

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.

Exercice 1 : dosage immunométrique de la β -lactoglobuline du lait de vache

Le dosage immunométrique proposé est développé par le service de Pharmacologie et d'Immunologie de Saclay, Direction des Sciences du Vivant du CEA. Il a été recommandé par l'APBG comme exercice pratique pour les élèves de la classe terminale S. La théorie du dosage et le détail de la manipulation étaient fournis et les compétences attendues étaient précisées. Nous attendions des candidats à l'agrégation qu'ils se montrent capables de calculer et de mettre en œuvre des dilutions, qu'ils réalisent des pipetages soignés et qu'ils comprennent et respectent les consignes données. Les emplacements, volontairement réduits, réservés pour répondre aux questions obligeaient à un effort de synthèse.

Réalisation des dilutions : il suffisait de prévoir au départ des prises de volumes compatibles avec les pipettes mises à la disposition des candidats. Prélever, par exemple 60,655 μ L est absolument irréaliste dans ces conditions. Le détail des calculs demandés montrait bien que les erreurs les plus flagrantes du dosage correspondaient à ces dilutions hasardeuses. Il était astucieux de faire des dilutions de 2 en 2 pour les échantillons à doser ; c'était également possible pour les points de gamme, mais tout autre technique, si elle s'avérait exacte, a été acceptée. Nous avons constaté, au cours des épreuves pratiques, que de nombreux candidats découvraient pour la première fois l'usage des pipettes (pipettes Gilson de 200 et 1000 μ L). Pour la sauvegarde de ce matériel coûteux, nous avons été obligés de leur expliquer qu'il fallait fixer un cône sur l'embout. Il est évident que l'exactitude de leurs mesures s'en est ressentie.

Tracé de la courbe d'étalonnage : la courbe, après retrait du bruit de fond, était une droite passant par l'origine. Pour les valeurs les plus élevées, on s'acheminait vers un plateau. Il fallait choisir les points ayant donné une mesure vraisemblable, éviter de faire une moyenne si l'une des 2 mesures était aberrante et ne pas tordre la courbe pour qu'elle passe par tous les points, y compris ceux qui sont visiblement faux. Le choix des unités devait également optimiser le tracé.

Lecture sur la courbe des points à doser : ici encore, il fallait faire preuve de logique et ne pas tenir compte des mesures sortant de la gamme d'étalonnage, situées sur la partie non rectiligne de la courbe. Les dilutions de 40 000 et 80 000 fois répondaient à ces conditions. Comme précédemment, il fallait choisir de ne pas tenir compte des points aberrants ; les mesures répétées 4 fois y aidaient.

Le calcul de la concentration de l'échantillon était simple : la valeur mesurée, multipliée par la dilution donnait un résultat en ng par mL ; il restait alors à convertir cela en mg par L. Soulignons que cette dernière opération a donné lieu aux erreurs les plus fréquentes, la manipulation des puissances de 10 n'est pas acquise par tous !

A défaut d'arithmétique, la logique pouvait aider : n'est-il pas curieux d'aboutir à une concentration de 220 grammes de β -lactoglobuline par litre de lait ? Le résultat attendu était de 220 mg/L.

Expression des résultats sans utiliser la courbe d'étalonnage : si l'on est certain de travailler dans la zone de proportionnalité, une simple règle de 3 peut être utilisée. Exemple : le point de gamme de 5 ng/mL correspond à une lecture de 0,750 et la valeur inconnue à 0,600. La valeur inconnue est de $0,600/0,750 \times 5$ soit 4 ng/mL.

C'est précisément pour s'assurer que l'on travaille dans la zone de proportionnalité qu'il est prudent de tracer la courbe d'étalonnage. D'autre part, compte tenu de la sensibilité du dosage et de la forte dilution des échantillons, la moindre erreur se trouve multipliée par un facteur important (ici de 10 000

à 80 000 fois) ; c'est pourquoi il faut éviter d'utiliser une valeur de départ qui serait fautive. La répétition de la mesure (4 fois ici) limite ce risque.

Globalement, l'exercice proposé a donné un résultat convenable sur la manipulation mais a été très décevant sur l'expression des résultats. De grossières erreurs sur les conversions et le calcul des dilutions ont été relevées dans environ 20% des copies.

Exercice 2 : titration du lait

Le but de cet exercice très simple était double : amener les candidats à mettre en oeuvre une technique de dosage correcte et de leur faire utiliser une expression des résultats originale et appropriée à l'exemple choisi. Plusieurs réponses peuvent être apportées, mais du choix de l'une ou de l'autre dépend la rigueur de la démarche. Par exemple, on pouvait prélever 10 mL de lait en prenant 10 fois 1 mL avec la pipette Gilson, verser 10 mL de lait dans le bécher gradué ou bien prélever 10 mL avec la pipette graduée. Dans ce dernier cas, la pipette graduée ne peut plus être utilisée en l'état pour verser la soude. Il faut donc la nettoyer en pipetant plusieurs fois de l'eau et non en versant de l'eau par l'orifice supérieur car le bouchon de coton cardé y fait obstacle. On pouvait également verser la soude en répétant des dépôts de 100 μ L à l'aide de la pipette Gilson, mais au risque de répéter 16 ou 17 fois une erreur de pipetage.

L'expression des résultats en mg/L de lait et en degrés Dornic relevait d'une arithmétique simple qui ne fut pourtant pas évidente pour tous. Le résultat attendu était 16 degrés Dornic soit 1 600 mg d'acide lactique par litre de lait.

Sachant que ce dosage s'effectue mole à mole, qu'une mole d'acide lactique a une masse de 90 g, pourquoi utiliser de la soude 1/9 N pour titrer 10 mL de lait ?

10 mg d'acide lactique sont neutralisés par 1 mL de NaOH, si on pose que 1 degré Dornic correspond à 100 mg d'acide lactique, le volume V de soude utilisé pour doser 10 mL de lait est $10 \times V$ degrés Dornic. On a ainsi une relation directe et pratique qui permet d'exprimer l'acidité du lait. Pour un lait cru au ramassage, la norme fixe une acidité inférieure ou égale à 21°Dornic.

Exercice 3 :

Cet exercice relatif à des principes de base d'enzymologie et de biochimie des protéines se poursuivait par quelques aspects simples de biotechnologie chez une plante bisannuelle. Aucun pré-requis sur les invertases n'était nécessaire et cet exercice était indépendant des deux autres.

Les candidats devaient être capables de faire des calculs simples, d'interpréter les valeurs calculées et de choisir un mode de représentation graphique adapté. Ils devaient également analyser divers documents pour en faire ressortir les éléments importants, proposer des hypothèses ou des expériences et faire des schémas bilan.

Tous les candidats "A" ont traité cet exercice et une majorité a répondu aux quatre questions. Globalement, la rédaction et les graphiques sont corrects, mais les candidats ne répondent souvent pas vraiment à la question posée. De même, les schémas demandés à la question 4 ont très souvent été bâclés ou remplacés par un commentaire écrit imprécis. L'analyse des copies révèle des lacunes sérieuses dont voici quelques exemples :

- question 1 sur la purification des invertases : peu de candidats ont été capables de calculer le taux de purification ou le rendement. Nombre d'entre eux ne sont pas gênés d'indiquer des rendements de 20 000 % et des taux de purification de 10^{-3} tout en commentant des pertes importantes de protéines et l'efficacité incroyable des étapes de chromatographie.

- question 2 sur les caractéristiques enzymatiques des invertases : environ la moitié des candidats n'a pas pensé à utiliser la représentation de Lineweaver et Burk pour déterminer précisément les constantes cinétiques. Trop de candidats ne pensent pas à répondre à toutes les questions

demandées (signification des paramètres cinétiques par exemple). La notion de K_i et sa détermination sont très largement ignorées.

- question 3 sur les caractéristiques immunologiques des invertases : les réponses sont souvent correctes mais imprécises ou perdues dans des considérations inutiles. La notion d'épitope n'est pas claire pour certains candidats.

- question 4 sur le rôle physiologique des invertases : cette partie est la plus mal traitée car la quasi totalité des candidats ne semble pas connaître le principe de la transgénèse végétale. Les candidats ne savent pas faire un schéma bilan, ni proposer une démarche expérimentale.

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 – Diagnose comparée

Le matériel fourni consistait en des germinations de trois espèces forestières : un Chêne, un Hêtre et un Pin.

Si près d'un tiers des candidats obtient la moyenne, il est étonnant de remarquer que 10 % des copies obtiennent de très mauvaises notes dans un exercice extrêmement classique.

Il ne semble pas inutile de rappeler quelques conseils méthodologiques pour la réalisation des dessins d'observation. Ceux-ci doivent être convenablement mis en page dans l'espace qui leur est destiné (ici les cadres des feuilles d'énoncé), comporter des légendes claires disposées de façon logique, un titre et une échelle. Si le tracé est le plus souvent soigné, la fidélité de la représentation graphique à la réalité des échantillons doit souvent être encore améliorée.

L'étude descriptive devait faire apparaître sur les dessins les structures caractéristiques d'une germination :

- origine et disposition de l'appareil racinaire,
- nature de la semence (fruit ou graine), justifiée par une étude de ses enveloppes,
- nombre (deux chez le Chêne et le Hêtre, six ou plus chez le Pin), position (hypogée ou épigée), nature (foliacée ou charnue) des cotylédons,
- origine de l'appareil caulinaire (avec ou sans croissance de l'hypocotyle),
- morphologie des feuilles et phyllotaxie pour les échantillons suffisamment avancés.

Les candidats qui ont bien conduit cette étude n'ont eu, le plus souvent, aucune difficulté à compléter le tableau récapitulatif, à condition de connaître le vocabulaire scientifique indispensable à une formulation concise.

Type de germination	Hypogée	Epigée	Epigée
Nature de la semence	Gland = fruit sec indéhiscant contenant une graine exalbuminée	Graine albuminée (contenue dans une faîne, fruit sec indéhiscant qui n'était plus visible sur les échantillons)	Graine nue à endosperme
Nom usuel	Chêne	Hêtre	Pin
Nom scientifique	<i>Quercus sp.</i>	<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Pinus sp.</i>

II – Des ravageurs du bois : les termites.

A – Etude de la digestion du bois.

La partie relative à l'étude de la digestion du bois par les termites a été conçue de manière à ce que les candidats puissent, à partir de préparations, d'observations et d'analyses de documents, effectuer un cheminement progressif raisonné et être à même de proposer au final, quels types de mécanismes président à l'alimentation et à la digestion chez différentes catégories de termites.

Dans l'ensemble, les candidats sont parvenus à réaliser la dissection du tube digestif, mais les schémas et les interprétations données sont apparus nettement moins satisfaisants. L'absence de connaissances élémentaires à propos de l'organisation de l'appareil digestif des Insectes (localisation exacte des tubes de Malpighi par exemple), et/ou de la terminologie relative aux différents segments caractéristiques (stomodeum, mésentéron, proctodeum) a conduit à des non-sens lors de l'analyse comparative ultérieure des différentes régions du tractus digestif. Ainsi, de nombreux candidats ayant identifié, en les inversant, les trois segments, sont arrivés à observer dans la région stomodéale des microorganismes résidant naturellement dans l'ampoule rectale, cependant que bon nombre de préparations microscopiques censées correspondre aux régions proctodéales ne révélaient que des débris alimentaires... Relativement peu de candidats ont réalisé des montages en présence de vert d'iode (dont la finalité de l'emploi ne paraît pas avoir été appréciée). Forte d'une juste connaissance de l'existence de symbiotes chez les termites, une partie des candidats s'est efforcée de pallier l'absence d'observations réelles en exprimant de manière hâtive des conclusions provenant de réminiscences livresques. Ces présupposés se sont fréquemment manifestés au détriment d'une véritable démarche scientifique effectuée à partir des données expérimentales présentées. Cette dernière, par ailleurs, a fréquemment été escamotée au profit d'une reprise énumérative des données chiffrées portées dans les tableaux à la suite de laquelle était énoncée une phrase conclusive, généralement juste, mais non étayée par l'expression d'une véritable réflexion logique. Néanmoins, il faut souligner que la majorité des candidats est parvenue à préciser de manière pertinente la compartimentation fonctionnelle du tractus digestif associée à la présence ou non de microorganismes symbiotiques. En ce qui concerne l'analyse des documents relatifs aux différences anatomiques existant entre individus appartenant aux castes des ouvriers et des soldats, là encore des réponses majoritairement correctes se sont exprimées, même si de nombreuses approximations terminologiques pour la trophallaxie se sont manifestées (trophallotaxie, trophilaxie, prophyllaxie...). Quant aux hypothèses qui pouvaient être émises à propos de la répartition géographique des termites en France, il est surprenant de constater que la majorité des candidats s'est limitée à ne proposer que la seule présence des étendues boisées des Landes en occultant la dimension climatique, et notamment celle liée au facteur température. Au total, cette partie d'épreuve qui ne présentait pas de véritables difficultés mais qui nécessitait une analyse logique par palier, a révélé que les candidats se

sont souvent contentés de faire coïncider les notions qu'ils possédaient à propos des modèles classiques de symbioses avec l'exemple concret qui leur était proposé.

B – Reconstitution de la phylogénie de quelques termites.

L'exercice avait pour objet de vérifier si le candidat connaissait les principes utilisés dans la construction d'un cladogramme et s'il était capable de les utiliser sur un cas concret. Les données, réduites à 9 caractères et à 4 taxons, permettaient de répondre correctement en moins d'un quart d'heure.

La matrice des apomorphies partagées (triangle supérieur : 4,0,4/0,6/0) conduisait facilement au cladogramme.

Une première division séparait *Hodotermopsis* d'une branche portant les apomorphies 1,5,6 et 8. Celle-ci se divisait à son tour en une branche conduisant à *Reticulitermes* et une autre portant les apomorphies 2 et 4. Une dernière bifurcation conduisait à *Odontotermes* d'un côté et à *Cubitermes* de l'autre, *via* les apomorphies 3, 7 et 9. L'arbre obtenu a une longueur de 9. Aucune difficulté particulière ne venait compliquer l'établissement de cette solution.

Trois candidats sur dix n'ont pas tenté de répondre à cet exercice. Parmi les réponses obtenues, un quart s'est arrêté à l'établissement de la matrice des apomorphies partagées, sans aller jusqu'au tracé de l'arbre.

En revanche 30% des réponses obtiennent le maximum de points.

III – Trois aspects de la vie de l'arbre.

A – De la croissance à la biomasse

Plus d'un quart des candidats a correctement légendé la section de tronc de *Pseudotsuga m.*, et estimé l'âge (49 années ; on a admis comme exact des âges compris entre 46 et 51 années), diamètres moyens (7,7 ; 17,2 ; 37,0 ; 49,5 cm) et biomasses (15,5 ; 108 ; 684 ; 1384 Kg). Ces calculs ne présentaient en fait aucune difficulté et l'on peut donc s'étonner du trop grand nombre de réponses totalement inexactes voire incohérentes.

La légende de la section de tronc est souvent peu soignée et ambiguë. Le positionnement du suber, du liber, du cambium, du bois d'aubier devait être des plus précis. Il en est de même du duramen, de l'aubier et de la limite de ces deux bois souvent ignorée ou alors confondue avec le bois de printemps et le bois d'automne.

B – L'embolie chez le chêne et le hêtre

L'épreuve consistait à tester les connaissances de base relatives à l'anatomie du bois de deux espèces ligneuses très répandues et à faire analyser et interpréter deux expériences concernant l'étude de l'embolie chez ces arbres. Globalement cette partie a été bien traitée puisque les deux tiers des candidats ont obtenu une note supérieure ou égale à la moyenne. Il est tout de même surprenant que les lacunes les plus importantes concernent l'identification des différents tissus visibles sur les coupes. Trop souvent il y a eu une confusion entre l'aubier et le duramen, le rhytidome est inconnu de la majorité des candidats. L'expérience présentée permettait de mettre en évidence les vaisseaux fonctionnels qui étaient colorés en rouge, ceux apparaissant en blanc étant non fonctionnels. La comparaison des structures vasculaires devait conduire à identifier un bois hétéroxylé pour les deux espèces avec, chez le chêne, la présence de gros vaisseaux dans le bois de printemps, seulement fonctionnels sur le cerne le plus jeune. Chez le hêtre on pouvait observer de plus petits vaisseaux que chez le chêne mais fonctionnels sur la majeure partie de l'aubier. L'analyse de la figure concernant la

mesure du pourcentage d'embolie au cours des années 2001-2002 permettait d'identifier que la température (et plus précisément le gel) était responsable d'une embolie « hivernale ». L'embolie à l'échelle de l'arbre est un phénomène réversible et les deux mécanismes qui permettent de restaurer la fonctionnalité de l'aubier au printemps sont :

- la réparation de l'embolie par mise sous pression de la sève (grâce à la poussée racinaire par exemple chez le hêtre ou en mobilisant des réserves stockées dans les parenchymes ligneux et en déversant des sucres dans le xylème comme par exemple chez l'érable à sucre ou le noyer) ;
- suite au fonctionnement du cambium, la mise en place de nouveaux vaisseaux fonctionnels (chez le chêne par exemple)

C – Répartition des groupements forestiers et facteurs du milieu

L'exercice concernant l'extrait de la carte de la végétation de Perpignan a été réussi par les candidats qui ont consacré un temps suffisant à la réalisation de la coupe et à la présentation des exigences écologiques des cinq arbres : le chêne pubescent (couleur verte) occupe ici, sous climat et dans l'étage subméditerranéen, les stations ripicoles (fonds de vallées) ; le pin sylvestre (couleur violette) se rencontre dans l'étage montagnard, froid mais plus ou moins ensoleillé, sur sol siliceux ; le hêtre de l'étage montagnard se rencontre là où l'humidité atmosphérique est assez forte et les températures fraîches ou froides ; le sapin de l'étage montagnard affectionne les milieux rocheux tels les lapiez et autres fentes de rochers ; le pin à crochets de l'étage subalpin supporte les sécheresses estivales entrecoupées d'orages, des températures hivernales rigoureuses et des chutes de neige jusqu'en avril.

Pour le transect, il convenait en toute logique d'habiller le profil topographique des différents figurés ; toutes les représentations les plus fantaisistes ont été rencontrées : sous le profil topographique (?) ; sur l'axe horizontal des abscisses (!) ; entre le profil topographique et l'axe des abscisses.

IV - Reconnaissances

Le thème de cette dernière partie était annoncé dans le titre « Promenade naturaliste en forêt » et le nombre de spécimens à identifier était en augmentation, porté de 10 (session 2003) à 20 (session 2004).

Plus du tiers des candidats obtiennent une note supérieure à la moyenne et quelques uns montrent d'excellentes connaissances naturalistes. Parmi les échantillons proposés, certains étaient classiques (hêtre, sapin, épicéa) ; d'autres l'étaient moins (sons, galles, traces diverses). On note donc, par rapport à la session 2003, un progrès sensible indiquant qu'un nombre conséquent de candidats n'a pas négligé la préparation à ce genre d'exercice.

On ne peut qu'encourager les futurs candidats à persister dans cette voie puisque l'exercice sera reconduit lors de la prochaine session.

Quelques remarques s'imposent cependant. Si l'on doit saluer la prudence des candidats qui s'abstiennent de répondre face à un spécimen inconnu, le jury s'étonne des réponses fantaisistes dont le tableau ci-dessous dresse une liste sommaire.

	Réponse souhaitée	Fantaisies diverses
1	Son 1 : brame de cerf	Cochon, sanglier, vache, bœuf, ours, singe, éléphant, hippopotame
2	Son 2 : chant de mésange charbonnière	Cigale, geai, coucou, alouette, pie, campagnol
3	Son 3 : martèlement de pic épeiche	Grenouille, crapaud, canard, perroquet, coq de bruyère, dinde, grillon, rongeur
4	Rameau de hêtre avec faînes	Noisetier, frêne, orme, noyer, alisier, saule, châtaigner
5	Rameau à glands de chêne vert	Buis, frêne, olivier, saule, troène, viorne
6	Rameau à glands de chêne pubescent	Chèvrefeuille, amélanchier
7	Rameau à glands de chêne kermès	Houx, petit houx
8	Rameau à cônes de sapin pectiné	If, genévrier, cyprès
9	Rameau à cônes d'épicéa	Cèdre
10	Rameau à cônes de mélèze	Cèdre
11	Rameau à cônes de pin à crochet	Cèdre
12	Cônes d'épicéa travaillés par mulot et écureuil	Cône de thuya, cône avec traces de blaireau
13	Cônes de pin sylvestre travaillés par mulot et écureuil	Cône de ginkgo, cône rongé par une musaraigne
14	Cônes de mélèze travaillés par bec-croisé	Cône d'éphédra, traces d'abeilles ou de guêpes
15	Noisette perforée par le balanin (Coléoptère)	Gland de chêne, perforation de forficule, de geai, de bupreste...
16	Ecorce avec galerie d' <i>Ips</i> et imagos (scolytes)	Lépisme, galeries de termites
17	Imago de Coléoptère longicorne (<i>Aegosoma sp.</i>)	Blatte, grillon, cigale, méloé
18	Larve mélolonthoïde (<i>Oryctes sp.</i>)	Criquet, reine de termite, collembole, chenille de hanneton, chenille processionnaire, courtillière, myriapode,
19	Galle de Cynips sur feuilles de chêne Tausin	Galle de cyddip, faux fruit du chêne, galle du hêtre
20	Geai	Merle, mésange, chardonneret, martin-pêcheur, cincle plongeur, fauvette, perroquet, épervier

Les concepteurs de cette épreuve regrettent leur négligence ; ils auraient dû préciser qu'il s'agissait d'une « Promenade naturaliste en forêt de France métropolitaine éloignée de tout parc zoologique ».

Cela étant, les quelques recommandations qui suivent pourront être utiles aux futurs candidats :

- Eviter les réponses sans intérêt du type « métazoaire triblastique coelomate » ;
- Tenir compte de la numérotation des échantillons proposés et donc éviter de répondre dans le désordre ;
- Soigner l'orthographe On ne devrait plus lire « écorse, femmelle, galle, cyddip, frigane, jay, cerf en rute...).

Pour la préparation à ce type d'épreuve, les futurs candidats doivent être acquis aux idées suivantes :

- Ne pas limiter leur apprentissage aux seules séances consacrées dans les préparations ;
- Concevoir cet apprentissage de façon personnelle dans la durée et dans la pratique sans cesse répétée ;
- Apprendre en grande partie par soi-même, guidé par la curiosité lors des stages de terrain, les promenades et randonnées.

La biodiversité n'est pas une notion théorique ; c'est une réalité digne d'intérêt, de connaissance et donc d'apprentissage même s'il semble être incompris et apparaître désuet à l'heure actuelle.

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.

Le premier exercice était incontournable. Il est étonnant de constater que de nombreux candidats ne paraissent pas réellement préparés, alors que la coupe proposée ne présentait aucune difficulté particulière. Étant donné sa situation, on pouvait s'attendre à ce que les candidats soient capables de comprendre la structure générale (Urgonien en falaises épaisses et failles, barres calcaires du Tithonique en relief, Crétacé inférieur et base du Malm en niveaux marno-calcaires plus ductiles). Il semble que les candidats n'ont pas replacé la coupe dans son contexte géologique, préambule qui leur aurait permis de comprendre la lithologie et la structure. Les seules petites difficultés de l'exercice pouvaient résider dans l'interprétation des accidents observables sur le tracé de la coupe.

Malgré cela, l'exercice a été très diversement réussi, et nous sommes étonnés de constater que certains candidats, encore trop nombreux, ne savent apparemment pas réaliser une coupe géologique.

L'exercice de sédimentologie et de géochronologie, inspiré de recherches menées sur l'origine des smectites océaniques et publiées en 1985 dans le Bulletin de la Société Géologique de France, consistait tout d'abord à déterminer les minéraux argileux à l'aide d'un diffractogramme. Les candidats connaissent en général la structure de ces minéraux, mais ne font pas suffisamment le lien avec les distances interfoliaires. Par ailleurs, si la notion de réflexion de base est acquise, la notion d'harmonique ne l'est pas, une forte proportion de candidats attribuant un minéral à chaque réflexion. Ceci confirme le niveau globalement faible des candidats en minéralogie (cf. rapport de contre-option). La détermination des âges des différentes fractions argileuses a été correctement traitée. En revanche, la réflexion sur l'origine des smectites détritiques issues des marges de l'océan atlantique en cours d'élargissement n'a pas été correctement menée. Par ailleurs, le caractère précoce de la néoformation de ces minéraux, juste après la sédimentation a souvent été mal comprise, certains candidats faisant intervenir les processus diagénétiques avant même que le sédiment soit déposé ! A l'évidence, ceci traduit un manque de recul des candidats vis à vis des grands mécanismes géologiques.

Le troisième exercice portait sur l'analyse d'échantillons paléontologiques. Toute discipline scientifique est dotée d'un vocabulaire *ad hoc* et nécessite un sens minimal de l'observation, de l'analyse et de la description. Il est atterrant de constater que cet exercice a amené la plupart des candidats à réaliser des schémas peu soignés, loin de la réalité, accompagnés de légendes difficilement acceptables de la part de futurs enseignants. Concernant les échantillons proposés : le « A » était un lavage contenant un seul type de microfossiles dont le test hyalin, la forme trochospiralée typique et la double carène devaient orienter le candidat vers le genre *Globotruncana* (Crétacé supérieur), traduisant un milieu planctonique. L'échantillon « B » était une lame mince sur laquelle se trouvait des sections d'un autre foraminifère en l'occurrence une fusuline (Carbonifère-Permien) et plus spécialement *Neoschwagerina*. On pouvait aisément observer son test microgranulaire, sa forme involute avec des loges soulignées par des septas et des septulas. Ces formes caractérisaient plutôt un milieu marin peu profond et chaud. Enfin, l'échantillon « C » était un

calcaire à Nummulites (Eocène-Oligocène) dont la taille, le test hyalin, la forme planispiralée ne laissent à priori planer aucun doute sur leur identification. Rappelons que ces foraminifères vivaient dans des eaux chaudes et turbulentes, associés aux faciès récifaux.

Les réponses obtenues par la suite ne dépassèrent guère le niveau de la première question. Certes, la datation des terrains, la reconstitution des paléoenvironnements ont été abordées, mais peu de candidats envisagèrent que ces trois foraminifères pouvaient illustrer des concepts liés à l'évolution comme la tachytélie. Encore plus rares furent les candidats qui évoquèrent le fait que les deux premiers échantillons soulignaient, par leur disparition, une crise biologique et que le troisième intéressait la recherche pétrolière...

Le quatrième exercice proposé aux candidats était un profil réalisé au large du Gabon par sismique réflexion. De façon tout à fait classique, l'axe des ordonnées représentait la profondeur exprimée en « secondes temps double », et celui des abscisses, la distance en kilomètres. La marge du Gabon est une marge passive et le profil traduisait cela au niveau de la couverture sédimentaire de la croûte continentale. Certaines copies ont fait mention de la croûte océanique qui n'était absolument pas concernée. Il fallait distinguer les différents corps sédimentaires et leurs relations.

En partant de la discontinuité située entre la croûte et les premiers dépôts sédimentaires, on pouvait reconnaître une couche d'épaisseur très variable, constituée d'évaporites et dont le comportement ductile caractéristique permet l'apparition de diapirs traduisant une évolution gravitaire de la plate-forme carbonatée sus-jacente. Celle-ci est structurée en blocs basculés qui, malgré leurs réflecteurs très visibles sur le profil, ont souvent été confondus avec le socle. La sédimentation détritique tertiaire couvrait ensuite la plate-forme affectée par la tectonique salifère. Ces dépôts montraient des géométries maintenant bien connues : onlap, downlap, et toplap qui sont classiques et figurent dans de nombreux ouvrages. Certains candidats ont heureusement utilisé ces données pour mettre en évidence des cycles sédimentaires successifs (progradation, rétrogradation).

En conclusion, il s'agissait d'un exercice qui traduisait bien l'évolution des techniques de prospection géologique et il est dommage qu'il n'ait été que très partiellement traité par les candidats.

L'exercice de sédimentologie consistait à estimer de manière simple la compaction mécanique d'une série sédimentaire. L'objet à analyser (nodule carbonaté) provient des sédiments anoxiques déposés au voisinage de la limite Cénomaniens/Turonien du bassin de Tarfaya (Maroc, Sahara occidental). L'exercice original et de difficulté croissante a dérouté les candidats, certains d'entre eux ne l'ont pas du tout abordé. Ceci traduit la sensibilisation insuffisante des candidats à la compaction des sédiments, processus pourtant essentiel de la formation des roches sédimentaires. Les candidats ignoraient la notion de taux de compaction, mais la définition était rappelée dans l'énoncé ! La majorité des candidats a tenu à exprimer la compaction par des pourcentages. La compaction du nodule lui-même (question 1) a été relativement bien traitée, mais la compaction de l'encaissant qui consistait simplement à effectuer le rapport entre l'épaisseur actuelle du nodule à l'épaisseur mesurée latéralement entre deux lamines moulant le nodule a été très mal comprise. La compaction totale pouvait être ensuite estimée en multipliant le taux de compaction du nodule par le taux de compaction de l'encaissant. La minorité de candidats ayant atteint cette question a généralement ajouté les deux taux de compaction, ce qui signifiait une compaction successive du nodule, puis de l'encaissant. En réalité, la compaction du nodule et de l'encaissant se produisant simultanément, il fallait donc multiplier les deux taux.

Le taux de compaction d'un sédiment argileux banal est théoriquement de l'ordre de 3,33. Plusieurs candidats ont effectivement abouti à ce résultat qui est nettement inférieur à la compaction totale mesurée dans l'exemple. La surcompaction du sédiment argilo-carbonaté s'explique par une migration

des carbonates de l'encaissant vers le nodule, compaction « chimique » qui s'ajoute à la compaction mécanique.

L'exercice préalablement de pétrographie débutait par l'analyse microscopique d'une roche replacée dans son contexte, en l'occurrence l'île à Bois située au Nord du Massif Armoricaïn. La texture microgrenue, les lattes de feldspaths plagioclases, la présence de pyroxènes devaient orienter le candidat vers une roche filonienne basique. L'analyse suivie d'une représentation souvent hasardeuse de la lame a amené de nombreux candidats à citer des minéraux parfois surprenants ici comme le quartz. La seconde question était basée sur une observation macroscopique d'un échantillon replacé dans son contexte grâce à deux photographies. La texture grenue et la nature des minéraux présents devaient aboutir à la détermination d'une roche plutonique granitique. Globalement cette partie a été convenablement abordée. Puis, grâce aux données fournies et aux déductions précédentes, il fallait simplement envisager la mise en place d'un filon λ dans la roche β en insistant sur le lien contexte–texture de la roche décrite préalablement sous le microscope. De nombreuses erreurs ont été relevées notamment à cause de l'analyse défectueuse des clichés fournis. Le diagramme proposé dans la question 4 autorisait une courte discussion permettant de préciser les affinités pétrographiques subalcalines de la lame λ . Généralement les réponses allèrent dans ce sens. L'un des minéraux de la roche λ faisait l'objet d'une analyse à la microsonde dans la question 5. Cette question ne fut que rarement bien traitée. Pourtant, une connaissance élémentaire des mécanismes de cristallisation aurait dû logiquement amener les candidats à déduire un phénomène de cristallisation rapide conduisant à un feldspath zoné. L'ultime question permettait de replacer l'intrusion dans son cadre géologique, en l'occurrence celui de l'Ordovicien avec un magma d'origine mantellique ayant subi une contamination crustale.

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.

Partie I : étude des réserves du grain de blé

Les observations, souvent présentées à un grossissement inadapté, ne permettent pas de montrer une différence entre les deux stades de germination. Les dessins réalisés sont peu soignés, trop petits, présentant plusieurs grains plutôt qu'un seul; l'échelle est souvent absente.

L'interprétation de l'expérience montre l'absence d'esprit critique quant à la démarche expérimentale et la méconnaissance des mécanismes cellulaires et moléculaires de l'hydrolyse de l'amidon dans le grain de blé.

Partie II : Observation microscopique

La préparation de foie a presque toujours été reconnue, voire devinée, à partir du thème du sujet ; la justification est rarement complète et raisonnée. La partie dessinée n'est pas toujours bien choisie. Beaucoup de dessins sont des schémas mémorisés et récités, ne correspondant pas à l'observation. L'électronographie est légendée de façon incomplète. On trouve trop souvent de graves confusions d'échelle et de structures : par exemple, mitochondrie nommée capillaire sanguin, REG pris pour l'appareil de Golgi. Par contre, le stockage et la libération de glucose sont assez bien décrits.

Les principes d'enzymologie sont connus, mais pas assez intégrés pour permettre des réponses précises, concises et rapides. Peu de candidats ont répondu à la dernière question posée.

Partie III : Fibres musculaires

Les préparations de fibres sont trop épaisses, mal dilacérées et présentées à un grossissement inapproprié. La comparaison entre les deux types de fibres n'est pas établie. Trop souvent les candidats n'ont même pas su définir, puis trier les critères de comparaison ; en conséquence, un tableau à une seule entrée (cellule musculaire striée–cellule musculaire cardiaque) a parfois été réalisé, mais jamais correctement rempli.

Partie IV

L'exercice d'énergétique n'a été que très rarement traité et réussi : plus de la moitié des copies ne traite pas cette partie ; une seule (!) copie est réellement correcte. Ce constat pose le problème de la capacité à réaliser rapidement et proprement une préparation classique, afin de conserver suffisamment de temps pour la fin de l'épreuve. En particulier, cette dernière permettait de valoriser les candidats ayant des bases bien assurées en thermodynamique appliquée au domaine du vivant.

Conclusion

Il est nécessaire qu'un futur enseignant soit capable de réaliser une préparation microscopique classique et de la présenter de façon adéquate. A cette compétence pratique, doit s'ajouter la capacité à construire un raisonnement présentant une démarche rigoureuse.

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

Le jury a conçu une épreuve volontairement longue, mais faisant appel à une culture simple mettant en valeur la sûreté des connaissances les plus classiques sans négliger la capacité d'analyse de faits expérimentaux.

I. Quelques aspects de la reproduction

La dissection de l'appareil génital mâle était proposée sur des souris âgées de 11 semaines ; toutes les structures génitales étaient donc bien développées. L'évaluation a pris en compte la présentation de la dissection (papier noir, organisme bien étalé au centre de la cuvette, ablation des organes sans lien avec l'appareil reproducteur, ouverture de la symphyse pubienne, disposition des épingles ne cachant pas les structures, dissection recouverte d'eau propre, papiers noirs mettant en valeur les conduits...) et les légendes d'identification.

Les structures histologiques proposées en reconnaissance étaient typiques et, pour certaines, reconnaissables à l'œil nu (testicule de Mammifère avec épидидyme, utérus en phases folliculaire et lutéinique...). Environ un tiers des candidats a oublié que les coupes à identifier s'incorporaient dans le thème « reproduction et développement » ; ainsi les glandes mammaires ont été confondues avec les glandes salivaires !

II. Quelques aspects de la croissance des Angiospermes

Le rameau permet de préciser un vocabulaire descriptif très banal (bourgeons apical et axillaire, nœud et entrenœud, cicatrice foliaire...), de caractériser le type de croissance (acrotone, monopodiale) ou la phyllotaxie (feuilles opposées décussées) et enfin de souligner la croissance discontinue (rameau de deux ans à feuilles caduques). Ensuite, à condition de réaliser une véritable coupe semi-fine, les deux cernes apparaissent nettement ainsi que l'accumulation dans les rayons ligneux de réserves amylacées, lesquelles sont évidemment mobilisées au printemps lors du débourrement. Enfin, la coupe longitudinale de bourgeon permet de souligner la protection par deux types d'écaillés de structures reproductrices ou végétatives déjà bien développées, caractéristique nécessaire à une reprise très rapide de végétation. Les attentes étaient donc de niveau élémentaire ; pourtant les résultats sont franchement décevants tant sur le plan cognitif que dans la réalisation graphique.

L'approche expérimentale sur les plantes herbacées conduit à l'identification de facteurs impliqués dans la croissance des bourgeons. L'étude sur le Haricot met en évidence le rôle de l'auxine et permet de moduler son rôle en fonction de l'état physiologique des bourgeons. La partie sur *Arabidopsis* illustre le rôle de la balance hormonale cytokinine/auxine et celle sur le Pois fait apparaître l'intervention d'autres facteurs véhiculés par les sèves. Alors que le contrôle de la dominance apicale par l'auxine et la notion de balance hormonale constituent deux thèmes correctement traités, les autres paramètres, moins classiques, n'ont pas été bien perçus. En effet les candidats font appel à leurs connaissances négligeant les faits expérimentaux, lesquels ne font pas l'objet d'une description précise et concise en vue d'étayer un raisonnement.

L'ensemble des exercices s'est révélé discriminant puisque la grille de notation a pu être utilisée sur toute son étendue. Néanmoins, alors que dans la première partie les bonnes ou excellentes copies ne sont pas rares, elles constituent l'exception dans la seconde partie.

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

Exercice 1

La coupe est un exercice classique qui a été traité de façon très variable. La présentation est souvent soignée. L'interprétation de la carte était facilitée par l'ajout d'un extrait de la notice, mais cela n'a pas empêché de nombreux candidats de voir des plissements vigoureux ou une succession de failles inverses de direction nord-sud alors que la notice indiquait, dès les premières lignes, l'existence d'hémi-grabens.

Ces mêmes hémi-grabens ont été parfois fortement inclinés car les couches n'ont pas été représentées avec l'épaisseur indiquée. La bauxite a été souvent représentée en couche alors que les affleurements dispersés de cette bauxite indiquaient plutôt un dépôt local dans des poches karstiques.

La datation des structures tectoniques était, elle aussi, facilitée par la lecture de la notice mais il était souhaitable d'étayer le raisonnement par des éléments cartographiques. La culture géologique de certains candidats qui ont su relier ces datations aux grands événements géologiques de la région (compression pyrénéenne, extension oligocène) a été ainsi valorisée.

Exercice 2

Cet exercice devait permettre de tester les capacités d'analyses des candidats face à un ensemble de données minéralogiques et géochimiques.

La situation géologique retenue était l'étude d'un complexe d'altération développé sur une roche volcanique.

L'analyse du tableau (a) conduisait à proposer une identification justifiée de la roche mère, qui correspondait à un trachyte. Trop nombreuses ont été les réponses erratiques qui témoignent de connaissances très fragiles sur la composition et la classification des roches magmatiques.

La seconde question s'intéressait à la méthode classique du bilan « isovolume », utilisée pour dresser des bilans géochimiques d'altération. On rappelait qu'elle consiste à comparer la masse des divers éléments contenus dans un cm^3 de roche saine (cœur) à celle restant dans un même volume de roche altérée (cortex). Ces masses, données dans le tableau, avaient été obtenues en distribuant la masse d'un cm^3 , déterminée à partir de la densité, au pourcentage des différents oxydes.

On rappelait que les seuls pourcentages en masse d'oxydes ne pouvaient permettre l'établissement du bilan, puisqu'ils sont calculés par rapport à la seule masse échantillonnée, et non par rapport à la masse initiale; elles ne permettent pas de suivre les gains et les pertes absolus subis par la roche et leur comparaison ne traduit que des mouvements relatifs des constituants. La dernière colonne du tableau pouvait alors être renseignée des différences entre les compositions chimiques exprimées en cg.cm^{-3} ou ramenées en % de la masse initiale. Le jury regrette que de nombreux candidats aient négligé cette réflexion quantitative sur les données fournies.

Il s'agissait dans la question 3 de faire apparaître les principaux caractères de l'altération et de mettre en relation les évolutions minéralogiques et géochimiques. On remarquait notamment une disparition importante de la sanidine, traduite au plan géochimique par une diminution des alcalins, et la formation des argiles de type de TO (kaolinite) et d'hydroxydes, en relation avec les évolutions du fer et l'aluminium.

La question 4 devait permettre de préciser les mécanismes : c'était l'occasion d'expliquer le phénomène d'hydrolyse (que de nombreux candidats confondent avec la dissolution) et de rappeler quels étaient les comportements des différents ions libérés en milieux aqueux (diagramme de Goldschmidt). L'indication, relativement fréquente, des termes de monosiallisation et d'allitisation a été appréciée.

Le jury reste très étonné du nombre non négligeable de candidats qui ont attribué les différences de composition observées à des mécanismes tout à fait étrangers à l'altération, invoquant alors même, et de manière inquiétante quant à la fiabilité globale des connaissances, des phénomènes de cristallisation fractionnée.

La dernière question ramenait à l'étude de la carte de Montpellier sur laquelle sont observées des bauxites en gisements discontinus dans les calcaires jurassiques (gisements karstiques).

Exercice 3

L'exercice 3 indiquait clairement l'origine de deux photographies, l'une en LPNA, l'autre en LPA, et présentait le diagramme de phase isobare des plagioclases. Si la grande majorité des candidats a reconnu un plagioclase zoné, quelques uns virent un pyroxène reconnaissable à ses clivages à 90° environ. Les annotations portées sur le diagramme de phase ont été moyennement satisfaisantes, mais environ 30% des candidats ne connaissent pas la signification des courbes *liquidus* et *solidus* et n'en maîtrisent pas l'usage.

L'interprétation du zonage est restée très superficielle. Si la précipitation a parfois prévalu lors de la rédaction, la cristallisation à l'équilibre semble suffire à la majorité des candidats pour expliquer cette zonation. L'aspect cinétique : vitesse de croissance–diffusion des éléments, et donc vitesse de refroidissement, n'a que trop rarement, mais au plus grand plaisir du jury, été discutée.

Exercice 4

L'exercice 4 portait sur la reconnaissance de quatre minéraux. Les candidats devaient décrire les minéraux fournis en terme de couleur, éclat, densité relative, morphologie, présence de macles, de clivages et le cas échéant de symétrie observable. Les échantillons fournis étaient un rhomboèdre (forme de clivage) de calcite blanche, un échantillon de galène fraîchement débitée avec des fragments compris entre 0.5 et 1cm montrant très clairement les clivages à 90°, trois cristaux de staurotide : un monocristal, et deux cristaux maclés, l'un à 90° et l'autre à 60° et enfin un grenat parfaitement automorphe (dodécaèdre rhomboédrique) d'environ un centimètre de section.

De nombreux candidats semblent n'avoir jamais observé de minéraux isolés. Les descriptions, généralement partielles, utilisaient un vocabulaire approximatif ; les plans de clivage sont communément confondus avec des plans de macles. Les différentes macles de la staurotide n'ont été décrites que deux fois, la densité de la galène a échappé à plus de 60% des candidats. La connaissance des systèmes cristallins semble presque totalement éteinte : grenat rhomboédrique voire « tétralépipedique », staurotide appartenant au système losangique.

La lecture de l'énoncé semble avoir été parfois superficielle puisque quelques candidats ont décrit des roches ! Il faut donc rappeler la consigne : lisez l'énoncé.

Sur 250 candidats, 67 ont reconnu la calcite, 43 la galène. La staurotide et le grenat ont donné lieu, respectivement, à 100 et 104 bonnes réponses. Mais moins de vingt candidats ont reconnu les 4 minéraux !

Les réponses les plus étonnantes ont été données :

Pour la calcite : plagioclase, sylvite, orthose, quartz, barytine, gypse, halite marbre, mica blanc, amphibole, aragonite, gibbsite, sillimanite, quartzite, carpholite et talc ;

Pour la galène : magnétite, aluminium, chrome, mercure, marcasite, kaolinite, fer, malachite, chalcopryrite, olivine, chondrite, bauxite, dipyre, pyrite, barytine, « mica noire », pyroxène, biotite, muscovite, hématite, basalte, bauxite. Les micas ont été cités très souvent.

Pour la staurotide : feldspath potassique, bauxite, dipyre, cordiérite, kaolinite, goethite, hématite, illite, pyroxène, tourmaline, corindon, zircon, plagioclase, amphibole, « gibbsite », andalousite, grès, orthose, andalousite, gneiss, rutile.

Pour le grenat : leucite, andalousite, hornblende, apatite, rubis, pyroxène, amphibole, cordiérite, charbon, graphite, ilménite, basaltes, sphène, biotite, quartz, staurotide, hématite, disthène, goethite, galène, corindon, zircon, tourmaline, anthracite.

SOURCES ICONOGRAPHIQUES DES SUJETS DE TRAVAUX PRATIQUES

TP de spécialité du secteur B

Les sources bibliographiques sont indiquées en dernière page du document de travaux pratiques B.

TP de spécialité du secteur C

La carte géologique est extraite de la carte de Montmélian au 1/50 000 éditée par le BRGM.

TP de contre-option a

Partie 2 : Electronographie du § 2. 2 : Biologie cellulaire et physiologie cellulaire, Berkaloff A et al , Hermann 1981

Partie 3 : Photo A : Laboratoire de biologie cellulaire, Université de Rennes 1.

Photo B : Laboratoire de biopathologie nerveuse et musculaire, CHU de la Timone (Marseille).

TP de contre-option b

Les résultats du paragraphe B. 2 qui concernent les expériences conduites sur *Arabidopsis thaliana* et sur le Pois sont extraits des articles suivants et modifiés :

- Beveridge et al in Plant physiology (1997), 115, 1251-1258.
- Chatfield et al in The Plant Journal (2000), 159 -169.

TP de contre-option c

La carte géologique correspond à celle de Montpellier au 1/50 000 éditée par le BRGM.