure 5 montraient que les structures orientées N120 s'étaient certes formées entièrement à l'état solide, mais quand même en conditions de température assez élevées (biotite stable). Concernant la question 4, les structures de l'encaissant (figure 6), pour la plupart également orientées N120, correspondaient à la direction de cisaillement dextre identifiée précédemment. Par ailleurs, les foliations qui moulaient le contour du granite précisaient que la mise en place du magma avait déformé localement l'encaissant. Enfin, on pouvait non seulement dater cette tectonique décrochante grâce à l'âge du pluton mais aussi préciser qu'il se comportait comme un porphyroblaste géant.

L'exercice de pétrographie proposé comprenait l'étude de deux lames minces :

- la première correspondant à une roche volcanique de Santorin (échantillon fourni), caractérisée par une texture microlithique porphyrique et la présence de verre ; la présence de plagioclase (cristaux zonés, très abondants) et de deux pyroxènes (ortho- et clino-) suggérait une andésite ; toutefois, l'analyse chimique montrait une relative richesse en silice et conduisait à proposer le nom de dacite.
- la seconde, désignée d'emblée dans le sujet comme une roche métamorphique, était un schiste bleu de Tinos, exempt de toute rétro-morphose, avec la paragenèse caractéristique : glaucophane, épidote, grenat, phengite et quartz.

Le jury déplore que les candidats n'aient qu'une connaissance approximative des critères permettant l'identification des minéraux. Par exemple, la présence d'une mâcle de Carlsbad conduit trop souvent à la détermination erronée « feldspath potassique », alors que cette mâcle peut s'observer dans tout feldspath ; les deux pyroxènes ont été rarement distingués. Par ailleurs, les candidats connaissent mal les conditions de stabilité des minéraux et certains vont jusqu'à proposer des assemblages absurdes ; ainsi, l'épidote a été trop souvent confondue avec un silicate d'alumine (disthène, voire sillimanite), alors que la présence de glaucophane devait amener à éliminer immédiatement cette hypothèse. La présence de grenat, minéral très commun dans de nombreux contextes métamorphiques, a induit trop de candidats à proposer sans réflexion un faciès éclogitique. L'échantillon provenant de Santorin devait aussi être replacé dans le diagramme des quadrants (Sr, Nd). On voyait alors que la source du magma était un manteau légèrement modifié (enrichissement en Sr), cas fréquent pour les magmas d'arcs. Seuls 25% des candidats ont positionné précisément le point, les autres se contentant d'une approximation. Toutefois, la plupart ont conclu à une origine mantellique, ce qui était déjà satisfaisant. La tomographie sismique a été en général correctement interprétée comme correspondant à une zone de subduction, mais l'argumentation laissait souvent à désirer, en particulier en ce qui concerne la signification des différences de vitesse observées. Rares sont aussi les candidats qui ont signalé que la plaque subductée était la plaque africaine.

L'exercice de microtectonique se voulait progressif. La terminologie relative aux tectoglyphes a été correctement assimilée et leur signification cinématique généralement comprise (crochons de failles, gradins de cristallisation, etc.). Les trois premières questions, ainsi que la dernière, suggérant une variation rhéologique sous un rift continental et une structure de type « zone de cisaillement à faible pendage », ont été correctement traitées par pratiquement tous les candidats. Nombreux sont ceux qui ont manipulé correctement les projections stéréographiques ; le report des plans de faille a ainsi été souvent réalisé avec succès. Ce point positif est à souligner et il convient d'encourager les candidats à poursuivre l'assimilation de ces techniques de projection, indispensables dans d'autres aspects des sciences de la Terre (cinématique, minéralogie,...). En revanche, peu connaissaient le mode de représentation des stries et leur utilisation dans l'analyse cinématique des failles.

## **5.4 TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE-OPTION A (pour les candidats ayant choisi l'option B ou C)**

### **5.4.1 Sujet (durée totale : 2 heures)**

Voir annexe TP a

## 5.4.2. Commentaires du jury

Le sujet imposait au candidat de passer de l'échelle de l'organisme (le sporophore du champignon de Paris) à celle des cellules (les méiospores) puis à celle des gènes que l'on demandait de localiser sur des chromosomes théoriques. Il a semblé nécessaire au jury de suivre ce cheminement afin d'enraciner l'exercice dans le concret, point de départ qui s'avère à mille lieues des préoccupations et des connaissances des candidats comme on le lira ci-après. L'orthographe tout au long de la rédaction du devoir laisse à désirer.

### *Epreuve a-1 (notée sur 4 points)*

L'exercice débute par la réalisation d'une coupe axiale du sporophore d'un champignon de Paris ; tous les candidats (sauf un) ont compris l'orientation d'une telle coupe et l'ont correctement réalisée. Le schéma est souvent peu soigné, trop petit ou trop grand par rapport aux dimensions du cadre prévu à cet effet, parfois réalisé au stylo à bille voire au stylo à plume (ce qui ne permet ni la précision nécessaire ni l'effacement d'une esquisse médiocre) ; le trait est souvent trop épais, irrégulier à cause d'un crayon mal taillé, ne se refermant pas sur lui-même mais laissant apparaître des discontinuités inesthétiques et irréelles ! Les contours sont approximatifs, fruits d'une observation laissant à désirer (l'anneau était bien visible sur tous les échantillons triés un à un...) ; les proportions sont parfois mal respectées ; une échelle était souhaitable, plutôt sous la forme d'un segment de droite (par exemple le demi-diamètre du chapeau) surmonté de la longueur réelle de l'objet pris comme référence, plutôt que sous la forme d'une fraction.

La légende du schéma est très imprécise, voire inconnue de la plupart des candidats, alors qu'on pouvait la considérer comme du langage courant ; on attendait : chapeau ou péridium, pied ou stipe, lames ou feuillets, cuticule, restes du voile général, anneau (reste du voile partiel), chambre fertile, blanc du champignon s'il était visible. Le titre pouvait être sporophore ou carpophore du champignon de Paris ; parler de fructification est déplacé, compte tenu de la position systématique relative des Champignons et des Angiospermes.

L'organisation cellulaire du sporophore est le plus souvent mal connue ; les mots-clefs étaient : sporophore, plectenchyme ou faux tissu, filaments mycéliens cloisonnés (hyphes) dicaryotiques, basidiospores (méiospores) et leur adaptation à une dissémination en milieu aérien, reproduction sexuée.

### *Epreuve a-2 (notée sur 6 points)*

Une mise en évidence claire de l'hyménium demandait de réaliser une coupe transversale d'une lame plutôt que de mettre à plat entre lame et lamelle un morceau de lame ; les préparations réalisées sont peu soignées (eau sur la lame autour de la lamelle, voire sur la platine du microscope, eau sur la lamelle) et trop épaisse ; le grossissement est souvent inadapté.

Le schéma demandé a les défauts de la préparation, de plus l'invention l'emporte souvent sur l'observation : 4 stérigmates et basidiospores par baside, hyménium constitué d'asques contenant 8 ascospores... De telles erreurs sont indignes d'un candidat à l'agrégation : l'observation est à la base de notre enseignement du second cycle et un minimum de connaissances est souhaitable pour un futur enseignant : que de différences entre une baside portant 2 basidiospores et une asque contenant 8 ascospores ! Une observation douteuse à la suite d'une préparation de médiocre qualité ne devrait pas conduire un candidat à l'agrégation à prendre un Basidiomycète pour un Ascomycète ; il y va de l'honnêteté intellectuelle.

Le comptage des méiospores a les défauts de la préparation : un trop petit nombre de basides a été considéré, souvent sur des préparations trop épaisses... alors que la présence de 2 stérigmates et de 2 basidiospores par baside avait encore été vérifiée par le jury peu avant l'entrée des candidats dans les salles : *Agaricus bisporus* est une espèce bisporée. Chez la plupart des Basidiomycètes, chaque baside, siège de la méiose, produit 4 basidiospores chacune à l'extrémité d'un stérigmate. D'où le problème posé et les hypothèses demandées : à l'issue de la méiose, dans chacune des 2 futures basidiospores migrent 2 noyaux haploïdes et les basidiospores sont de ce fait binucléées (avec comme conséquence le passage d'un hétérothallisme tétrapolaire à un hétérothallisme bipolaire acquis secondairement).

### *Epreuve 3 (notée sur 10 points)*

La réalisation d'une préparation microscopique de périthèce de *Sordaria* a été sensiblement mieux réussie que celle de l'hyménium de Basidiomycète : les candidats dans leur grande majorité ont correctement manipulé mais souvent le grossissement choisi était insuffisant. Le comptage des asques n'a pas été fait sur un nombre suffisant d'objets comme il était demandé, aussi les proportions sont-elles éloignées des valeurs attendues ; on a même vu des copies avec 10 asques comptées et les résultats multipliés par un facteur 10... ce qui fait apparaître une vision simpliste des statistiques qui frôle l'imposture scientifique ! D'autre part, la schématisation des asques manque de rigueur : il semblait logique de représenter côte à côte les types d'asques qui se correspondent (4 spores noires/4 spores blanches et l'inverse côte à côte, 2 noires/4 blanches/2 noires et l'inverse côte à côte...)

L'argument en faveur de l'intervention d'un seul couple d'allèles (la présence de 4 spores noires et de 4 spores blanches dans chaque asque) n'est pas clairement exprimé. L'explication faisant apparaître que les asques sont orientés est mal rédigée, mais cette particularité a été reconnue par la plupart des candidats.

Le positionnement des crossing-over permettant d'expliquer la répartition des différents types d'asques est globalement satisfaisant, mais la précision des schémas est à parfaire : choix peu judicieux des phases représentées (on pouvait attendre métaphase I, anaphase II et mitose post-méiotique), manque de logique dans leur succession, changement d'orientation des chromosomes d'un schéma à l'autre, absence de représentation des centromères sur les chromosomes dupliqués, positionnement approximatif des crossing-over... Très peu de réponses sont exactes à propos de la relation théorique entre pourcentage de recombinaison gène-centromère et pourcentage des types d'asques obtenus (% de recombinaison =  $\frac{1}{2}$  % de post-réduction). De même, la notion d'indépendance ou de liaison génétique est généralement mal comprise : les distances génétiques ne peuvent être déterminées que si la relation de liaison génétique a été établie.

Le test du  $\chi^2$  est rarement effectué de façon satisfaisante et sa signification est mal perçue : erreur sur le degré de liberté (nombre de catégories moins un), calcul réalisé sur les pourcentages et non sur les effectifs comme il se doit, mauvaise utilisation du tableau... La carte génétique simplifiée est plutôt correctement réalisée dans la mesure où les pourcentages de recombinaison ont été correctement calculés.

Le dernier exercice qui consistait à positionner des crossing-over sur des chromosomes en métaphase I est assez correctement réalisé, mais encore une fois, les schémas manquent de rigueur pour les raisons évoquées plus haut.

Finalement, l'ensemble de l'exercice est plutôt décevant à la fois par manque de connaissance et de rigueur. Les futurs candidats ne doivent pas oublier que les biomolécules sont les constituants des édifices cellulaires eux-mêmes constituants des organismes, d'où l'utile approche de l'échelle moléculaire à partir de l'échelle de l'organisme ou de l'organe, qui ne doivent pas être négligées. Quelques conseils pour finir : faire reposer les connaissances

pointues du domaine moléculaire sur des bases saines, simples, précises ; s'appliquer à réaliser des préparations propres, bien présentées et à les interpréter sous la forme de dessins d'observation clairs, précis, techniquement irréprochables, bien légendés (la légende devant être exhaustive et faire apparaître les synonymies éventuelles) ; acquérir des connaissances au niveau requis dans tous les domaines du programme (ne pas faire d'impasses)...

## **5.5 TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE-OPTION B (pour les candidats ayant choisi l'option A ou C)**

### **5.5.1 Sujet (durée totale : 2 heures)**

Voir annexe TP b

### **5.5.2 Commentaires du jury**

La première partie associait un geste de dissection à une connaissance simple de la cavité palléale des Mollusques. Le travail évalué pendant la séance, a été décevant. En règle générale, la dissection est maltraitée et très peu de candidats ont pensé à proposer une légende insistant sur la vascularisation, la position du cœur par rapport à la surface respiratoire, la présence d'un pneumostome ou signalant les orifices digestif et excréteur. Le dessin révèle un quasi mépris pour tout effort de soin : trait imprécis, crayon mal taillé, flèches des légendes tracées à main levée, absence de titre et d'échelle... Enfin, le tableau est complété sans aucun souci de répondre à la question posée alors que l'objectif de l'exercice était pourtant clairement indiqué dès le début.

La seconde partie correspondait à une collection d'organismes introduits, volontairement ou non, par l'Homme ; ces organismes sont maintenant naturalisés et sont considérés comme envahissants. Quelques uns sont extrêmement fréquents, y compris en milieu urbain (Ailante, Renouée du Japon), d'autres sont connus de tous ceux qui s'intéressent à l'environnement (Perche-soleil, Poisson-chat, Ragondin.) ou sont courants dans les enseignements de biologie (Elodée du Canada, Ecrevisse « américaine »). Seuls quelques organismes tels que « la griffe de sorcière » (*Carpobrotus edulis*), la « fourmi d'Argentine » (*Linepithema humile*) et le gastéropode *Xeropicta derbentina* étaient de détermination un peu plus difficile (répartition plus méridionale, petite taille, absence de critères spécifiques). La dernière colonne permettait de préciser l'origine géographique ainsi que la date d'introduction. Bien que le niveau de précision attendu fût modeste les résultats, extrêmement faibles, montrent une absence de curiosité vis à vis de notre environnement. Seuls 5 candidats sur 199 ont reconnu l'Ailante et plus de 60 % des candidats sont incapables de nommer l'Elodée.

La troisième partie évaluait l'aptitude des candidats à convertir une abondante documentation plus ou moins spécialisée en une explication synthétique formulée simplement. Le texte suivant a servi de base de correction.

#### *1-Le constat*

On a deux problèmes :

1-Les goélands prolifèrent

2-par leur prolifération ils modifient radicalement le spectre floristique des îles comme le montre la corrélation positive entre l'augmentation de densité de la population et le taux de renouvellement floristique.

#### *2-L'enchaînement des causes qui a conduit à la situation actuelle*

a) Pourquoi les goélands prolifèrent-ils ?

- Les sources de nourriture sont abondantes (décharges)
- Les sites de reproduction/repos sont protégés (pas d'influences humaines, pas de prédateurs tels que chiens, chats, renards et mustélidés).
- b) Comment s'exerce leur impact sur le milieu et plus particulièrement sur la flore ?  
Les goélands exercent :
  - une action mécanique : écrasement, piétinement, destruction de la végétation herbacée et sous-arbustive
  - une action chimique : par leurs déjections et leurs cadavres ainsi que par leurs apports directs de déchets organiques, ils sont à l'origine d'une pollution organique de nitrates et de phosphates extrêmement importante. Aussi seules les espèces rudérales (à cycle très court, produisant beaucoup de graines) peuvent réaliser leur cycle ainsi que les plantes tolérantes au stress d'écrasement ou chimique grâce à un appareil végétatif particulièrement résistant...Les autres ont disparu.

### 3- Solutions visant à rétablir un état jugé plus satisfaisant

Il est clair qu'il convient de réduire la population de goélands.

- a) par une action directe de destruction des goélands.  
Cet objectif ne peut être atteint que par la chasse ou l'empoisonnement ; ceci pose des problèmes d'organisation pour garantir la sécurité, mais surtout peut induire une pollution (plomb, poisons). De plus, les îlots seraient colonisés plus ou moins rapidement par d'autres populations.
- b) par la fermeture des décharges.  
Elle implique la modification des habitudes et surtout le développement d'infrastructures de traitement des déchets. C'est évidemment la meilleure solution malgré son coût élevé et son efficacité à long terme. A court terme, on peut néanmoins craindre un déplacement des goélands affamés vers d'autres sources alimentaires aux dépens plus ou moins directement de l'Homme; les goélands sont peu craintifs, voire même agressifs.

Si les candidats ont pour la plupart bien compris que la surpopulation était source de problèmes, peu ont su expliquer complètement l'impact sur la flore des îles et/ou proposer des solutions de restauration sans manifester des scrupules, voire un sentimentalisme peu opportun.

## **5.6 TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE-OPTION C (pour les candidats ayant choisi l'option A ou B)**

### **5.6.1 Sujet ( durée totale : 2 heures)**

Voir annexe TP c

### **5.6.2. Commentaires du jury**

Les travaux pratiques comportaient deux parties : une épreuve de pétrographie sédimentaire et un exercice de cartographie comprenant à la fois la réalisation d'une coupe géologique et des exercices de compréhension de la structure d'ensemble de la région étudiée grâce à des documents complémentaires (description de sondages, profils sismiques et photographies d'affleurements) .

## **Pétrographie**

L'épreuve de pétrographie consistait à décrire et à déterminer deux roches carbonatées (échantillon macroscopique et lame mince associée) puis à les interpréter en termes d'environnement de dépôt.

Le première roche carbonatée était un calcaire micritique de teinte rose (Scaglia Rossa du bassin des Marches-Ombrie, Italie centrale). L'examen de la lame mince permettait de reconnaître une microfaune de foraminifères pélagiques comprenant des Globigérines, des Globotruncana et de Hétérohélix au sein d'une matrice micritique. En utilisant les classifications de Folk et Dunham, la roche correspondait à une biomicrite à texture mudstone à wackestone. Le milieu de sédimentation correspondait à un environnement marin de bassin profond.

Une forte proportion de candidat a reconnu les Globigérines et/ou Globotruncana. En revanche, les Hétérohélicidés ont souvent été interprétés comme des gastéropodes montrant les difficultés des candidats à appréhender l'échelle des bioclastes.

La seconde roche était un calcaire blanc oolithique du Crétacé du Sud-Est de la France. L'examen de la lame mince révélait l'abondance des oolithes associées à divers bioclastes peu abondants comprenant surtout des débris d'échinodermes. Les oolithes et les bioclastes présentaient une micritisation relativement importante. Les éléments figurés étaient cimentés par de la sparite. Il s'agissait donc d'une oosparite à texture grainstone. Le milieu de dépôt correspondait à un environnement de bordure de plate-forme carbonatée.

Généralement, les candidats ont reconnu les oolithes, mais les bioclastes ont été rarement observés. La distinction entre matrice et ciment est une notion non acquise par la plupart des candidats. On peut également s'étonner de la méconnaissance ou de l'utilisation maladroite des classifications des roches carbonatées qui constituent pourtant des notions de base en sédimentologie, et des difficultés rencontrées par les candidats pour associer des microfaciès (pourtant très répandus et classiques) à un environnement de dépôt.

## **Cartographie**

### **Question A1**

La coupe géologique proposée le long du profil AB ne présentait pas de difficultés majeures.

Il a été cependant observé que nombre de candidats ne prêtent pas suffisamment attention aux informations portées sur la carte et notamment aux signes de pendage. Si les structures d'ensemble (anticlinal et synclinal) sont reconnues, leur représentation manque souvent de la précision qu'autorisait une lecture plus attentive de la carte.

La disposition relative du Miocène et des formations superficielles sus-jacentes est souvent apparue mal comprise, avec une représentation du Miocène alors limitée à sa seule zone d'affleurement le long du profil (et reposant même parfois sur les formations superficielles !). Il convient également d'insister sur le soin que requiert cet exercice de cartographie, qualité qui reste défailante dans de nombreuses copies.

### **Question A 2**

Il s'agissait d'abord de montrer la bonne compréhension que l'on pouvait avoir de la structure générale (et ce, même dans le cas d'une coupe médiocre). La grande majorité des candidats ont ainsi rappelé la présence d'un anticlinal, dissymétrique et coffré et d'un synclinal. La mise en relation de la structure et du relief a conduit nombre d'étudiants à parler de relief conforme.



Les éléments géomorphologiques les plus souvent rapportés ont concerné l'impact des effets glaciaires avec la présence des moraines. Plus rares ont été les copies qui ont mentionné la présence de terrasses emboîtées, terrasses dont les surfaces étaient cependant nettement visibles sur la coupe.

Enfin, trop peu de copies font état de la cluse du Fier, élément géomorphologique pourtant majeur dans la zone étudiée.

## **Apports des sondages et des profils sismiques**

### **Question B 1**

Cette question avait pour objet de tester la capacité des candidats à extraire des informations pertinentes en relation avec le sujet proposé qui était la compréhension de la structure.

Il était donc sans intérêt de développer les informations paléoécologiques ou paléogéographiques que pouvait fournir chaque niveau sondé. Il importait surtout de noter le redoublement de la série, avec des termes du Jurassique supérieur reposant sous des formations du Lias. Certaines copies ont également mentionné les divers pendages observés. Ces observations pouvaient alors conduire à formuler des hypothèses explicatives, faisant notamment état de contacts anormaux, correspondant à des chevauchements au sein de la couverture.

De nombreux candidats ont aussi rappelé l'importance des formations triasiques incomplètes, détectées en base du sondage, et qui pouvaient fonctionner comme niveaux de décollement, importants pour la structure.

Les informations fournies par ce sondage conduisaient à l'idée de structures profondes plus complexes que celles ayant pu être proposées par la coupe initialement dressée, qui pouvait se satisfaire dans un premier temps d'une structure simple d'anticlinal. On observera cependant que certaines coupes ont alors été réalisées en tenant compte de ces nouvelles informations faisant de l'anticlinal du Gros Foug un pli associé à une faille.

### **Questions B 2 et B 3**

Il s'agissait surtout d'identifier et de représenter les différents réflecteurs, montrant dans la partie centrale du profil une rampe anticlinale, bordée de deux bassins (formations molassiques).

Un ensemble de réflecteurs entre 1,5 et 2 STD marquait une nette transition avec une zone plus profonde ensuite dépourvue de réflecteurs : les connaissances sur la signification de l'ordonnée du profil (STD) et sur les vitesses de propagation des ondes devaient interdire de considérer ces réflecteurs comme le Moho, (alors beaucoup trop superficiel !), ce qui a malheureusement été proposé par de trop nombreuses copies.

De nombreux candidats ont cependant à juste titre interprété cette zone comme la base de la couverture reposant sur un socle acoustiquement homogène. Ces réflecteurs pouvaient alors correspondre aux niveaux triasiques.

### **Question B 4**

L'ensemble des informations recueillies et des connaissances devait conduire à un schéma faisant apparaître des structures en plats et rampes, aujourd'hui reconnues dans les formations jurassiennes (et subalpines). De très nombreuses copies se sont satisfaites d'ébauches de schémas structuraux, finalement sans rapport avec la question, ou de coupes plus que sommaires, n'intégrant aucun des apports précédents.

## **Étude de l'activité tectonique de la région**

### Question C 1

Les deux photographies permettaient de reconnaître un plan vertical marqué de stries inclinées d'une vingtaine de degrés sous l'horizontale (document 5b). Ce plan pouvait alors être interprété comme un miroir de faille. Les stries donnaient la direction du déplacement, avec une forte composante horizontale, ce qui devait conduire à l'hypothèse d'un décrochement. Les informations manquaient pour en donner le sens.

L'analyse des photographies a parfois conduit à des interprétations peu cohérentes, avec des stries pourtant reconnues mais pour un plan de faille représenté perpendiculairement à l'affleurement.

### Question C 2

Il s'agissait de tester la connaissance que pouvaient avoir les candidats de la représentation classique d'un mécanisme au foyer. Cette figure a été convenablement interprétée par de nombreux candidats .