Secrétariat Général

Direction générale des ressources humaines

Sous-direction du recrutement

MINISTÈRE
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE

Concours du second degré – Rapport de jury

Session 2011

AGREGATION

EXTERNE

SCIENCES DE LA VIE – SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

Rapport de jury présenté par DOMINIQUE ROJAT
Président de jury

Les rapports des jurys des concours sont établis sous la responsabilité des présidents de jury

1. PRÉSENTATION DU CONCOURS

1.1 LE JURY

M. Dominique ROJAT	Inspecteur général de l'Éducation nationale / Président
M. François GAUER	Professeur des universités 1ère classe / Académie de Strasbourg / Vice-président
Mme Bénédicte RULIER	Professeur de chaire supérieure / Académie de Paris / Vice-présidente
M. Karim BENZERARA	Chargé de recherche au CNRS / Académie de Paris
M. Pierre CHAREYRON	Professeur agrégé / IUT de Saint-Etienne / Académie de Lyon
M. Jacky DE MONTIGNY	Professeur des universités 1ère classe / Académie de Strasbourg
M. Patrick DUTRUGE	Professeur agrégé / Lycée du Parc / Académie de Lyon
Mme. Magali GALLEZOT	Professeure agrégée / IUFM de Versailles / Académie de Versailles
M. Pierre-Jean GODARD	Professeur agrégé / Académie d'Aix-Marseille
M. Philippe HUGUENEY	Directeur de recherche / INRA / Académie de Strasbourg
M. Laurent JOLIVET	Professeur des universités de classe exceptionnelle / Académie d'Orléans-Tours
M Marc JUBAULT-BREGLER	Professeur agrégé / Lycée Louis Barthou Pau / Académie de Bordeaux
M. Yvan KRAEPIEL	Maître de conférence / Académie de Paris
Mme Morgane LE BON - JEGO	Maître de conférence / Académie de Bordeaux
M. Nicolas MATHEVON	Professeur des universités / Académie de Lyon
M. Jean-François MAUFFREY	Maître de conférences / Académie d'Aix – Marseille
Mme Cécile MEUNIER	Professeure agrégée / Université de Montpellier / Académie de Montpellier
M Guy MONNIAUX	Professeur de chaire supérieure / Académie d'Orléans-Tours
Mme Cécile NOIRET	Professeure agrégée / Lycée Georges Clémenceau Reims / Académie de Reims

M Hugues OUDART	Maître de conférence / Université de Strasbourg
Mme Gaëlle PROUTEAU	Maître de conférence / Académie de Paris
Mme Annie RAY	Maître de conférences / Académie de Grenoble
Mme Isabelle ROUGET	Maître de conférence / Académie de Paris
Mme Fanny RYBAK	Maître de conférence / Académie de Paris
Mme Béatrice SALVIAT	Professeure agrégée / Lycée Louis le Grand et Académie des Sciences / Académie de Paris
M Jean-Luc SCNHEIDER	Professeur des universités / Université de Bordeaux / Académie de Bordeaux
M. Hervé TOSTIVINT	Maître de conférences / Académie de Paris
Mme Nathalie TOURON	Professeur de chaire supérieure / Académie de Rennes
M Benoît URGELLI	Professeur agrégé / Collège Dargent de Lyon et ENS de Lyon / Académie de Lyon
Mme Emmanuelle VENNIN	Professeure des universités / Université de Dijon / Académie de Dijon

1.2 ORGANISATION ET MODALITÉS DU CONCOURS

Le concours comporte des épreuves écrites d'admissibilité constituées de trois compositions et des épreuves d'admission constituées de deux épreuves de travaux pratiques et de deux épreuves orales.

Lors de l'inscription, le candidat formule un choix irréversible se rapportant au champ disciplinaire principal sur lequel porteront les épreuves. Trois secteurs (A, B ou C) sont ouverts au choix des candidats (voir le détail des programmes en 3-1, 3-2 et 3-3).

Les modalités d'organisation du concours découlent de l'**arrêté du 15 juillet 1999 modifiant l'arrêté du 12 septembre 1988 modifié fixant les modalités des concours de l'agrégation NOR : MENP9901240A,** publié au J.O. N° 175 du 31 juillet 1999 page 11467 .

Le champ disciplinaire de l'agrégation externe de Sciences de la Vie - Sciences de la Terre et de l'univers couvre trois secteurs :

- secteur A : biologie et physiologie cellulaires, biologie moléculaire ; leur intégration au niveau des organismes ;

- secteur B : biologie et physiologie des organismes et biologie des populations, en rapport avec le milieu de vie ;

- secteur C : sciences de la Terre et de l'univers, interactions entre la biosphère et la planète Terre.

À chaque secteur A, B ou C correspond un programme de connaissances générales portant sur des connaissances d'un niveau allant jusqu'à la licence universitaire et un programme de spécialité portant sur des connaissances du niveau de la maîtrise universitaire.

Un programme annexe aux programmes de connaissances générales porte sur des questions scientifiques d'actualité sur lesquelles peuvent être interrogés les candidats lors de la quatrième épreuve d'admission.

1.2.1 Épreuves écrites d'admissibilité.

Les trois épreuves écrites d'admissibilité portent chacune sur un secteur différent.

Elles peuvent comporter ou non une analyse de documents :

1° Épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur A (durée : cinq heures ; coefficient 2).

2° Épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur B (durée : cinq heures ; coefficient 2).

3° Épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur C (durée : cinq heures ; coefficient 2).

1.2.2 Épreuves d'admission.

1° Épreuve de travaux pratiques portant, au choix du candidat lors de l'inscription, sur le programme de l'un des secteurs A, B ou C (durée : six heures maximum ; coefficient 3).

2° Épreuve de travaux pratiques portant sur les programmes de connaissances générales correspondant aux secteurs n'ayant pas fait l'objet de la première épreuve d'admission (durée : quatre heures maximum ; coefficient 2).

3° Épreuve orale portant sur le programme du secteur choisi par le candidat, lors de l'inscription, pour la première épreuve d'admission.

Le sujet est tiré au sort par le candidat (durée de la préparation : quatre heures ; durée de l'épreuve : une heure et vingt minutes maximum [présentation orale et pratique : cinquante minutes maximum ; entretien avec le jury : trente minutes maximum ; coefficient 5).

4° Épreuve orale portant sur les programmes des connaissances générales ou sur le programme annexe de questions scientifiques d'actualité.

Le sujet est tiré au sort par le candidat. Il porte :

- sur le programme des connaissances générales et sur le programme annexe de questions scientifiques d'actualité se rapportant au secteur C pour les candidats ayant choisi, lors de l'inscription, le secteur A ou le secteur B pour la première épreuve d'admission ;
- sur les programmes des connaissances générales et sur le programme annexe de questions scientifiques d'actualité se rapportant aux secteurs A et B pour les candidats ayant choisi, lors de l'inscription, le secteur C pour la première épreuve d'admission.

La présentation orale et pratique est suivie d'un entretien avec le jury ; l'entretien peut comporter des questions portant sur les connaissances générales et les questions scientifiques d'actualité de l'ensemble des secteurs (durée de la préparation : quatre heures ; durée de l'épreuve : une heure et dix minutes maximum [présentation orale et pratique : quarante minutes maximum ; entretien : trente minutes maximum ; noté sur 15 points).

En même temps que son sujet, le candidat reçoit une question complémentaire accompagnée d'un document. Cet ensemble sert de support à l'interrogation sur la compétence « Agir en fonctionnaire de l'état et de façon éthique et responsable ». Cette partie de l'épreuve dure 20 minutes et est notée sur 5 points.

L'ensemble de l'épreuve orale portant sur les connaissances générales et sur le programme annexe de questions scientifiques d'actualité est affecté d'un coefficient 4.

Ces modalités sont résumées dans le tableau 1

	Durée	Coefficients	Nombre de points
1. Épreuves écrites d'admissibilité			
1.1. Épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur A	5h	2	40
1.2 . Épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur B	5h	2	40
1.3 . Épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur C	5h	2	40
Total des épreuves écrites			**120**
2. Épreuves d'admission			
2.1 Épreuves de travaux pratiques			
2.1.1 Épreuve d'option (secteur A, B ou C suivant le choix du candidat)	6h	3	60
2.1.2 Épreuve de contre-option (portant sur le programme général des deux autres secteurs)	4h	2	40
Total des épreuves pratiques			**100**
2.2 Épreuve orales			
2.2.1 Épreuve d'option (secteur A, B ou C suivant le choix du candidat)	4h + 50 min.+ 30 min.	5	100
2.2.2 Épreuve de contre-option (portant sur le programme général des deux autres secteurs) et/ou sur le programme annexe de questions scientifiques d'actualité	4h + 40 min.+ 30 min	4	60
	+ 10mn + 10mn		20
Total des épreuves orales			**180**
Total général		**20**	**400**

Tableau 1. Les modalités du concours

1.3 LE DÉROULEMENT DU CONCOURS 2011

1.3.1 Le calendrier.

Admissibilité : épreuves écrites

- mardi 29 mars 2011 : épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur A
- mercredi 30 mars 2011 : épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur B
- jeudi 31 mars 2011 : épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur C

Les résultats de l'admissibilité ont été publiés le vendredi 26 mai 2011.

Admission : épreuves pratiques

- Vendredi 10 juin 2011 : réception des candidats et tirage au sort des sujets d'oral.

- samedi 11 juin 2011 : travaux pratiques portant sur le programme de spécialité (secteur A, ou B, ou C)

- dimanche 12 juin 20011: travaux pratiques portant sur le programme général des deux autres secteurs.

Admission : épreuves orales

- du samedi 18 juin au dimanche 3 juillet 2011.

Les résultats de l'admission ont été publiés le lundi 4 juillet 2011.

1.3.2 Le déroulement pratique des épreuves d'admission du concours

Les questions administratives à toutes les étapes du concours ont été réglées avec l'aide très efficace des personnes des services de la DPE (Mr Philippe Santana, Mme Virginie Trois Poux et Mme Claudine Raquin). Les problèmes financiers et matériels du concours ont été résolus grâce au soutien du Service Inter-Académique des Examens et Concours (Mme Engelbrecht, Mr Moreau, Mme Sicart).

Les épreuves pratiques se sont déroulées au Département de Biologie de l'Université Pierre et Marie Curie (UPMC, bâtiment Atrium, 4 place Jussieu 75005 Paris) pour les candidats des secteurs A et B, et au laboratoire de SVT du Lycée Saint-Louis (44 boulevard Saint-Michel, 75006 Paris) pour ceux du secteur C. D'excellentes conditions matérielles ont été offertes dans les locaux du bâtiment Atrium grâce à l'obligeance de Monsieur Porcheron (directeur de la formation), de Monsieur Grard (Intendant), de Monsieur Six et Madame Gazeau (maîtres de conférences en biologie), de Monsieur Rulle, et de Madame Derache (sécurité/accès), de Monsieur Bonhoure (réservation des salles). Il en fut de même au lycée Saint-Louis grâce au soutien de Madame Cahn-Rabaté (proviseure de l'établissement), de Monsieur Reynaud (CASU), de Madame Peyroche (adjoint d'intendance) et de Madame Mascetti-Daran (attachée d'administration). Il est important de souligner que les candidats ont pu disposer pendant les épreuves pratiques du concours de calculatrices électroniques fournies gracieusement par la Société Texas Instrument grâce à l'obligeance de Monsieur El-Gersifi (responsable du service Grand-Est). Les microscopes polarisants ont été aimablement prêtés par le lycée Newton de Clichy (proviseur : Monsieur Durand, responsable de laboratoire : Mme Metteil).

Les épreuves orales se sont déroulées au Lycée Saint Louis (44 boulevard Saint Michel, 75006 Paris) grâce à l'accueil de Madame Cahn-Rabaté, proviseure de l'établissement et au précieux concours de Monsieur Garel, proviseur adjoint, de Monsieur Reynaud, CASU, de Madame Peyroche (adjoint d'Intendance) de Madame Mascetti-Daran (attachée d'administration) et de Monsieur Bénard, agent chef. Le bon fonctionnement des épreuves orales a été permis grâce à l'aide de personnels

techniques de loge et d'entretien : Mme Liotti Lucienne, M. Lefebre André, M. Bénard. Par ailleurs, un nombre très important d'ouvrages a été généreusement offert par quelques maisons d'édition et sociétés : les éditions Dunod (M Gouraud). Le lycée Louis Le Grand (responsable de laboratoire : Mme Claire Petot), et le lycée Arago (proviseur : Mme Ruben) ont prêté une partie du matériel audiovisuel pour l'équipement des salles utilisées par les candidats pendant leurs épreuves orales. Les équipements EXAO ont été fournis par les établissements Jeulin (M. Kheloui)et Sordalab (M Maurel).

Pour le bon fonctionnement des épreuves d'admission, le bureau du concours a pu s'appuyer sur une équipe technique de grande qualité, qui comportait :

- pour les travaux pratiques, cinq personnels du Département d'enseignement de Biologie de l'Université Pierre et Marie Curie (75005 Paris) :

  BARBERA Corinne : Adjoint Technique de Laboratoire (AJTL)

  BATARD Séverine : responsable de l'atelier de biotechnologie

  BROT Loïc : technicien de laboratoire

  HORTAULT Gil **:** Adjoint Technique de Laboratoire (ADJT)

  REKAB Tahar : Agent Technique de Laboratoire (AGTL)
- deux professeurs ont rejoint l'équipe technique pour assurer le bon déroulement des épreuves pratiques

  DEMONT Jean-Marc, professeur de chaire supérieure au lycée Saint Louis

  NIBOYET Audrey, maître de conférence Agro Paristech
- pour les travaux pratiques et les épreuves orales, 17 personnels de laboratoires travaillant dans le secteur des Sciences de la vie et de la Terre de différents lycées, placés sous la responsabilité de Mesdames VERNAY Nicole et DAHMANE Djamila :

  BEAUDOUIN Nadège : aide technique de laboratoire (lycée Jean-Paul Vernant - Sèvres)

  BOYER Rémy : assistant ingénieur (université Paris 8 - Saint Denis)

  CADOS Chantal : aide technique de laboratoire (lycée Janson de Sailly - Paris)

  CAREL Monique : technicienne de laboratoire (lycée Louis le Grand - Paris)

  CHAREYRE Sophie : technicienne de laboratoire (ENCPB - Paris)

  DAVION Jérôme : technicien de laboratoire (lycée Janson de Sailly - Paris)

  DHAMANE Djamila, technicienne de laboratoire (Lycée Saint Louis)

  DRANE : Michèle, aide technique de laboratoire (lycée Jean Rostand – Villepinte)

  DUFOUR Marie-Odile : technicienne de laboratoire de classe supérieure (lycée Hoche - Versailles)

  EDOUARD Maria : aide de laboratoire (lycée Arago - Paris)

  ITOUDJ Dalila, adjoint technique de laboratoire (Lycée Arago – Paris)

  JOVIC Margarita : aide technique principal de laboratoire (lycée d'Arsonval - Saint Maur des Fossés)

  MERCIER Richard, technicien de laboratoire, Lycée de Vincennes

  PALEZIS Corine : aide technique de laboratoire (lycée Lamartine - Paris)

  SOUEIX Yves **:** technicien de laboratoire (lycée Claude Bernard - PARIS).

TREBEAU Armande : aide technique de laboratoire (lycée Saint Louis - Paris)

VERNAY Nicole : Technicienne de Laboratoire de classe exceptionnelle (lycée Chaptal - Paris)

Pour cette session 2011, deux agrégés préparateurs ont apporté leur concours :

BOSIO Mélinée, professeure agrégée (lycée Pierre Giles de Gennes, Paris)

MEMETEAU Céline, professeure agrégée (lycée Georges Clémenceau – Villemomble)

Ce groupe a fait preuve de compétence, d'efficacité, d'une grande conscience professionnelle et d'un dynamisme de tous les instants, permettant ainsi un déroulement des épreuves des travaux pratiques du concours dans des conditions optimales malgré des contraintes matérielles qui imposaient un travail sur deux sites (lycée Saint-Louis, UPMC Atrium), en particulier le samedi 11 juin 2011 pour deux séances d'épreuves pratiques consécutives, d'une durée de six heures chacune. De plus, la même équipe a assuré dans un délai court la préparation des salles, des collections, de la bibliothèque et du matériel informatique nécessaires à l'oral sur le site du Lycée Saint-Louis.

Les épreuves pratiques et orales du concours ont été approvisionnées en matériel végétal grâce au service des cultures du Muséum National d'Histoire Naturelle (Madame BERAUD, directrice du département et Monsieur JOLY) et à la participation active de :

BALLOT Laurent : technicien jardinier (Muséum National d'Histoire Naturelle - Paris)

Le secrétariat du concours a été assuré par Mademoiselle Clothilde ROJAT (étudiante).

L'investissement personnel et le dévouement de l'ensemble de cette équipe se sont particulièrement manifestés vis à vis des candidats par un accueil et un suivi chaleureux et bienveillants pendant la préparation des leçons tout en gardant la réserve indispensable à l'équité du concours. Cette approche, associée à une coopération permanente avec les membres du jury des différentes commissions, a permis le bon déroulement de la session dans un esprit permettant aux candidats de faire valoir leurs qualités dans les meilleures conditions.

2-QUELQUES ÉLÉMENTS DE STATISTIQUES

2.1 DE LA CANDIDATURE À L'ADMISSION

	secteur A		secteur B		secteur C		TOTAL
	nombre	*%*	*nombre*	*%*	*nombre*	*%*	*nombre*
candidats inscrits	465	34,34%	616	45,49%	273	20,16%	1354
candidats présents	167	28,16%	303	51,09%	123	20,74%	593
candidats admissibles	38	26.2%	76	52,4%	31	21,3%	145
candidats admis	**19**	28,8%	**31**	48,5%	**15**	22,7%	**65 + 1**

Les candidats par secteurs

La totalité des postes mis au concours (65) a été pourvue. A cette liste de candidats français s'ajoute un admis à titre étranger.

L'équilibre ente les différentes spécialités de candidats reste globalement respecté de façon parfaitement naturelle. Tout au plus observe-t-on une légère érosion des B et une augmentation des A entre l'admissibilité et l'admission.

Tout au long du concours l'égalité de traitement des candidats selon les secteurs a été assurée par des harmonisations adaptées aux différentes épreuves, reposant sur la qualité des prestations et non pas sur la recherche d'une répartition proportionnelle au nombre de candidats en lice. Les modalités d'harmonisation influencent naturellement la répartition des notes finales. Le jury a fait cette année le choix d'une harmonisation conduisant à étaler les notes sur toute la gamme possible pour les écrits. Cela se traduit par des notes élevées pour les meilleurs candidats ainsi que par des moyennes et barres augmentées, sans qu'il soit possible d'en tirer des informations comparant le niveau des candidats qui demeure globalement inchangé. En revanche, l'étalement des notes de TP et de l'oral résulte de l'utilisation naturelle du barème.

C'est ainsi que cette année, la barre d'admissibilité est de 61,5/120 (soit 10.25 sur 20). L'augmentation de la barre par rapport à l'année précédente résulte du simple effet de la diminution du nombre d'admissibles. La moyenne des candidats se situe à 7,69/20 et celle des admissibles à 12.38. Le meilleur candidat a obtenu 111,80 points (soit 18.63 sur 20), ce qui montre l'existence de candidats équilibrés dans l'excellence !

Après les épreuves pratiques et orales, auxquelles se présentent des candidats déjà sélectionnés, les résultats peuvent être résumés en quelques chiffres : barre d'admission 202,66/400 (soit 10.13/20) ; total du premier reçu : 314,77/400 soit tout de même la moyenne assez honorable de 15,74/20 prouvant là encore une remarquable régularité, depuis les écrits jusqu'aux oraux.

Notons que, comme chaque année, l'effet reclassant des épreuves pratiques orales est essentiel. Cela s'explique par le jeu des coefficients et se justifie par la fonction relative des deux phases du concours : l'écrit élimine essentiellement les candidats dont les connaissances sont jugées insuffisantes alors que l'oral choisit ceux qui manifestent à l'oral de la façon la plus évidente des qualités de futur professeur.

La répartition des sexes parmi les candidats est nettement en faveur des femmes. Le déséquilibre persiste le long du concours :

Sexe	Inscrits	Présents à l'écrit	Admissibles	Admis
Femmes	931	417	107	48
hommes	423	193	38	18

Les candidats par sexe

Bien que les inscrits, et même les candidats se répartissent sur une large gamme d'âge, force est de constater que l'agrégation externe reste un concours réussi par les étudiants assez jeunes comme le montre le tableau ci-dessous.

année	inscrits	présents	admissibles	admis
1948	1	0	0	0
1953	1	1	0	0
1956	1	0	0	0
1957	3	0	0	0
1958	5	1	0	0
1959	1	0	0	0
1960	4	1	0	0
1961	7	1	0	0
1962	2	0	0	0
1963	3	2	0	0
1964	5	1	0	0
1965	4	1	0	0
1966	5	1	0	0
1967	5	0	0	0
1968	8	0	0	0
1969	9	1	0	0
1970	10	3	0	0
1971	11	2	0	0
1972	16	7	3	1
1973	28	8	1	0
1974	11	3	0	0
1975	32	6	1	0
1976	22	7	2	0
1977	32	7	0	0
1978	43	14	2	1
1979	54	11	0	0
1980	56	14	2	0
1981	62	19	1	1
1982	73	19	2	0
1983	98	38	5	1
1984	113	55	16	4
1985	138	84	18	8
1986	223	124	31	17
1987	198	129	46	26
1988	64	45	14	5
1989	6	5	1	1

Les candidats en fonction de l'année de naissance

Profession	Nb. inscrits	Nb. présents	Nb. admissibles
ELEVE.IUFM.DE 1ERE ANNEE	211	119	23
ELEVE D'UNE ENS	8	7	4
ETUDIANT HORS IUFM	403	249	72
PROFESSIONS LIBERALES	4	1	0
CADRES SECT PRIVE CONV COLLECT	18	1	0
SALARIES SECTEUR TERTIAIRE	5	1	0
SALARIES SECTEUR INDUSTRIEL	2	1	0
SANS EMPLOI	62	20	2
FORMATEURS DANS SECTEUR PRIVE	2	0	0
PERS ADM ET TECH MEN	1	1	0
ENSEIGNANT DU SUPERIEUR	6	0	0
AG NON TITULAIRE FONCT PUBLIQ	9	0	0
FONCT STAGIAIRE FONCT PUBLIQUE	2	1	0
PERS ENSEIG TIT FONCT PUBLIQUE	21	7	2
PERS ENSEIG NON TIT FONCT PUB	4	0	0
ENSEIG NON TIT ETAB SCOL.ETR	3	2	0
PERS FONCTION PUBLIQUE	4	1	0
PERS FONCT TERRITORIALE	1	0	0
AG NON TIT FONCT HOSPITAL	1	0	0
MAIT.OU DOCUMENT.AGREE REM TIT	3	1	0
MAIT.OU DOCUMENT.AGREE REM MA	1	0	0
MAITRE OU DOCUMENT. DELEGUE	1	1	0
CERTIFIE	389	139	33
STAGIAIRE IUFM CPE	1	1	0
ADJOINT D'ENSEIGNEMENT	1	1	0
STAGIAIRE IUFM 2E DEGRE COL/LY	28	10	2
STAGIAIRE SITUATION 2E DEGRE	9	5	2
PLP	13	0	0
PROFESSEUR ECOLES	6	2	0
VACATAIRE DU 2ND DEGRE	24	9	1
VACATAIRE FORMATION CONTINUE	1	1	0
VACATAIRE ENSEIGNANT DU SUP.	2	1	1
MAITRE AUXILIAIRE	18	5	0
CONTRACTUEL 2ND DEGRE	52	10	2
CONTRACTUEL APPRENTISSAGE(CFA)	1	0	0
MAITRE D'INTERNAT	2	1	0
ASSISTANT D'EDUCATION	30	11	1
CONTRACT ENSEIGNANT SUPERIEUR	5	1	0

Répartition des candidats par professions (inscrits, présents et admissibles)

Si les candidats inscrits appartiennent à des catégories professionnelles variées, cette variété est bien moindre parmi les admis. L'examen attentif du tableau montre que la répartition des professions est très différente de celle des années précédentes parmi les inscrits. On remarque la baisse considérable des normaliens (8 au lieu de 28). Le nombre d'élèves d'IUFM de première année passe de 529 à 211 (ce qui s'explique par la nécessité de posséder un master validé). La catégorie des professeurs stagiaires a pratiquement disparu (28 au lieu de 119), ce qui traduit certainement la difficulté de préparer l'agrégation tout en assurant un service complet.
Plus étrange est l'inhabituel manque de succès des candidats normaliens. Sur les 8 inscrits, 7 seulement se sont présentés, 4 ont été admissibles et 3 admis.
Ce sont les étudiants qui constituent la majorité des recrutés. On trouve là la démonstration de l'efficacité des préparations spécifiques à l'agrégation. Dans les autres catégories, les réussites sont très difficiles, ce qui ne donne que plus de mérite à ceux qui deviennent ainsi agrégés. Ces remarques, qui pouvaient déjà être formulées les années précédentes deviennent encore plus vraies étant donnée la réduction du nombre de postes mis au concours.

Les nouvelles conditions d'entrée dans le métier rendent en tout cas presque impossible la réussite à l'agrégation pour un stagiaire. En revanche, les professeurs certifiés réussissent plutôt mieux. Cela peut résulter soit de l'absence de concurrence des normaliens absents, soit de l'avantage apporté par une certaine expérience professionnelle pour la partie d'interrogation nouvelle de l'épreuve de contre –option.

Profession	Admissibles	Admis
ELEVE.IUFM.DE 1ERE ANNEE	23	9
ELEVE D'UNE ENS	4	3
ETUDIANT HORS IUFM	72	41
SANS EMPLOI	2	1
PERS ENSEIG TIT FONCT PUBLIQUE	2	0
PERS ENSEIG NON TIT FONCT PUB	1	0
CERTIFIE	33	7
STAGIAIRE IUFM 2E DEGRE COL/LY	2	1
STAGIAIRE SITUATION 2E DEGRE	2	0
VACATAIRE sup	1	0
VACATAIRE DU 2ND DEGRE	1	0
CONTRACTUEL 2ND DEGRE	2	2
ASSISTANT D'EDUCATION	1	1

Répartition par profession des candidats admissibles et admis

Les candidatures se répartissent dans de très nombreuses académies. Cependant, il est frappant de constater le contraste entre ce nombre et celui, beaucoup plus modeste, des académies qui présentent des candidats admis. Sur les 30 secteurs géographiques qui présentent des candidats, seules 13 ont des admis. Et encore, le nombre des admis est le plus souvent très faible. Lyon et PCV, avec 11 et 20 admis, sont en tête. La chute du nombre de normaliens candidats explique la baisse des résultats de Lyon.

À y regarder de près, on remarque que les différences académiques sont marquées dès l'admissibilité. Le mouvement de concentration des centres de préparation à l'agrégation de SV-STU, amorcé depuis plusieurs années, se poursuit. La haute technicité du concours, et notamment la lourdeur de la préparation des TP explique sans doute ce phénomène.

Académie	Inscrits	Présents	Admissibles	Admis
D' AIX-MARSEILLE	60	30	6	4
DE BESANCON	12	3	0	0
DE BORDEAUX	75	45	10	4
DE CAEN	22	8	2	0
DE CLERMONT-FERRAND	21	9	4	3
DE DIJON	20	11	2	0
DE GRENOBLE	53	22	6	4
DE LILLE	80	46	3	1
DE LYON	92	51	21	11
DE MONTPELLIER	60	27	11	6
DE NANCY-METZ	57	25	4	1
DE POITIERS	17	8	1	0
DE RENNES	53	33	6	0
DE STRASBOURG	70	47	11	6
DE TOULOUSE	62	19	1	1
DE NANTES	47	13	3	0
D' ORLEANS-TOURS	36	9	2	1
DE REIMS	20	12	3	1
D' AMIENS	29	13	2	0
DE ROUEN	40	17	3	2
DE LIMOGES	9	3	0	0
DE NICE	47	11	4	0
DE CORSE	6	2	1	0
DE LA REUNION	22	3	1	0
DE LA MARTINIQUE	10	3	1	0
DE LA GUADELOUPE	21	6	1	0
DE LA GUYANE	6	1	0	0
DE LA NOUVELLE CALEDONIE	4	2	0	0
DE LA POLYNESIE FRANCAISE	4	0	0	0
PARIS - VERSAILLES - CRETEIL	299	131	36	20

Répartition des candidats – inscrits, présents, admissibles et admis – par académie

2.2 L'ÉVOLUTION DU CONCOURS SUR LE LONG TERME

année	nombre de postes mis au concours	nombre d'inscrits	nombre de présents	nombre d'admissibles	nombre d'admis	liste complémentaire
1993	154	1439	819	233	148	
1994	154	1581	950	241	154	
1995	154	1770	1034	242	142	
1996	154	2041	1252	245	154	
1997	130	2273	1473	245	130	
1998	150	2416	1413	240	150	
1999	155	2477	1491	257	155	
2000	160	2678	1749	278	160	
2001	165	2924	1828	276	165	
2002	177	2521	1537	346	177	6
2003	198	2440	1553	378	198	
2004	160	2793	1733	334	160	
2005	160	2921	1827	334	160	
2006	105	3075	1707	257	105	
2007	105	2704	1489	259	105	
2008	87	2300	1420	217	87	
2009	87	1858	1056	196	87	
2010	80	1766	928	180	80	
2011	65	1354	592	145	65 (+1)	

Évolution des chiffres clés du concours depuis 1993

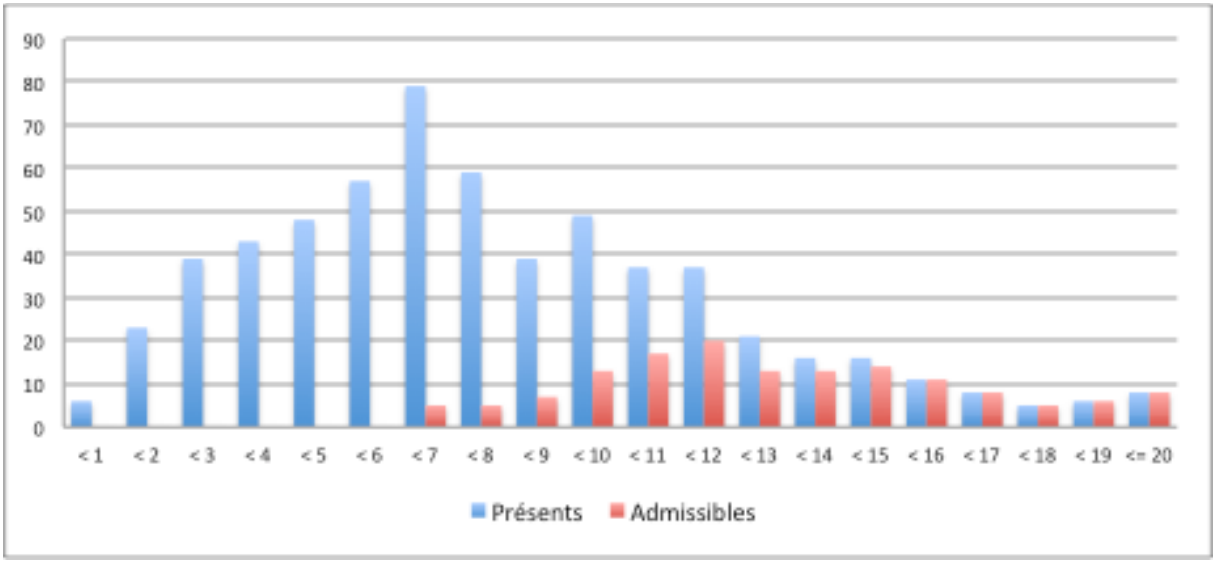
Le concours de cette session est marqué par une forte érosion des inscrits (1354 au lieu de 1766, soit une baisse de 23,32%). De plus le pourcentage des inscrits qui se présentent aux trois épreuves écrites, qui était en 2010 de 52,55% n'est plus cette année que de 43,72%. Il résulte de ces deux effets que le nombre de candidats présents aux écrits passe de 928 à 592 soit une baisse de 36,21%. La prochaine session dira s'il s'agit d'un simple effet conjoncturel ou si le décrochage se confirme, voire s'amplifie. Lors de cette session, 24,49 des candidats présents à l'écrit ont été déclaré admissible. D'une manière plus qualitative, ces modifications ne sont corrélées à aucune baisse de niveau notable. Tout au plus, l'impression globale du jury est-elle une certaine diminution du nombre de candidats très brillants. La qualité des agrégés recrutés reste cependant excellente.

2.3 QUELQUES DONNÉES STATISTIQUES CONCERNANT L'ÉCRIT

2.3.1 Épreuve écrite de secteur A

Moyenne des présents	Moyenne des admissibles	Ecart type des présents	Ecart type des admissibles
7,84	12,85	4,1	3,35

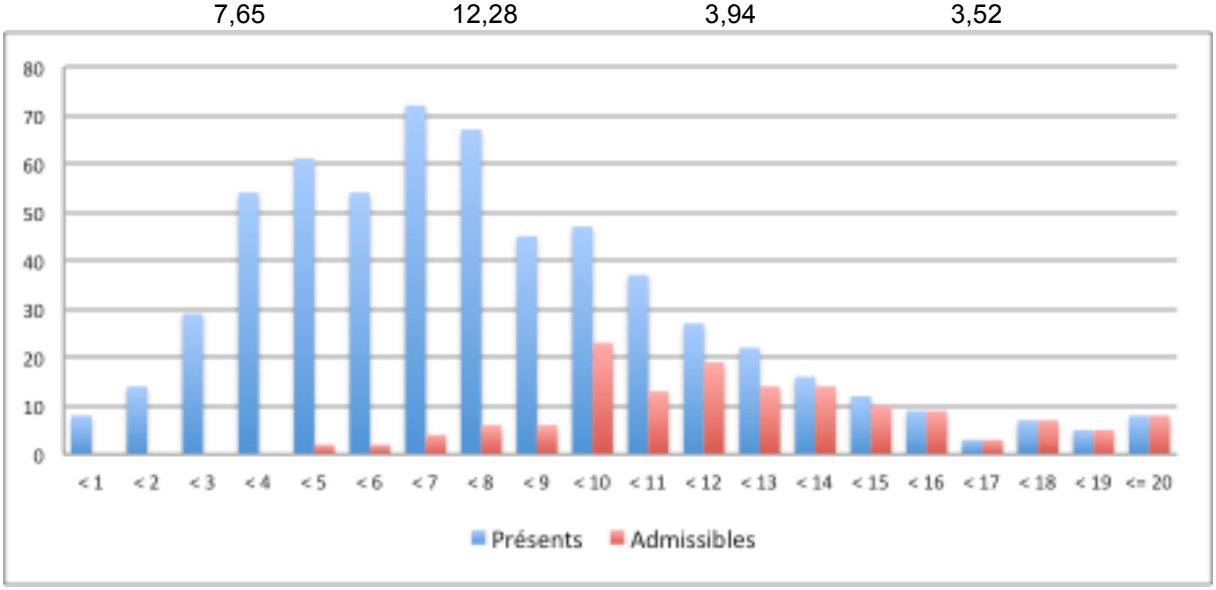
Il va de soi que ces valeurs décrivent plus les modalités adoptées pour l'harmonisation (calage des médianes et des écarts types tout en exploitant toute la gamme des notes disponibles) qu'un résultat à commenter.



Histogramme des notes de l'épreuve écrite de secteur A

2.3.2 Épreuve écrite de secteur B

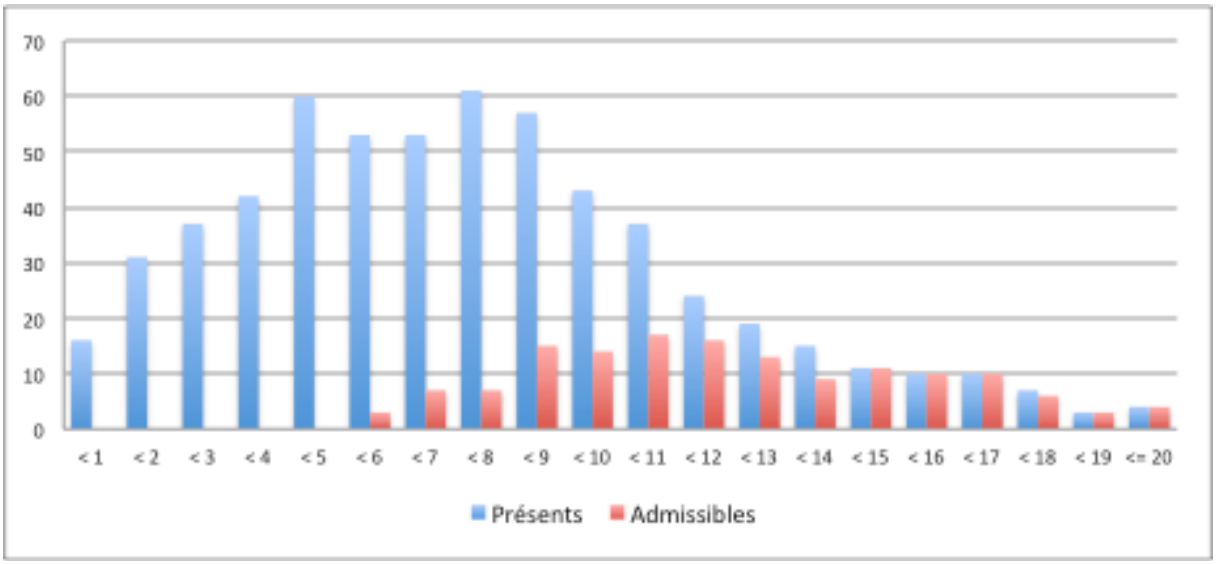
Moyenne des présents	Moyenne des admissibles	Ecart type des présents	Ecart type des admissibles
7,65	12,28	3,94	3,52



Histogramme des notes de l'épreuve écrite de secteur B

2.3.3 Épreuve écrite de secteur C

Moyenne des présents	Moyenne des admissibles	Ecart type des présents	Ecart type des admissibles
7,38	12,00	4,19	3,83

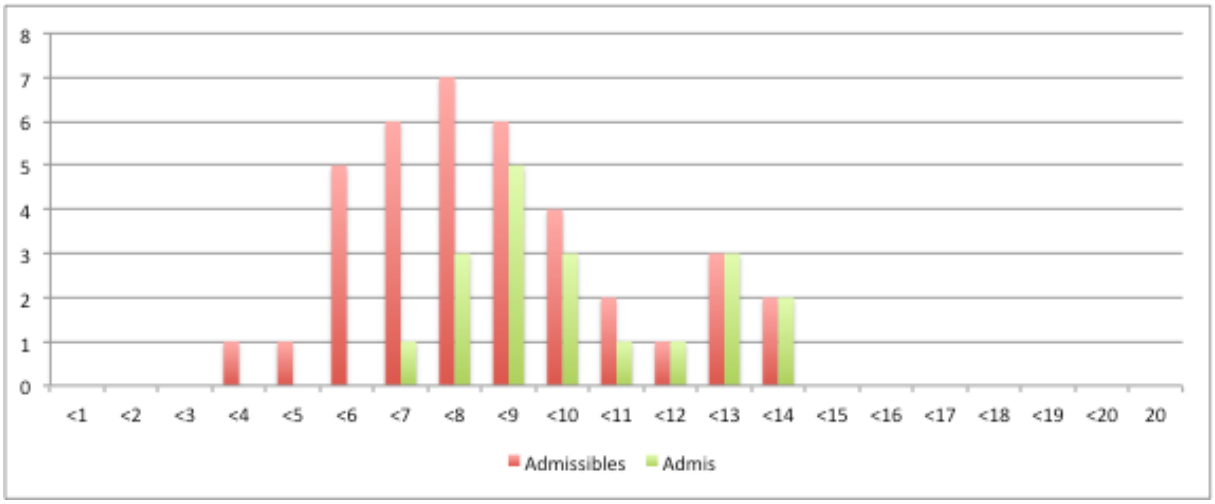


Histogramme des notes de l'épreuve écrite de secteur C

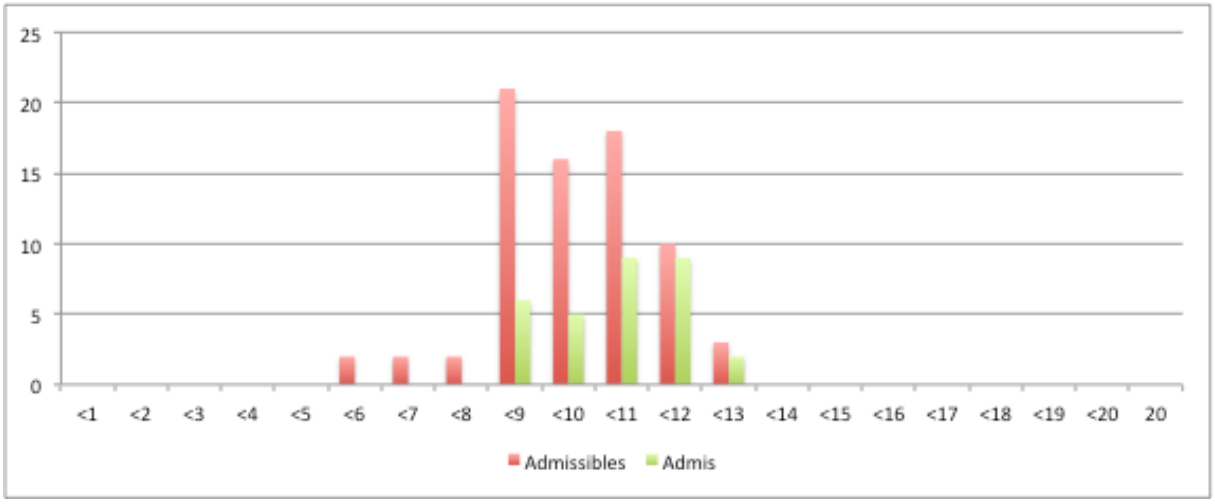
2.4 QUELQUES DONNÉES STATISTIQUES CONCERNANT LES ÉPREUVES PRATIQUES

2.4.1 Épreuves pratiques de spécialité

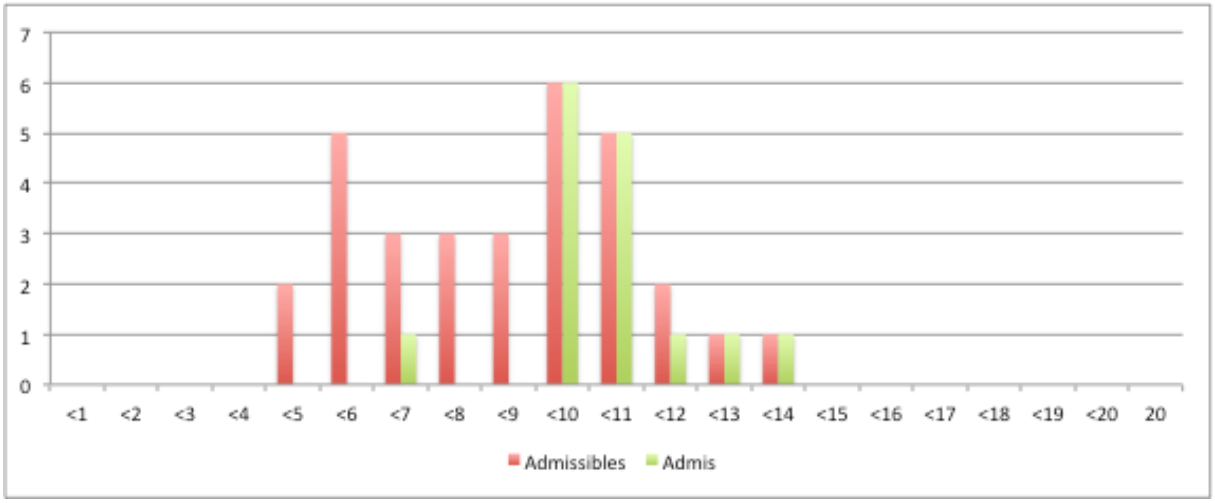
2.4.1.1 Épreuve pratique de spécialité du secteur A



2.4.1.2 Épreuve pratique de spécialité du secteur B

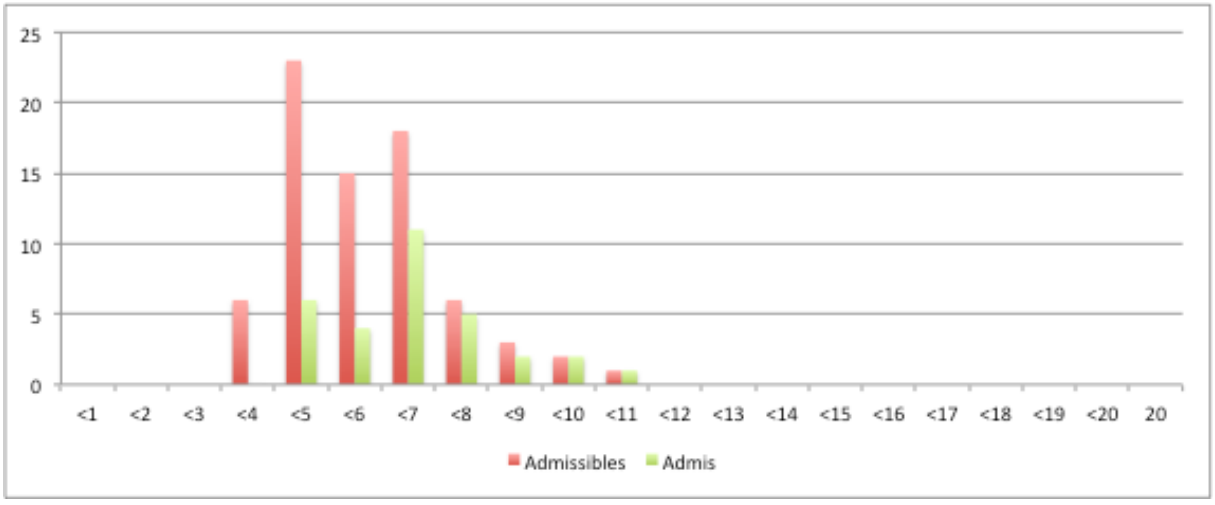


2.4.1.3 Épreuve pratique de spécialité de secteur C

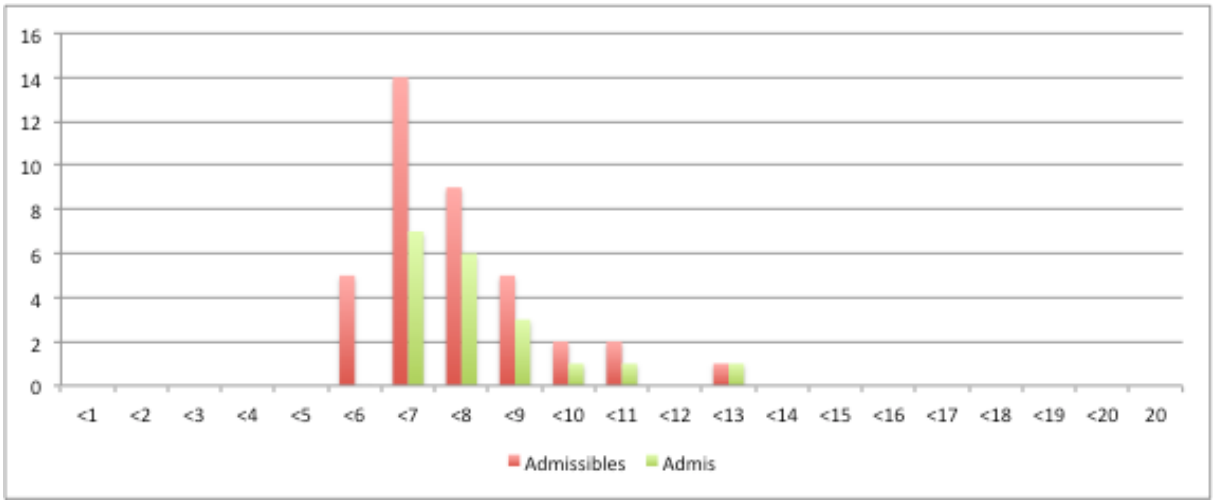


2.4.2 Épreuves pratiques de contre-option

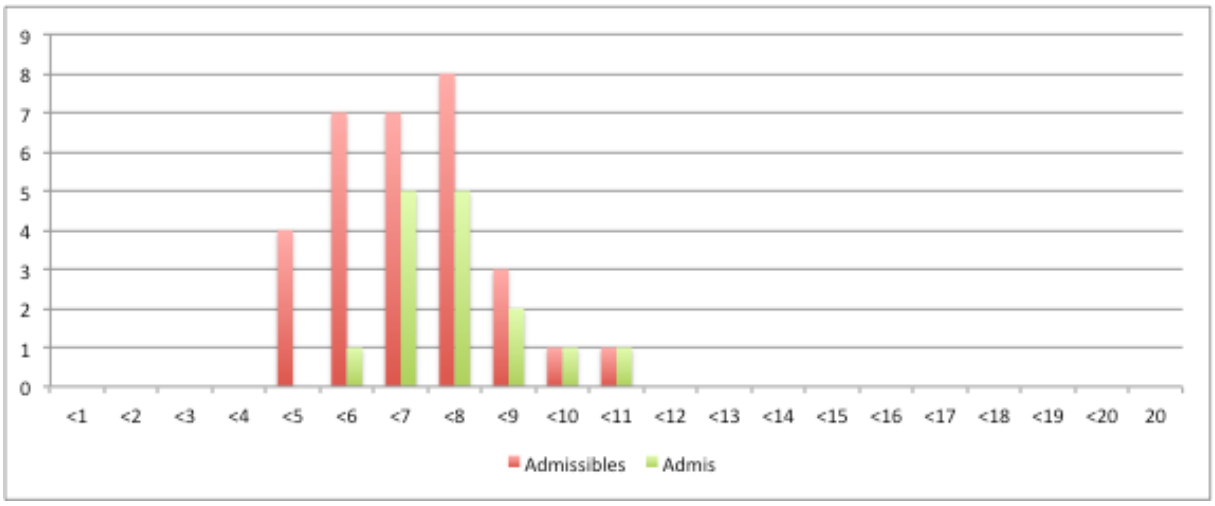
2.4.2.1 Épreuve pratique de contre-option sur les secteurs A et C pour les candidats de spécialité B



2.4.2.2 Épreuve pratique de contre-option sur les secteurs B et C pour les candidats de spécialité A



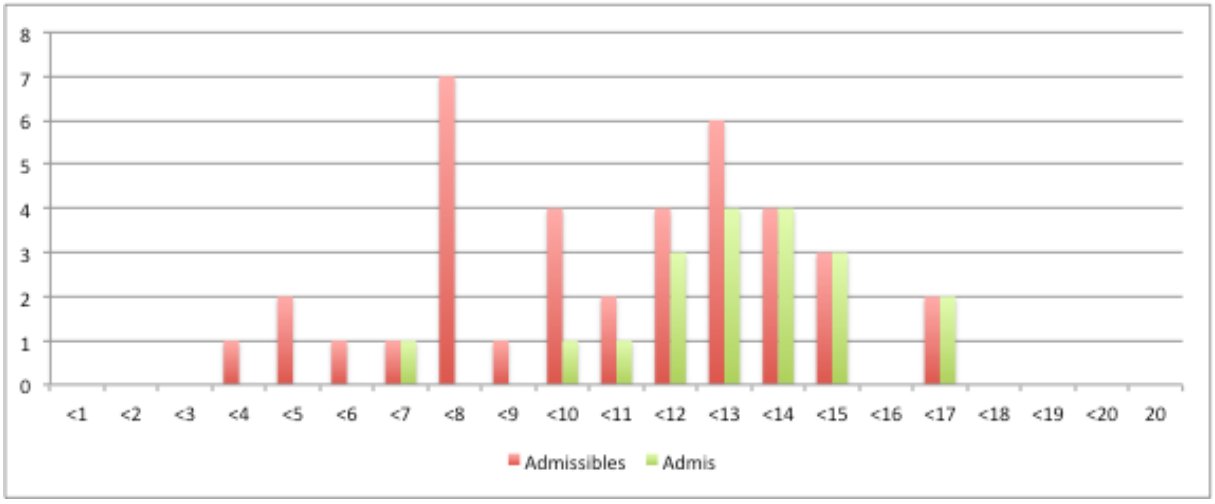
2.4.2.3 Épreuve pratique de contre option sur les secteurs A et B pour les candidats de spécialité C



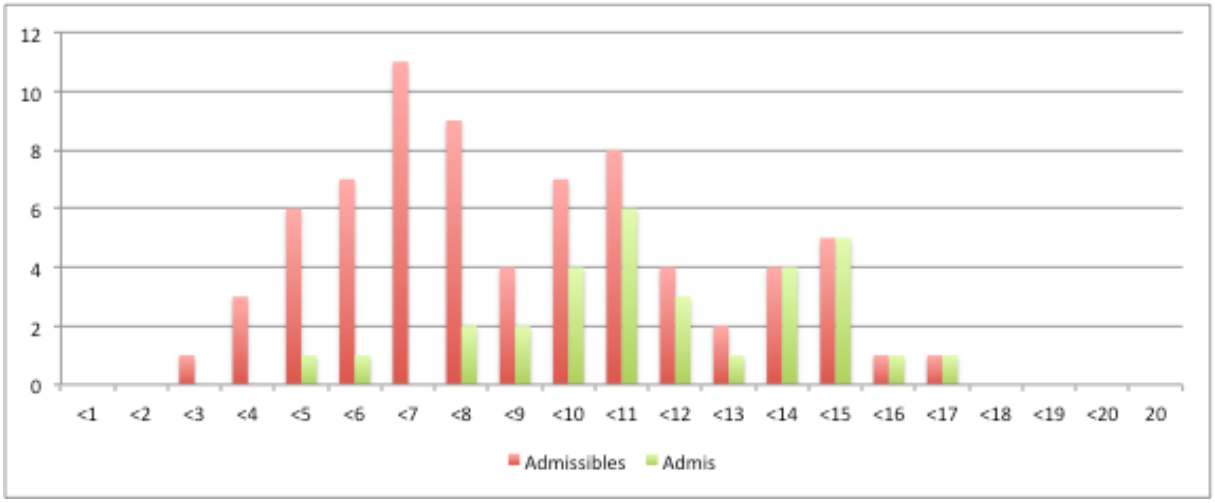
2.4 Quelques données statistiques concernant les épreuves orales

2.4.1 Épreuves orales de spécialité

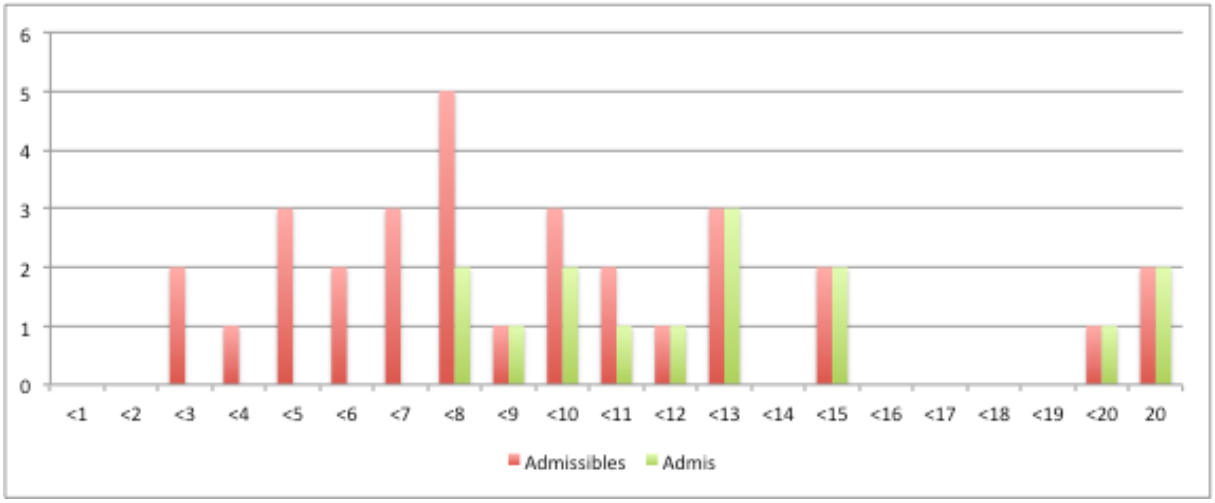
2.4.1.1 Épreuve orale de spécialité de secteur A



2.4.1.2 Épreuve orale de spécialité de secteur B

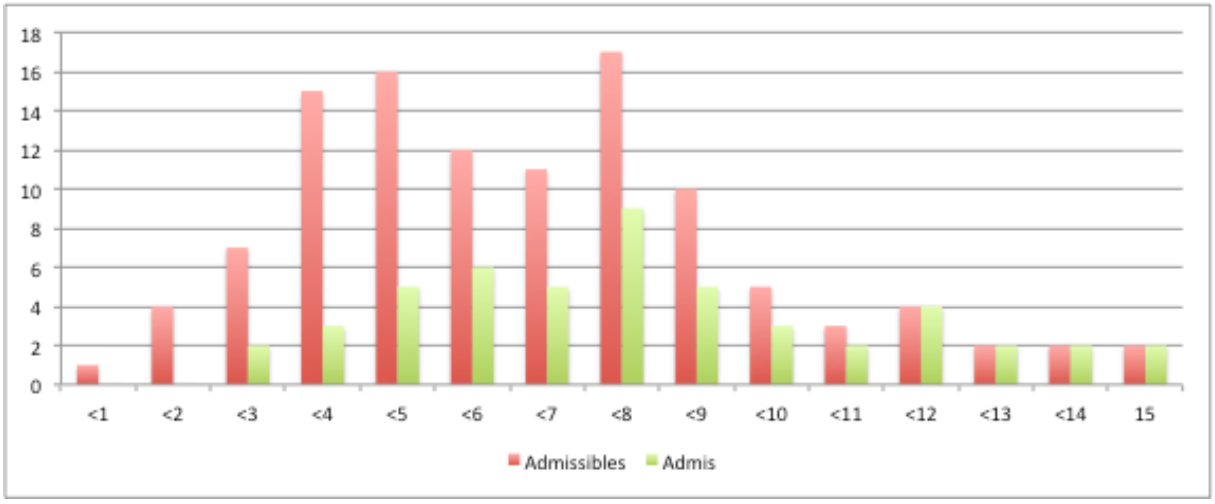


2.4.1.3 Épreuve orale de spécialité de secteur C

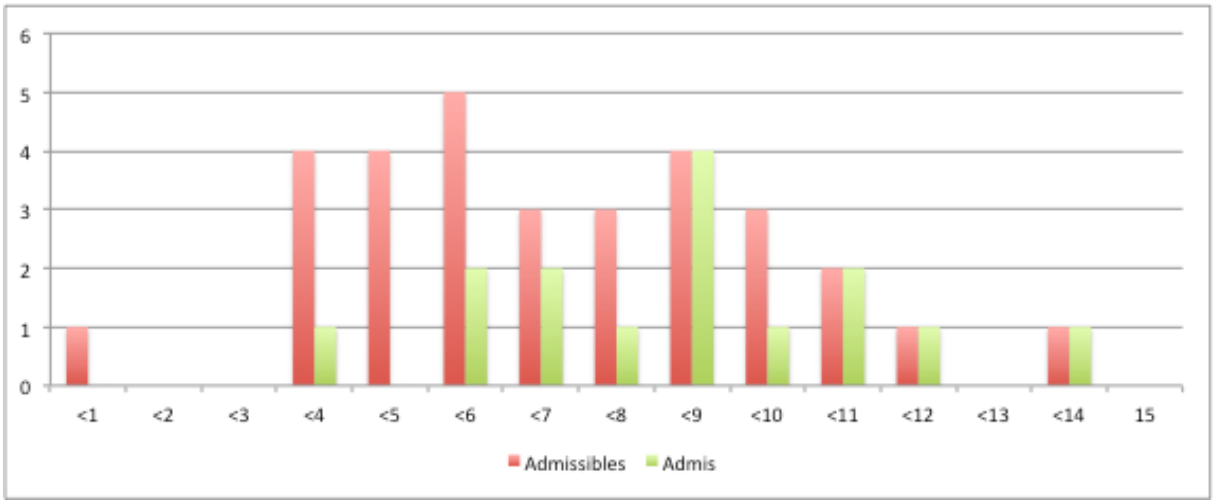


2.4.2 Épreuves orales de contre-option (maintenant notée sur 15)

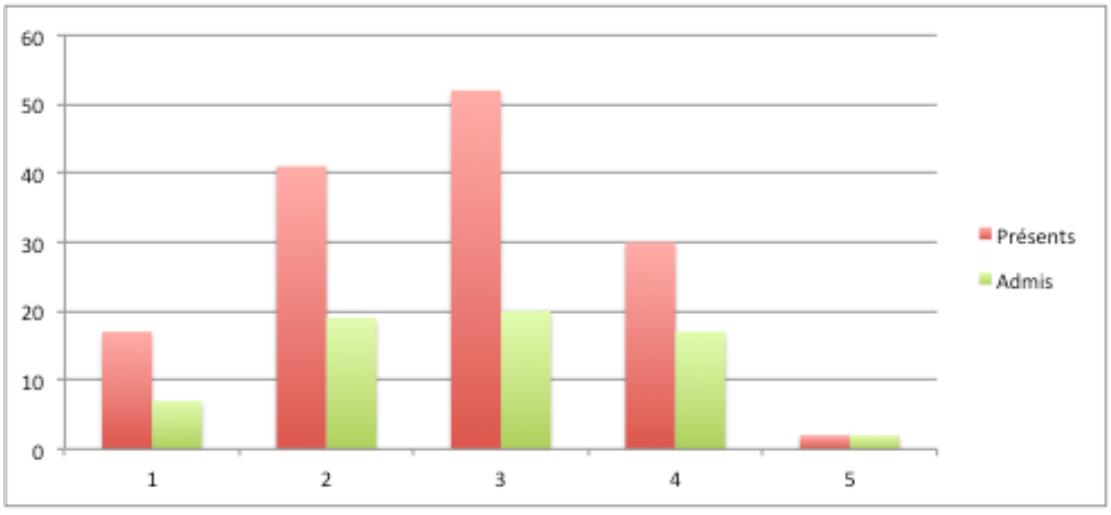
2.4.2.1 Épreuve orale de contre-option de sciences de la Terre et de l'Univers pour les candidats de secteurs A et B



2.4.2.2 Épreuve orale de contre option de biologie pour les candidats de secteur C



2.4.2.3 Interrogation sur la compétence « agir »



3. PROGRAMME DU CONCOURS 2011

SCIENCES DE LA VIE-SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

Le programme de l'agrégation des sciences de la vie-sciences de la Terre et de l'univers est rédigé en considérant les trois secteurs du champ disciplinaire :
- secteur A : biologie et physiologie cellulaires, biologie moléculaire ; leur intégration au niveau des organismes ;
- secteur B : biologie et physiologie des organismes et biologie des populations, en rapport avec le milieu de vie ;
- secteur C : sciences de la Terre et de l'univers, interactions entre la biosphère et la planète Terre.

Ce programme est aussi structuré en niveaux :
- le programme de spécialité, qui définit le secteur, porte sur des connaissances du niveau de la maîtrise universitaire, et concerne les 1ère et 3ème épreuves d'admission ;
- le programme de connaissances générales qui porte sur des connaissances d'un niveau allant jusqu'à la licence universitaire, concerne l'ensemble des épreuves d'admissibilité et d'admission ;
- le programme annexe de questions d'actualité sur lequel peut porter l'entretien qui suit l'exposé de la 4ème épreuve d'admission.

Le programme de connaissances générales de chaque secteur fait partie du programme de spécialité du secteur. En conséquence, il apparaît en premier dans le texte qui suit. Les sciences de la vie sont présentées de façon groupée, la répartition entre secteurs A et B est indiquée à la fin de la présentation générale des sciences de la vie.

Les multiples facettes des SV-STU ne peuvent pas toutes être connues d'un candidat. Le programme limite donc le champ d'interrogation possible en occultant certaines questions et/ou en réduisant leur volume. Dans de nombreux cas, des exemples apparaissent qui semblent les plus appropriés, ce qui n'exclut pas d'en choisir d'autres en connaissant ceux qui sont explicitement indiqués.

Programme de connaissances générales Sciences de la vie

Outre la présentation des connaissances à posséder pour le concours, le programme général de SV doit être consulté en ayant présent à l'esprit trois impératifs :
- l'observation des objets et des phénomènes, héritée de l'histoire naturelle et/ou des sciences naturelles, est une obligation,
- la démarche expérimentale nécessaire à l'explication des phénomènes, doit être présente à tous les niveaux d'étude,
- la conceptualisation à partir des données précédentes qui s'applique à l'ensemble de la discipline, se doit d'être d'actualité tout en connaissant les limites éventuelles dans certains domaines et, dans quelques cas, des éléments d'histoire des sciences et d'épistémologie.

Il s'agit d'une discipline expérimentale. À cet égard, l'utilisation de systèmes-modèles, simplifiés, est requise. Cette démarche implique la connaissance des particularités du modèle en relation avec la question posée mais, dans la majorité des cas, il est exclu de connaître l'ensemble de la biologie de l'organisme et/ou de l'organe retenu même si les limites éventuelles à la généralisation des connaissances sont à retenir. Dans cette démarche expérimentale, des méthodes et/ou des techniques de base et utilisables dans les établissements d'enseignement sont à posséder parfaitement. Pour d'autres approches plus modernes et/ou difficiles à mettre en œuvre dans les établissements, les principes généraux doivent être connus que ce soit en vue des explications fournies dans la présentation d'une question, en limitant éventuellement la portée des observations en raison de l'aspect technique et/ou méthodologique, mais aussi afin d'être à même d'utiliser au mieux les multiples documents disponibles actuellement, très souvent accessibles aux élèves, provenant des matériels et/ou des techniques les plus modernes.

Les connaissances élémentaires de physique, chimie et mathématiques représentent également un pré-requis pour les candidats.

Le programme de connaissances générales comporte sept rubriques :

1 - La cellule, unité structurale et fonctionnelle du vivant

2 - L'organisme, une société de cellules

3 - Plans d'organisation du vivant. Phylogénie
4 - L'organisme dans son environnement
5 - Biodiversité, écologie, éthologie, évolution
6 - L'utilisation du vivant et les biotechnologies
7 - Éléments de biologie et de physiologie dans l'espèce humaine
La répartition entre les secteurs A et B est la suivante :
- secteur A : rubriques 1, 2, 6, 7
- secteur B : rubriques 3, 4, 5, 7.
On ne s'étonnera donc pas de trouver des répétitions de thèmes et/ou d'exemples. Dans ce dernier cas, le choix du même exemple placé à plusieurs endroits du programme permet de l'alléger.

1 - La cellule, unité structurale et fonctionnelle du vivant
Méthodes et/ou techniques à connaître au moins sur le principe : microscopies, spectrophotométrie, immunochimie, immunofluorescence, électrophorèse, hybridation moléculaire, immunoempreinte, cytométrie de flux, séquençage, cristallographie, patch-clamp, radioisotopes, autoradiographie...

Notions-Contenus	Précisions-Limites
1.1 Éléments de physico-chimie du vivant	
1.1.1 Constitution de la matière - Atomes, molécules - Liaisons chimiques - Propriétés de l'eau et de groupes fonctionnels - Polarité des molécules	Isotopes. Radioactivité. Molécules marquées Covalente, ionique, hydrogène. Énergie Acide, base, alcool, amine ; pH, pK, tampon Équation de Henderson-Hasselbach
1.1.2 Principales molécules biologiques - Glucides - Lipides - Acides aminés et protéines, nucléotides et acides nucléiques - Composés héminiques - Notion d'interactions intra et inter-moléculaires	Glucose, saccharose, amidon, glycogène Acides gras, glycérolipides, noyau stérol Chlorophylles, hémoglobines, cytochromes
1.1.3 Thermodynamique élémentaire - L'énergie et ses formes. Énergie interne. Variation d'énergie libre - Cinétique des réactions. Loi d'action de masse. Potentiel d'oxydoréduction	Prise en considération de la différence entre les conditions standards et les conditions in vivo
1.2 Organisation fonctionnelle de la cellule	
1.2.1 La théorie cellulaire 1.2.2 Les membranes cellulaires - Organisation et dynamique des membranes - Échanges transmembranaires - Jonctions cellulaires 1.2.3 La compartimentation cellulaire - Noyau, réticulum endoplasmique, Golgi, vacuole, lysosome, mitochondrie, chloroplaste 1.2.4 Le cytosquelette	Rappels généraux Composition, structure, fluidité, trafic vésiculaire Échanges selon le(s) gradient(s) et contre le(s) gradient(s). Protéines membranaires (principe de fonctionnement. Le détail des structures et de la diversité n'est pas au programme général) : canaux ioniques, transporteurs (exemples du glucose : SGLT, Glut et de l'eau : aquaporines), pompes (Na+-K+/ATP dépendantes), translocation de protons

- Éléments constitutifs - Trafic intracellulaire - Motilité	Transport axonal. Cyclose Contraction de la fibre musculaire squelettique. Flagelle des Eucaryotes
1.2.5 La cellule et son environnement - Récepteurs membranaires et intégrines - Transduction des signaux : protéines G, seconds messagers - Interactions membrane plasmique-matrices extra-cellulaires (animale et végétale) - Communication cellule-cellule : plasmodesmes, jonctions communicantes	(La transduction des signaux au niveau génique est abordée dans la rubrique 1.4.4)
1.3 Métabolisme cellulaire	
1.3.1 Bioénergétique - "Valeur" énergétique des substrats - Variation d'énergie libre d'hydrolyse et rôle des nucléotides phosphates dans les transferts énergétiques - Coenzymes d'oxydo-réduction - Origine de l'ATP Couplage transfert d'électrons, translocation de protons et synthèse d'ATP - Utilisation de l'ATP 1.3.2 Enzymes et catalyse enzymatique - Enzymes, coenzymes, cofacteurs - Vitesse de réaction, relations vitesse-substrat, affinité, vitesse maximale, spécificité - Contrôle de l'activité enzymatique 1.3.3 Voies métaboliques - Anabolisme et catabolisme - Les grands types de réactions - Voies principales Composés initiaux et terminaux, bilans, principales étapes, localisations intracellulaire et tissulaire - Régulation des voies métaboliques	Glucose, acides gras Couple ADP/ATP. Prise en compte de la différence entre les conditions standards et les conditions in vivo Formes réduites et oxydées du NAD et du NADP Phosphorylations liées au substrat (glycolyse) Gradient de protons et ATP synthase. Chaîne respiratoire et oxydation phosphorylante. Chaîne photosynthétique et photophosphorylation acyclique (limitée aux Angiospermes) Cinétique de Michaelis-Menten, cinétique allostérique, représentations graphiques La classification des enzymes n'est pas au programme Transfert de groupement, oxydo-réduction, condensation.... Cycle de réduction photosynthétique du carbone (cycle de Calvin) et synthèse de l'amidon, glycogénogenèse,glycogénolyse, gluconéogenèse, glycolyse, cycle des acides tricarboxyliques (cycle de Krebs), ß-oxydation, fermentation alcoolique et fermentation lactique Exemples : glycogénolyse et glycolyse
1.4 Information génétique de la cellule	
1.4.1 Le support de l'information génétique - Les acides nucléiques, supports de l'information génétique - L'ADN dans la cellule - Le gène, unité d'information génétique. Évolution de la notion de gène - Organisation générale du génome chez les Procaryotes et les Eucaryotes 1.4.2 Stabilité de l'information génétique - Réplication de l'ADN - Mitose	Diversité des structures et de leur localisation (chromosomes, plasmides, ADN des organites) Structure des chromosomes, centromères, télomères, chromatine, caryotypes ADN codant et non codant Cas des dimères de thymine

- Réparation 1.4.3 Dynamique et variabilité de l'information génétique - Méiose - Mutations - Réarrangement des gènes - Transformation, conjugaison et transductions chez les bactéries 1.4.4 L'expression des gènes et son contrôle chez les Eucaryotes - Transcription, traduction - Maturation des ARN messagers - Maturation des protéines - Contrôle hormonal de l'expression du génome	Mutations géniques et chromosomiques Exemple des immunoglobulines Cas de l'épissage Exemple d'une hormone ou d'une enzyme Exemple de la triiodothyronine
1.5 Le cycle cellulaire	
- Différentes étapes du cycle : G1, S, G2, mitose, cytodiérèse - Le contrôle du cycle cellulaire - La mort cellulaire programmée : modalités et déterminisme	
1.6 Diversité des types cellulaires	
1.6.1 Particularités des cellules procaryotes - Organisation, comparaison avec une cellule eucaryote - Diversité du métabolisme bactérien 1.6.2 Organisation fonctionnelle de quelques cellules différenciées 1.6.3 Totipotence, détermination et différenciation cellulaires ; dédifférenciation et redifférenciation	 Cellule du parenchyme palissadique foliaire, tube criblé, spermatozoïde, cellules musculaires squelettique et cardiaque et autres cellules citées dans le programme général
1.7 Systèmes biologiques subcellulaires	
- Les virus : structure, génome, cycle réplicatif et transmission	Cycle d'un bactériophage. Virus de la mosaïque du tabac. Virus de l'immunodéficience acquise humaine

2 - L'organisme, une société de cellules

Notions-Contenus	Précisions-Limites
2.1 La notion d'organisme	
- Principes d'organisation : les colonies de cellules procaryotes (biofilms) et eucaryotes, l'état coenocytique, l'état pluricellulaire (tissus, organes, appareils ; notion d'individu) - Liquides extracellulaires des Métazoaires : nature, localisation, mise en mouvement, fonctions - Lignées germinale et somatique	Voir aussi 3.3 Liquides interstitiel et coelomique, hémolymphe, sang et lymphes. Exemple de mise en mouvement : circulation des Mammifères (voir aussi 7.2.3)
2.2 L'origine de l'œuf 2.2.1 Gamétogenèse - Aspects chromosomiques. (voir aussi 1.4.3) - Aspects cytologiques (enveloppes et	 Exemples : Vertébrés (Amphibiens, Mammifères), Angiospermes

réserves) 2.2.2 Rapprochement des gamètes, mécanismes cellulaires et moléculaires de la fécondation 2.2.3 Transmission et expression des gènes - Cas des haploïdes - Cas des diploïdes : allèlisme, dominance et récessivité, épistasie - Réalisation du phénotype sexuel à partir du génotype	Exemples : Amphibiens, Insectes Exemples : Angiospermes, Oursins, Mammifères (voir aussi 7.4) Transmission d'un couple d'allèles, transmission de plusieurs couples d'allèles Levures, Drosophile, Vertébrés dont espèce humaine (voir aussi 7.4)
2.3 La construction des organismes (biologie du développement) 2.3.1 Les grandes étapes du développement embryonnaire. Inductions embryonnaires 2.3.2 Les plans d'organisation : acquisition et diversité. Rôles des gènes du développement 2.3.3 La croissance 2.3.4 Renouvellement cellulaire 2.3.5 Mort cellulaire 2.3.6 Les métamorphoses animales	Exemple des Amphibiens Drosophile, Amphibiens, Arabidopsis Croissance discontinue : exemples pris chez les Insectes Croissance des Vertébrés : l'os long (voir aussi 7.2.1). Croissance des Angiospermes : méristèmes. Rôle de l'auxine Exemples : remodelage osseux, érythrocytes dans l'espèce humaine (voir aussi 7.1), zone génératrice libéro-ligneuse Au cours du développement embryonnaire et des métamorphoses (Insectes, Amphibiens) Sénescence chez les Angiospermes (exemple de la feuille) Insectes holométaboles, Amphibiens anoures
2.4 La communication intercellulaire	
2.4.1 La communication nerveuse 2.4.2 La communication hormonale 2.4.3 La communication dans les mécanismes de l'immunité	Neurone, tissu nerveux, synapses. Messages nerveux. Potentiels d'action, potentiels électrotoniques, Jonction neuro-musculaire ; couplage excitation- contraction Exemples : hormones thyroïdiennes, adrénaline, insuline, ecdystéroïdes, éthylène Présentation de l'antigène, CMH, récepteurs des cellules T, cytokines
2.5 Les principes de la défense de l'organisme	
- La défense immunitaire - L'hypersensibilité et la résistance systémique acquise des végétaux	Les cellules et les molécules du système immunitaire. La défense non spécifique. La défense spécifique

3 - Plans d'organisation du vivant et phylogénie.
Les candidats devront maîtriser les connaissances concernant :
- les méthodes actuelles de la systématique ;
- les grandes lignes de la classification phylogénétique des êtres vivants ;
- l'histoire évolutive de la lignée verte et des vertébrés, en s'appuyant sur des données génétiques et écologiques actuelles, mais aussi sur les enregistrements fossiles (voir programme STU) ;
- les principaux plans d'organisation, leur diversité et leur mise en place au cours du développement et de l'évolution.

Notions-Contenus	Précisions-Limites
3.1 Les méthodes actuelles de la systématique	
- Notions de groupe monophylétique, paraphylétique, polyphylétique. - Principes des méthodes cladistique et phénétique : apport des données moléculaires. - Construction des arbres phylogénétiques, difficultés rencontrées et sources d'erreurs. - Méthodes de parcimonie.	Les méthodes de maximum de vraisemblance ne seront pas approfondies.
3.2 La phylogénie du vivant	
- Les trois règnes du vivant : eucaryotes, eubactéries, *Archae*. - La structuration de l'arbre des Eucaryotes : exemple de la discussion de la notion de groupe écologique polyphylétique (champignon et algue). - L'origine endosymbiotique de la cellule Eucaryote.	L'étude peut s'appuyer sur la comparaison de l'agent du mildiou, de l'agent de la rouille (*Puccinia*), *Coprinus*, *Fucus*, *Ulva* Position phylogénétique de quelques unicellulaires hétérotrophes (*Paramecium*, *Plasmodium*, foraminifères). Exemple de l'origine des plastes de la lignée verte.
3.3 Plans d'organisation des métazoaires	
- Principaux plans d'organisation des métazoaires (symétries et polarités). - Acquisition des symétries et des polarités au cours du développement ; apports de la génétique du développement. - Organisation du milieu intérieur.	Les organismes suivants pourront être étudiés : Éponge calcaire ou démosponge (un exemple), cnidaire (hydre), plathelminthe (planaire), bryozoaire, nématode (*Ascaris)*, annélide (*Nereis)*, crustacé (écrevisse), insecte (criquet), mollusques (moule, escargot), échinoderme, téléostéen, tétrapodes (grenouille, poulet, souris). Principaux gènes du développement impliqués dans la mise en place du plan d'organisation à partir de quelques exemples tels que drosophile, xénope, poulet. Les aspects moléculaires indispensables sont présentés en insistant sur les principes de la morphogenèse (gradients morphogénétiques, établissement des symétries et des polarités) et sur l'apport des gènes du développement à la compréhension de l'évolution (homologie moléculaire, origine du membre chiridien, hétérochronies). Liquides extracellulaires des métazoaires, évolution du cœlome.

- Arbre phylogénétique incluant les principaux phylums de métazoaires. - Chronologie des grandes étapes de l'évolution des Métazoaires. - Validité du critère morphologique : notions d'analogie et d'homologie. - Convergence évolutive et adaptation aux conditions environnementales.	Phylums des éponges calcaires, cnidaires, brachiopodes, bryozoaires, plathelminthes, mollusques, annélides, nématodes, arthropodes, échinodermes, chordés et leurs principales subdivisions. Liaison avec les données de la paléontologie (faunes d'Ediacara et de Burgess, crises biologiques et extinctions évoquées dans le programme STU). Exemples possibles : les membres des vertébrés, les ailes, les organes de collecte de nourriture des métazoaires Exemple possible : la prise de nourriture
3.4 Les principaux groupes de la lignée verte (glaucophytes, rhodobiontes, chlorobiontes : algues vertes et embryophytes) et leurs adaptations aux conditions environnementales.	
- Principaux plans d'organisation et leur acquisition. - Classification des embryophytes. - Réponses adaptatives : poïkilohydrie, structures de soutien et de conduction. - Symbioses. - Cycles de développement comparés des embryophytes.	Cette partie s'appuie sur des exemples représentatifs tels que : *Chlamydomonas*, *Ulva*, *Chara*, *Trentepohlia*, polytric, polypode, pin, cycas ou ginkgo, une angiosperme. Gènes du développement chez *Arabidopsis thaliana* ; on se limitera à la structuration de l'apex caulinaire et à l'ontogenèse florale (gènes homéotiques). Mycorhizes-nodosités. Homologies des générations.

4 - L'organisme dans son environnement

Les caractéristiques physico-chimiques des milieux aquatiques et aériens doivent être connues sur les plans qualitatif et quantitatif.

Le programme privilégie les approches intégratives et comparées de la physiologie.

L'approche intégrative (centrée sur l'organisme) permet d'étudier les adaptations aux conditions du milieu et leur dimension évolutive. L'approche comparée révèle chez des organismes apparentés des fonctionnements différents en liaison avec des modes ou des milieux de vie dissemblables. Les contraintes écologiques déterminant les convergences évolutives sont dégagées. L'argumentation peut se situer aux différentes échelles, de la molécule à l'écosystème.

Notions-Contenus	Précisions-Limites
4.1 La nutrition des organismes	
4.1.1 Les formes de l'énergie. Besoins énergétiques et matériels des organismes. 4.1.2 La nutrition des autotrophes : - assimilation du CO_2 par les végétaux photosynthétiques ;	Autotrophie. Photo-autotrophie dans la lignée verte. Chimio-autotrophie (nitrification, méthanogenèse). Hétérotrophie. Sont au programme : la capture de l'énergie lumineuse, l'assimilation du carbone, les échanges gazeux et leurs variations, le bilan carboné au niveau de la plante entière, les photosynthèses de type C3, C4 et CAM et

- les formes de l'azote et leur assimilation par les organismes ; - mycorhizes et nutrition hydrominérale des végétaux.	leurs conséquences écologiques. On se limitera à l'assimilation des nitrates par les végétaux verts et à la fixation de l'azote par les procaryotes libres et les nodosités des légumineuses. On n'entrera ni dans les détails du dialogue moléculaire entre les organismes du sol et les racines, ni dans l'étude de la co-évolution entre ces organismes. Voir aussi 3.4.
4.1.3 La prise de nourriture et la digestion des hétérotrophes : - prise de nourriture ; - appareil digestif et digestion chez les mammifères. - L'alimentation des ectoparasites et des mésoparasites (hématophagie, osmotrophie). 4.1.4 Les réserves : - nature, synthèse, utilisation ; - mise en réserve postprandiale et mobilisation des réserves lors du jeûne chez l'Homme ; - réserves ovocytaires et extra-ovocytaires des vertébrés ; - réserves chez les angiospermes.	Voir aussi 3.3. Choix judicieux d'exemples pour une étude comparative de différents régimes alimentaires. Voir aussi 7.2.2. On se limitera à quelques exemples (moustique, sangsue, cestodes). Glycogène musculaire et hépatique, graisse blanche. Aspects circulatoires et régulation hormonale.
4.2 La réalisation des échanges avec le milieu	
4.2.1 Les échanges gazeux : - diffusion des gaz, première loi de Fick ; - les surfaces d'échanges gazeux (gaz-liquide, liquide-liquide) et leurs caractéristiques générales ; - deuxième loi de Fick ;. - maintien des gradients de pression partielle au niveau de l'échangeur ;. - transport des gaz et pigments respiratoires. 4.2.2 Les échanges d'eau et de solutés : - l'élimination des déchets azotés chez les métazoaires ; - propriétés des principaux déchets azotés,	 Importance de la surface d'échange, de sa finesse, et du gradient de pression partielle. Notion de conductance. Seuls seront traités le tégument, les branchies (téléostéens, crustacés, lamellibranches), les poumons (mammifères), le système trachéen des insectes et les stomates des plantes. Importance du débit et de la capacitance. On se limitera à la ventilation pulmonaire (vertébrés) et trachéenne (insectes), à la circulation d'eau au niveau branchial (lamellibranches, crustacés, téléostéens) et aux appareils circulatoires associés à ces échangeurs. On se limitera aux hémoglobines normales chez l'Homme. Étude des protonéphridies, tubes de Malpighi des insectes et reins des mammifères. Exemples des vertébrés marins, des

répartition zoologique et intérêt adaptatif ; - principe de fonctionnement des organes excréteurs ; - équilibre hydro-électrolytique et milieux de vie des animaux (milieu marin, eau douce, milieu aérien). 4.2.3 Les végétaux en milieu terrestre et la gestion de l'eau.	téléostéens d'eau douce, des mammifères et insectes terrestres. Variations au cours du développement post-embryonnaire des amphibiens. Voir aussi 4.4.3 Réhydratation hygroscopique, reviviscence. Absorption hydrominérale, contrôle du flux hydrique (stomates et régulation stomatique, adaptations morphologiques, anatomiques et physiologiques des xérophytes). Les sèves et leur circulation. Voir aussi 3.4
4.3 Perception du milieu, intégration et réponses. Squelette et port	
4.3.1 La perception de l'environnement : - diversité des canaux sensoriels des animaux et relation avec les modes et milieux de vie ; - perception de la gravité et gravitropisme chez les plantes.	On étudiera plus particulièrement la vision.
4.3.2 Intégration, réponse motrice et squelette des organismes mobiles : - les squelettes et la biomécanique associée ; - les différents types de systèmes nerveux ; - la motricité somatique et son contrôle.	Test, squelette hydrostatique, exosquelette et endosquelette seront étudiés à l'aide d'un nombre réduit d'exemples représentatifs. Systèmes nerveux diffus, médullaires, ganglionnaires.
4.3.3 Architecture et port des embryophytes.	Ramification, croissance en longueur et en épaisseur. Dominance apicale, ramification des ligneux, influence des facteurs du milieu.
4.4 Reproduction et cycles de développement	
4.4.1 Modalités de la reproduction La reproduction sexuée (y compris pour l'espèce humaine) : - la sexualisation des individus ; - le rapprochement des partenaires ; - diversité des modes d'appariement et de fécondation ; - viviparité, oviparité, ovoviviparité ;	Dicœcie, gynodicœcie, gonochorisme, hermaphrodisme. Fécondation externe / fécondation interne.
- la formation et le devenir du zygote des angiospermes (fruits et graines) ; - physiologie des semences sèches. La reproduction asexuée : principales modalités et conséquences sur les peuplements des milieux.	Pollinisation. Autocomptabilité et autoincompatibilité (les mécanismes moléculaires de l'autoincompatibilité seront limités au type *Brassica*). Déshydratation, vie ralentie, dormances. Voir aussi 3.4. Bourgeonnement. Vie coloniale (cnidaires). Multiplication végétative naturelle (embryophytes

Les significations écologiques et évolutives des reproductions sexuée et asexuée. 4.4.2 Cycles de développement : - l'alternance des phases sexuées et asexuées chez les formes libres ; - les cycles des parasites ; - phénologie et synchronisation du cycle de reproduction des végétaux ; - larves et métamorphoses : dispersion, changement de plan d'organisation, diversité des niches écologiques.	et eumycètes). Exemples possibles : *Plasmodium, Trypanosoma brucci, Schistosoma*, *Tænia*, *Ascaris*, rouille (*Puccinia*), mildiou. Germination des graines, dormance, maturité de floraison ; plantes annuelles, bisannuelles, pérennes. Etude des exemples suivants : les insectes (comparaison holométaboles / paurométaboles), et un anoure (le contrôle neuro-endocrine n'est pas au programme général).
4.5 Homéostasie	
4.5.1 Régulation de la glycémie à court terme. 4.5.2 Thermorégulation : régulation des échanges de chaleur ; thermogenèse, thermolyse.	On se limitera à l'Homme (voir aussi 7.3.2). On se limitera à des exemples pris chez les vertébrés. (voir aussi 4.1.4).

5 - Biodiversité, écologie, éthologie, évolution

.

L'approche mathématique élémentaire des modèles théoriques est au programme de connaissances générales ; des connaissances de base en statistiques et la maîtrise de formalisations telles que la loi de Hardy-Weinberg ou les modèles de Lotka et Volterra sont nécessaires.

Notions-Contenus	Précisions-Limites
5.1 Histoire et concepts en évolution	
Conceptions pré-darwiniennes, révolution darwinienne, synthèse néo-darwinienne. La théorie scientifique de l'évolution. Notion de valeur sélective (fitness), de traits d'histoire de vie, d'adaptation. Les unités de sélection.	Sélection naturelle, sélection artificielle, sélection sexuelle, dérive, coévolution. Fécondité, âge à maturité, longévité, dispersion. Notions de "gène égoïste", de sélection de groupe.
5.2 Génétique	
5.2.1 Génétique formelle : - aspects génétiques de la méiose et de la fécondation ; - transmission d'un couple d'allèles ; - ségrégation de plusieurs couples d'allèles ; - lois de Mendel.	

5.2.2 Génétique des populations : - fréquences alléliques, fréquences génotypiques ; - régime de reproduction (panmixie, autogamie, consanguinité) ; - pressions évolutives (sélection, mutation, migration, dérive) ; - polymorphisme neutre (voir aussi 5.1) et sélectionné, cryptopolymorphisme. 5.2.3 Génétique quantitative - héritabilité, hétérosis ; - origine des plantes cultivées.	Méthodes d'étude du polymorphisme (y compris marqueurs moléculaires). Exemples de la diversité des variétés des plantes cultivées, et des maladies génétiques humaines. Blé et maïs. (Voir aussi 6.4.5)
5.3 Biogéographie	
Définitions de l'espèce. Spéciation allopatrique et ses mécanismes, spéciation sympatrique. Notions de vicariance, d'endémisme. Zonation écologique à différentes échelles. .	Spéciation dans un contexte biogéographique insulaire (exemple : pinsons de Darwin). Les mécanismes de la spéciation sympatrique ne sont pas au programme général.
5.4 Biologie du comportement animal	
Recherche et utilisation des ressources (biotiques et abiotiques). Interactions entre les individus (compétition, coopération). Communication (signaux ; fonctions ; adaptations aux contraintes environnementales et sociales). Comportement reproducteur (y compris soins aux jeunes). Systèmes sociaux des insectes et des vertébrés.	Les comportements sont étudiés sous les angles de l'ontogenèse, de leurs fonctions biologiques et de leur valeur adaptative (cf. N. Tinbergen). L'approche comparative sera privilégiée. La notion de coûts / bénéfices est au programme.
5.5 Biodiversité et biologie de la conservation	
5.5.1 Croissance et dynamique des populations isolées. 5.5.2 Interactions entre populations : compétition interspécifique, niche écologique, relations prédateur-proie et hôte-parasite et interactions mutualistes. 5.5.3 Diversité et dynamique des communautés : - définitions et mesures de la biodiversité ; - dynamique de la biodiversité (préservation ; menaces, extinctions, en particulier d'origines anthropiques) ; - successions écologiques. 5.5.4 Biologie de la conservation et gestion durable des populations, des communautés	Croissance exponentielle et logistique, densité-dépendance. Formalisme de Lotka-Volterra. Pollution, fragmentation, destruction, introduction et changement global. Peuplements pionniers et climaciques. Étagement, zonation à différentes échelles. Protection et restauration des habitats, corridors écologiques, réintroduction et renforcement de populations.

et des habitats.	
5.6 Structure et fonctionnement des écosystèmes	
Notion d'écosystème. Biomasse, production et productivité. Interactions dans un écosystème, réseaux trophiques. Stocks et flux de matière et d'énergie. Rendements. Comparaison d'écosystèmes (naturel et/ou anthropique). Cycles biogéochimiques de l'eau, du carbone et de l'azote.	Approche quantitative, méthodes et unités de mesure. Facteurs limitants de la productivité. Participation des êtres vivants. Liens avec le changement global.

6 - L'utilisation du vivant et les biotechnologies Il convient de prendre en compte les problèmes posés par ces méthodes et leurs conséquences (économiques, écologiques, éthiques...).

Notions-Contenus	Précisions-Limites
6.1 Les produits biologiques, matières premières de l'industrie	Blé, raisin, lait, bois
6.2 Bases scientifiques des biotechnologies 6.2.1 Le génie génétique 6.2.2 La génomique 6.2.3 Les cultures in vitro - Cultures de cellules animales et végétales - Cultures bactériennes	 Clonage des gènes, hybridations moléculaires, amplification de l'ADN (PCR) Marqueurs génétiques moléculaires, empreintes génétiques. Principe du séquençage des génomes
6.3 Utilisation des micro-organismes dans l'industrie	
6.3.1 Utilisation des micro-organismes dans la production de biomasse 6.3.2 Application des métabolismes microbiens. Rôle des micro-organismes dans les transformations industrielles 6.3.3 Les substances d'intérêt issues des microorganismes - Utilisation des enzymes microbiennes - Production de métabolites naturels - Production de protéines recombinantes	 Bactéries, levures Fermentations industrielles, alimentaires Exemple de la Taq polymérase Antibiotiques, vitamines
6.4 Biotechnologie des plantes et des animaux	
6.4.1 Méthodes de clonage ; conservation de la structure génétique 6.4.2 Induction d'une variabilité génétique	Micropropagation : méristèmes, bourgeons Exemples : pomme de terre, orchidées Insémination artificielle chez les animaux

par mutagenèse artificielle 6.4.3 Les biotechnologies de l'embryon 6.4.4 Les transformations génétiques - Principe et technique - Éléments sur les applications agronomiques, industrielles, médicales ; éléments sur les risques de propagation des transgènes dans l'environnement et pour la santé humaine 6.4.5 Sélection assistée par marqueurs moléculaires	Pollinisation artificielle chez les végétaux. Androgenèse On se limitera à l'exemple d'Agrobacterium tumefaciens et de son utilisation chez les plantes Notion de Quantitative Trait Loci (QTL)

7 - Éléments de biologie et de physiologie dans l'espèce humaine.
Le contenu des programmes de l'enseignement secondaire justifie cette rubrique. Commune aux deux secteurs A et B, elle devra être abordée à tous les niveaux d'intégration, de la molécule (sauf indication de limite) aux populations. On s'appuiera également sur l'utilisation raisonnée des approches pathologiques.

Notions-Contenus	Précisions-Limites
7.1 Le corps humain	
- Anatomie élémentaire topographique, macroscopique, systémique - Compartiments liquidiens	Organes, systèmes et appareils. Principes des méthodes d'étude non invasive du corps humain Volumes et compositions (voir aussi 2.3.4)
7.2 Échanges de matière et d'énergie entre l'organisme et le milieu et à l'intérieur de l'organisme	
7.2.1 Les besoins de l'organisme et leur couverture - La dépense énergétique et ses variations. Calorimétrie. Métabolisme basal et variations. - La couverture des besoins par l'alimentation . chez l'adulte . lors de la croissance 7.2.2 Digestion, absorption, transport et devenir des nutriments - Digestion et absorption Les phases : localisation, chronologie des phénomènes, sécrétions exocrines et endocrines Absorption et transport des nutriments Devenir des nutriments. Réserves. Ajustements des voies métaboliques entre les repas 7.2.3 La circulation - Le cœur : activités mécanique et électrique, contrôle	 Principes (voir aussi 1.3). Mesures et valeurs Thermorégulation : voir aussi 7.5 Aspects quantitatifs et qualitatifs. Nutriments indispensables. Vitamines. Oligo-éléments Balance azotée. La croissance osseuse, rôle des hormones (le mode d'action cellulaire n'est pas attendu) Un exemple de cellule sécrétrice : la cellule pancréatique exocrine Phase post-prandiale. Phases du jeûne. <u>État hormonal</u> et voies métaboliques (le détail n'est pas au programme) Vasomotricité, répartition du débit cardiaque Voir aussi 7.5.2

- Les vaisseaux : . organisation fonctionnelle des différents segments . circulations locales - La pression artérielle : définition, variations et régulation à court terme par le baroréflexe. - Ajustements aux besoins de l'organisme et aux variations du milieu 7.2.4 La respiration - La ventilation - Transport des gaz respiratoires par le sang - Échanges gazeux alvéolo-capillaires et tissulaires - Ajustements de la ventilation au cours de l'exercice physique 7.2.5 L'excrétion - Fonctionnement du néphron - Participation du rein au maintien de l'équilibre hydro-sodé	Les aspects moléculaires et expérimentaux approfondis ne sont pas au programme général. Voir aussi 7.5.2 Quelques méthodes d'exploration fonctionnelle : clairance, microponctions...
7.3 Neurobiologie et endocrinologie	
7.3.1 Neurobiologie - Le tissu nerveux. Le message nerveux - Organisation structurale et fonctionnelle du système nerveux (compléments de 7.1) - Fonctions sensorielles. Principes généraux : stimulation, réception, transduction, codage, conduction - Contrôle de la posture 7.3.2 Endocrinologie - Exemples de la reproduction et de la régulation à court terme de la glycémie	Systèmes nerveux central, périphérique, autonome On se limitera à la participation du réflexe myotatique Complexe hypothalamo-hypophysaire
7.4 Activité sexuelle et procréation	
7.4.1 Différenciation sexuelle, puberté, maturité, ménopause 7.4.2 Fonctions exocrine et endocrine des testicules et des ovaires 7.4.3 Grossesse, accouchement, lactation	Spermatogenèse, transport des spermatozoïdes. Ovogenèse, cycle ovarien, cycle menstruel. Contraception, contragestion Interventions hormonales. Échanges foétomaternels majeurs. Suivi de la grossesse. Diagnostic prénatal
7.5 Homéostasie, régulations et réponses intégrées de l'organisme	
7.5.1 Exemples de grandes régulations et de leur perturbation - Régulation à court terme de la glycémie (insuline/glucagon) - Thermorégulation - Concept général de régulation 7.5.2 Exemples de réponses adaptatives de l'organisme - Ajustements et adaptations respiratoires et cardio-vasculaires à l'exercice physique.	On pourra aussi s'appuyer sur les exemples rencontrés dans le reste du programme

- Effets de l'entraînement	
7.6 Santé et société	
- Diabètes - Obésité - Alcoolisme	Voir aussi 7.2.2 Foie et détoxification. Lésions
7.7 L'homme face aux maladies	
- Maladies infectieuses (origine bactérienne et virale. Maladies parasitaires) - Maladies génétiques ou résultant d'interactions entre gènes et environnement, maladies métaboliques - Éléments relatifs à la prophylaxie et à la thérapeutique (prévention, antibiothérapie, vaccinothérapie, sérothérapie, dépistage, médicaments...)	Exemples : grippe, tuberculose, maladies sexuellement transmissibles (MST), paludisme Exemples : thalassémies, cancers, diabètes, obésité

Sciences de la Terre et de l'Univers

Le programme de connaissances générales est fondé sur une bonne connaissance des principaux objets géologiques à l'échelle du monde et du territoire national (métropole et outremer). Ainsi, les candidats doivent connaître les grands traits de l'évolution géologique (continents et océans) en s'appuyant sur des documents incontournables tels que la carte géologique du monde, les cartes des fonds océaniques, la carte géologique de l'Europe et la carte géologique de la France à 1/1.000.000 (6ème édition 1996 et 6ème édition révisée en 2003).

Les candidats doivent, par ailleurs, maîtriser les bases des principales disciplines des sciences de la Terre : géophysique, pétrologie, géochimie, tectonique, sédimentologie, paléontologie. Les méthodes ou techniques qui servent ces disciplines et qui s'appliquent aux enveloppes internes et externes, doivent être connues dans leurs principes élémentaires. On retiendra en particulier :

- l'identification macroscopique et microscopique des principaux minéraux, roches magmatiques, métamorphiques et sédimentaires, minerais indispensables à la compréhension des grands phénomènes géologiques inscrits au programme ;
- l'identification macroscopique et/ou microscopique des principaux fossiles et ichnofossiles (bioturbations), présentant un intérêt stratigraphique ou un intérêt paléo-environnemental;
- la lecture des cartes géologiques et la réalisation de coupes, de schémas structuraux et de bloc-diagrammes simples (passage 2D-3D) ;
- l'analyse de documents satellitaires usuels : images dans le visible et l'infra-rouge, radar ;
- la lecture et l'interprétation de documents géographiques et géophysiques usuels (cartes topographiques et bathymétriques, cartes de réflectivité des fonds marins, profils sismiques et sismogrammes, cartes d'anomalies magnétiques et gravimétriques, cartes d'altimétrie satellitaire, documents de tomographie sismique, cartographie des mécanismes au foyer,...) ;
- l'interprétation des analyses géochimiques (majeurs, traces, isotopes stables et radiogéniques), en liaison avec les types d'objets étudiés (roche/minéral magmatique ou métamorphique, test de foraminifère, fluides interstitiels,...) ;
- les bases théoriques essentielles de la géochronologie relative et absolue (dans les limites énoncées plus loin) et le découpage des temps géologiques qui en est déduit.

Ces connaissances méthodologiques s'appuient sur une maîtrise des grands principes de la physique et de la chimie indispensables en sciences de la Terre, notamment dans les domaines de la mécanique des solides et des fluides, des champs de potentiel (magnétisme et gravité), de l'optique, de la thermodynamique et de la chimie des solutions. Enfin, il est souhaitable, dans quelques cas, de faire appel à l'évolution des idées dans le domaine des sciences de la Terre.

Le programme de connaissances générales comporte quatre grandes rubriques :

1- La Terre actuelle ;
2- Le temps en sciences de la Terre ;
3- L'évolution de la planète Terre ;
4- Gestion des ressources et de l'environnement;

1- La Terre actuelle

Notions-Contenus	Précisions-Limites
1.1 La planète Terre dans le système solaire	
- Structure et fonctionnement du Soleil et des planètes - Spécificité de la planète Terre - Météorites et différenciation chimique des planètes telluriques	L'étude se limitera à la composition des planètes et des atmosphères planétaires, ainsi qu'à leur activité interne. La connaissance du mouvement des planètes se limitera aux lois de Kepler
1.2 Forme et structure actuelles de la Terre	
- La mesure du relief de la Terre, les relations entre topographie et gravimétrie. Les grands ensembles morphologiques - Les apports de la gravimétrie : la masse de la Terre et des planètes telluriques, l'ellipsoïde et le géoïde, les anomalies gravimétriques - Les apports de la sismologie : les principales enveloppes internes, croûte, manteau, noyau… les anomalies de temps d'arrivée et la tomographie sismique - La notion de lithosphère, lithosphère thermique et lithosphère mécanique - Les enveloppes externes (hydrosphère, atmosphère)	On mettra en évidence les différentes longueurs d'onde des ondulations du relief et du géoïde et on fera la relation avec la géodynamique interne On veillera à ce que la notion d'anomalie (gravimétrique, magnétique, de vitesse sismique) soit bien comprise comme la différence entre la mesure réelle et un modèle a priori qui correspond à la structure au premier ordre (PREM pour les anomalies de vitesse sismique, l'ellipsoïde pour le champ de pesanteur…). La lithosphère sera présentée comme une couche limite thermique dans le processus de convection mantellique.
1.3 Géodynamique externe	
- Distribution de l'énergie solaire dans l'atmosphère et à la surface de la Terre. Effet de serre. Bilan radiatif et énergétique du système Terre. - Circulations atmosphérique et océanique ; Couplage océan-atmosphère - Cycle de l'eau (échanges entre les différents réservoirs ; quelques exemples de réservoirs d'eau douce et des problématiques associées) - Géomorphologie continentale et océanique ; mécanismes d'érosion, d'altération et de transport ; sédimentation actuelle. - Rôles de la vie dans la genèse des sédiments. - Compaction des sédiments et diagenèse	Les développements théoriques sur la force de Coriolis ne sont pas au programme On se limitera à l'étude de l'influence de la lithologie et du climat
1.4 Géodynamique interne du globe	
Le champ magnétique terrestre et la dynamique du noyau	On précisera les principaux paramètres qui définissent le champ magnétique (dipôle,

Le manteau de la Terre : composition, stratification, hétérogénéité, chaleur, dynamique (convection et tectonique des plaques, convection et panaches), les causes de la fusion du manteau (rifts, dorsales, points chauds, zones de subduction), l'apport de la pétrologie expérimentale à haute pression. Mobilité horizontale de la lithosphère, la tectonique des plaques, cinématique relative : la dérive des continents (observations et hypothèses), le paléomagnétisme, le flux de chaleur aux dorsales et l'hypothèse de l'expansion des fonds océaniques, la répartition des séismes, les anomalies magnétiques symétriques et la mesure de la vitesse d'expansion, la géométrie des failles transformantes et la rigidité des plaques, les mécanismes au foyer des séismes et les vecteurs glissement, la cinématique des points triples, les modèles cinématiques globaux. La géodésie terrestre et satellitaire. Cinématique instantanée et cinématique finie, les reconstructions. Cinématique absolue, les différents repères	inclinaison, déclinaison) et les différentes longueurs d'onde variations du champ au cours du temps, les inversions. Les principaux paramètres que contient le nombre de Rayleigh seront explicités Les principes de base de la géodésie spatiale sont au programme mais pas les méthodes de calcul.
Les séismes et les failles actives : répartition, magnitude, mécanismes au foyer, vecteurs glissement, temps de récurrence et modèle du rebond élastique, failles actives et géomorphologie, méthodes de datation.	Quelques exemples de séismes majeurs doivent être connus
Divergence de plaques : du rift continental à la dorsale. Structure et évolution des rifts continentaux et des marges passives. Les différents types de marges passives. La transition continent-océan. Genèse de la croûte océanique aux dorsales. Aspects magmatiques, tectoniques, hydrothermaux. Le modèle ophiolitique. Les différents types de segmentation des dorsales. Evolution thermo-mécanique de la lithosphère océanique.	On veillera à bien connaître un nombre limité d'exemples régionaux pour pouvoir argumenter les principaux points du programme sur des cas réels. Les exemples les plus emblématiques (les princpales dorsales, Alpes, Himalaya-Tibet, Faille de San Andreas, Méditerranée, Andes… doivent être connus).
Limites de plaques décrochantes et grands décrochements intracontinentaux : exemples continentaux et océaniques. Géométrie, sismicité, thermicité, relief, rôle dans la cinématique.	Les méthodes d'étude de la déformation des roches à toutes les échelles. Les contraintes pression-température ainsi que les méthodes radiochronologiques sont supposées connues.
Convergence de plaques, subduction, obduction, collision et phénomènes	Les principaux paramètres qui contrôlent la

associés. Morphologie des panneaux plongeants et leur dynamique. Evolution pétrologique de la lithosphère subduite. Métamorphisme et transfert de fluides. Genèse des magmas en zone de convergence, arcs, arrière arc et collision. Le recyclage mantellique. Subduction et tectonique, bassins arrière arc, cordillères… Mise en évidence et dynamique de l'obduction, les ophiolites et la marge passive chevauchée. Sutures ophiolitiques. Géométrie et cinématique des chaînes de collision. Processus d'épaississement crustal. Rôle du manteau. Métamorphisme et exhumation. Les grands décrochements associés à la collision. Interactions entre processus géodynamiques internes et externes : érosion, climat et orogenèse, genèse des sédiments terrigènes Processus tardi- ou post-orogéniques : équilibre entre forces de volume et forces aux limites, les principales structures mises en jeu, quelques exemples caractéristiques.	rhéologie des matériaux lithosphériques et les méthodes de mesure et de modélisation sont également supposés connus. La notion de contrainte est supposée connue et l'analyse quantitative se limitera à l'utilisation du cercle de Mohr Les principes de base de la thermobarométrie doivent être connus. La notion de faciès métamorphique et l'évolution des paragenèses pour les chimies de roches principales font également partie du programme. Les chemins pression-température-temps-déformation seront utilisés pour contraindre l'évolution des édifices géologiques.
Désépaississement lithosphérique dans les chaînes de collision. Érosion et genèse des sédiments terrigènes et chimiques En zone intraplaque : points chauds	L'importance volumique des plateaux océaniques sera soulignée

2 - Le temps en sciences de la Terre : âges, durées et vitesses des processus géologiques

2.1 Chronologie relative, continuité / discontinuité	
- Bases stratigraphiques et sédimentologiques de la chronologie relative - Principes de la biostratigraphie. Notion de taxon et de biozone - Approches physiques et chimiques de la stratigraphie : sismostratigraphie et bases de la stratigraphie séquentielle, rythmostratigraphie,magnétostratigraphie	On se limitera à quelques méthodes de biozonation (macro, micro, nanofossiles) Le traitement des données sismiques n'est pas au programme. On ne traitera pas de l'analyse spectrale des cyclicités sédimentaires
2.2 Géochronologie absolue	
- Radiochronologie	On présentera le principe de la datation à l'aide du couple Rb/Sr et de l'isotope cosmogénique 14C. On étudiera notamment la construction et l'exploitation d'une isochrone Rb/Sr. On se limitera à la simple utilisation des couples U/Pb. La diversité des autres couples

	utilisés et les raisons de leur choix sont l'objet du programme de spécialité
2.3 Synthèse	
- Mise en corrélation des différents marqueurs chronologiques - L'échelle des temps géologiques et la signification des différents types de coupures - Durée et vitesse des phénomènes géologiques: rythmes, cycles et événements	La succession et la durée des ères et des systèmes doivent être acquises, mais la connaissance exhaustive des étages n'est pas requise

3 - L'évolution de la planète Terre

3.1 L'évolution précoce de la planète Terre	
- L'univers et les grandes étapes de la formation du système solaire - Différenciation chimique : formation du noyau et du manteau primitif. Dégazage du manteau, formation de l'atmosphère et de l'hydrosphère primitives - Genèse de la croûte continentale - Particularités de la géodynamique archéenne : flux de chaleur, fusion et composition des magmas (TTG, komatiites)	On se limitera à mentionner l'existence de la nucléosynthèse et les étapes conduisant à la formation de la planète Terre On s'attachera à montrer l'importance des arguments géochimiques et à replacer la genèse de la croûte continentale dans le cadre de l'histoire générale du globe terrestre
3.2 Enregistrements des paléoclimats et des phénomènes tectoniques	
Enregistrements des paléoclimats : aspects minéralogiques, paléontologiques et géochimiques	On se limitera à montrer comment il est possible d'obtenir des informations sur les paléoclimats à partir d'études minéralogiques, paléontologiques et géochimiques
3.3 Les fossiles : témoins de l'évolution biologique et physico-chimique de la Terre	
- Premiers vestiges de l'activité biologique et hypothèses sur l'origine de la vie - Processus de fossilisation - Roches exogènes précambriennes, enregistreurs de l'évolution initiale de l'atmosphère et de l'hydrosphère - Apparition et diversification des eucaryotes. Grandes étapes de la conquête du milieu terrestre et du milieu aérien. Radiations adaptatives et extinctives : corrélation avec les changements de l'environnement. Événements "catastrophiques" dans l'histoire de la Terre ; notion de crise biologique - Reconstitutions de quelques paléo environnements à partir de biocénoses fossiles et d'ichnofossiles	On s'attachera à partir d'un nombre limité d'exemples, notamment ceux évoqués dans le programme SV à montrer les grandes étapes d'évolution de la biosphère On ne traitera que la limite Crétacé -Tertiaire L'existence des autres crises dans l'histoire géologique du globe ne sera que mentionnée

- Origine et évolution des Hominidés	
3.4 Formation et dislocation de la Pangée	
- Accrétion et dispersion des masses continentales - Conséquences : modification de la circulation des enveloppes fluides ; conséquences climatiques et biologiques	
3.5 Le cycle actuel de l'eau	
Notion de réservoir, de flux et principes d'établissement d'un cycle (identification et quantification des processus impliqués)	

4 - Gestion des ressources et de l'environnement

- Ressources minérales : les processus de concentration à l'origine de gisements d'intérêt économique - Ressources énergétiques : matières organiques fossiles, géothermie, minerais radioactifs - Eaux continentales de surface et souterraines Exploitation et protection des ressources en eau; exemples de pollution - Grands ouvrages et matériaux d'usage courant - Prévision et prévention des risques naturels : les exemples des risques sismiques et volcaniques.	Les méthodes de prospection et d'exploitation ne sont pas au programme On se limitera au cas des barrages. On distinguera les notions d'aléa et de risque sismique ; la prévention et la gestion des risques seront présentées

Programme de spécialité

Secteur A : biologie et physiologie cellulaires, biologie moléculaire ; leur intégration au niveau de l'organisme

Le programme de spécialité du secteur A porte sur les rubriques 1, 2, 6 et 7 du programme de connaissances générales et sur les 15 thèmes suivants, étudiés de façon approfondie en envisageant le niveau des connaissances et celui des approches méthodologiques et techniques. Cette démarche thématique permet d'approfondir globalement les éléments des rubriques 1, 2 et 6 du programme de connaissances générales sans les reprendre exhaustivement en indiquant à chaque fois les attendus et les limites.

L'approfondissement de certains aspects de la rubrique 7 n'apparaît que pour des questions d'intégration accompagnant le libellé de la définition du secteur.

Interactions moléculaires, cellulaires et tissulaires

(Le terme est pris dans le sens d'une action entraînant une réaction quel que soit le niveau d'étude pris en compte)

1- Régulation de l'expression des gènes : histones, facteurs de transcription, petits ARN.

2- Les voies de signalisations intercellulaires

3- Ca^{2+} et signalisations intracellulaires

4- Les modifications post-traductionnelles : phosphorylations, glycosylations et ubiquitinations

5- Les phytohormones

6- Interactions au sein du système immunitaire humain

7- Interactions cellulaires au cours du développement animal

8- Interactions cellules eucaryotes-contraintes abiotiques (thermiques, osmotiques, hydriques)

Les modifications moléculaires du vivant : origines et applications

9- Éléments génétiques mobiles et plasticité du génome

10- Les virus

11- Les cancers : origines et stratégie thérapeutique

12- Les maladies dégénératives : bases moléculaires et approche thérapeutique

13- Biotechnologies des cellules souches animales (incluant les cellules souches pluripotentes induites)

14- La transgénèse : exemples choisis chez les végétaux et les mammifères

15- Génomique et amélioration végétale

Secteur B : biologie et physiologie des organismes et biologie des populations, en rapport avec le milieu de vie

Le programme de spécialité du secteur B porte sur les rubriques 3, 4, 5 et 7 du programme de connaissances générales et sur les 15 thèmes suivants regroupés en trois domaines et étudiés de façon approfondie en envisageant le niveau des connaissances et celui des approches méthodologiques et techniques. Cette démarche thématique permet d'approfondir certains éléments des rubriques 3, 4 et 5 du programme de connaissances générales sans les reprendre exhaustivement en indiquant à chaque fois les attendus et les limites. L'approfondissement de certains aspects de la rubrique 7 n'apparait que pour des questions d'intégration accompagnant le libellé de la définition du secteur.

Biologie et physiologie intégrative (L'organisme dans son milieu)

1 - Diversité des cycles de vie des parasites ; éléments-clés permettant la réussite du cycle : reproduction, filtres de rencontre et de compatibilité, virulence/avirulence, résistance/sensibilité, favorisation.

2 - Modalités et régulation des échanges gazeux, hydriques et minéraux entre l'organisme et son milieu de vie en conditions déshydratantes.

3 - Les signaux sonores (production, perception, apprentissage) et leur importance biologique : des mécanismes neurophysiologiques aux aspects écologiques.

4 - Fonctions et rythmes saisonniers (cycles de reproduction, passage de la mauvaise saison, induction florale, vernalisation, dormance) : des mécanismes moléculaires aux conséquences écologiques.

5 - La locomotion chez les vertébrés : approche intégrée des aspects morpho-anatomiques, bioénergétiques, mécaniques, écologiques et évolutifs.

Plan d'organisation, phylogénie et évolution

6 - Segmentation et régionalisation du corps : variations anatomiques et fonctionnelles. Rôle des gènes du développement. Intérêt pour comprendre l'évolution des plans d'organisation et les grandes divisions systématiques des métazoaires.

7 - Importance des réarrangements inter et intra génomiques dans les processus évolutifs.

8 - Les espèces domestiquées : domestication et apport à la compréhension des mécanismes de l'évolution.

9 - Évolution expérimentale : des études de terrain aux expériences en laboratoire.

10 **-** L'organisation du milieu intérieur et son évolution.

Écologie fonctionnelle et évolutive

11 - Stratégies et comportements reproducteurs chez les animaux : aspects fonctionnels et évolutifs.
12 - La vie en groupe : états pluricellulaires, organismes coloniaux, groupes sociaux.
Aspects fonctionnels, écologiques et évolutifs.
13 - Coévolution hôte-parasite : course aux armements, évolution de la virulence, évolution vers le mutualisme.
14 - La cognition animale : représentations spatiale et numérique, fabrication d'outils, représentation sociale et théorie de l'esprit.
15 - Le phytoplancton océanique : diversité taxonomique, répartition spatiale et temporelle, facteurs de contrôle de la production primaire océanique (facteurs physiques, contrôles ascendant et descendant), caractérisation des différentes zones océaniques, impacts des activités anthropiques.

Secteur C : Sciences de la Terre et de l'univers, interactions entre la biosphère et la planète Terre

Le programme de spécialité comporte le programme de connaissances générales et les quinze thèmes détaillés ci-dessous. Ce programme de spécialité s'appuie sur la connaissance des imageries géophysiques et satellitaires de la Terre interne et externe, ainsi que sur l'utilisation des modèles analogiques et numériques.

1. Géodésie et géodynamique (interne et externe)
2. Les radiochronomètres : choix et limites des méthodes
3. Le traçage isotopique des transferts dans les enveloppes externes
4. Les transitions de phase : mécanismes et conséquences dynamiques
5. Flux et transferts de chaleur dans les enveloppes internes et externes de la Terre
6. La Terre primitive : origine des enveloppes et de la vie
7. Les variations climatiques naturelles du Cambrien à l'actuel
8. Les mécanismes de couplage entre la croûte et le manteau
9. Réservoirs et flux de carbone dans le système Terre
10. Les minéraux utiles
11. Les liens entre climat et dynamique interne
12. Le relief de la Terre
13. Les provinces magmatiques géantes
14. La crise Permien - Trias
15. Les grands bassins salifères : formations, évolutions tectoniques et ressources associées

Programme annexe de questions scientifiques d'actualité

1. Apport de la génétique moléculaire et de la génomique en agronomie et en médecine
2. Comprendre les pandémies pour mieux les gérer. On s'appuiera sur l'étude de quelques exemples (paludisme, grippes).
3. Exploitation durable des ressources géologiques.

4. ÉPREUVES ÉCRITES

4.1 SECTEUR A

4.1.1 Le sujet proposé

Les communications chimiques entre cellules eucaryotes

4.1.2 Commentaires

Les sujets des épreuves écrites du concours de l'agrégation des sciences de la vie, sciences de la Terre et de l'Univers constituent un exercice de synthèse qui oblige le candidat à une réflexion approfondie sur un sujet en faisant appel à des connaissances transversales devant être puisées dans les différents champs scientifiques concernés par le secteur A (physiologie, biologie cellulaire, biochimie, biologie moléculaire). La composition doit être argumentée par des faits scientifiques historiques ou récents et étayée le plus possible par les approches expérimentales qui ont conduit à la construction des différents concepts. Il est important de connaître les méthodes et les principes des techniques utilisées actuellement et décrites dans les ouvrages faisant partie de la bibliothèque de l'agrégation. Un sujet large permet à un candidat de montrer l'ampleur de ses connaissances, mais lui permet aussi de prouver sa capacité à raisonner et à traiter une question scientifique avec méthode et rigueur en s'appuyant sur des faits expérimentaux. Un sujet de synthèse doit être traité avec une problématique clairement formulée dans la copie et ne peut pas se résumer à une composition descriptive constituant un catalogue de faits. L'analyse rigoureuse des termes du libellé du sujet proposé doit permettre de dégager la problématique scientifique qui servira à justifier le plan adopté par le candidat. L'introduction du devoir ne sert donc pas uniquement à décrire un plan, mais à définir les termes du sujet, à annoncer un questionnement et des idées dans un cadre clairement défini. Ce questionnement devra guider le candidat tout au long de sa composition en ne perdant de vue ni sa problématique initiale, ni les limites du sujet.

Les imprécisions, oublis et erreurs les plus fréquentes

Dans un grand nombre de copies, l'introduction ne contient pas les définitions pertinentes permettant de délimiter le sujet et ne pose pas de problématique claire pouvant servir de fil conducteur à l'exposé, ce qui aboutit à un devoir descriptif et théorique. En dehors des défauts dans les définitions des termes du sujet, il y a confusion entre les notions de signal et de message dans de nombreuses copies. Ceci est probablement à l'origine du fait que les aspects liés au codage et décodage de l'information ne sont que très rarement évoqués. Certaines copies appuient leur démarche sur des expériences, en particulier les expériences historiques classiques (Darwin, Bayliss et Starling), mais elles restent relativement rares. Les systèmes de régulation physiologique impliquant l'intervention coordonnée de plusieurs hormones (régulation de la glycémie ou contrôle de la sécrétion des hormones sexuelles, par exemple) sont souvent présentés très succinctement sans aucune tentative de réflexion plus générale sur le fonctionnement et l'intérêt biologique de tels systèmes. L'importance des mécanismes d'inactivation des processus de communication n'est que très rarement mentionnée, de même que les caractéristiques de la liaison ligand/récepteur. A ce propos, presque aucun candidat n'a mentionné, même brièvement, les approches permettant l'étude des liaisons ligand/récepteur. De même, les techniques d'étude des réponses cellulaires aux messagers chimiques ne sont pratiquement jamais évoquées.

Parmi les erreurs fréquentes, le jury a relevé :

- des erreurs dans le mécanisme d'action de l'insuline, souvent associé à l'intervention d'un récepteur couplé à une protéine G et un second messager AMPc, peut-être en raison d'une généralisation abusive à partir du mode d'action du glucagon
- de nombreuses confusions apparaissent dans la nature chimique des neurotransmetteurs ou des hormones: ex. acétylcholine ou adrénaline considérées comme des acides aminés ou des peptides; les gonadotrophines hypophysaires dérivées du cholestérol. Certains candidats écrivent que toutes les hormones sont de nature protéique.
- des confusions sur les hormones hypophysaires: ex. ADH et ocytocine sécrétées par l'antéhypophyse
- l'exocrinie est citée comme mode de communication. Certains candidats assimilent les enzymes du suc pancréatique à des hormones. Dans le même ordre d'idée, certains citent le cas des protéines du complément comme exemple de messagers du système immunitaire.
- les systèmes de transduction sont traités de manière très théorique, souvent sans exemple concret.

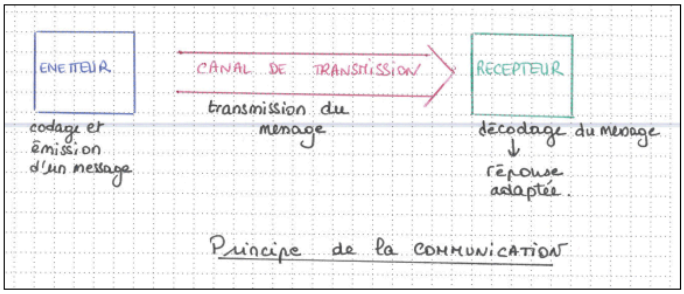
Quand des exemples sont donnés, ils contiennent trop souvent des erreurs. Par exemple, le fonctionnement des protéines G est fréquemment mal compris, en particulier sur la manière dont le GTP est mis en jeu.
- à propos des modalités d'induction du mésoderme chez les amphibiens, les rôles respectifs du centre de Nieuwkoop et de l'organisateur de Spemann sont très mal compris
- les candidats n'ont souvent pas conscience des interactions entre voies de signalisation ("cross talk") et les considèrent trop souvent comme indépendantes les unes des autres

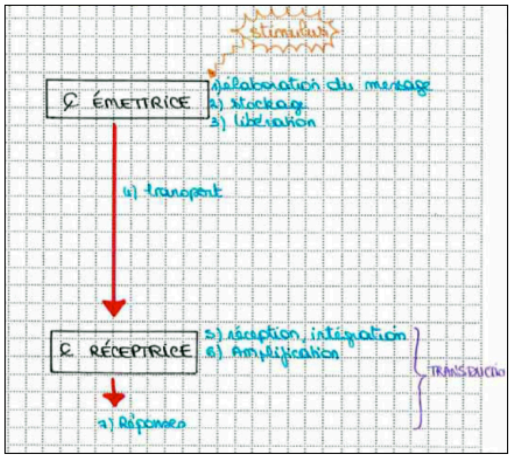
4.1.3 Eléments de correction

Le texte présenté ci-dessous ne doit pas être considéré comme un plan type du sujet, mais il présente les points principaux qui pouvaient être abordés par les candidats. Ce texte contient quelques dessins issus de copies, qui ne constituent pas les figures attendues, mais des exemples d'illustrations relativement simples et informatives. Des figures et schémas bien choisis permettent d'alléger des explications compliquées. Une illustration pertinente constitue un gain de temps pour le candidat et de clarté pour la copie, et est toujours valorisée lors de la correction. Une attention particulière est également portée à l'utilisation de la démarche expérimentale pour illustrer l'origine des concepts et des connaissances présentées. De part son ampleur, le sujet «les communications chimiques entre cellules eucaryotes » permet au candidat de choisir des exemples parmi les organismes unicellulaires ou pluricellulaires, animaux, végétaux ou mycètes (ces derniers étant très souvent oubliés parmi les Eucaryotes). Sans qu'un plan particulier soit attendu, deux aspects doivent être abordés à propos des communications chimiques entre cellules eucaryotes : d'une part les **mécanismes** moléculaires et cellulaires de ces communications et d'autre part les **enjeux** de ces communications pour les organismes uni ou pluricellulaires. Il en résulte une difficulté à organiser le propos et à développer en parallèle ou successivement les deux facettes du sujet. Un grand nombre de copies n'aborde qu'un seul des deux aspects, se concentrant sur les mécanismes sans préciser l'utilité de leur mise en œuvre au niveau de l'organisme, ou bien évoquant quelques grandes voies de régulation au niveau de l'organisme, sans en détailler les mécanismes moléculaires. Les meilleures copies sont celles qui ont réussi, dans le temps imparti, à aborder à la fois les mécanismes et les enjeux des communications chimiques.

4.1.3.1. Introduction

L'introduction vise en particulier à définir les termes du sujet et à en délimiter les contours. Il est naturellement indispensable de définir les cellules eucaryotes, cependant le sujet du devoir était bien « les **communications chimiques** entre cellules eucaryotes » et non pas « les cellules eucaryotes (et la communication chimique)». De nombreuses copies contiennent des définitions interminables des différents types de cellules eucaryotes, avec des schémas extrêmement détaillés de cellules animales, végétales, et éventuellement procaryotes pour montrer ce qui les distingue. Il est évident qu'une définition de la cellule eucaryote s'étendant sur trois ou quatre pages constitue une perte de temps et se fait au détriment du reste du devoir. De plus, ces définitions exhaustives des cellules eucaryotes s'accompagnent très souvent d'une absence de définition des **communications** en général et des communications chimiques en particulier, qui constituent pourtant le cœur du sujet. Il convient donc de définir la communication en introduisant les notions de source (émetteur), message (notion de code), canal ou voie de communication, récepteur (décodage de l'information) et réponse. Cette définition assez générale de la communication peut être complétée par une définition adaptée au cas des communications cellulaires, introduisant les notions de cellule émettrice (émission d'un message en réponse à un stimulus), messager chimique (délimitation du sujet), voie de transport, interaction ligand/récepteur, transduction du signal, réponse de la cellule réceptrice. Ces définitions gagnent à s'appuyer sur des schémas simples.





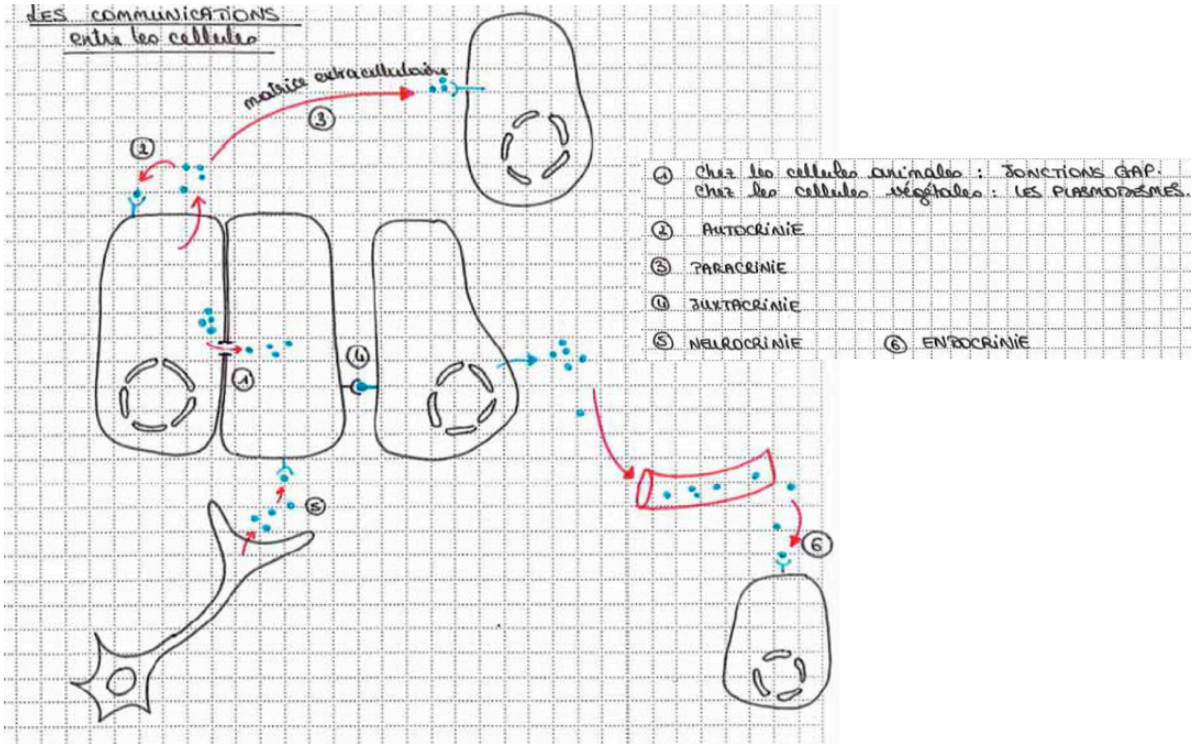
Au niveau de l'introduction, il est également important de définir une **problématique** qui constitue un fil conducteur permettant de structurer le propos; ce fil conducteur fait néanmoins défaut dans la majorité des copies. Cette problématique peut, par exemple, être basée sur les modalités et fonctions de la communication chimique entre cellules dans la perspective de la mise en place, du maintien et du fonctionnement de la société cellulaire que constitue l'organisme, en se basant sur l'importance des échelles de communication : entre organismes unicellulaires, entre cellules à l'intérieur d'un organisme pluricellulaire, entre cellules appartenant à des organismes différents (communication intra- et interspécifique).

4.1.3.2. Principes généraux de la communication :

Les modalités de communications chimiques entre les cellules eucaryotes peuvent être présentées de différentes manières, organisées, par exemple, autours de type de communication, type de messager, type de récepteur du message, etc… Ces différents types de modalités sont définis et illustrés par des exemples bien choisis.

Type de canal impliqué

Les différents types de communication entre cellules sont communément qualifiés d'autocrine, paracrine ou neurocrine, endocrine, juxtacrine (interaction directe entre cellules) : communication entre cytoplasmes et/ou via molécules membranaires. On peut naturellement discuter des limites de ces distinctions, les mêmes molécules pouvant être impliquées dans différents types de communications.

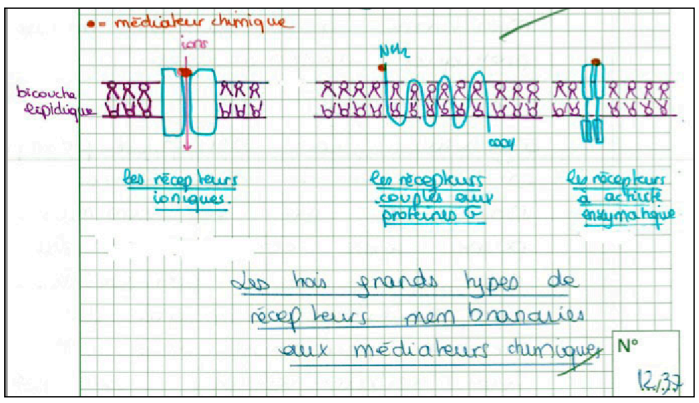


Types de messagers et modalités de transport ; modalités de stockage éventuel et de libération du messager

Les messagers peuvent être classés en fonction de leurs caractéristiques : hydrophile (ex : messagers peptidiques, la plupart des phytohormones), lipophile (hormones stéroïdiennes), gazeux (NO, éthylène). Ces messagers chimiques peuvent voyager libres en solution (hormones peptidiques), liés à des molécules de transport (Sex Hormone-binding globulin et transport des hormones stéroïdiennes), ou bien ne pas être transportés grâce à une communication directe entre cellules. Dans certains cas, le transport peut être polarisé (auxine). Enfin, les messagers chimiques peuvent être stockés ou non en lien avec leur nature chimique et la vitesse de réponse de la cellule au stimulus déclencheur : ex décharge d'adrénaline; clivage de TNFα; absence de stockage et simple diffusion dans le cas de messagers lipophiles.

Types de récepteurs et types de transduction du signal

Différents types de récepteurs peuvent être évoqués: récepteurs-enzymes (récepteurs des facteurs de croissance, récepteur de l'insuline), récepteurs liés aux protéines G (récepteur béta adrénergique), récepteurs/canaux (récepteurs à l'acétylcholine), récepteurs intracellulaires dans le cas des messagers lipophiles (récepteur des glucocorticoïdes). Les voies intracellulaires de transduction du signal peuvent être illustrées par un ou deux exemples permettant d'introduire, notamment, les notions de second messager, de cascades de kinases. Une description exhaustive de nombreuses voies de transductions différentes n'est néanmoins pas attendue.



Codage et décodage

La communication elle-même n'ayant souvent pas été définie correctement, la notion de codage de l'information (de codage en conformation, codage en concentration de l'intensité du stimulus initial) est absente de la majorité des copies.

Caractéristiques de la liaison ligand/récepteur

Les caractéristiques de la liaison ligand/récepteur n'ont quasiment jamais été abordées. En particulier, il n'est presque jamais fait mention des approches méthodologiques permettant de caractériser l'affinité (constante de dissociation), la spécificité, la saturabilité, la réversibilité de l'interaction ligand/récepteur. De mêmes, la nature des liaisons impliquées n'est jamais précisée.

Les réponses cellulaires

Une description, même brève, des différents types de réponses cellulaires induites manque dans la plupart des copies. Certains aspects sont traités dans les exemples mais rarement synthétisés. Ce paragraphe représente pourtant l'occasion de présenter les techniques de biologie cellulaire et moléculaires permettant l'étude de ces réponses. On peut citer les modifications de la transcription d'un ensemble de gènes (hormones stéroïdiennes) et les modifications du métabolisme cellulaire (adipocytes, insuline/glucagon); modification de la perméabilité membranaire, de l'activité sécrétrice, du cytosquelette et de la motilité cellulaire; modification des propriétés de division (effet des facteurs de croissance), modification de la différenciation de la cellule et induction de la mort cellulaire (signaux de mort).

Inactivation du processus de communication

Les mécanismes d'inactivation du message représentent un aspect crucial des communications cellulaires, mais ceux-ci n'ont été abordés que dans une très faible minorité des copies. La nécessité et la signification biologique de l'inactivation du signal et la notion importante de demi-vie du messager sont systématiquement passées sous silence. Parmi les modalités de l'inactivation on peut citer la dégradation du messager (acétylcholine /acétylcholinestérase ; catabolisme des hormones par le foie ou des enzymes plasmatiques), la recapture du messager par un transporteur (dopamine), ou par endocytose (béta arrestine, GRK), la neutralisation des voies de transduction (kinases/phosphatases, AMPc/phosphodiestérases).

4.1.3.3 Enjeux de la communication intercellulaire

La description des mécanismes de communication intercellulaire ne suffit pas à expliquer l'importance de ces phénomènes. Envisager les enjeux de ces communications permet d'aborder leur signification biologique. Cela passe nécessairement par une mise en perspective de ces mécanismes à différentes échelles en abordant la notion de système.
Ces enjeux ne peuvent être présentés dans leur exhaustivité, d'où la nécessité de s'appuyer sur un certain nombre d'exemples bien décrits et permettant de passer en revue les différentes implications des communications intercellulaires. L'idéal était de les choisir chez l'ensemble des organismes vivants, même s'ils sont plus nombreux chez les animaux que chez les végétaux ou, à fortiori, chez les mycètes. On notera toutefois l'effort fait par les candidats pour diversifier ces exemples.

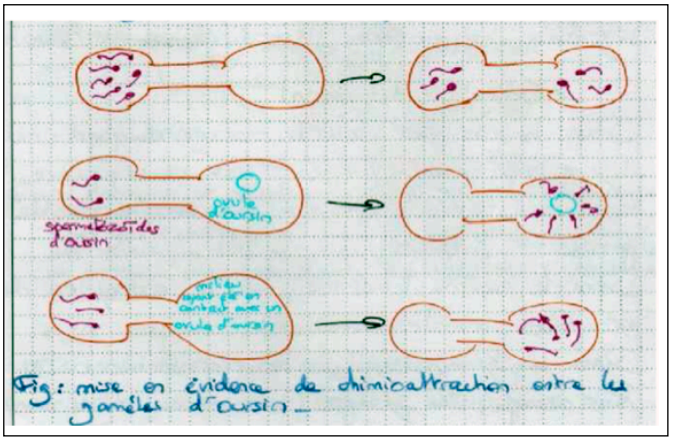
Communication entre cellules isolées

Cet aspect a souvent été peu abordé. Il pouvait par exemple concerner les levures avec l'intervention des différents types sexuels. C'est également à cette occasion que l'on pouvait replacer ces communications dans une perspective évolutive avec le rôle que jouent les communications dans la mise en place des structures pluricellulaires. L'exemple de *Dictyostelium discoideum* a été parfois cité.

Communication intercellulaire et mise en place de l'organisme

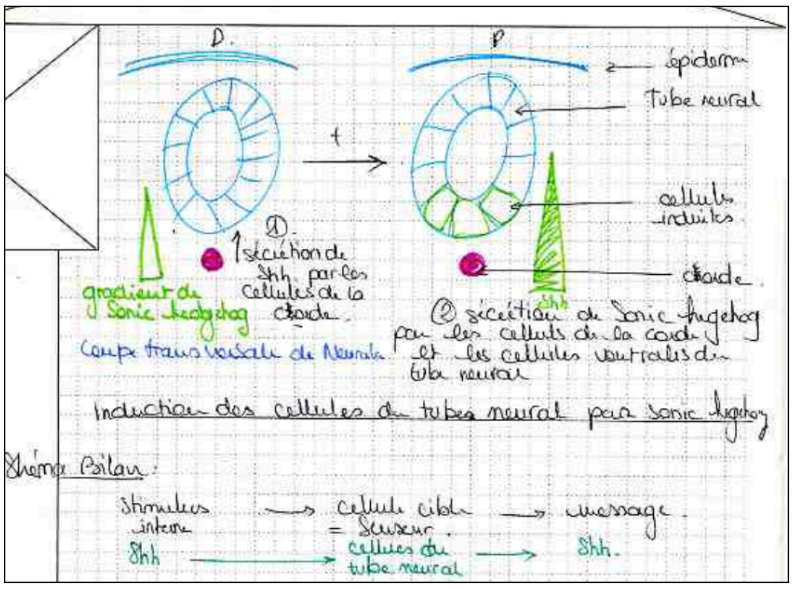
a. Fécondation

Les processus de fécondation et leur contrôle par le biais de communications chimiques ont souvent été mentionnés, que ce soit pour les interactions à distance (chimiotactisme lors du rapprochement des gamètes chez les échinodermes ; même si les conditions d'expérimentation ne sont pas toujours bien comprises), les interactions au contact entre les deux cellules (cas des mammifères).
L'occasion a également été saisie par les candidats de présenter les processus contrôlant le rapprochement entre pollen et stigmate, puis entre anthérozoïde et oosphère et les mécanismes et aboutissant aux processus d'auto-incompatibilité.



b. Développement et croissance

Le développement et la croissance sont souvent abordés par les candidats même si le contexte de ce développement n'est pas toujours suffisamment précisé. Ainsi, les notions de développement mosaïque et développement à régulation ne sont que rarement définies alors qu'elles revêtent une importance majeure dans le cadre d'une étude sur les communications cellulaires.
Ces communications peuvent être abordées à différents niveaux d'organisation : niveau de l'organisme (description des centres organisateurs chez les Amphibiens, importance des communications hormonales chez les insectes, contrôle de la morphogenèse chez les végétaux via l'auxine), niveau cellulaire (contrôle des déplacements cellulaires dans la formation du système nerveux chez les vertébrés), niveau moléculaire (description des voies de transduction de type Hedgehog, interactions entre les gènes WUS/CLV dans le cas du méristème chez les Angiospermes).

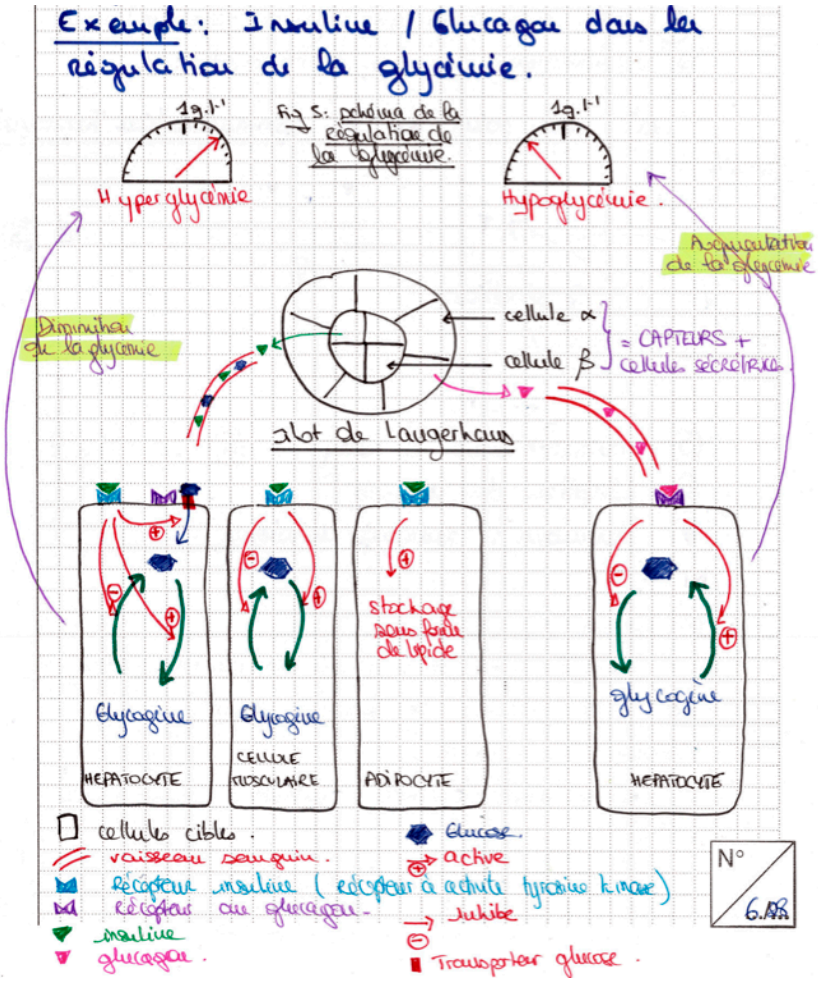


Communication intercellulaire et contrôle des fonctions de l'organisme

a. Homéostasie

L'homéostasie (terme qu'il convenait de définir) constitue l'un des enjeux majeurs de communication entre cellules de l'organisme. L'organisme, en tant que système compartimenté, ne peut fonctionner que parce que les différents compartiments sont complémentaires dans leurs fonctions et présentent un fonctionnement intégré. Cette synergie n'est envisageable que par le biais de communications.
Les exemples disponibles sont légion, même si l'on a très souvent vu traiter de la régulation de la glycémie (avec parfois un certain nombre d'erreurs importantes, voir ci-dessus). Citons également le système nerveux que l'on pouvait décrire pour son fonctionnement synaptique, la régulation de la

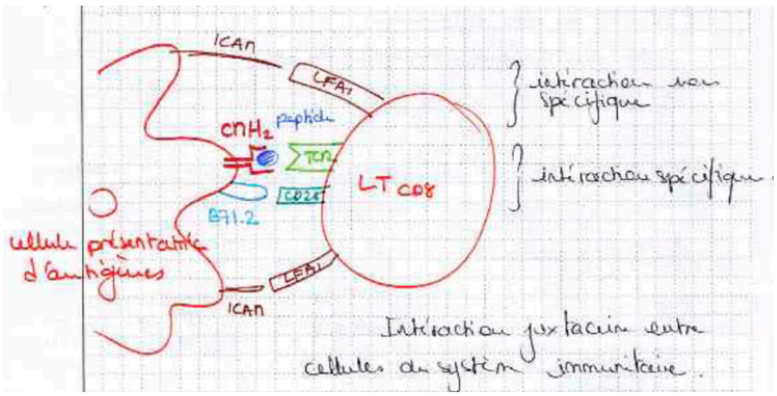
pression artérielle comme exemple de régulation faisant intervenir conjointement plusieurs types de systèmes de régulation. Peu de candidats profitent de ces exemples pour présenter les interactions entre voies de signalisation et illustrer la notion de "cross talk".

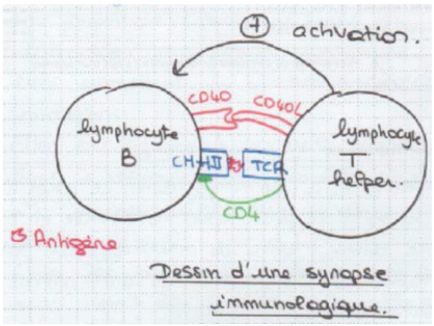


b. Fonction de défense

Pouvant être considérée comme faisant partie des mécanismes de maintien de l'homéostasie au sens large, les fonctions de défense de l'organisme constituent un exemple d'enjeu important des communications intercellulaires. Il convenait ici de présenter les principes généraux d'organisation et de fonctionnement des systèmes de défense (reconnaissance plus ou moins spécifique, nécessité de communication entre les acteurs, mise en oeuvre de la réponse…) en mettant l'accent sur la communication entre les cellules intervenant dans ces processus.

On pouvait présenter des exemples aussi bien chez les animaux que chez les végétaux : mécanismes de communications dans le cadre de la réponse à médiation humorale en insistant par exemple sur le rôle des lymphocytes TCD4+, relation gène pour gène chez les végétaux. Il pouvait également être intéressant de signaler la proximité évolutive de certains des acteurs moléculaires impliqués.





c. fonctions de reproduction

Sans revenir sur le développement et la mise en place de l'appareil reproducteur, le fonctionnement cyclique ou continu de l'appareil reproducteur chez les mammifères pouvait constituer un exemple classique de communication par voie hormonale. Des exemples plus originaux pouvaient être trouvés dans les relations entre cellules de Sertoli et cellules de la lignée germinale ou bien encore les mécanismes de contrôle de la mise à fleur chez les Angiospermes.

d. Communication interindividuelle, perception de l'environnement

Un dernier degré d'intégration des communications chimiques entre cellules consistait à les replacer dans la perspective d'une communication interindividuelle et de la perception de l'environnement par l'organisme. L'objectif n'était pas ici de détailler l'ensemble des processus impliqués à l'échelle de l'organisme, mais de montrer comment des communications entre cellules à longue distance pouvaient être impliquées. Les phéromones animales pouvaient bien entendu être décrites, mais aussi les signaux chimiques d'alerte chez les végétaux (éthylène, méthyl-jasmonate), ou ceux impliqués dans le dialogue entre partenaires de la symbiose ou du parasitisme.

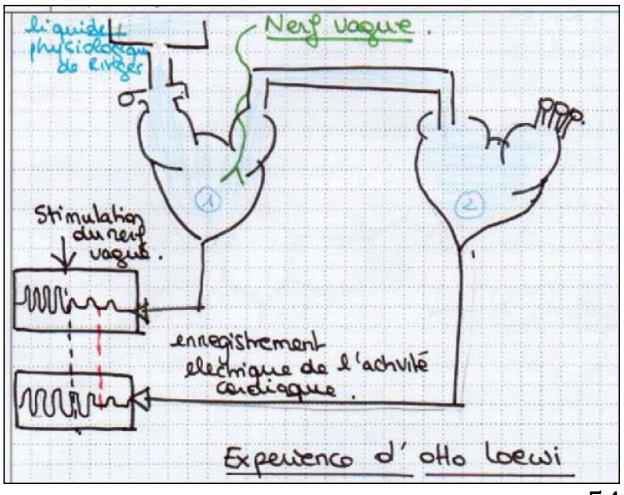
<u>Perturbations et interférences dans la communication chimique entre cellules eucaryotes</u>

L'étude des perturbations des communications intercellulaires pouvait être intégrée à l'un ou l'autre des items précédemment énoncés ou traitée à part. Elle pouvait permettre de démontrer l'existence des voies de communication ou de préciser leurs mécanismes. Elle pouvait également être abordée en tant que telle pour illustrer par exemple les enjeux relatifs à la prise en charge des pathologies.

4.1.4 Autres aspects pris en compte dans l'évaluation des copies :

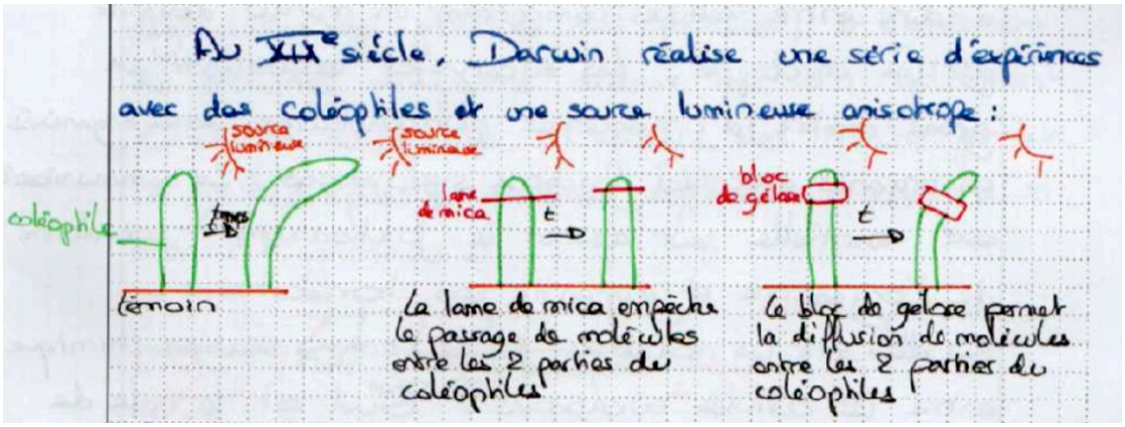
4.1.4.1. Démarche expérimentale et méthodes d'étude

La connaissance des techniques et des méthodes d'étude fait partie intégrante du raisonnement et donc de la formation en sciences expérimentales. On pouvait donc s'attendre à quelques développements sur les méthodes et techniques d'étude des communications cellulaires. Ces développements étaient d'ailleurs valorisés dans l'évaluation; pourtant, quasiment aucun candidat n'a abordé cet aspect. Ceci pouvait également être l'occasion de présenter certaines expériences historiques qui ont permis de mettre en évidence les phénomènes de communication cellulaire ou de faire



progresser la compréhension des mécanismes mis en jeu.

Quelques exemples de méthodes et techniques d'études qui auraient pu être mentionnés : Etude des interaction ligand / récepteurs par Scatchard plot, pontage/cross-linking, cristallographie des protéines, utilisation de substances perturbatrices pour la démonstration des mécanismes; études transcriptomiques globales des réponses cellulaires à des messagers chimiques (puces/microarrays), etc...

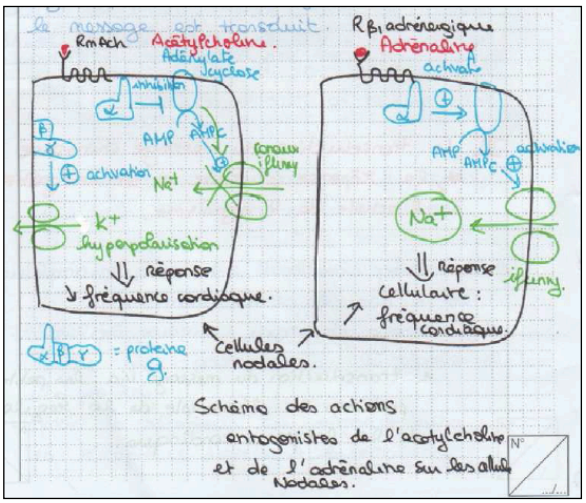


4.1.4.2. Choix et traitement des exemples :

Comme mentionné précédemment, le choix d'un certain nombre d'exemples précis était particulièrement important pour pouvoir traiter le sujet de façon efficace. De fait, il était possible à partir d'un nombre restreint d'exemples bien choisis, d'aborder de façon assez exhaustive à la fois les aspects relatifs aux principes de fonctionnement de la communication et les enjeux de cette communication. Le choix et la précision du traitement de ces exemples ont également été valorisés lors de l'évaluation.

4.1.4.3. Illustrations :

Un schéma bien construit, clair et synthétique, permet d'alléger considérablement, voire de remplacer, une explication sous forme de texte (voir les exemples qui illustrent ce rapport). C'est vrai aussi bien pour des schémas récapitulatifs que pour des schémas présentant des techniques d'étude ou des principes et résultats d'expériences. Certains candidats y recourent volontiers, ce qui se révèle payant en terme d'efficacité, de gain de temps et de compréhension par le correcteur. Le recours aux illustrations, la qualité de celles-ci et leur caractère explicatif ont été pris en compte dans l'évaluation.



4.2 SECTEUR B

4.2.1 Le sujet proposé

Les animaux et la température

4.2.2 Commentaires

Le sujet était un sujet de biologie des organismes tout à fait classique. Il se voulait sans ambiguïté quant à sa formulation et aux notions auxquelles il faisait référence. La formulation très concise et de forme affirmative devait permettre aux candidats de s'approprier rapidement le sujet et de formuler une problématique qui leur soit propre.

La lecture du sujet par les candidats semble avoir été très restrictive car la grande majorité s'est contentée de traiter la thermorégulation (et dans un certain nombre de cas uniquement chez les endothermes). La thermorégulation est bien entendue incluse dans ce sujet mais celui-ci ne saurait se limiter à celle là. Dans le même ordre d'idée, les exemples utilisés par les candidats se limitent quasi exclusivement aux vertébrés alors que les organismes animaux appartiennent à des groupes bien plus divers.

D'un point de vue formel, assez peu de copies ont été construites sur les adaptations au chaud puis les adaptations au froid, ce qui est heureux. Mais très peu de plans permettent vraiment de traiter du sujet dans la mesure où ils ne partent pas de la température et des échanges de chaleur mais de la diversité des animaux. En quelque sorte, la majorité des devoirs est construite à l'envers, ce qui dénote une curieuse attitude générale vis à vis de l'évolution et de la sélection.

Au sein des paragraphes traités, on attend un bon niveau de précision dans les exemples exposés ainsi qu'un bon niveau d'explication des phénomènes cités. Souvent, le phénomène n'est que cité, sans aucune explication, et l'exposé se trouve réduit à un catalogue de mots-clés. Ainsi, par exemple, il est vrai que la sudation permet une perte de chaleur. Mais on attend du candidat qu'il fasse preuve de ses qualités pédagogiques en expliquant pourquoi c'est le cas.

Les paragraphes qui suivent font référence aux chapitres de la grille de correction telle qu'elle est présentée ci-dessous. Il s'agit de rapides commentaires sur les attendus du jury et sur ce qui a pu être le plus souvent lu dans les copies.

4.2.2.1 L'introduction

L'introduction se doit d'être la partie où la problématique est formulée et posée. Cette problématisation est fondamentale car elle justifie les développements du devoir qui seront la présentation argumentée des réponses à cette problématisation. Celle-ci est malheureusement très pauvre dans la quasi-totalité des copies. Elle se résume à quelques phrases où il est fait constat que la température ambiante varie (ce qui ne correspond en rien à une problématisation). S'en suit une interrogation absolument non argumentée sur les moyens dont les animaux disposent pour faire face à ces variations de température ambiante. La suite du devoir devient alors un pur exercice de récitation, les candidats énumérant (avec plus ou moins de bonheur) toutes les connaissances qu'ils ont sur le sujet. Les éléments présentés peuvent être scientifiquement exacts, il n'en demeure pas moins que la démarche de mise en adéquation entre un problème et la solution biologique pour faire face à ce problème est quasiment toujours absente, ce qui fait alors de la copie une compilation de données biologiques plus ou moins exactes mais en aucun cas une présentation scientifique argumentée, ce qui est pourtant la finalité de cet exercice.

L'introduction est également la partie où les termes du sujet sont définis afin que le lecteur sache de quoi il va s'agir tout au long de la copie. Essentiellement deux remarques sur cet aspect de l'introduction :

- il ne s'agit pas de donner une définition exhaustive des termes mais d'apporter des éléments de compréhension au regard de la problématique posée par le sujet. Ainsi dans le sujet «les animaux et la température », une définition exhaustive du terme animal (présence de collagène, «vrais tissus», etc…), tout en restant exacte, est inutile car c'est essentiellement le caractère hétérotrophe des animaux qui est ici pertinent. Il n'y a bien sûr aucun problème à donner une définition aussi exhaustive que possible mais cela démontre le caractère automatique et non raisonné du traitement du sujet par

les candidats. Un sujet bien compris et bien appréhendé doit conduire à un choix pertinent dans les critères retenus pour l'explicitation des termes du sujet.
- le terme température a été défini dans très peu de copie et il semble que la distinction entre la chaleur (qui est une forme d'énergie) et la température (qui est la manifestation macroscopique de l'agitation moléculaire, elle-même étant fonction de la quantité de chaleur emmagasinée par la matière) soit inconnue de la grande majorité des candidats. La température ne se définit pas par les unités utilisées pour l'exprimer, comme lu dans de trop nombreuses copies. Il semble ici nécessaire de rappeler encore une fois que les bases physico-chimiques sous-tendant le fonctionnement du vivant se doivent d'être connues et maîtrisées par les candidats.

4.2.2.2 Les attendus du développement

La présentation de ces attendus renvoie à la grille de correction ci-dessous. Il ne s'agit pas de voir ici une liste exclusive de ce qui devait apparaitre dans les copies mais de ce que le jury s'attendait à y trouver. Il existait cependant un volume de points qui avait vocation à être attribué pour des copies abordant des items pertinents non répertoriés dans la grille.

Notions de physique et de thermodynamique

Parmi les notions les moins fréquemment et les plus maladroitement abordées figurent les principes physiques associés aux échanges thermiques ainsi que l'abord de la température comme paramètre physique conditionnant et étant conditionné par le fonctionnement des organismes animaux. Les modalités d'échanges thermiques (conduction, convection, évaporation, radiation), lorsqu'elles sont abordées dans les copies le sont le plus souvent comme des modalités propres aux animaux endothermes et non comme des principes physiques qui régissent les échanges thermiques entre deux corps. Des erreurs récurrentes ont été observées dans l'exposé de ces modalités d'échanges thermiques. On rappelle que la conduction de la chaleur ne se réduit pas à un échange par contact entre corps solides. Il y a conduction de la chaleur entre le corps de l'animal et l'air, ou l'eau, ambiant(e). Le jury tient donc à rappeler que des principes physiques simples régissent les propriétés et les échanges thermiques et que ces principes s'appliquent au vivant et qu'à ce titre ils ont à être connus et maîtrisés par des candidats à l'agrégation SVTU. Ces modalités d'échanges thermiques se devaient d'être présentées en dehors de tout aspect de thermophysiologie car elles ne s'appliquent pas qu'au vivant. Elles posent les fondements des adaptations et des réponses physiologiques et comportementales des animaux face à leurs environnements thermiques (modulation de la surface d'échange, du gradient thermique, de la couleur, de la vitesse de convection, etc.…).

Dans le même ordre d'idée, les principes de la thermodynamique (1er et 2ème principes) sont soit connus de très peu de candidats, soit considérés comme ne faisant pas partie des aspects à aborder dans le traitement d'un tel sujet. Dans un cas comme dans l'autre, il est préjudiciable aux candidats de ne pas énoncer ces principes qui rendent compte du fait que le fonctionnement du vivant est producteur de chaleur.

Thermobiologie

La considération de la température comme un déterminant du fonctionnement des organismes a été assez peu traitée. De trop rares copies évoquent l'incidence de la taille (rapport surface/volume) sur les échanges thermiques. La température comme facteur limitant du fonctionnement a été abordée plus fréquemment mais généralement de manière tronquée et/ou superficielle. Le plus souvent, le cas des températures élevées a été abordé en partie (beaucoup de candidats ont abordé l'effet de la température sur la cinétique enzymatique mais peu font la relation avec le métabolisme global de l'animal). Le cas des températures basses (résistance ou tolérance au gel) a été cité dans peu de copies. Ces notions, quand elles ont été traitées, ont été par ailleurs trop souvent illustrées par des schémas ou graphiques très fantaisistes ne reflétant en rien une réalité biologique.

Les adaptations des animaux

Dans de très nombreuses copies, les termes d'endothermie et d'ectothermie sont définis correctement. Malheureusement, très peu de copies traitent des stratégies évolutives ayant pu aboutir

à ces deux modèles de thermophysiologie (avantage en terme d'efficacité métabolique, aires géographiques de répartition, durée de vie, coût de maintenance, allocation des ressources,…). Ainsi, les copies abordant les adaptations à l'environnement thermique, qu'elles soient anatomiques, biochimiques, physiologiques ou comportementales, le font de manière «gratuite» et non argumentée. Ces copies sont alors assimilables à des catalogues présentant les différents «outils» dont les animaux sont équipés pour vivre dans leurs environnements thermiques. Le jury tient à rappeler que les notions abordées (ici les adaptations) ne doivent pas seulement être citées mais expliquées dans leurs principes et dans leurs intérêts biologiques et physiologiques.

La thermophysiologie des endothermes au sens le plus strict a été traitée dans l'ensemble des copies. Il faut cependant noter que dans nombre d'entre elles, il s'agit uniquement d'une compilation des réponses physiologiques aux variations de la température ambiante. Ces notions étaient bien entendu attendues mais encore une fois, sans une problématisation en amont, cela reste un pur exercice mémoriel et n'est en rien la démarche scientifique donc démonstrative attendue. Il est regrettable que la notion de boucle de régulation physiologique ne soit que rarement maîtrisée par les candidats.

Les aspects écologiques et évolutifs

Très peu de copie se sont attachées à ces aspects qui font pourtant pleinement partie du sujet. Quelques copies ont abordé le déterminisme du sexe par la température chez certains reptiles. Il semble que, soit les candidats ne connaissent pas les conséquences écologiques et évolutives que peuvent engendrer les contraintes thermiques auxquelles doivent faire face les animaux, soit une vision par trop restrictive du sujet a empêché les candidats de considérer ces aspects comme faisant partie du sujet. Quoi qu'il en soit, le jury attendait qu'au-delà des approches de thermobiologie, les candidats développent les conséquences évolutives (convergences oiseaux-mammifères, zonation, préférendum thermique,…) et écologiques (période d'hypométabolisme, défense et prédation,…) liées à la température.

La terminologie et les notions qu'elle recouvre

La terminologie relative au sujet est abondante et recouvre des notions parfois floues, parfois en contradiction avec le terme lui-même. Le jury aurait donc apprécié que les candidats mettent en perspective les différents termes et les notions qu'ils recouvrent afin d'éviter toute confusion et afin de montrer clairement que les aspects de la biologie liés à la température étaient parfaitement compris. Très peu de copies se sont intéressées à la terminologie autrement que pour l'utiliser de manière abstraite et théorique. A titre d'exemple, il est aisé de démontrer que les animaux endothermes ne sont pas homéothermes puisque la température interne varie et dans le temps et dans l'espace.

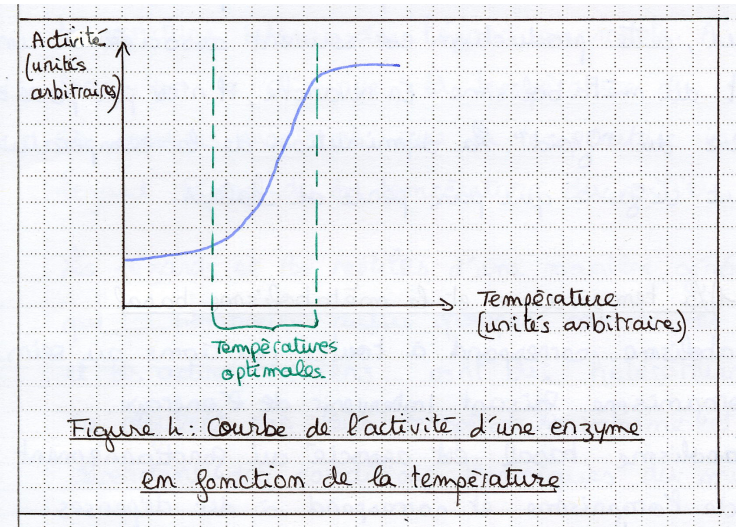
4.2.2.3 La conclusion

La conclusion est en regard de l'introduction. Sans une problématisation correcte en introduction, il devient impossible d'écrire une conclusion pertinente. Il n'est pas attendu une conclusion type (de même qu'il n'est pas attendu d'introduction type). La conclusion a donc pour finalité de reprendre la problématique liée au sujet telle qu'elle a été établie en introduction afin d'y apporter une réponse en reprenant les idées forces développées dans le corps du devoir. Les candidats sont ainsi invités à relire leur copie et à éviter les phrases creuses qui n'apportent absolument rien à leur composition (à titre d'exemple : «nous retrouvons les ours polaires essentiellement au niveau des pôles et les animaux désertiques au niveau des déserts»). Dans la mesure où la conclusion répond à l'introduction, ces deux parties ne doivent pas être interchangeables, comme c'est le cas dans de nombreuses copies.

4.2.2.4 Remarques sur la forme

Les candidats sont invités à (re)lire les rapports des jurys des années précédentes car la grande majorité des remarques sur la forme qui y figurent restent largement valables. Il ne devrait pas être nécessaire de rappeler à des candidats à l'agrégation que la maîtrise de l'orthographe est un prérequis indispensable. De même pour la propreté des copies. La compréhension de certaines copies s'apparente plus à du déchiffrement qu'à de la lecture, ce qui n'est pas admissible dans un tel concours.

Le jury déplore toujours le trop petit nombre et la pauvreté des illustrations présentées dans les copies. Les illustrations, lorsqu'elles sont présentes se doivent d'être scientifiques et exactes. Dans de nombreux cas, il semble que les candidats créent des graphiques ou des dessins à seule fin d'illustrer leur propos sans tenir compte de l'exactitude du message véhiculé par leur dessin ou leur graphe. Les graphes et dessins doivent être utilisés pour démontrer une notion en rapport évident avec la résolution de la problématique annoncée et le développement d'un raisonnement argumenté, mais non pour servir d'alibi illustratif sans relation évidente avec le sujet traitée.



Exemple d'illustration incorrecte dont la contribution à l'explicitation de la problématique reste obscure…..

chapitres		points clés	items	remarques
Introduction		contextualisation	animaux convertisseur d'énergie donc producteur de chaleur (2eme loi de la thermodynamique)	
			habitats thermiquement divers	
		problematisation	température impacte le métabolisme donc les besoins en énergie	
			la vie n'est compatible que dans des conditions physico-chimiques (donc de température) déterminées	
		annonce du plan		
		définition animaux	hétérotrophie	
		définition température	contenu de la matière en énergie calorique et/ou reflet de l'agitation moléculaire	
A Des principes physiques de base rendent compte des propriétés et des échanges thermiques		propriétés thermiques des milieux	capacité calorique de l'eau 3400 fois plus importante que celle de l'air	
			conductivité thermique de l'eau 25 fois plus grande que celle de l'air	
		conduction	gradient de température, surface, coefficient de conduction, loi de Fourrier	
		convection	flux de matière, taux de renouvellement, surface	
		radiation	longueur d'orde IR, gradient de T^4, surface	
		évaporation	2,4 kJ/g, surface, température de surface, HR ambiante, pertes ventilatoires, perspiration insensible	
Pour tout les items des chapitres B à E, le barème est de 3 fois n points : 0 point pour un item non abordé, 1n point pour un item abordé sans exemple, 2n points pour un item abordé avec exemple mais ure logique démonstrative défaillante, 3n points pour un item abordé avec exemple et ces articulations logiques utilisées à bon escient				
B La température et la chaleur sont des paramètres biolcgiques		effet de la température sur le métabolisme	Arrhenius, Q_{10}	
		effet du métabolisme sur la production de chaleur	efficacité métabolique, rendement maximum de 25%, chaleur = déchet métabolque, 1er principe de la thermodynamique	
		rapport S/V	relation taille-métabolisme-métabolisme spécifique, relation d'allométrie	
			animaux grandes tailles = problème d'évacuation de la chaleur (oreille de l'éléphant, inféodation à l'eau de l'hippopotame) animaux de petite taille = problème de conservation de la chaleur (fourrure de la souris)	
		La température est un facteur limitant du fonctionnement des organismes animaux	température élevée : dénaturation protéique, inactivation enzymatique, désorganisation membranaire, accumulation d'intermédiaires toxiques, apport en dioxygène insuffisant (animaux aquatiques)	
			l'eau est le solvant biologique, nécessité d'eau liquide pour permettre les réactions biochimiques (l'eau se solidifie à 0°C)	
			aire de tolérance thermique (température ambiante viable est fonction de la température ambiante d'acclimatement préalable, thermocompensation), animaux eurythermes vs. sténothermes (gastéropodes intertidaux,...)	
C L'organisme animal est adapté à son environnement thermique et peut faire face aux variations thermiques de son environnement	**C1** Les adaptations à l'environnement thermique	morphologies	règle de Bergman	
			règle de Allen	
		chromatiques	forme mélanique (ophidiens) aux altitudes et latitudes élevées	
		anatomiques	couche isolante (interne externe)	
			limitation des pertes évaporatives tégumentaires (kératinisation du tégument, internalisation des échangeurs respiratoires, cires tégumentaires imperméabilisantes)	
		biochimiques	large spectre d'optimum thermique des enzymes du métabolisme (Q_{10} proche voire égal à 1)	
			Km enzymatique de même valeur pour des espèces issues de milieux thermiquement très différents (*Trematomus vs. Manta*)	
			animaux résistant au gel : molécules antigel (glucose, sorbitol,glycerol, ...), surfusion, pas de site de nucléation, un exemple attendu (poisson des glaces)	
			animaux supportant le gel : conservation de l'intégrité physique des systèmes membranaires, protéines antigels, limitation de la croissance des cristaux de glace, pas de congélation du milieu intracellulaire, un exemple attendu (grenouille, larves d'insectes,...)	
		l'ectothermie, une stratégie à bas coût mais à faible performance	température corporelle variable en fonction de la température ambiante	
			pas d'investissement énergétique dans le maintien de conditions internes thermiquement optimales	
			performances métaboliques faibles et variables mais faible coût de maintenance	
		l'endothermie, une stratégie à haute performance mais à haut coût	indépendance vis-à-vis de la température ambiante, température corporelle généralement supérieure à la température ambiante	
			stabilité de la température corporelle, boucle de régulation (récepteur, signal afférent, centre intégrateur, point de consigne, signal d'erreur, signal efférent, effecteurs) exemple attendu (contrôle nerveux et hormonal de la production de chaleur (système nerveux sympathique, hormones thyroïdiennes), endothermes uniquement)	
			zone de neutralité thermique, températures critiques inférieure et supérieure, bilan thermique, métabolisme de sommet, hypothermie, hyperthermie	

			coût de l'endothermie 7 à 8 fois celui de l'ectothermie, performances optimisées et relative indépendance vis-à-vis de la température ambiante	
	C2 Les réponses animales aux fluctuations thermiques du milieu (les mécanismes étant identiques chez les ectothermes et les endothermes, sauf spécification contraire, un exemple pris dans chaque groupe est attendu)	modulation de la production de chaleur	frisson (contractions quasisynchrones de muscles antagonistes), endothermes, femelles boatidés, warm-up insectes	
			thermogenèse sans frisson (tissu adipeux brun, découplage de la phosphorylation oxydative, 40) fois plus thermogénique que du tissu autre de Mammifère), spécifique aux Mammifères	
		modulation du gradient thermique	contre-courants (patte d'oiseau,...)	
			comportement : zones ombragées, terrier, hibernaculum, migration	
			vasomotricité tégumentaire, réorientation des flux sanguins (profond vs. superficiels)	
		modulation de la surface d'échange	comportement individuel : modification de la posture positionnement par raport au rayonnement solaire (lézard, antilopes)	
			comportement collectif : modulation de la surface exposée à l'environnement par regroupement plus ou moins dense (manchots, nouveau-nés altriciaux)	
			modulation de la surface corporelle par décalage temporel des flux d'hémolymphe veineux et artériels (bourdon)	
		modulation de la convection	mise en mouvement du fluide environnant (battements rythmiques et synchrones des ailes des abeilles ventilant la colonie, battements des oreilles de l'éléphant, termitière))	
			modification de l'épaisseur de la couche isolante (piloérection, relevage des plumes), endothermes uniquement	
		modulation de l'évaporation	sudation, halètement, pertes hydriques (hémoconcentration)	
			liquéfaction/mise en place de la couche cireuse imperméabilisante (cires cuticulaires, grenouilles tropicales)	
			cornets nasaux, récupération de la vapeur d'eau, incidence sur la température corporelle (dromadaire)	
D Température et conséquences écologiques et évolutives	**D1** A l'échelle de l'individu et de l'espèce	température et reproduction	plaque incubatrice des oiseaux, couveurspouvoir fécondant des gamètes, mobilité des spermatozoïdes	
			déterminisme du sexe par la température chez certains reptiles	
			diapause (maintien et terminaison de la diapause), torpeur, hibernation	
	D2 A l'échelle inter-spécifique	fonction de défense	fièvre (endo thermes et ectothermes)	
			mort du prédateur par hyperthermie (abeilles et frelon asiatique)	
		prédation	détection de proies par rayonnement infra-rouge	
	D3 évolution de l'endothermie		relation endothermie/phanères, convergence oiseaux mammifères, origine de l'endothermie	
	D4 A l'échelle de l'écosystème, les zonations de peuplement		relation latitude/altitude vs. richesse spécifique en animaux endothermes/ectothermes	
			préférendum thermique	
E La température corporelle animale peut-elle être stable dans un environnement thermiquement instable ?		les animaux sont des hétérothermes spatiaux	noyau thermique, enveloppe thermique des endothermes	
			sinus caverneux/réseau carotidien : protection contre l'élévation de la température du cerveau (antilope, chien)	
			séquestration de la chaleur liée à l'activité musculaire (muscles de la nage, rete mirabile (thon))	
			cellule musculaire sans activité contractile, recyclage de calcium (organe rétro-orbitaire (marlin))	
		les animaux sont des hétérothermes temporels	abandon de l'endothermie si resscurces insuffisantes pour couvrir les besoins énergétiques (torpeur journalière, hibernation, estivation)	
			rythmicité de la température corporelle (nycthéméral, oestral)	
		homéothermie, endothermie, poïkilothermie, ectothermie, des notions à (re)définir	homéothermie = température corporelle stable (poisson abyssal), ne concerne donc pas les endothermes (*cf.* rythme nycthéméral)	
			endothermie = capacité à produire de la chaleur permettant d'élever la température corporelle au dessus de la température ambiante	
			poïkilothermes = température corporelle variable dans le temps (cas de tous les endothermes)	
			ectothermie = température corporelle dépendante de la température ambiante (cas de tous les animaux, au moins pour une partie de l'organisme)	
Conclusion		bilan (idées forces)		
		réponse à la problématisation de l'introduction		
		qualité de l'ouverture		
Plan		logique, cohérence, équilibre		
		cohérence entre les titres et les contenus		
Transitions entre les différentes parties				
Illustrations		quantité, qualité, titres, légendes, échelles,...		
Rédaction		clarté, concision		
		orthographe, syntaxe		
Présentation		propre, aérée		
			total forme	
			bonus	

4.3 SECTEUR C

4.3.1 Le sujet proposé

Les minéraux, témoins de l'histoire des roches

4.3.2 Commentaire général

Le jury a apprécié la volonté des candidats d'aborder ce sujet de synthèse le plus largement possible. Ceci fut illustré par le recours à des exemples variés dans les différents domaines des sciences de la Terre aussi bien en volcanologie qu'en sédimentologie, métamorphisme, minéralogie de l'intérieur de la Terre et parfois cosmochimie. Le sujet était effectivement très large et incitait les candidats à mobiliser des connaissances de base acquises durant l'ensemble de leur cursus et dans l'ensemble des domaines des sciences de la Terre. Au final, il manquait très souvent la définition de « minéral » dans de nombreuses copies ou au moins la prise de conscience que cette notion n'est peut être pas triviale. Cela aurait pu d'ailleurs pour le candidat audacieux servir de problématique : « je sais ce que c'est puisque je manie cette notion depuis toujours dans mes études et pourtant comment le définir ? ».

Quelques notions classiques sont systématiquement présentes : les séries de Bowen (parfois étonnamment évoquées pour expliquer l'ordre d'altération des minéraux, voire le métamorphisme), la classification en faciès métamorphiques d'Eskola (dont les détails sont cependant trop souvent mal maitrisés) ou encore la classification de Streckeisen. S'y ajoutent les diagrammes de Goldschmidt et de Hjulström qui souffraient cependant très souvent d'une mauvaise mise en relation avec le sujet (le minéral -et pas l'élément chimique, l'ion ou une particule- étant la pierre angulaire du sujet).

Le jury a constaté que les notions élémentaires de chimie, pourtant indispensables à tout enseignant en sciences, ne sont presque jamais maitrisées. Ceci est rendu évident par l'utilisation irraisonnée ou l'incapacité à définir des termes comme solubilité, sursaturation, fugacité en oxygène, réduit/oxydé, fer ferreux/fer ferrique/fer métal ; éléments compatible/incompatibles ; ferromagnésien est confondu avec oxydes de fer ; élément chimique avec isotope ou molécule, etc…

Les techniques d'étude des minéraux étaient forcément au cœur du sujet : le microscope optique est souvent évoqué, son principe plus rarement correctement précisé ; la cellule à enclume de diamants avec quelques erreurs parfois est elle aussi souvent mentionnée et même la spectroscopie Raman. En revanche, le jury a été surpris de ne quasiment jamais trouver de référence à la diffraction des rayons X qui est pourtant l'outil indispensable du minéralogiste. Enfin, les candidats ignorent dans leur grande majorité les techniques permettant d'obtenir la composition chimique d'un minéral (car le nom d'un minéral et sa structure ne donne pas forcément la stœchiométrie exacte d'un minéral) comme la microsonde électronique par exemple.

Le jury souligne enfin que les notions de cristallographie sont parfois exposées mais alors de manière très théorique et ne semblent pas toujours comprises (notamment la place de l'atome ou de la molécule par rapport à la maille cristalline). La notion de solution solide n'a été que très rarement abordée. Trop peu de candidats, par exemple, expliquent pourquoi certains polymorphes sont plus stables que d'autres à haute pression étant donné leur arrangement atomique ou pourquoi telle argile à telles propriétés. Ceci rejoint une critique plus générale sur l'ensemble des développements faits dans les devoirs qui restent très théoriques avec peu de détails sur les approches qui ont permis

d'aboutir aux constats/connaissances donnés et/ou d'exemples simples et concrets de lieux, de formations et/ou de roches dans lesquels on retrouve les associations minérales évoquées.

4.3.3 Eléments de corrigé

4.3.3.1 Introduction

Le métier du géologue consiste à retracer l'histoire de la Terre et les variations des conditions environnementales et biologiques qu'elle a connues. Cela passe au premier ordre par une analyse des archives géologiques dont les minéraux sont un constituant majeur (à côté des glaces, des kérogènes etc..).

La définition de minéral n'est pas forcément simple. En chimie on distingue la matière organique (molécules contenant du carbone réduit) de la matière minérale. Ce n'était cependant pas le sens du mot entendu par le sujet. En sciences de la Terre on entend par minéraux des espèces naturelles définies par une composition chimique donnée (qui peut néanmoins varier dans une certaine gamme, par exemple les calcites plus ou moins magnésiennes) et en général avec une structure cristallographique particulière, c'est-à-dire une géométrie particulière d'empilement des atomes constitutifs. On définit la maille cristalline (plus petit volume cristallin qui présente toutes les propriétés géométriques (c'est-à-dire symétrie et dimensions), physiques et chimiques du cristal). Elle est définie par les longueurs des trois vecteurs a, b, c et les trois angles α, β, γ avec des règles de symétrie spécifiques (permettant de distinguer par exemple des polymorphes tels que la calcite et l'aragonite qui ont la même composition chimique en ce qui concerne les majeurs). Il est cependant à noter qu'il existe aussi, parmi les espèces minérales, des composés dits amorphes (qui n'ont pas un agencement régulier des atomes constitutifs à longue échelle spatiale), comme les verres silicatés naturels par exemple. Il y a d'ailleurs un continuum entre état amorphe et cristallin. Par rapport à la définition du chimiste, il est à noter que le graphite, composé de carbone réduit, est aussi un minéral.

La minéralogie est la science qui étudie les minéraux. Elle a mis au point au cours de son histoire des techniques permettant de déterminer un certain nombre de propriétés morphologiques (forme et taille des minéraux), texturales (agencement des minéraux les uns part rapport aux autres), structurales (géométrie de l'agencement des atomes au sein des minéraux) et chimiques (éléments dits majeurs et mineurs, en quantité trace ou encore composition isotopique) qui caractérisent ces minéraux. On pourrait ajouter leur couleur, leur dureté, leur teinte de biréfringence. Un des enjeux du sujet consistait à définir ces propriétés caractéristiques des minéraux et à montrer comment et pourquoi elles nous renseignent sur des processus majeurs survenus à la surface de la Terre.

Problématique : On peut se demander comment l'analyse de telles propriétés qui pourrait ne ressembler qu'à une simple liste descriptive et rébarbative à propos d'espèces chimiques (les minéraux) stéréotypées en ce qui concerne leur composition chimique et leur structure (il en existe environ 4000, 200 fréquentes, et un agrégatif moyen en connait 20) et de relativement petite taille (même s'il existe de « grands » cristaux métriques) par rapport aux échelles spatiales pertinentes, pourrait permettre de décrypter l'enregistrement d'importantes informations sur l'histoire de la Terre. Le devoir va consister à illustrer, par un certain nombre d'exemples classiques des sciences de la Terre, la nature et la diversité des informations (géodynamiques, paléoenvironnementales, paléobiologiques) livrées par les minéraux et à montrer sous quelles formes cette information est enregistrée (morphologie, structure, chimie et autres propriétés des minéraux).

Parmi les autres grandes questions sous-jacentes intéressantes qui peuvent être poursuivies dans un tel devoir, on peut penser à :

→ quels principes physico-chimiques sous-jacents conduisent à l'enregistrement d'informations puis à leur « fossilisation » dans des structures minérales (dans de nombreux cas, on postule un état d'équilibre thermodynamique qui nous permet alors d'associer un minéral à des conditions physico-chimiques de formation données ; parfois c'est la réalisation d'états hors-équilibre –par exemple par le vivant- qui peut expliquer des morphologies ou des structures inhabituelles)?

→ Une autre manière plus intuitive, peut être poétique, de formuler cette idée est de se demander pourquoi les minéraux sont finalement des entités centrales pour les sciences de la Terre comme le sont par exemple les cellules en biologie. *La minéralogie est en quelque sorte pour les sciences de la Terre ce que la biologie cellulaire est à la biologie*. Qu'est ce qui fait que c'est à cette échelle d'intégration que les analyses pour les datations, pour les compositions en éléments traces, prennent un sens ? En gros que perdrait-on à se passer de la minéralogie en étudiant plutôt la matière à l'échelle atomique ou bien à l'échelle de la roche ou encore de la formation géologique? [Par exemple, un certain nombre d'analyses, certes, peuvent être faites à l'échelle d'une roche totale mais l'on comprend ces analyses parce que différents minéraux vont incorporer de manière différente les radio-isotopes et leurs éléments fils pour les techniques de datation ou bien que différents éléments en quantité trace sont incorporés différemment selon les phases minérales présentes].

4.3.3.2 De nombreux plans sont possibles et ont été observés dans les copies

Le sujet aurait pu être abordé en fonction des propriétés des minéraux qui peuvent être décrites : texture, structure, composition chimique, couleur, dureté (quoique cela apporte des informations surtout pour l'identification même du minéral), teinte de biréfringence, etc... Cela revient finalement à expliquer le travail du minéralogiste et à détailler la nature des propriétés des minéraux qui stockent l'information en illustrant à chaque fois avec un type d'histoire racontée par un minéral.

Une autre approche consistait à aborder le sujet en fonction de la nature des informations enregistrées : âge des roches, température et/ou pression subies par les roches (et donc leur histoire géodynamique *s.l.*, pour des roches magmatiques, métamorphiques ou sédimentaires), la fugacité en oxygène (roches magmatiques, métamorphiques ou sédimentaires notamment du Précambrien), la polarité et la direction du champ magnétique terrestre etc…

Une autre approche, enfin, balayait la diversité des domaines des sciences de la Terre dans lesquels l'étude des minéraux apporte des informations (les grandes questions abordées par les sciences de la Terre), par exemple : l'étude du système solaire (par l'intermédiaire des météorites), l'étude de la géodynamique de la Terre (Terre profonde et lithosphère), l'étude des variations paléoenvironnementales et paléobiologiques de la surface de la Terre.

La correction ci-dessous ne propose donc pas un plan particulier mais aborde quelques points qui devaient être développés dans un devoir. Il n'était bien sûr pas attendu qu'un devoir donné puisse évoquer chacun des exemples donnés ci-après. Le barème s'attachait plutôt à identifier les grandes idées.

I. Définition et exemples de minéraux

Cet aspect pouvait être traité dans une introduction élargie ou une partie suivant l'introduction ou bien en filigrane à travers le sujet. On attendait plusieurs notions ; voici un glossaire :

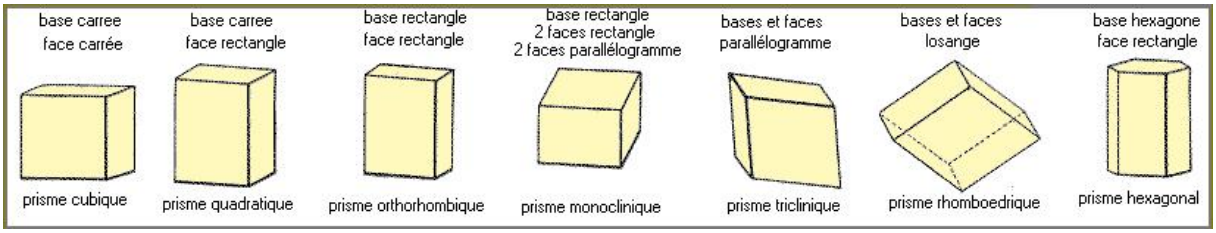
-Minéral = un minéral est un solide naturel (s'il n'y a que des exemplaires synthétiques, on ne donne pas de nom à ce minéral) homogène caractérisé par une structure atomique ordonnée et une composition chimique définie. A distinguer de la définition du chimiste par exemple qui peut s'adresser à un élément minéral (par exemple, Na) *vs.* molécule organique (par exemple, glucose).

-Polymorphe : même composition chimique mais structure cristalline différente (ex. aragonite/calcite ; silicates d'alumine)

-Maille cristalline : plus petit volume cristallin qui présente toutes les propriétés géométriques (symétrie, dimensions), physiques et chimiques du cristal. Elle est définie par les longueurs des trois vecteurs a, b, c (distances interatomiques ; ordre de grandeur=Angström) et les trois angles α, β, γ. On conserve les propriétés de symétrie de l'échelle atomique à l'échelle macroscopique puisque le minéral à l'échelle macroscopique est obtenu par une translation dans toutes 3 dimensions de l'espace de la maille de base.

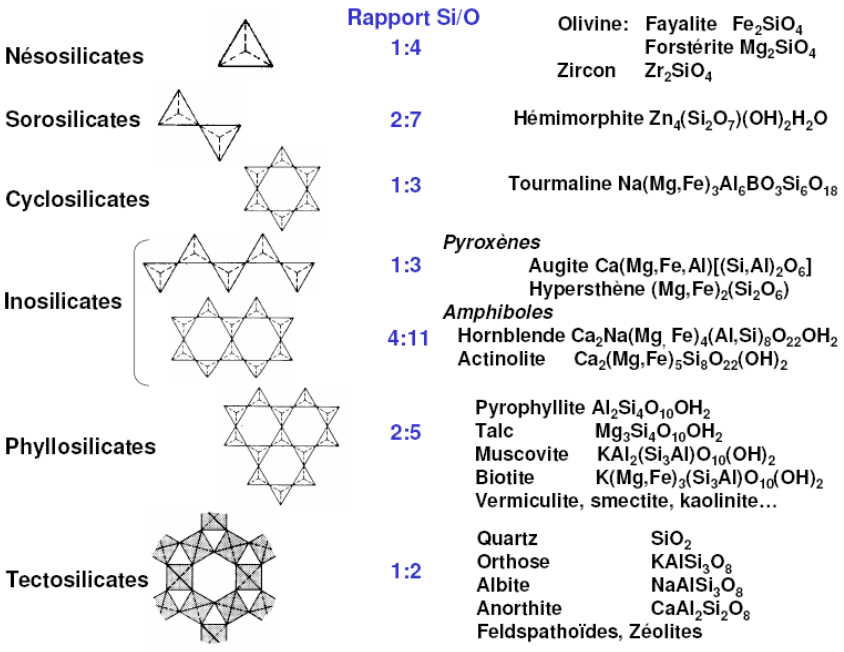
L'espèce minérale a une dimension différente de la famille biologique mais il y a bien sûr une classification pour mettre de l'ordre dans la diversité existante. Les classifications peuvent être structurales et/ou chimiques dont certaines sont présentées ci-dessous.

-Système cristallin : classement des cristaux sur la base de leurs caractéristiques de symétrie. *Une explication de ce que sont les systèmes et la mention d'un exemple plutôt qu'une énumération complète des différents systèmes étaient attendues*. On en distingue 7 : triclinique, monoclinique, orthorhombique, tétragonal (ou quadratique), trigonal (ou rhomboédrique), hexagonal, cubique.



De http://www.geowiki.fr/index.php?title=Syst%C3%A8mes_cristallins

-Motifs d'agencement de base des minéraux, par exemple les silicates : le tétraèdre de silicium. Il s'agissait de montrer comment les différentes géométries de polymérisation de ces tétraèdres conduit à différentes familles de silicates (par exemple nésosilicates dont l'olivine ; sorosilicates ; cyclosilicates ; inosilicates comme les pyroxènes ou amphiboles ; phyllosilicates ; tectosilicates). *Encore une fois, quelques exemples illustrés à travers le devoir plutôt qu'une liste exhaustive étaient attendus*. Le candidat pouvait aussi illustrer ce lien entre échelle atomique et échelle structurale avec un carbonate ou toute autre famille minérale de son choix.



De http://st

-Familles chimiques des minéraux et exemples de minéraux. A nouveau l'exhaustivité n'était pas attendue mais il était nécessaire de mentionner la diversité au cours du sujet. Pour rappel, on en distingue 10 : éléments natifs (métaux comme argent, cuivre, or etc…, les métalloïdes comme arsenic, antimoine etc.. et les non-métaux comme diamant, graphite, soufre) ; les sulfures (galène : PbS, pyrite : FeS_2) ; les oxydes et hydroxydes (corindon : Al_2O_3, hématite : Fe_2O_3, magnétite : Fe_3O_4 ; gibbsite : $Al(OH)_3$) ; les halogénures (halite : NaCl) ; les carbonates et nitrates (aragonite et calcite $CaCO_3$) ; les borates ; les sulfates, chromates (gypse : $CaSO_4.2H_2O$) ; les phosphates, arséniates (apatite : $Ca_5(PO_4)_3(OH, F, Cl)$; les silicates (orthose : $KAlSi_3O_8$, anorthite : $CaAl_2Si_2O_8$; quartz :

SiO_2 ; Olivine : Fe_2SiO_4 ; pyroxène diopside : $CaMgSi_2O_6$; biotite : $K(Mg, Fe)_3Si_3AlO_{10}(OH)_2$) ; les minéraux organiques (ambre, corail rouge).

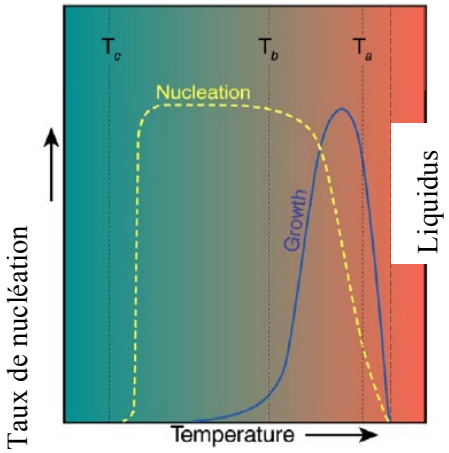
II. Propriétés mesurables des minéraux et relations avec leurs conditions de formation

Le principe de ce point II était d'évaluer les connaissances du candidat sur les principes de minéralogie/pétrologie qui permettent d'expliquer comment une information est stockée dans un minéral.

★**Morphologie** : il s'agit de la taille des minéraux ; leur forme (isométrique ou bien en feuillet ou en baguette) ; ont-ils des faces clairement exprimées ou non (on parle parfois d'amorphe mais cela prête à confusion avec la notion de structure) ? Dans le cas de minéraux automorphes, on peut les décrire en repérant et dénombrant les axes de symétrie (qui peuvent être d'ordre 2, 3 ou 4, cf. systèmes cristallins).

Les tailles peuvent mesurer quelques nanomètres (nanocristaux/nanoparticules/colloïdes), micromètres (microcristaux), plusieurs millimètres/centimètres (visibles à l'œil nu=phénocristaux) ou même plusieurs mètres (dans les pegmatites par exemple).

Deux processus jouant dans des sens opposés sont souvent invoqués pour expliquer les variations de taille : la nucléation et la croissance. La nucléation est le phénomène selon lequel apparaissent les premiers germes cristallins (nuclei) de taille nanométrique. La croissance se développe ensuite couche par couche généralement. Si le taux de nucléation est élevé et la croissance faible alors on aura de nombreux petits cristaux (texture microcristalline des roches plutoniques ou micritique des roches sédimentaires, cf. après). En revanche, peu de nucléation et beaucoup de croissance induiront le développement de gros cristaux. Les paramètres contrôlant l'intensité de la nucléation sont variés : par exemple, la vitesse de refroidissement pour un magma (en fait l'écart en température sous le liquidus) : plus le refroidissement est rapide, plus on va augmenter la nucléation. Dans une solution aqueuse, le pH ou bien l'activité (concentration) du calcium ou des ions carbonates par exemple vont influencer l'intensité de nucléation des carbonates (en fait c'est plus précisément la sursaturation de la solution par rapport à la phase minérale formée qui va intervenir).



D'après Les roches magmatiques, Marguerite Lallier

Selon sa forme plus ou moins régulière, un minéral est qualifié d'automorphe (minéral se présentant sous la forme d'un cristal parfait ou, au moins, limité par des faces cristallines planes) ou de xénomorphe (minéral qui, bien que cristallisé, ne présente pas les faces caractéristiques du système cristallin). Cela dépend de l'espace disponible lors de la croissance du cristal et nous renseigne donc sur les séquences de cristallisation. Il peut y avoir des altérations de la forme liées à de la corrosion ou bien des cassures. La morphologie spinifex (appelée classiquement texture

spinifex) correspond à des morphologies en baguettes allongées de l'olivine observée par exemple dans les komatiites et indiquant une cristallisation rapide de liquide en surfusion.

Pour illustrer les relations morphologie/histoire d'un minéral, le candidat pouvait utiliser sinon l'exemple des grains de quartz dans les sables (on parle d'exoscopie du quartz pour ce type d'approche). Dans ce cas, la morphologie ne dépend pas des conditions de formation mais des conditions de transports subies par les cristaux. On peut déterminer la granulométrie du sable tout d'abord et distinguer des sables plus ou moins bien triés selon l'énergie et la distance de transport. On distingue des grains non usés, anguleux avec des traces de chocs indiquant peu de transport ; des grains émoussés luisants, brillants, transparents, polis indiquant un transport par l'eau ; des grains ronds mats, sphériques, pas transparents indiquant un transport par le vent. Des traces de chocs ou de dissolution observables en microscopie électronique à balayage peuvent aussi donner des informations sur l'énergie du transport ou l'intensité de l'altération subie.

★Structure

C'est la façon dont les atomes sont arrangés géométriquement au sein de la maille cristalline qui est l'unité élémentaire minimale dont la répétition périodique dans les trois directions de l'espace permet de reproduire l'intégralité du cristal. Lorsque cet arrangement est géométrique sur de longues distances, on est en présence d'un composé cristallisé. Lorsqu'en revanche, il n'y a pas de périodicité à longue échelle spatiale (long signifie plusieurs longueurs de maille), on parle de composé amorphe. La structure (pour une chimie donnée) est directement reliée à la densité du minéral. La nature amorphe ou cristallisé peut dépendre des conditions de formation (prendre comme exemple une lave refroidie rapidement ou lentement ; dans certains systèmes biologique très sursaturés et riches en composés organiques on peut obtenir des phases de carbonate de calcium amorphe plutôt que des phases cristallisées), ou bien d'une amorphisation secondaire liée à un choc ou à des dégâts d'irradiation (dans les zircons par exemples).

Spécifiquement à cette partie, il y a parfois des irrégularités dans l'arrangement atomique des minéraux, c'est ce que l'on appelle des défauts cristallins. Nous n'attendions pas des candidats qu'ils nous décrivent les types de défauts (point, dislocations, plans etc…). Mais plusieurs candidats ont pu évoquer les quartz choqués que l'on retrouve par exemple associés à la limite K/T et éventuellement les PDF (planar deformation features) qui apparaissent en microscopie optique comme de très fines lignes rectilignes, parallèles à certains plans cristallographiques simples du quartz et qui correspondent à des fines lamelles de silice amorphe correspondant à des verres de stishovite, d'une épaisseur maximale de 0,1 micromètre formés pendant le passage de l'onde de choc.

★ Propriétés magnétiques

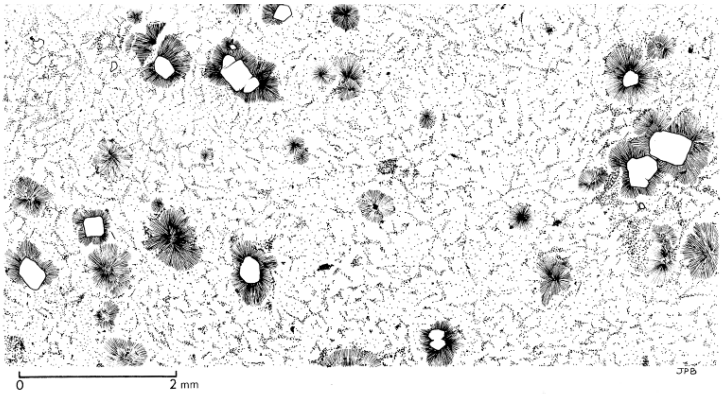
Certains minéraux (notamment les minéraux ferro- ou ferrimagnétiques). Ces minéraux acquièrent une aimantation rémanente (c'est-à-dire qui ne disparait pas en l'absence de champ ambiant) enregistrant notamment la direction du champ magnétique terrestre lorsque la température de leur environnement est passée sous la température de Curie (entre 450 et 700°C selon leur nature). Ceci a permis de retracer les variations de la polarité du champ magnétique et désormais de dater une roche.

★Texture

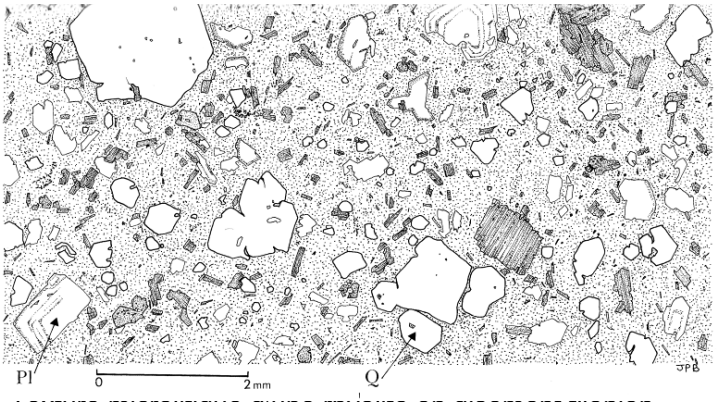
Il s'agit de l'agencement des cristaux entre eux. Il n'est pas forcément simple dans la rédaction de la découpler de la morphologie : la texture grenue, microlitique ou vitreuse des roches magmatiques correspond à la présence respective de phénocristaux, de nombreux microcristaux ou bien de l'absence de cristaux visibles au microscope.

Nous n'attendions pas un listing exhaustif des textures existantes car il y en a énormément mais 2-3 exemples, décrits, si possible dessinés et associés à un exemple précis de roche trouvée à un endroit précis par exemple : pour les roches plutoniques : grenue/microlitique/vitreuse. Ou plus spécifiquement par exemple, grenue équante [cristaux sont de même taille (de l'ordre du mm ou du cm)] dans un granite au choix ; pegmatitique (minéraux de taille centimétrique à pluri-métrique, quartz et feldspath automorphes, avec ou sans micas), coronitique (texture réactionnelle entre minéraux différents formant une couronne), perthitique et texture antiperthitique (exsolution d'albite dans du feldspath potassique ou exsolution de feldspath potassique dans le plagioclase) etc…

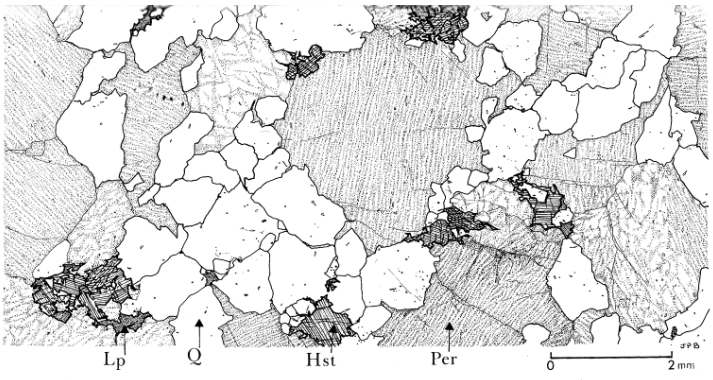
Figures tirées de Microtextures des roches magmatiques et métamorphiques, Bard



Texture hyaline sphérolitique (verre rhyolitique dévitrifié)



Texture microlitique d'une rhyolite en gisement filonien



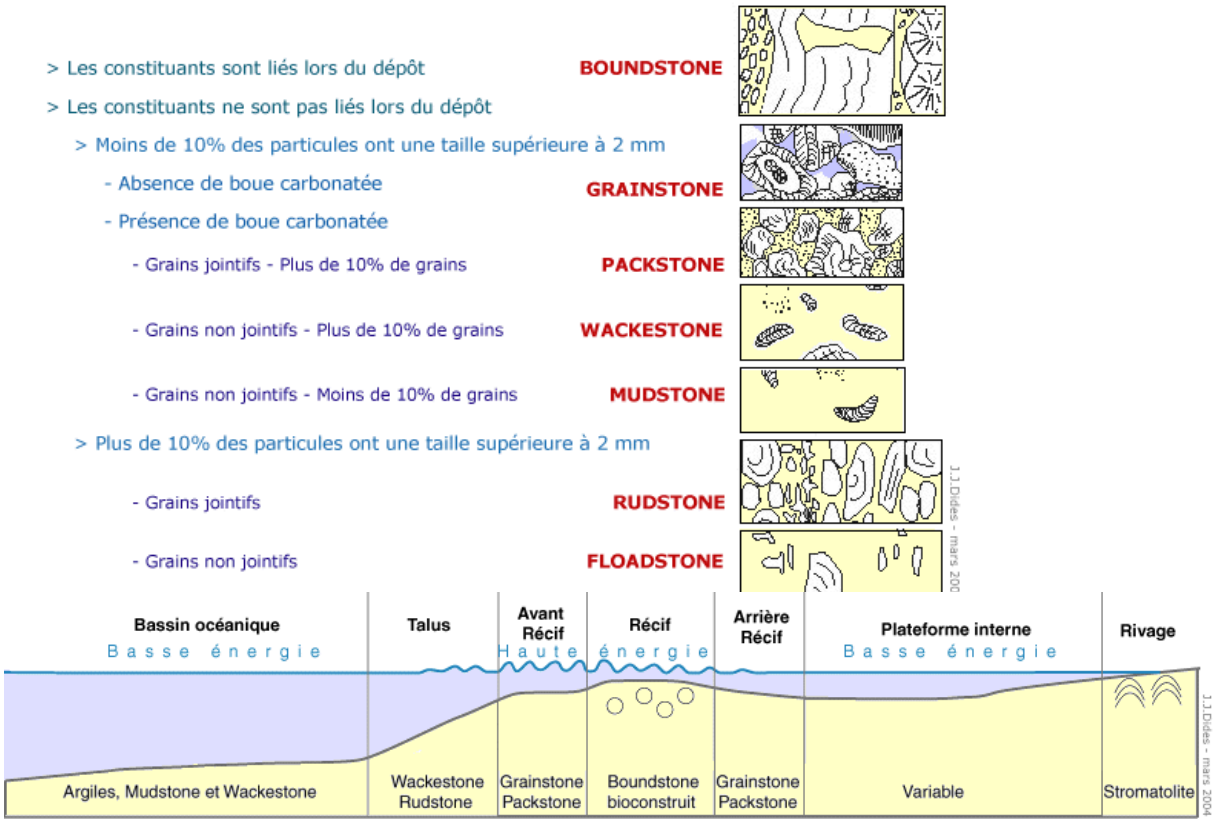
Texture grenue d'un granite alcalin

N.B : On attend à ce que le candidat décrive quelques textures mais surtout à ce qu'il les relie à des informations qui peuvent être retirées.

-Pour les roches sédimentaires :

Micrite (plus de 50% de cristaux de taille inférieur à 0,004 mm). La présence d'une telle boue implique un dépôt en eau très calme ; Sparite (plus de 50 % de cristaux supérieurs à 2 mm). La présence de sparite indique en principe et sauf recristallisation un milieu de haute énergie (agité) et peu profond. Ou autre types de classification (classification de Dunham) qui donne aussi des indications sur l'hydrodynamisme du dépôt : mudstones (moins de 10% de grains, le reste est une boue microcristalline), wackestones (plus de 10% de grains ; la boue est suffisamment présente pour donner l'impression que les grains flottent), packstones (plus de 10 % de grains, et ceux-ci sont

jointifs avec une boue peu abondante comblant seulement les espaces) ; grainstones (grains jointifs, dont les interstices peuvent être comblés par un ciment).



De http://pedagogie.ac-montpellier.fr/svt/litho/argeliers/exploitation%20peda.htm

-Pour les roches métamorphiques : les termes de foliation et de linéation sont attendus ; granoblastique/lépidoblastiques éventuellement. Faciès de minéraux anté-, syn-, post-cinématiques (ombres de pression, inclusions orientées, indicateurs de sens de cisaillement)

La description de quelques textures doit s'accompagner de celle des processus conduisant à la formation de telles textures. Par exemple :

Grenue/microlitique/vitreuse : vitesse de refroidissement d'un magma et/ou teneur en eau

Une idée intéressante et qui a donné lieu à des points de bonus était de relier la progression d'un système dans un diagramme de phase lors du refroidissement d'un magma par exemple avec la texture. Par exemple, montrer une texture de perthite en l'expliquant à l'aide du diagramme de phase binaire des plagioclases (anorthite-albite).

★Chimie

On peut distinguer la composition chimique élémentaire des majeurs, des mineurs. La limite varie parfois entre les auteurs mais en gros les majeurs sont >1% en concentration massique, les mineurs >0,1% (ou 100 ppm) et les traces <0,1%.

Normalement, un minéral donné a une composition chimique donnée mais il existe en fait des variations liées à la possibilité de substitution : par exemple, plus ou moins de Mg dans la calcite selon les conditions de formation (notamment la température ou bien la concentration en Mg du milieu ou bien l'organisme vivant formant la calcite). Il existe des solutions solides : par exemple, Na-plagioclases vs. Ca-plagioclases (ou Fe-olivine = fayalite vs Mg-olivine = forstérite). Ces phases n'ont

pas les mêmes domaines de stabilité en température, pression ou selon les concentrations du milieu en certains éléments.

→ Eléments en quantité trace

Un certain nombre d'éléments peuvent être plus ou moins incorporés dans une structure cristalline selon bien sûr la taille relative des sites cristallochimiques au sein de la structure et celle des atomes concernés. Cette taille peut varier en fonction du degré d'oxydation de l'atome concerné ; cf. les anomalies en europium dans les plagioclases : l'europium est incompatible (il rentre peu dans la structure des plagioclases) lorsqu'il est sous sa forme Eu^{3+} comme c'est le cas dans un magma avec des conditions relativement oxydantes alors qu'il devient compatible sous sa forme Eu^{2+} sous des conditions réduites. On voit ainsi que l'on a un marqueur des conditions rédox du milieu de formation du minéral en mesurant la teneur relative en Europium par rapport aux autres terres rares.

On définit un coefficient de partage comme le rapport entre la concentration d'un élément donné dans un minéral et celle du même élément dans le liquide en équilibre avec ce minéral. Les éléments incompatibles sont caractérisés par un coefficient de partage très inférieur à 1 et les éléments compatibles par un coefficient de partage >1. Par exemple, la connaissance de ces coefficients de partage permettent de déduire un degré de fusion connaissant la concentration de l'élément dans le liquide formé, dans la roche initiale et le mode de fusion (à l'équilibre ou bien fractionnée). Il a été montré que le partage d'éléments en trace comme le Sr ou le Mg entre l'aragonite produite par les foraminifères ou les bivalves et l'eau de mer dépend en partie de la température, ce qui permet d'utiliser la composition chimique de ces minéraux comme « proxy » paléoclimatique.

→ Composition isotopique

Datations : les minéraux lors de leur formation piègent plus ou moins les éléments chimiques selon le rayon ionique de ces éléments (d'où les coefficients de partage) mais de manière identique différents isotopes d'un même élément (c'est au premier ordre le cas pour les éléments lourds pour lesquels les fractionnements isotopiques sont faibles). En dessous d'une certaine température (dite de fermeture), le système devient conservatif. Cela permet d'utiliser ces minéraux comme cibles pour dater les roches.

Le jury n'attendait pas une récitation exhaustive des méthodes de datation mais il était attendu de trouver certaines idées importantes :

-Par exemple, le principe de la technique isochrone sur différentes fractions minérales permet d'illustrer le fait que différents minéraux incorporent différemment l'élément père (par exemple le Rb) et l'élément fils (Sr) mais de manière identique l'isotope radiogénique (^{87}Sr) et non radiogénique (^{86}Sr) du même élément. Cela permettait aussi d'illustrer la notion de fermeture du système.

-L'évocation des zircons ($ZrSiO_4$) qui n'incorporent quasiment pas l'élément fils (Pb) mais abondamment l'élément père (U) permet de dater simplement le zircon lui-même. De plus, sa résistance chimique remarquable permet de remonter à des âges très anciens (jusqu'à 4,4 Ga). Couplé à la mesure d'autres isotopes qu'ils renferment et notamment ceux de l'oxygène ($^{18}O/^{16}O$), on peut remonter aux sources et mettre en évidence l'existence d'océans sur Terre à la même époque.

-Informations sur les conditions existant pendant la formation des minéraux : on peut aussi utiliser les isotopes stables (^{18}O, ^{13}C, ^{56}Fe etc…) avec cette fois ci l'importance des fractionnements isotopiques lors de la formation des minéraux notamment pour remonter à des conditions environnementales : température, source du carbone, fugacité en oxygène du milieu etc… Cette information peut néanmoins être affectée comme toutes les autres d'ailleurs par la diagenèse. Exemple classique : les courbes de $d^{18}O$ obtenues à partir de mesures sur la calcite du test de foraminifère (ou l'aragonite des squelettes coralliens). Elles nous donnent des informations paléoenvironnementales (température et de l'eau et existence d'une calotte glaciaire).

II.6 Etude d'inclusions dans les minéraux

★ On peut étudier des inclusions de minéraux dans des minéraux (parfois très résistants chimiquement et/ou mécaniquement) : par exemple, les inclusions dans certains diamants donnent des indications sur leur origine profonde ; la préservation de coésite dans les grenats donne des indications sur la géodynamique et le plongement profond de croûte continentale ; les zircons.

★ On peut étudier des inclusions fluides dans les minéraux qui permettent de reconstituer l'origine des fluides en profondeur, et d'étudier leur nature et leur quantité. Leur composition peut être déduite notamment d'études en microscopie optique en balayant en température les conditions permettant la volatilisation ou la condensation de ces fluides.

III) Relation composition minéralogique d'une roche et conditions du milieu

Il était important de dégager la notion de mode (composition minéralogique réelle de la roche) et de norme (composition minéralogique théorique d'une roche obtenue à partir d'une analyse chimique totale de la roche et selon un principe de calcul faisant l'hypothèse que différentes phases minérales précipitent complètement l'une après l'autre dans un ordre défini). Alternativement, le candidat pouvait dégager la notion de paragenèse et de faciès métamorphique (gamme de pression et de température dans laquelle on va observer une paragenèse particulière, à condition que la roche ait la composition chimique adéquate).

-Exemple des séries de Bowen : différents minéraux (du fait de leur structure et donc de leur stabilité) apparaissent en fonction de l'avancement d'une séquence de cristallisation (notamment température de cristallisation et saturation du magma). Il est important de se souvenir qu'il s'agit d'une séquence théorique et les candidats oublient trop souvent de donner des exemples par exemple de différenciation avec lesquels ils peuvent illustrer de manière plus convaincante cette notion.

-La nature des minéraux est utilisée pour classer les roches magmatiques (Streckeisen) ce qui nous renseigne sur des contextes géodynamiques de mise en place.

-Les notions de solubilité et de sursaturation pouvaient être illustrées grâce à la séquence de cristallisation des évaporites ou bien partir de l'exemple de l'équilibre des carbonates en fonction du pH. Au final, on voit que pour un minéral donné précipite dans une solution il faut avoir dépassé la saturation, c'est-à-dire que le produit des affinités (ou concentrations au premier ordre) des éléments en solution soit supérieur à la constante de solubilité. On définit la sursaturation comme le rapport entre le produit des concentrations à la constante de solubilité (Ks). Lorsqu'une solution est très sursaturée (c'est-à-dire très hors équilibre et très favorable à la précipitation minérale), on peut voir apparaitre des phases normalement peu stables thermodynamiquement comme par exemple la vatérite, un polymorphe de carbonate de calcium.

- Les diagrammes de phase sont utilisés pour prédire la nature des phases stables thermodynamiquement dans des conditions données de pH, température, pression, rédox (pE) etc… Il était attendu des candidats qu'ils expliquent leur signification, notamment l'idée qu'il s'agit d'états impliquant un équilibre thermodynamique avec des lignes correspondant à des réactions (univariant). Qu'ils expliquent aussi comment on les obtient (expérimentation et/ou calculs thermodynamiques). On attendait un exemple de diagramme simple au moins (pas forcément besoin d'un diagramme ternaire !).

- La notion de transition de phase était à mettre en relation avec celle de polymorphe. On a ainsi des possibles marqueurs des conditions de P et/ou T. On attend au moins un exemple : transitions de phase dans le système SiO_2 par exemple depuis le quartz (hexagonal) vers la coésite (monoclinique) puis la stishovite (quadratique) selon une augmentation de la pression avec des changements de

coordinence du silicium par l'oxygène –on passe de 4 oxygène pour un Si dans le quartz et la coésite à 6 dans la stishovite ; autres exemples avec l'olivine (formes a, b, g) , les silicates d'alumine (disthène, andalousite, sillimanite) que les candidats doivent savoir placer correctement sans inversion entre les polymorphes dans un diagramme de phase : ou encore les polymorphes du carbone (graphite, diamant) ou encore ceux de $CaCO_3$ (aragonite, calcite et éventuellement vatérite).

- Pour les minéraux d'altération (phyllosilicates), il y a au premier ordre une relation entre le type de phyllosilicate d'authigénèse formé et le climat (classification de Pedro) dans les sols actuels ou les paléosols: argiles de type TO [kaolinite, $Al_2Si_2O_5(OH)_4$] par monosiallitisation sous climats tropicaux, argiles de type TOT [smectites dont montmorillonite, illites etc…] par bisiallitisation sous climat tempéré.

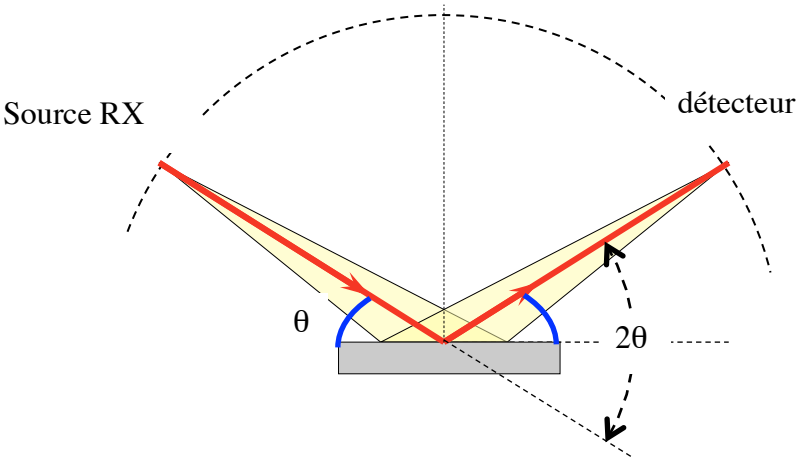
IV) Techniques d'étude des minéraux et de leurs propriétés

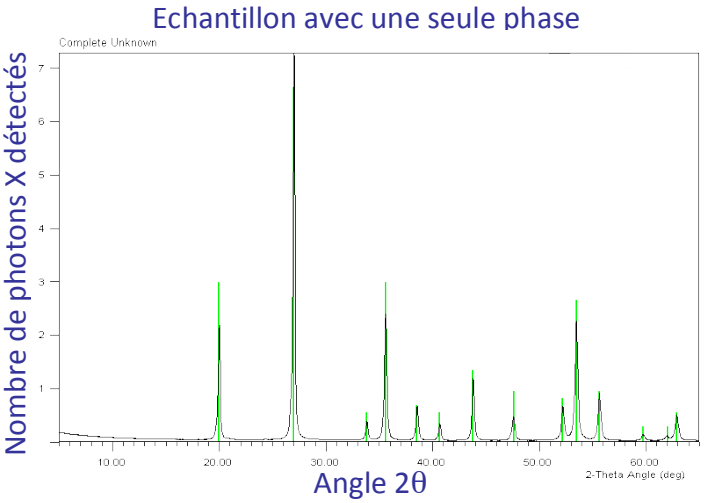
★ Microscopie optique, lumière polarisée analysée. Principe

On attendait un exposé simple du principe de cette microscopie. Par exemple : Le microscope polarisant est un microscope optique muni de deux filtres polarisants, nommés polariseur et analyseur. Les échantillons peuvent être observés en lumière polarisée non analysée ou lumière polarisée analysée. Le principe de fonctionnement repose sur l'utilisation d'un faisceau de lumière polarisée (par le polariseur). Lorsqu'un rayon lumineux pénètre dans un cristal optiquement anisotrope, il y a une certaine rotation de la polarisation fonction de l'épaisseur de la lame (souvent 30 mm) et de l'orientation du réseau cristallin (dit de manière plus complète, ceci résulte de la différence de marche entre le rayon ordinaire et le rayon extraordinaire polarisés perpendiculairement l'un à l'autre et se propageant à des vitesses différentes). Le filtre analyseur placé après l'échantillon sélectionne à nouveau les rayons lumineux selon leur polarisation ; ainsi, selon la quantité dont a tourné la polarisation (donc selon la nature des cristaux), ceux-ci apparaissent plus ou moins lumineux, voire de couleurs différentes. Les minéraux amorphes et les cristaux isotropes ne provoquent pas de biréfringence (notamment les cristaux cubiques), et peuvent ainsi être facilement distingués des cristaux anisotropes.

★ Diffraction des rayons X

Nous n'avons presque jamais trouvé la mention de cette technique pourtant fondamentale dans l'étude des minéraux et encore moins souvent l'exposé de son principe. Pour rappel, il s'agit d'illuminer un échantillon minéral avec un faisceau X sous un angle d'incidence q et à mesurer l'intensité du faisceau diffusé sous un angle 2q. En mesurant cette intensité (en ordonnée) en fonction de l'angle 2q (abscisse), on obtient un diffractogramme. Les pics correspondent à une forte diffusion dont la position en abscisse dépend de la longueur d'onde du faisceau X utilisé (connue et constante) et des distances interatomiques dans le cristal analysé selon la loi de Bragg : 2dsinq=nl ou n est un nombre entier, d : la distance entre les plans atomiques, q l'angle d'incidence et l la longueur d'onde des rayons X utilisés. Une collection de distances interatomiques et les intensités relatives des pics permettent de déterminer les minéraux présents dans un échantillon. L'échantillon peut être aussi traité de différentes façons (chauffe, ajout de glycol etc...) pour identifier les argiles.





★ **Synthèse expérimentale**

Par exemple pour des conditions de P et T compatibles avec celles rencontrées dans la lithosphère, il est possible d'utiliser des autoclaves (par exemple à joint froid). Il s'agit d'enceintes cylindriques étanches permettant d'isoler le milieu expérimental du milieu extérieur et dans lesquelles on introduit un gaz sous pression et dont la pression augmente encore sous chauffage. Le chauffage est généralement assuré par un four englobant l'autoclave (chauffage externe), parfois interne, et la température mesurée par un thermocouple placé au sein de l'enceinte. Le vecteur de pression utilisé peut être l'eau, présente dans le corps de l'autoclave où se trouve le tube expérimental.

Pour des températures et pressions plus élevées (mais un volume échantillon plus petit), la cellule à enclumes de diamant est un dispositif qui permet de soumettre un matériau à des pressions et températures très élevées et de réaliser de nombreuses mesures physiques dans ces conditions.

Elle consiste en deux diamants tête bêche entre lesquels on dispose un échantillon au cœur d'un joint métallique et sur lesquels on applique une force. Du faut de la réduction de surface au niveau de l'espace échantillon, on peut ainsi créer des pressions très importantes. Un chauffage externe ou par laser à travers les diamants peut être appliqué. On peut ainsi reproduire des conditions variées de l'intérieur de la Terre.

Nous attendions enfin l'évocation d'une technique permettant d'analyser la composition chimique exacte d'une phase minérale puisque les techniques mentionnées précédemment ne le font pas forcément. Une technique classique pour l'analyse chimique des majeurs et mineurs est la microsonde électronique. D'autres analyses des éléments traces notamment peuvent être faites par ICPMS ou fluorescence X.

La spectroscopie Raman a parfois été évoquée ; elle consiste à envoyer une lumière monochromatique (laser) sur un échantillon et à analyser la lumière diffusée. Le spectre donne ainsi accès à des énergies de vibration de liaison dans l'échantillon qui sont caractéristiques des minéraux présents avec une résolution spatiale de l'ordre du micromètre. C'est devenu une technique de base pour les minéralogistes.

Certains candidats ont de plus évoqué la microscopie électronique à balayage ou en transmission ; ces microscopes utilisent un faisceau d'électrons comme source de lumière. On analyse différents types de signaux : les électrons transmis dans le MET permettant de faire des images avec une résolution spatiale de l'ordre de l'angström et donc de faire l'imagerie directe des plans atomiques dans un cristal. On peut aussi mesurer les rayons X émis par fluorescence de l'échantillon et qui donnent une information sur la composition chimique élémentaire de la zone analysée. Le MEB (en mode électrons secondaires) donne une information sur la surface de l'échantillon (topographie) ainsi qu'une analyse élémentaire.

V) Les informations incontournables données par l'étude des minéraux

Cette partie consistait à évaluer les connaissances générales du candidat en géodynamique, sédimentologie, volcanisme etc… qui lui permettent de traiter/décrire précisément les grandes questions des sciences de la Terre pour lesquelles on a eu besoin d'informations apportées par les minéraux. Remarque : les types de propriétés mesurées étaient notés ailleurs ; ici on notera la qualité de l'histoire qui est racontée à partir de ces informations, son niveau de détail et sa véracité (si le candidat utilise un exemple réel) ou sa vraisemblance (si le candidat utilise un cas théorique, ce qu'il a droit de faire). On attendait du candidat qu'il couvre une diversité des domaines des sciences de la Terre.

★ **Informations sur le système solaire** *(un des points suivants pourrait être abordé au choix)*

Une grande partie de ce que l'on sait sur l'histoire du Système solaire repose sur l'étude des météorites et plus précisément des phases minérales composant les météorites. Historiquement, on a par exemple pu dater l'âge du système solaire à 4,55 Ga grâce au système Plomb-Plomb dans lequel on a besoin de plusieurs points dont certains, importants, sont fournis par des analyses sur des sulfures de fer et des cristaux de fer métal dans des météorites.

Il existe aussi dans certaines météorites (chondrites carbonées) des inclusions nommées CAI (calcium aluminium inclusions) qui correspondent à des minéraux très réfractaires (qui se condensent à haute température lors du refroidissement de la nébuleuse) comme l'anorthite, des olivines riches en Mg etc… Ce sont les phases les plus anciennes formées pendant la condensation de la nébuleuse. Certaines contiennent des anomalies isotopiques (^{26}Al) qui indiquent l'explosion d'une supernova quelques millions d'années avant leur formation et donc celle du système solaire.

L'assemblage des minéraux dans une météorite nous renseigne sur les processus de différenciation dans le corps parent qui a livré cette météorite. Ainsi les météorites indifférenciées montrent des assemblages de fer métal et silicates indiquant que le corps parent n'a pas été différencié (c'est-à-dire qu'il n'y a pas eu séparation d'un noyau de fer-nickel et d'un manteau) alors que les météorites différenciées contiennent soit des minéraux de Fer-Nickel (sidérite) ou bien des silicates comme l'olivine, des pyroxènes (achondrites).

L'observation de certaines phases minérales dans une météorite martienne a même été utilisée pour suggérer l'existence de traces de vie passée sur Mars. Il s'agit d'oxydes de Fe(II) et Fe(III), des magnétites, qui présentent dans une météorite martienne des morphologies (taille et faces cristallographiques) particulières que l'on ne connait à ce jour que chez des bactéries.

De la même façon, des poussières cométaires ont été récoltées récemment et les phases qui les composent ont été analysées en profondeur au cours de la mission Stardust. On y a trouvé des phases de relativement haute température, anhydres mélangées à la glace, ainsi que des CAIs.

★ Informations pour la reconstitution de l'histoire métamorphique d'une roche

Cette partie a été abordée par de nombreux candidats. Il s'agissait d'utiliser un exemple de gradient métamorphique afin de montrer comment l'utilisation de minéraux peut apporter des informations (par exemple pour la reconstitution de conditions PTt). L'exemple d'une zone de subduction pouvait être pris. Dans ce cas, on attend que le candidat fournisse une succession des faciès métamorphiques rencontrés successivement par une lithosphère océanique subductante avec des noms de minéraux (lawsonite, glaucophane-minéraux hydratés puis si l'on va jusqu'au stade éclogite : omphacite), en expliquant les réactions se produisant (notamment de déshydratation). Nous attendions que le candidat montre comment les assemblages, la texture à différentes échelles (foliation, plans de cisaillement, inclusions, principe de recoupement etc…), les datations permettent de retracer le chemin PTt (qu'est ce qui est prograde, rétrograde) et, dans le cas parfait, à travers un exemple précis tiré de leurs expériences de terrain ou de TP.

★Information sur l'histoire d'un magma

Le candidat devait montrer un exemple de roche magmatique (volcanique ou plutonique) si possible réel, dont on peut raconter l'histoire de refroidissement, la différenciation, les conditions de fugacité en oxygène ou de pression partielle en eau, ou encore l'âge à partir de l'étude des assemblages minéraux, de la composition en éléments traces des phases, de la texture etc… Les propriétés mesurées étaient notées ailleurs dans le barème, mais ici était apprécié l'exemple choisi de roche magmatique, le détail des informations données et la vraisemblance (même pour un cas théorique) des détails de l'histoire racontée.

★Information sur l'histoire sédimentaire d'une roche

Le candidat pouvait par exemple montrer un sable détritique, ou bien une roche carbonatée de sa connaissance collectée à un endroit précis et illustrer comment on peut dégager de l'étude des minéraux (assemblages de phase, granulométrie, morphologie, composition chimique dont composition isotopique) des informations sur la source des éléments chimiques, les processus qui ont conduit à la précipitation, la distance et l'énergie du transport, les conditions paléoenvironnementales. Encore une fois, les propriétés mesurables ont été notées ailleurs, mais ici il s'agissait de prendre en compte la qualité et le détail de l'exemple donné.

Conclusion

Si l'on a parfois cru que la minéralogie consistait juste en la discipline naturaliste dont le but était de décrire et de collectionner les curiosités de la nature, il semble que le minéral s'impose comme une entité intégratrice centrale pour les sciences de la Terre. Il existe un nombre fini d'espèces minérales dont la présence au premier ordre nous renseigne sur les conditions de leur formation car elles sont stables dans des conditions données. Cependant, de multiples propriétés peuvent être de plus mesurées sur chaque espèce minérale et reliées à des conditions existant lors de la formation du minéral. Celui-ci fige ensuite ces propriétés pendant éventuellement plusieurs milliards d'années. L'information peut être perdue ou remplacée puisque les nouvelles conditions (pendant la diagenèse ou le métamorphisme par exemple) peuvent à leur tour imprimer de nouvelles traces dans le minéral. On tire de nombreuses informations en partant de l'hypothèse qu'il existe un équilibre thermodynamique pendant la formation du minéral entre celui-ci et son environnement de formation. On pourrait cependant poser la question de la réalité de cet équilibre dans un certain nombre d'environnements terrestres ou extraterrestres. Si les cas de déséquilibres étaient fréquents, il faudrait alors évaluer à quel point nous obtenons une information erronée dans la reconstitution de l'histoire de ces roches. Si le minéral, objet semblant pouvoir résister aux dégâts du temps, est une bonne cible pour le géologue dans le but de retracer l'histoire des roches, il nous offre des informations limitées pour un certain nombre de questions. Par exemple, pour la reconstitution de l'histoire de la vie, le minéral lui-même semble moins informatif que l'étude de la chimie organique des kérogènes par exemple. Cela ouvre la question de la démarche à suivre pour la recherche de traces de vie ailleurs : faut il viser les composés plus labiles constituant la matière organique ou bien les minéraux qui offrent une information plus limitée mais plus pérenne ?

Agrégation externe	n° de copie		Note finale
Épreuve du secteur : C			

Les points sont répartis, pour chaque item, selon un curseur allant de 0 au maximum : rien (0) - partiel et non argumenté - partiel argumenté ou plus complet mais non argumenté - complet et bien argumenté (maximum)

	Introduction		Contexte		
			Analyse des termes du sujet à partir du contexte		
			Problématique clairement posée et justifié par l'analyse du sujet		
			Axe directeur de la composition explicité et bien justifié		
	I- Définitions et exemples de minéraux	**Définition**	Les minéraux comme constituants des roches, Composition chimique + structure cristallographique; Exemple de polymorphes		
		Cristallographie	Notion de maille cristalline; Exemples de motifs de base des minéraux (polyèdres de coordination, e.g., tétraèdres de silicium); Notion et exemple de systèmes cristallins		
		Exemples	Exemples de minéraux (noms et formules chimiques); Exemples de familles chimiques de minéraux. On attend aussi des exemples concrets de roches avec la description d'assemblages minéralogiques. N.B.:Max des points si 20ne de noms de minéraux et familles au total, quelques exemples concrets de roches avec assemblages minéraux décrits. Que ce ne soit pas juste théorique		
	II- Propriétés mesurables des minéraux en relation avec leurs conditions de formation	**Propriétés morphologiques**	Taille et distribution en taille; granulométrie; ordres de grandeur des tailles Aspect de la surface des minéraux Automorphie/xénomorphie Vitesse de nucléation vs. Vitesse de croissance Max des points si 3 idées très bien ou 4 bien		
		Propriétés structurales	cristallin/amorphe structures/défauts (ex. quartz choqués)		
		Propriétés magnétiques	Principe de l'aimantation rémanente, température de Curie		
		Textures minérales	Définition Micrite/sparite ou classification de Dunham; Foliation/linéation; Grenue/microlitique/vitreux		
		Propriétés chimiques	Eléments **majeurs:** définition; notion de substitution et de **solution solide**		
			Eléments en quantité **trace;** définition; exemple des terres rares; notion de **coefficient de partage**; éléments **compatibles/incompatibles**. Quantification degré de fusion		
			Composition isotopiques. Fermeture du système; Datation; isotopes stables		
			Présence d'eau dans les minéraux: minéraux hydratés; minéraux nominalement anhydres contenant de l'eau		
		Propriétés mécanique des minéraux	Résistance mécanique des minéraux. Permet d'expliquer l'histoire rhéologique d'une roche, son histoire de déformation, lois de fluage...		
		Inclusions dans les minéraux	**Inclusions minérales** dans d'autres minéraux : traçage de la provenance **Inclusions fluides**. Définition, techniques d'études: apports à la connaissance des fluides, **Inclusions vitreuses**.		
	III- Lien entre nature des phases ou assemblages de phases et conditions physico-chimiques du milieu		Diagrammes de phases: bases thermodynamiques, signification, notion de transition de phase (e.g., polymorphe de SiO2 ou olivine ou silicates d'alumine), paragenèses, équilibre, zonation		
			série de Bowen; norme/mode; Classification des roches magmatiques, Streckeisen		
			faciès métamorphique. Exemple de réactions chimiques classiques délimitant les faciès		
			Notion de solubilité, sursaturation (par ex. les évaporites ou équilibre des carbonates)		
			Relation minéraux d'altération et climat (classification de Pédro, argiles TO, TOT…)		
	IV- Techniques d'étude des minéraux et de leur propriétés		Microscopie optique, lumière polarisée analysée (principe de fonctionnement)		
			Diffraction des rayons X, loi de Bragg, principe de fonctionnement		
			Techniques d'analyse des compositions chimiques des minéraux: par exemple: microsonde électronique ou ICPMS ou Fluorescence X *1 seule bien traitée suffisante*		
			Minéralogie expérimentale (un exemple de dispositif, e.g., cellule enclume de diamants, autoclave ou piston cylindre).		
	V- Des histoires racontées par les minéraux	Histoire du Système Solaire	Age du Système Solaire, anomalies isotopiques dans inclusions réfractaires Assemblage minéralogique dans chondrites vs. Achondrites Minéralogie martienne; poussières cométaires (StarDust) *Max=Un exemple très bien traité donne le max des points*		
		Histoire métamorphique et tectonique d'une roche	Exemple de chemin PTt Minéraux associés, textures, interactions fluides-roche Assemblages liés au chemin prograde/rétrograde. Contexte géodynamique		
		Histoire magmatique d'une roche	Exemple précis Histoire de refroidissement; Différenciation, séquences de cristallisation Fugacité en oxygène, teneur en eau du magma. Contexte géodynamique.		
		Histoire d'une roche sédimentaire	Du paléoenvironnement à la roche. Exemples précis Source, processus de précipitation Conditions du milieu de formation (énergie, T, pH etc.…). Diagenèse. Contexte géodynamique.		
	Conclusion		Résumé des idées clés		
			Réponse à la problématique posée dans l'introduction		
			Ouverture pertinente		
	Bonus		*Par exemple:* _Signatures du vivant dans les minéraux _Métallogenèse et/ou minéraux d'intérêt économique _Autres techniques analytiques: Spectroscopie Raman; MEB, MET _Autres propriétés (clivage, macles, fluorescence/luminescence, dureté etc....) _Limite de la préservation des informations; remobilisation durant diagenèse _informations paléoenvironnementales données par aimantation rémanente _Couplage diagramme de phase/texture _Autres textures minérales _Relation métamorphisme/déformation _ Discussion sur la notion de minéral		

Somme FOND

Forme	**Plan + transitions**	Logique, cohérence		
		Titres informatifs, adéquation entre titres et contenus des paragraphes		
		transitions: absente, artificielle, logique, logique et bien justifiée		
	Illustrations	Pertinence, qualité		
	Rédaction	Rigueur du vocabulaire scientifique		
		Clarté, concision		
		Orthographe, syntaxe		

Note totale		

5. ÉPREUVES PRATIQUES

Les sujets présents dans ce rapport sont généralement mis en page de façon un peu différente de celle utilisée au cours de l'épreuve. Ils comportent souvent des éléments de réponse aux questions. Les personnes désireuses de se procurer les versions vierges des fichiers peuvent les trouver sur le site du concours.

5.1 ÉPREUVE DE SPÉCIALITÉ DU SECTEUR A

5.1.1Sujet

Le sujet contient des éléments de réponse attendus en rouge.

AGRÉGATION DE SCIENCES DE LA VIE - SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2011

TRAVAUX PRATIQUES DE SPECIALITÉ DU SECTEUR A

Durée totale : 6 heures

Caractérisation de remaniements chromosomiques chez la levure *Saccharomyces cerevisiae*

Le présent sujet, de 35 pages, se compose de **4 parties indépendantes.**

- Un premier ensemble (parties I, II, III), qui comprend des expériences à réaliser ;

durée conseillée : 4H30 - barème indicatif : 15 points sur 20

- un deuxième ensemble (partie IV) : Les transposons des acteurs de la dynamique des génomes ;

durée conseillée : 1 heure 30 - barème : 5 points sur 20

Partie I : Identification génétique de souches de levure page 3

Partie II : Caractérisation moléculaire de remaniements chromosomiques page 10

Partie III : Conséquences métaboliques de l'insertion de transposon page 21

Partie IV : Les transposons des acteurs de la dynamique des génomes page 24

Les réponses aux questions figureront dans les cadres réservés à cet effet.

N'oubliez pas d'appeler les correcteurs lorsque cela est demandé.

AVANT DE RENDRE VOTRE DOSSIER, VÉRIFIEZ QUE VOUS AVEZ BIEN INDIQUÉ VOS NOM, PRÉNOM ET NUMÉRO DE SALLE EN TÊTE DE TOUS LES DOCUMENTS.

VOUS DEVEZ RENDRE LA TOTALITÉ DES FEUILLES DU DOSSIER.

Préambule :

L'épreuve de travaux pratiques de la spécialité A consistera à caractériser des remaniements chromosomiques et notamment des insertions de transposons chez la levure *Saccharomyces cerevisiae*. Différentes expériences, interprétations de résultats et exercices seront réalisés dans les domaines de la génétique, de la biologie moléculaire, de la biologie cellulaire et de la biochimie. Elles visent à évaluer vos aptitudes techniques et votre connaissance des bonnes pratiques de laboratoire, vos capacités d'organisation ainsi que celles d'analyse et d'interprétation de résultats expérimentaux.

L'épreuve est composée de 4 parties qui sont indépendantes les unes des autres. Les expériences et analyses de résultats que vous réaliserez dans une partie ne sont pas nécessaires pour entamer la partie suivante mais s'inscrivent, malgré tout, dans une logique et suivent un fil conducteur. Les réponses à chaque question sont à apporter dans le cadre prévu à cet effet. Une lecture du sujet dans son intégralité est utile notamment pour s'imprégner de la problématique proposée.

Les protocoles expérimentaux figurent en annexe permettant ainsi leur utilisation plus aisée. Ils seront cependant à remettre dans le dossier à la fin de l'épreuve. Prenez particulièrement soin de les lire et de déterminer le temps nécessaire aux manipulations pour vous permettre d'organiser votre travail et répartir judicieusement les expériences pendant la durée de l'épreuve.

La partie II comporte une préparation d'ADN génomique, une réalisation de digestions enzymatiques, d'une PCR et d'une électrophorèse. **Un seul gel vous sera fourni**. **Les dépôts devront se faire au minimum 1h30 avant la fin de l'épreuve sous la supervision du jury.** La prise de photographie sera réalisée par le jury et la photographie vous sera remise.

Tout le matériel nécessaire aux manipulations est disposé sur les paillasses de chaque candidat. **Il ne sera pas délivré de matériel ou d'échantillon supplémentaire.**

Au cours de l'épreuve, certains résultats seront contrôlés par les membres du jury en salle. L'énoncé mentionnant cette obligation, vous appellerez un membre du jury qui examinera votre résultat.

Ensemble 1 :

Les remaniements chromosomiques chez la levure *Saccharomyces cerevisiae :* caractérisation et propriétés.

Introduction : La levure *Saccharomyces cerevisiae* est un microorganisme utilisé par l'Homme depuis la plus haute antiquité pour la fabrication de produits fermentés comme la bière, le vin ou le pain. Sa nature unicellulaire, les caractéristiques de son cycle de multiplication dont notamment les alternances de phases haploïde et diploïde et l'obtention aisée de mutants sont quelques uns des aspects qui en font un organisme modèle en génétique mais aussi en biologie cellulaire et moléculaire. La connaissance de son génome qui est le premier génome eucaryote a avoir été entièrement séquencé en 1996, contribue à renforcer encore davantage son utilisation comme modèle d'étude en génétique et dans les approches globales en génomique.

Le but de ce travail sera de caractériser des souches porteuses de remaniements chromosomiques par des approches génétiques, biochimiques et de biologie moléculaire.

Partie 1 : Caractérisation génétique de souches de levure *S. cerevisiae*

I-A. Rappelez sous forme d'un schéma le cycle de multiplication de la levure *S. cerevisiae.*

Réponse à la question I-A

Vous disposez de 11 souches de levure, ensemencées sur une série de boîtes de Pétri contenant un milieu d'agar nutritif appelé milieu minimum YNB. Ce milieu contient du glucose comme source de carbone ainsi que les constituants minéraux nécessaires à la croissance de souches prototrophes. Le milieu marqué U est additionné d'uracile, celui marqué T de tryptophane et celui marqué UT d'uracile et de tryptophane. Ces suppléments sont ajoutés à une concentration de 30 µg/ml. Les souches ont été ensemencées par dépôt d'une goutte d'une suspension de cellules.

I-B. Définissez les termes de prototrophe et auxotrophe et déterminez le phénotype des 11 souches en complétant le tableau 1 ci-dessous.

Réponse à la question I-B

Auxotrophe : Souche mutante incapable de se développer sur un milieu minimum. La mutation inactive un gène codant une enzyme intervenant dans la voie de biosynthèse d'une molécule d'intérêt (bases pyrimidiques ou puriques, acides aminés…)

Prototrophe : Souche capable d'assurer la synthèse des molécules citées ci-dessus et par conséquent capable de se développer sur milieu minimum.

Lecture des cultures

Tableau 1 : Phénotype des souches.

Vous reporterez le phénotype dans la 2e colonne

Souches	Phénotype
S 1	Ura-
S 2	Ura-
S 3	Ura-Trp-
S 4	his- (auxotrophe)
S 5	Ura-
S 6	leu-
R	Prototrophe
G	Prototrophe
A	Prototrophe
B	Prototrophe
C	Prototrophe

La souche 2 a été croisée avec la souche de référence prototrophe. Un tel croisement ne peut avoir lieu qu'entre des souches de signe sexuel opposé a et alpha. La détermination du signe sexuel d'une souche se fait en la croisant avec deux souches de référence de signe défini a et alpha. L'observation d'un zygote présentant une forme caractéristique permet de déduire son signe sexuel. Les croisements se font sur un milieu riche non sélectif en mélangeant la souche à tester avec celles de référence au signe connu. Le protocole est décrit dans l'annexe A.

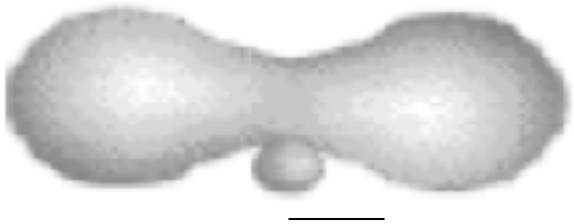
I-C-1 : Vous déterminerez le signe de la souche 2 en réalisant ces deux croisements. Vous utiliserez la boîte de Pétri marquée *Signe* pour réaliser vos croisements. Pour chaque croisement, à l'issue de l'incubation, vous montrerez à un examinateur votre meilleur champ en lui indiquant laquelle des deux préparations contient des cellules à forme particulière assimilable à un zygote. Vous lui présenterez en parallèle un dessin d'observation.

Réponse à la question 1- C-1

Dessin d'observation :

Un zygote formé suite au croisement de deux souches compatibles a une forme caractéristique représentée ci-dessous.

Observation d'un zygote : grossissement X 400 – Barre 20 µm



Signe de la souche 2 : **elle est de signe a**

Le diploïde obtenu après croisement de la souche 2 par la souche prototrophe est capable de pousser sur milieu minimum YNB sans uracile.

I-C-2 Que signifie la croissance du diploïde sur Milieu minimum YNB ?

Réponse à la question 1-C-2

Il y a complémentation. La mutation est récessive

Ce diploïde est placé sur un milieu carencé en source de carbone et d'azote appelé Milieu Ack. Ce milieu est utilisé pour induire la sporulation et conduire à la formation d'ascospores. Vous disposez d'une boîte de Pétri ensemencée il y a 72 heures, marquée *Ack*, contenant le milieu carencé sur lequel le diploïde ainsi que la souche 2 ont été ensemencés. Le généticien qui a réalisé l'ensemencement a appelé ces échantillons D1 et D2 ce qui ne permet pas de savoir quelle souche correspond au diploïde.

I-C-3. A partir des cellules ensemencées sur milieu Ack, vous allez caractériser celle qui est la souche diploïde en sporulation. Vous réaliserez un montage entre lame et lamelle pour chacune des souches et observerez les cellules. Vous appellerez un examinateur pour lui présenter sous l'objectif votre meilleur champ pour chaque lame et indiquerez laquelle des deux préparations contient le diploïde en sporulation en montrant une ou plusieurs ascospores. Vous lui présenterez en parallèle un dessin d'observation.

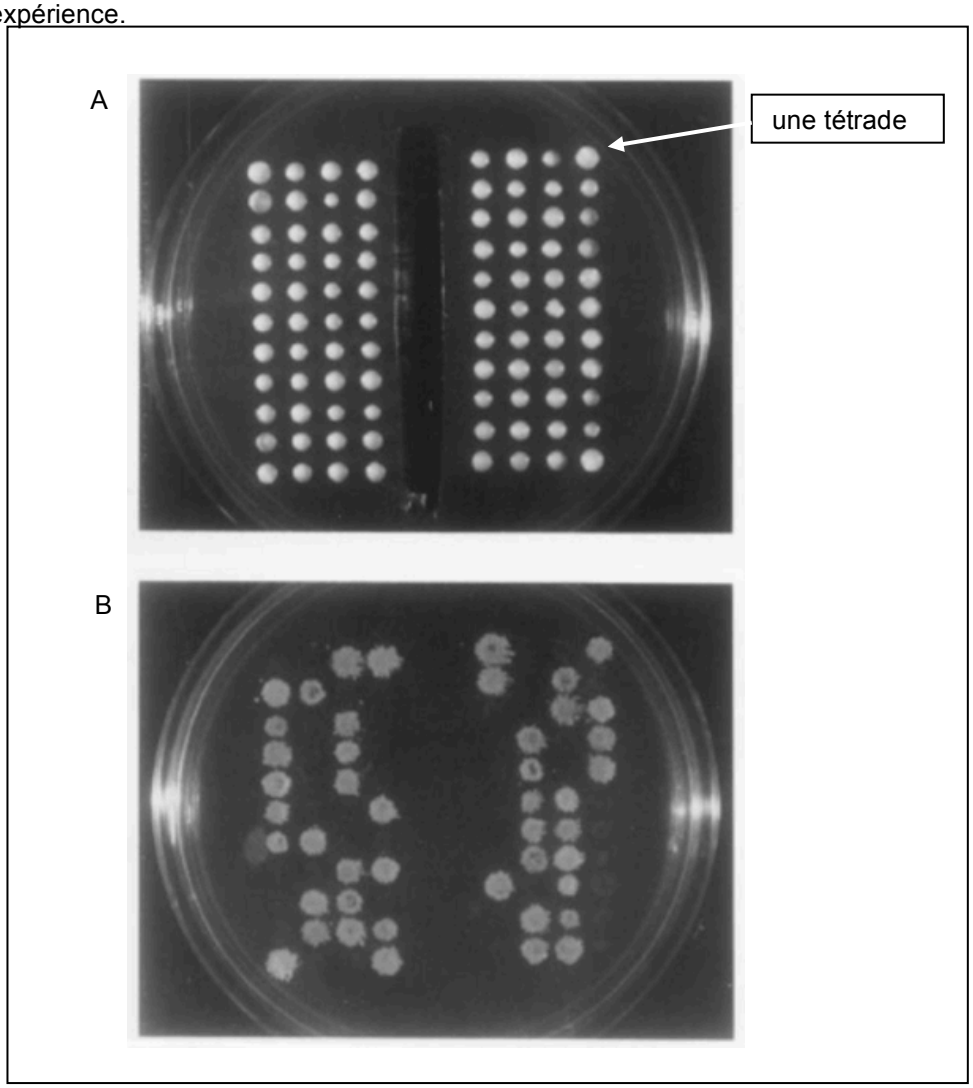
Réponse à la question 1-C-3

Dessin d'observation :

Une observation d'asques d'une suspension de cellules cultivées sur milieu carencé ne permet généralement pas de distinguer les 4 spores dans le même plan mais, généralement 2 ou 3 des 4 spores.

Diploïde en sporulation : D1 ou D2 **Il s'agissait de la souche D2**

Vingt deux ascospores ont été analysées. Dans chaque cas, les 4 spores à l'intérieur de l'asque ont été isolées et mises en germination sur un milieu riche et non sélectif. Le document 1 montre le résultat de cette expérience.



Document 1 : Analyse génétique du croisement : souche 2 x souche prototrophe

22 asques ont été disséqués par micromanipulation. Les 4 spores formant une tétrade ont été isolées sur milieu complet non sélectif (YPG) : **Photo A**

Après 48H d'incubation, une réplique velours du milieu présentée dans la photo A a été réalisée sur un milieu minimum YNB. La **photo B** est le résultat obtenu après 24H d'incubation à 30°C.

I-C-4. Interprétez les résultats obtenus. Quelle conclusion peut-on tirer de ces résultats pour la souche 2 sur le plan génétique ?

Réponse à la question 1-C-4

On observe majoritairement un seul type d'asque qui montre une ségrégation 2/2. Chaque asque est composé de 2 spores qui lorsqu'elles germent conduisent à des cellules prototrophes (Ura^+) et 2 spores qui lorsqu'elles germent conduisent à des cellules auxotrophes (Ura^-)

Ce résultat montre qu'il s'agit de monohybridisme : un couple d'allèle est en jeu. La souche 2 est mutée dans un gène intervenant dans la voie de biosynthèse des nucléotides pyrimidiques.

De la même manière, on a croisé les souches 2 et 3 entre elles. Le diploïde résultant est incapable de se développer sur milieu minimum et sa sporulation conduit à la formation d'asques contenant toujours 4 spores, qui lorsqu'elles ont germé, sont incapables de se développer sur milieu minimum.

Le croisement 2 x 4 a également été réalisé. Le diploïde capable de se développer a été mis en sporulation sur milieu Ack. 20 asques ont été analysés en déterminant la capacité de croissance des spores germées sur milieu minimum. Trois types d'asques ont été obtenus :

- 8 asques dont les 4 spores sont incapables après germination de se développer sur milieu minimum.

- 8 asques dont 2 des 4 spores sont incapables après germination de se développer sur milieu minimum.

- 4 asques dont 3 des 4 spores sont incapables après germination de se développer sur milieu minimum.

I-C-5. Interprétez les résultats obtenus. Quelles conclusions peut-on tirer de ces résultats sur le plan génétique pour les souches 3 et 4 ?

Réponse à la question 1-C-5

Croisement souche 2 par souche 3 : Le phénotype mutant (Ura$^-$) du diploïde et la composition homogène des asques (4 spores auxotrophes) indiquent que les mutations des souches 2 et 3 sont allèles et affectent donc le même gène.

Croisement souche 2 par souche 4 *:* Le phénotype sauvage du diploïde et l'obtention de 3 types d'asques à compositions différentes indiquent que les mutations des souches 2 et 4 appartiennent à deux gènes différents.

- 8 asques dont les 4 spores sont incapables après germination de se développer sur milieu minimum.

Ce sont des asques de type parental (DP)

- 8 asques dont 2 des 4 spores sont incapables après germination de se développer sur milieu minimum.

Ce sont asques de type recombiné (DR)

- 4 asques dont 3 des 4 spores sont incapables après germination de se développer sur milieu minimum.

Ce sont desasques de type tétratype (T)

On constate que DP = DR, on peut donc en déduire que les deux gènes impliqués dans le croisement sont indépendants.

Partie 2 : Caractérisation moléculaire de remaniements chromosomiques

Des études génétiques complémentaires non décrites ici ont permis de montrer que la souche 2 présente un génotype *ura2*$^-$. Le gène *URA2* code l'aspartate transcarbamylase impliquée dans la biosynthèse des nucléotides pyrimidiques chez *S. cerevisiae*.

2-A-1 Représentez la structure d'un nucléotide pyrimidique de votre choix.

Réponse à la question 2-A-1

Exemple d'un nucléotide : UMP (uridine monophosphate)

Environ 10^9 cellules de la souche 2 ont été étalées sur milieu minimum YNB contenant du glucose comme source de carbone. Au bout de 72H d'incubation à 30°C, 10 colonies se sont développées sur ce milieu. Ces colonies repiquées sur un milieu similaire se développent comme la souche prototrophe de référence. Les expériences suivantes visent à caractériser 3 d'entre elles appelées A, B et C.

2-A-2. Quel nom donne - t - on à l'événement qui a conduit à la croissance de ces souches ?

Réponse à la question 2-A-2

Il s'agit d'un événement de réversion.

L'ADN génomique de ces souches a été préparé selon le protocole décrit dans l'annexe B.

Vous réaliserez ce protocole à partir de la souche C qui a été mise en culture 12H dans un milieu complet liquide non sélectif. Vous suivrez les différentes étapes du protocole.

2-B-1 Précisez le rôle des étapes marquées E1, E2 et E3 du protocole.

Réponse à la question 2-B-1

E1 : étape correspondant à la lyse des cellules suite à l'action de la zymolyase et le choc osmotique provoqué par la reprise des cellules dans une solution 50 mM de Tris-HCl pH 7,4 ; 20 mM EDTA

E2 : Déprotéinisation de l'ADN

E3 : Précipitation de l'ADN

2-B-2. Lors de l'étape E3, vous appellerez un examinateur pour lui montrer votre tube.

Notation de la préparation d'ADN par l'examinateur

Observation d'une « méduse » d'ADN ou d'un précipité après centifugation

Cet ADN est utilisé pour réaliser une expérience d'hybridation ADN / ADN selon la technique de Southern. Pour ce faire, dans une première étape, l'ADN est digéré par l'enzyme de restriction *Bam*H1. A partir de l'ADN que vous venez de préparer et à partir d'un ADN témoin, vous allez réaliser une digestion de ces deux échantillons par l'enzyme de restriction *Bam*H1.

Vous disposez pour cela des tubes Eppendorfs suivants :

- 1 tube marqué Tp contenant du tampon de digestion spécifique à l'enzyme *Bam*H. Ce tampon est 10 x concentré.
- 1 tube marqué Bam contenant de l'enzyme *Bam*H1 à 10 U / µL.
- 1 tube marqué RNAse contenant de l'enzyme RNAse I (10mg/mL).
- 1 tube marqué ADNT contenant l'ADN témoin. Cet ADN est un plasmide à une concentration de 1mg/mL.
- 1 tube marqué H_2O contenant de l'eau distillée ultra-pure.

Vous réaliserez ces 2 digestions dans un volume réactionnel final de 40 µL.
Vous utiliserez 5 µL de votre préparation en présence de 20 unités d'enzyme et 1µg d'ADN témoin en présence de 5 unités d'enzyme de restriction. Pour la digestion de votre préparation, vous rajouterez 5 µg de RNAse dans le milieu réactionnel.

Vous incuberez à 37°C ces deux digestions pendant 30 min. **Vous appellerez à ce moment un examinateur qui vous remettra une photo d'un gel d'agarose montrant les résultats que vous devriez obtenir après migration.**

2-B-3. En prenant un exemple de votre choix, précisez les propriétés des enzymes de restriction qui en font des outils de choix en biologie moléculaire.

Réponse à la question 2-B-3

Endonucléase d'origine bactérienne active sur ADN double brin

Séquence spécifique reconnue exemple *Bam*H1 (GGATTCC)

Le site de coupure est palindromique

Les coupures sont franches ou cohésives (cohésives pour *Bam*H1)…

2-B-4. Présentez, sous forme d'un tableau, la composition de vos deux milieux réactionnels en précisant les solutions utilisées et les volumes correspondants.

Réponse à la question 2-B-4

	ADN génomique	ADN témoin
Tampon	4µL	4µL
RNAse	1 µL dilution 1/2	1 µL dilution 1/2
ADN	5µL	1µL
BamH1	2µL	1µL dilution 1/2
H2O	28µL	33µL

Après incubation, vous rajouterez 10 µL d'une solution appelée bleu de charge qui est une solution de glycérol 20% contenant du bleu de bromophénol et 5% de SDS.

Vous déposerez les échantillons sur un gel d'agarose 1% et ferez migrer vos digestions. Vous déposerez également une quantité équivalente d'ADN génomique et de plasmide témoin non digéré. Ce gel servira également à l'analyse de vos réactions de PCR (paragraphe 2-C-3), **donc tous vos échantillons (digestions et PCR) devront être déposés au même moment**. Une photographie de vos résultats vous sera remise après migration. Vous collerez cette photo dans le cadre ci-dessous en y indiquant votre nom.

2-B-5. Analysez les profils obtenus.

Réponse à la question 2-B-5 – Coller la photo de vos résultats

ADN génomique non digéré : un ensemble de fragments de plus de 20 kb résultant de coupures mécaniques pendant la préparation de l'ADN.

ADN génomique digéré : visualisation d'un smear correspondant aux produits de digestion de différentes tailles, obtenues suite à l'action de l'enzyme de restriction *Bam*H1

Un gel similaire contenant les préparations d'ADN génomique digérées par l'enzyme *Bam*H1 des souches A, B et C a servi pour la réalisation d'une expérience d'hybridation ADN-ADN classiquement appelée « Southern Blot ».

2-B-6. Indiquez la succession des étapes nécessaires à la réalisation de cette expérience de Southern blot en vous appuyant sur un schéma.

Réponse à la question 2-B-6

Le schéma attendu devait comprendre les étapes suivantes :

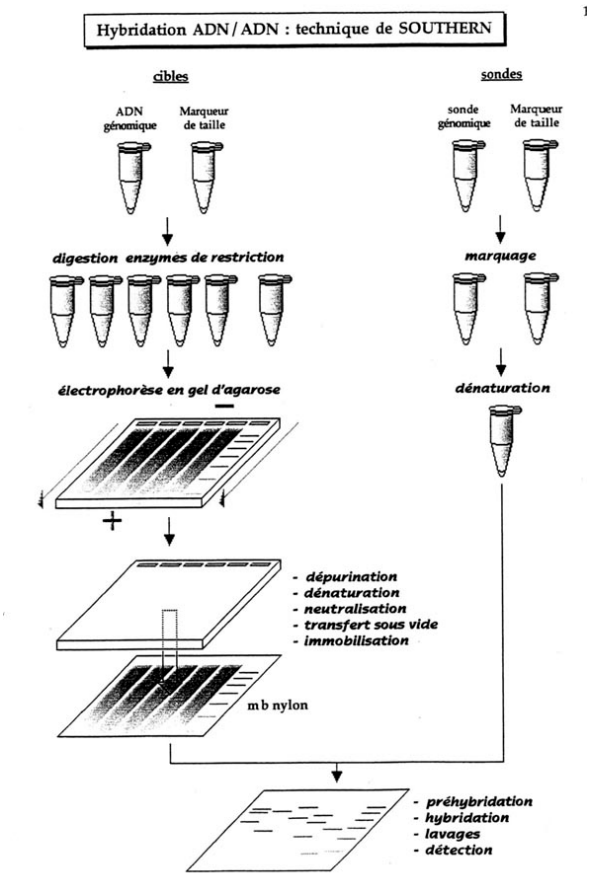
- Électrophorèse d'ADN digéré en gel d'agarose

- Traitement réalisé pour obtenir la dénaturation de l'ADN (par exemple traitement avec une solution de soude 0,5 M)

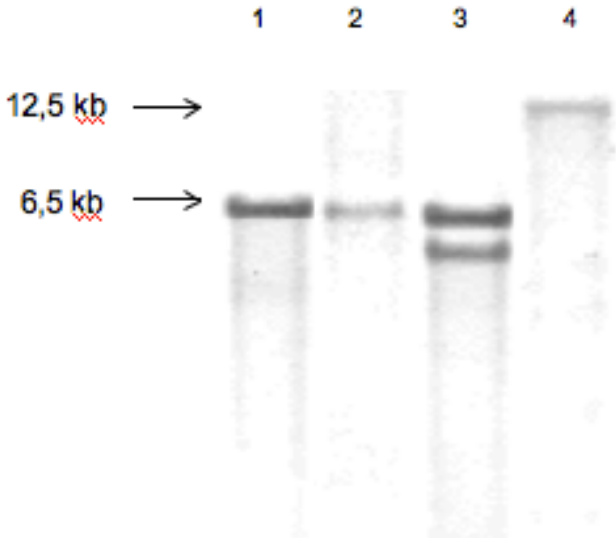
- Transfert sur membrane de nitrocellulose ou nylon

- Hybridation avec une sonde marquée correspondant à la région à tester dans des conditions physico–chimiques définis. Nécessité d'un sonde simple brin.

Révélation en fonction du marquage utilisé pour la sonde



Après plusieurs étapes, on a obtenu l'autoradiographie présentée dans le document 3. La sonde utilisée est marquée au 32P et correspond au gène *URA2.*



Document 3 : Autoradiographie de l'expérience d'hybridation ADN-ADN
Sonde utilisée : fragment d'ADN correspondant au gène *URA2* marqué au 32P
L'ADN des différentes souches est digéré par l'enzyme *Bam*H1
Piste 1 : Souche 2 ; Piste 2 : Souche A ; Piste 3 : Souche B ; Piste 4 : Souche C

Pour interpréter les résultats présentés dans le document 3, une expérience complémentaire qui consiste à cloner le gène *URA2* des souches A, B et C a été réalisée. Les clones isolés ont été

séquencés par la technique de Sanger. Pour la souche A, un seul fragment appelé *URA2*A1 a été isolé. Pour la souche B deux fragments d'ADN différents appelés *URA2*B1 et *URA2*B2 ont été obtenus. Pour la souche C un seul fragment appelé *URA2*C1 a été obtenu.

Une comparaison des séquences des fragments *URA2*A1, *URA2*B1, *URA2*B2, *URA2*C1 et de la séquence du gène *URA2* sauvage est présentée dans le document 4. La région soulignée de la séquence du fragment *URA2*C1 a été comparée à l'ensemble du génome de la levure *S. cerevisiae*. Elle est retrouvée à l'identique dans la séquence de l'élément Ty1, qui est le transposon majoritaire chez la levure et qui a une taille de 6 kb.

```
URA2WT:  TTGCAGCATACAACACATAAACCTTACCTAATAGAATATAACAATCATAATATGGCCACTATTGCTCCCACTGCTCCAATCA
URA2S2:  TTGCAGCATACAACACATAGACCTTACCTAATAGAATATAACAATCATAATATGGCCACTATTGCTCCCACTGCTCCAATCA

URA2A1:  TTGCAGCATACAACACATAAACCTTACCTAATAGAATATAACAATCATAATATGGCCACTATTGCTCCCACTGCTCCAATCA

URA2B1:  CCTACAGCGGTTAAATCTAAACCGATCCCCCCAATACCGGGCTAGGGGAATATGGCCACTATTGCTCCCACTGCTCCAATCA
URA2B2:  TTGCAGCATACAACACATAGACCTTACCTAATAGAATATAACAATCATAATATGGCCACTATTGCTCCCACTGCTCCAATCA

URA2C1:  ACCGAATCCCAACATTATCTCAAACTCACTCATTTCTCAAACAATCATAATATGGCCACTATTGCTCCCACTGCTCCAATCA
```

Document 4 : Comparaison des séquences nucléotidiques de la partie 5' des gènes *URA2* isolés à partir des différentes souches étudiées.
Les nucléotides qui diffèrent de la séquence du gène *URA2* sauvage, nommé *URA2*WT, sont grisés. ATG indique le début de la partie codante du gène *URA2*. La partie soulignée du gène *URA2*C1 est retrouvée dans le transposon Ty1.

2-B-7. En vous appuyant sur les résultats présentés dans les documents 3 et 4 (« Southern blot » et les alignements de séquence), proposez des hypothèses permettant d'expliquer le retour à la prototrophie des souches A, B et C.

Réponse à la question 2-B-7

Hypothèse pour la souche A : **Le profil *Bam*HI obtenu après hybridation pour la souche A est identique à celui de la souche mutante 2 de départ ayant servi à la sélection des révertants. L'alignement des séquences des gènes *URA2* des deux souches révèle une seule différence nucléotidique. La souche A contient une séquence identique à celle de la souche sauvage. Il s'agit donc d'une réversion vraie.**

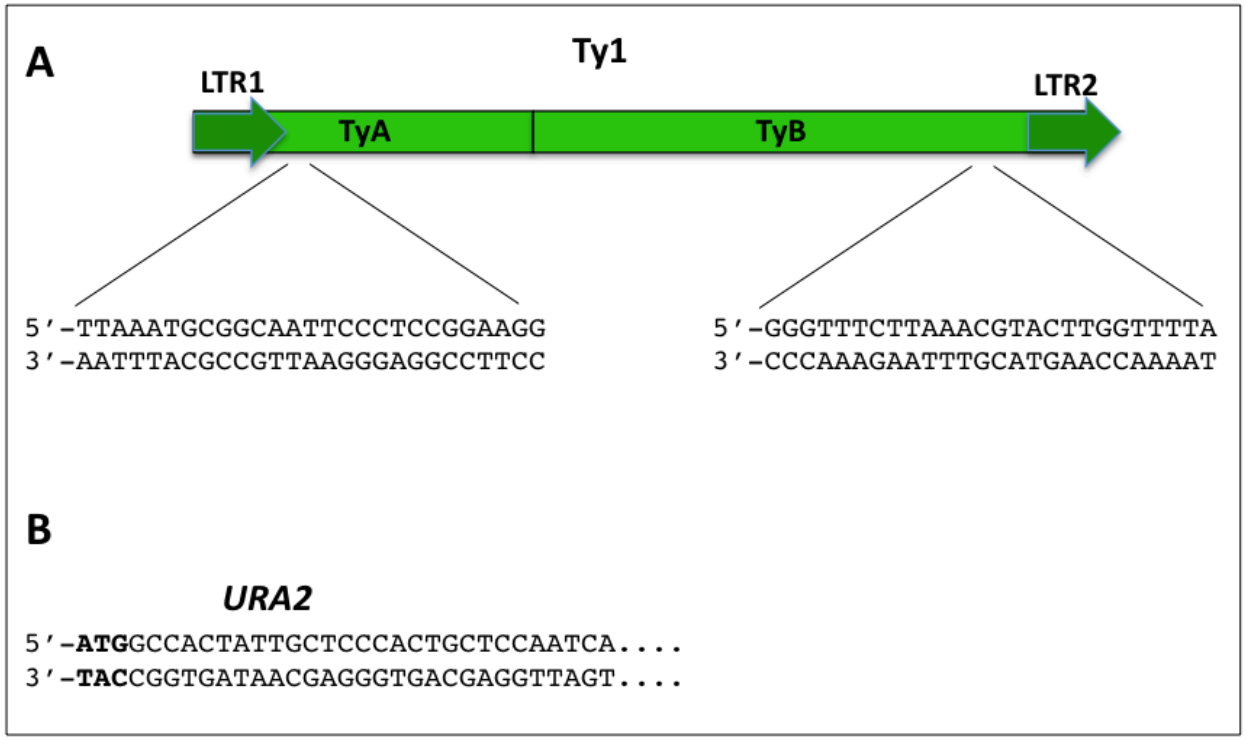
Hypothèse pour la souche B : **Le profil *Bam*HI obtenu après hybridation pour la souche B est constitué de 2 bandes distinctes. L'une est de taille identique à celle qui correspond au gène *URA2* de la souche 2 de départ alors que la seconde est de taille inférieure. Les clonages conduisent également à la sélection de deux clones distincts contenant des séquences appartenant au gène *URA2*. L'un des deux présente une séquence identique à celle de la souche mutante 2 de départ. La mutation initiale est donc toujours en place. Il ne s'agit donc pas d'une réversion vraie. Le second fragment a une partie de séquence n'ayant pas d'identité avec celle d'*URA2* et une partie qui s'aligne avec la région codante du gène *URA2*. Ce fragment révélé par hybridation, puis son analyse nucléotidique, montre donc que l'événement de réversion correspond à une duplication de la région codante du gène *URA2* et son insertion**

dans une région distincte du génome. L'insertion a eu lieu en aval d'une séquence servant de promoteur pour l'expression de la copie dupliquée du gène *URA2*.

Hypothèse pour la souche C : **Le profil *Bam*HI obtenu après hybridation pour la souche C est composé d'une bande de taille supérieure à celle de la souche mutante 2 de départ ayant servi à la sélection des révertants. La différence de taille de 6 kb peut-être attribuée à une insertion. Ce point est confirmé par le clonage du gène *URA2* dans cette souche. L'analyse de la séquence montre qu'en amont de la séquence codante, il y a présence d'une séquence nucléotidique correspondant à celle de l'élément génétique mobile TY1. Ce transposon de 6 kb s'est donc inséré en amont de la séquence codante et est vraisemblablement responsable de la réversion observée.**

L'analyse du génome de la levure *S. cerevisiae* montre que ce transposon est présent en une trentaine de copies dans la souche de référence. Cet élément est constitué de deux séquences répétées dans la même orientation appelées LTR (long terminal repeat) qui encadrent une région centrale composée de deux phases de lectures ouvertes appelées TyA et TyB. Ce transposon n'a pas de sens préférentiel d'insertion. Un schéma de sa structure est présenté dans le document 5.

Pour caractériser plus en détail la souche C, vous allez réaliser une expérience de PCR dont le but est de déterminer le sens d'insertion du transposon Ty1 localisé en amont du gène *URA2*.



Document 5 : A, structure du transposon Ty1. Les détails de deux portions de la séquence de Ty1 sont présentés. Ces séquences sont situées, respectivement, en aval de LTR1 et en amont de LTR2 ; les deux brins de l'ADN sont représentés et leur orientation est précisée.

B, détail de la partie 5' du gène *URA2*. Le codon ATG indiqué en gras correspond au début de la partie codante du gène ; les deux brins de l'ADN sont représentés et leur orientation est précisée.

2-C-1 En vous appuyant sur le document 5, proposez 2 amorces de 20 nucléotides s'hybridant au transposon Ty1 et une amorce de même longueur s'hybridant au gène *URA2*. Ces trois amorces ou oligonucléotides, associés en 2 couples, doivent permettre de déterminer le sens d'insertion du transposon Ty1 grâce à deux réactions de PCR utilisant ces amorces. Vous indiquerez ci-dessous la séquence nucléotidique de ces amorces dans le sens 5' – 3' et les deux couples utilisés.

Réponse à la question 2-C-1

Les amorces devaient compter 20 nucléotides. Exemples possibles en fonction des séquences présentées dans le document 5. La température d'hybridation des oligonucléotides mis à disposition lors de l'épreuve était de 50°C

Amorce U2 correspondant au gène *URA2* : 5'-3' TGATTGGAGCAGTGGGAGCA

Amorce TY sens normal 5'-3' : GGGTTTCTTAAACGTACTTG

Amorce TY antisens : 5'-3' : CCTTCCGGAGGGAATTGCCG

L'expérience suivante consiste à réaliser les 2 réactions de PCR permettant de déterminer le sens d'insertion du transposon en amont du gène *URA2* dans la souche C et une réaction de contrôle négatif permettant de vérifier l'absence de contamination des réactifs utilisés. **L'ADN vous est fourni, vous ne vous servirez pas de celui que vous avez préparé**. Le protocole est décrit dans l'annexe C.

2-C-2. A quelles étapes de la réaction de PCR correspondent les 3 paliers de température précisés dans l'annexe C (94°C, 50°C, 72°C) ? Qu'est-ce qui justifie le choix de ces températures ? (2 points)

Réponse à la question 2-C-2

- 94°C : dénaturation de l'ADN
- 50° C : température d'hybridation optimale des couples d'amorces utilisés
- 72°C : élongation – polymérisation des molécules d'ADN

2-C-3. Réalisez les mélanges réactionnels. Vous appellerez un examinateur pour lui remettre vos tubes lorsqu'ils seront prêts. À l'issue de la réaction de PCR, vous analyserez vos réactions de PCR en même temps que vos ADN génomiques sur un gel d'agarose à 1%. (paragraphe 2-B-4). Une photographie des résultats de vos digestions et PCR vous sera remise après migration. Vous joindrez cette photo à votre copie en y indiquant votre nom et en la collant à l'emplacement prévu au paragraphe 2-B-4 page 13. Analysez les résultats que vous avez obtenus.

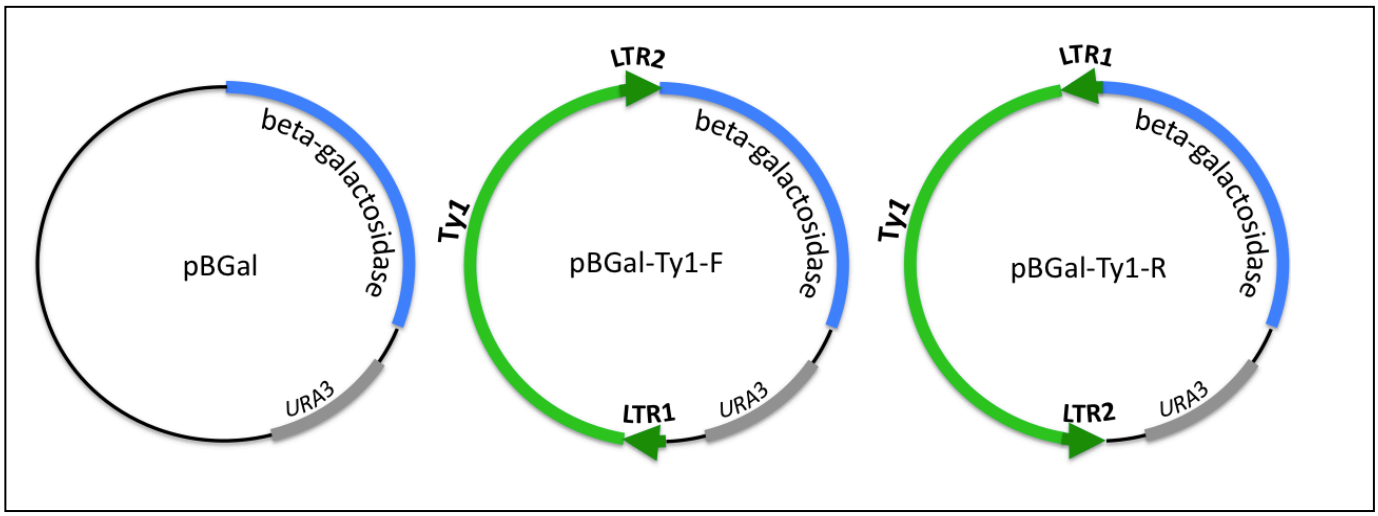
Réponse à la question 2-C-3

Un document comportant la photo des résultats a été remis aux candidats au moment de l'incubation des tubes dans le thermocycleur. Ce document est annexé à la fin du sujet.

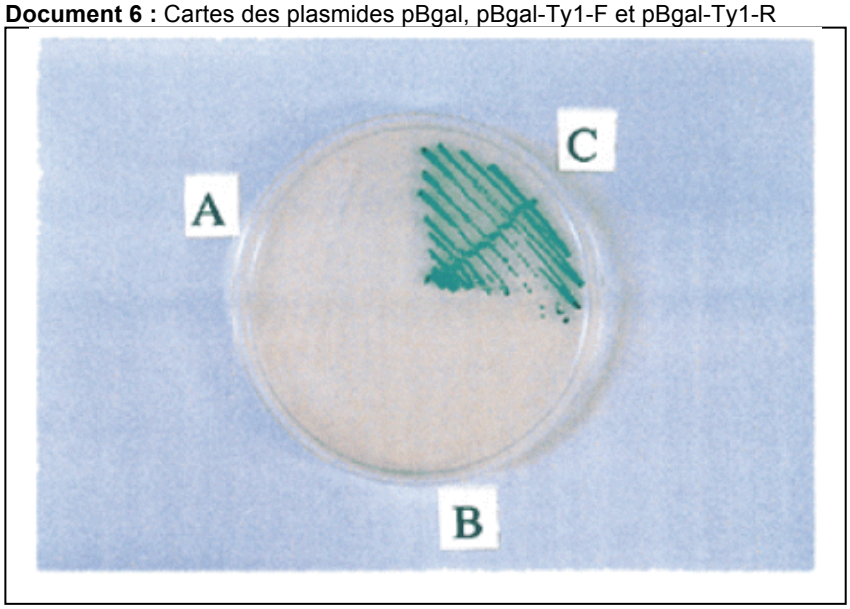
Les résultats montrent qu'il y a un seul sens d'insertion du transposon dans les souches testées.

Afin de préciser les conséquences du sens d'insertion du transposon Ty1 en amont du gène *URA2*, Ty1 est cloné dans le plasmide pBgal, en amont du gène codant pour la béta-galactosidase d'*Escherichia coli*. Les plasmides pBgal-Ty1-F et pBgal-Ty1-R sont ainsi obtenus, en fonction du sens d'insertion de Ty1 dans le vecteur pBgal, Les plasmides pBgal, pBgal-Ty1-F et pBgal-Ty1-R (Document 6) ont été utilisés pour transformer une souche de levure *ura3*$^{-}$.

Les transformants Ura+ sélectionnés ont été cultivés sur un milieu minimum contenant du X-gal dont l'hydrolyse par la béta-galactosidase produit une coloration bleue (document 7).



Document 6 : Cartes des plasmides pBgal, pBgal-Ty1-F et pBgal-Ty1-R



2-C-4. A la lumière de l'ensemble de ces résultats, précisez s'il existe un sens d'insertion préférentiel de ce transposon en amont du gène *URA2* dans la souche C en détaillant votre raisonnement.

Réponse à la question 2-C-4

Les bactéries transformées par le plasmide pBgal-Ty1-R développent une coloration bleue montrant une expression du gène codant la Béta Galactosidase. Par contre, il n'y a pas d'expression pour le plasmide pBgal-Ty1-F. L'expérience A sert de témoin en montrant que l'absence de transposon ne permet pas une expression de la Béta Galactosidase. Un transposon Ty1, inséré en amont d'un gène peut donc conduire à son expression mais selon un sens donné. Ce résultat est à corréler avec celui de l'expérience de PCR, qui a montré également que seul un sens d'insertion conduisait à une réactivation du gène *URA2*. L'insertion du transposon Ty1 peut donc conduire à une réactivation d'un gène silencieux comme ici le gène *URA2* à condition qu'il soit en orientation inverse par rapport au gène à exprimer.

Partie 3 : Conséquences métaboliques possibles de l'insertion d'un transposon.

Dans cette partie, on se propose d'étudier la croissance et le métabolisme de deux souches dans lesquelles un événement de transposition a eu lieu. Dans la première souche appelée R, le transposon a inactivé le gène codant une sous-unité d'un complexe de la chaîne respiratoire. Dans la seconde appelée G, l'insertion du transposon s'est faite au voisinage d'un gène codant une enzyme intervenant dans la glycolyse. Cette insertion conduit à une diminution notable de l'expression de ce gène.

Vous disposez de cultures de souches R et G en milieu liquide. Le but de ces expériences sera de caractériser la croissance et le métabolisme du glucose de ces deux souches. Vous suivrez les protocoles décrits dans les annexes D et E.

3-A-1. Reportez vos résultats de mesure d'absorbance dans le tableau ci-dessous et établissez les courbes de croissance pour les souches G et R.

	T = 0	T = 1 h	T = 2 h	T = 3 h	T = 4 h
Souche R	**0,052**	**0,110**	**0,160**	**0,250**	**0,408**
Souche G	**0,048**	**0,059**	**0,075**	**0,097**	**0,125**

3-B-1. Réalisation de la gamme étalon pour le dosage du glucose : vous réaliserez la gamme étalon comme indiqué dans le protocole de l'annexe E. Vous reporterez dans le tableau ci-dessous les valeurs d'absorbance obtenues et tracerez la courbe étalon.

Tube n°	1	2	3	4
Quantité glucose/tube (mg)	**0**	**0,01**	**0,015**	**0,02**
DO_{505nm}	**0**	**0,328**	**0,480**	**0,660**

3-B-2. Dosage du glucose dans les cultures cellulaires : le dosage est effectué sur les 8 échantillons prélevés pour les deux cultures selon le protocole décrit dans l'annexe E. Pour plus de commodité, il est conseillé de réaliser les dosages simultanément après le dernier prélèvement.

Déterminez la concentration de glucose dans les différents échantillons que vous reporterez dans le tableau ci-dessous.

Mesure de la quantité de glucose dans le milieu (g/L)	**T = 0**	**T = 1 h**	**T = 2 h**	**T = 3 h**	**T = 4 h**
Souche R	**0,398 / 5 g/L**	**0,370 / 4,6 g/L**	**0,332 / 4 g/L**	**3,5 g/L**	**3 g/L**
Souche G	**0,402 / 5 g/L**	**0,395 / 5 g/L**	**0,378 / 4,8 g/L**	**0,367 / 4,6 g/L**	**0,332 / 4 g/L**

3-B-3. Analysez l'ensemble des résultats obtenus dans la partie 3 et précisez les conséquences de l'insertion du transposon Ty1 dans ces deux souches.

Réponse à la question 3-B-3

Les mesures de l'absorbance à différents temps permettent de déterminer le temps de doublement des 2 souches. La souche R a une croissance plus rapide que la souche G.

Tableau 3A-1 : Les mesures correctes de l'absorbance permettaient d'arriver à la conclusion que la souche R a un temps de génération de 1H30 environ dans les conditions utilisées et la souche G de 3H environ.

Tableau 3B-1 : Gamme étalon pour le dosage du glucose. La courbe étalon permet de déterminer la concentration de glucose dans les différents échantillons prélevés.

Tableau 3B-2 : La quantité initiale de glucose est de 5 g/L. Il fallait tenir compte de la dilution au 1/2Oe de l'échantillon et du volume prélevé. Très peu de candidats ont dosé la quantité de glucose initialement présente. Les mesures montrent que la souche R consomme plus de glucose que la souche G.

Ces expériences montrent que l'insertion d'un transposon Ty1 dans un gène codant une sous unité d'un complexe de la chaîne respiratoire affecte moins la croissance que l'insertion au voisinage d'un gène codant une enzyme intervenant dans la glycolyse.

La souche R déficiente pour la respiration a un métabolisme fermentaire et produit de l'éthanol qu'il aurait été intéressant de doser. De même, il serait intéressant de comparer la croissance de cette souche avec la souche sauvage.

La souche G a une faible croissance et utilise peu le glucose. On peut poser l'hypothèse que l'insertion du transposon Ty1 n'inactive pas le gène mais produit vraisemblablement une diminution de son expression entraînant une quantité moindre d'enzyme et un ralentissement de la glycolyse.

Partie IV : Les transposons, des acteurs de la dynamique des génomes. Mise en évidence de quelques propriétés.

Le séquençage du génome de la levure *S. cerevisiae* en 1996 a permis la caractérisation de nombreuses copies, complètes ou non, du transposon Ty1. Le tableau 2 ci-dessous récapitule le nombre de ces éléments retrouvés sur l'ensemble des 16 chromosomes.

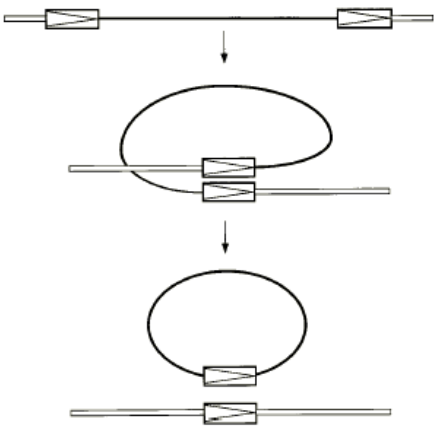
Tableau 2 : Données génomiques sur la localisation du transposon Ty1 dans la souche séquencée.

Chromosome	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**	**XIII**	**XIV**	**XV**	**XVI**
Transposon Ty1 complet	1	2	0	5	2	0	3	1	0	2	0	4	4	2	2	4
LTR isolé	6	13	11	20	18	8	25	14	5	14	11	18	15	5	18	16

4-A. Analysez le tableau 2. Les LTR isolés sont issus d'un mécanisme de recombinaison pouvant se produire lors de la mitose. Proposez un schéma permettant d'expliquer ce phénomène.

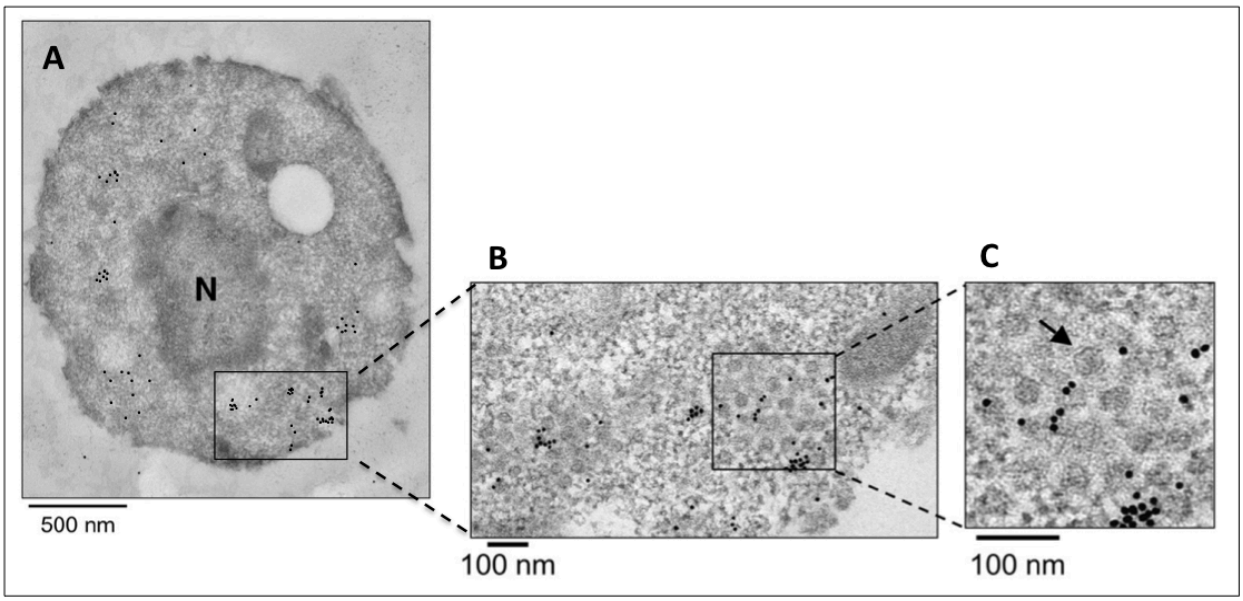
Réponse à la question 4-A

Cette analyse génomique montre que les transposons Ty1 sont présents dans le génome sous 2 formes. Ils sont entiers ou tronqués sous forme de LTR isolés et se répartissent sur l'ensemble des chromosomes. Les LTR isolés, issus d'un événement de recombinaison se produisant en mitose , sont donc des vestiges d'un ancien événement de transpsosition et de la présence d'un élément TY1 entier.



Les LTR qui sont présents aux deux extrémités du transposon sont des séquences répétées dans la même orientation. Un appariement des deux LTR d'un même élément au cours d'une mitose peut conduire à un événement de recombinaison dont le résultat sera la perte d'un LTR et de l'ensemble de la séquence localisée entre les deux LTR. Après la recombinaison, il restera en place uniquement un LTR comme montré dans la figure ci-dessous.

La protéine TyA du transposon Ty1 présente des similitudes avec la protéine de capside du rétrovirus HIV. Une expérience d'immunolocalisation de TyA a été réalisée sur une coupe de cellules de levures grâce à un anticorps anti-TyA couplé à des particules d'or de 10nm de diamètre. Le document 8 présente des clichés de cette coupe, observée en microscopie électronique à transmission.



Document 8 : Immunolocalisation de la protéine TyA sur une coupe de cellule de levure, grâce à des anticorps anti-TyA couplés à des particules d'or de 10nm de diamètre. L'image B représente un grossissement de la zone indiquée sur l'image A. L'image C représente un grossissement de la zone indiquée sur l'image B. Une échelle est indiquée pour chaque image. N : noyau.

4-B. Interprétez ces résultats. Proposez une hypothèse sur la nature des particules ainsi mises en évidence et déduisez une caractéristique du transposon Ty1.

Réponse à la question 4-B

Les grains noirs qui correspondent à l'immunomarquage se répartissent dans l'ensemble du cytoplasme. (Photo A). La localisation de la protéine TyA est donc cytoplasmique. Les agrandissements en B et C permettent de distinguer la présence de structures particulaires rondes qui colocalisent avec la protéine marquée. La protéine TyA présentant des similitudes avec la protéine de capside du HIV, on peut supposer que lors de la transposition de Ty1, l'une des étapes est cytoplasmique et conduit plus précisément à la formation d'une particule comparable à une capside virale.

Le transposon Ty1 est transcrit en un ARN messager unique de 5,8 kb à partir d'une séquence localisée dans le LTR gauche (LTR1). Le transposon Ty1 cloné dans le plasmide pBGal-Ty1-F (partie 2) a été modifié en remplaçant ce promoteur par celui du gène *GAL10*. Ce promoteur est fort, inductible en présence de galactose et réprimé en présence de glucose. L'ARN messager synthétisé à partir de ce promoteur est strictement identique à celui d'un transposon issu du génome. Le plasmide ainsi obtenu a été appelé pPGal10-Ty1. On a construit par ailleurs un second plasmide

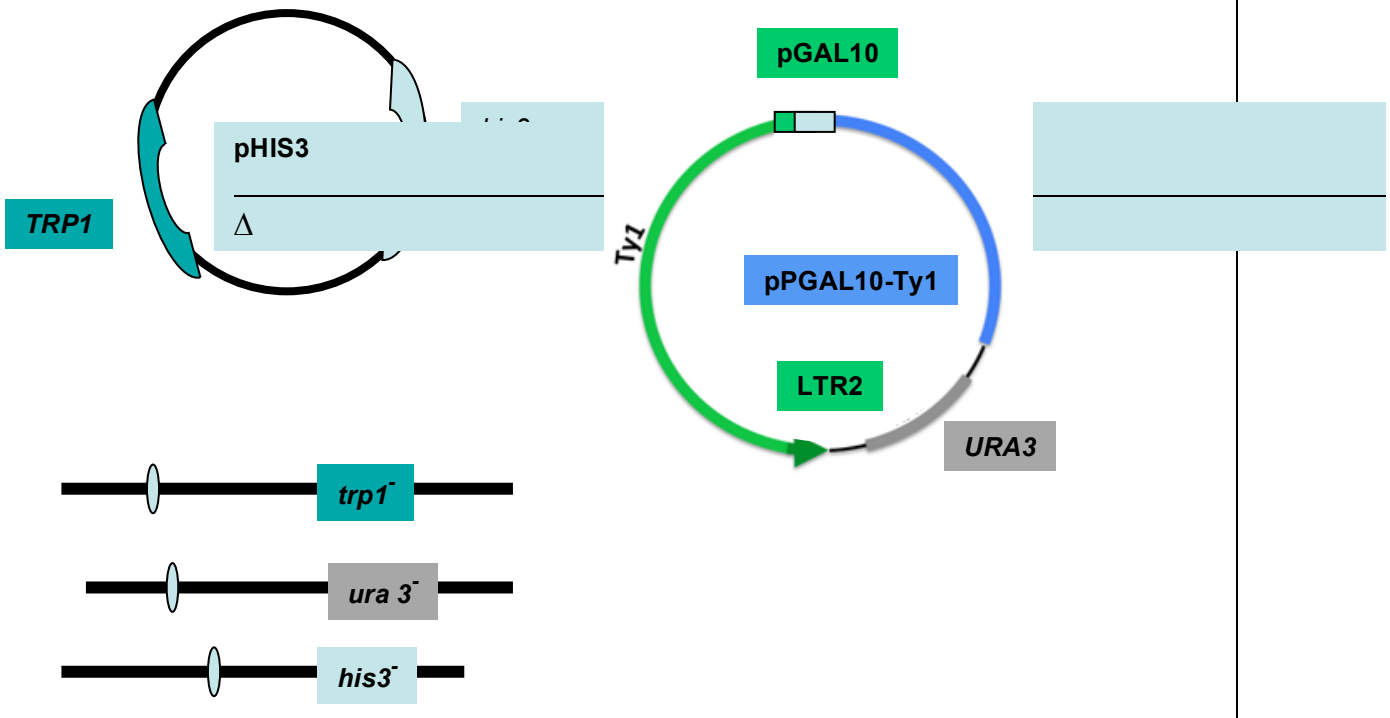
appelé pHIS3Δ contenant le gène *TRP1* comme marqueur de sélection ainsi qu'un allèle muté du gène *HIS3* appelé *his3Δp*. Cet allèle est non fonctionnel car le promoteur du gène *his3* est absent. Ces 2 plasmides ont été introduits par transformation dans une souche de levure UTH de génotype *ura3*$^-$ *trp1*$^-$ *his3*$^-$ et des colonies Trp$^+$ et Ura$^+$ ont été sélectionnées sur milieu minimum additionné de glucose et d'uracile. La souche ainsi obtenue a été appelée UTH - (pPGal10-Ty1-pHIS3Δ). On a également sélectionné une souche UTH transformée uniquement par le plasmide pHIS3Δ appelée UTH – (pHIS3Δ).

4-C-1. Représentez sous forme d'un schéma une cellule de la souche UTH - (pPGal10-Ty1-pHIS3Δ) transformée par ces deux plasmides en indiquant les différents éléments génétiques importants.

Réponse à la question 4-C-1

Représentation schématique d'une souche UTH - (pPGal10-Ty1-pHIS3Δ). Les plasmides sont à localisation nucléaire et ne sont pas représentés à l'échelle par rapport aux chromosomes.

Cette souche est de phénotype Ura$^+$ Trp$^+$ His$^-$

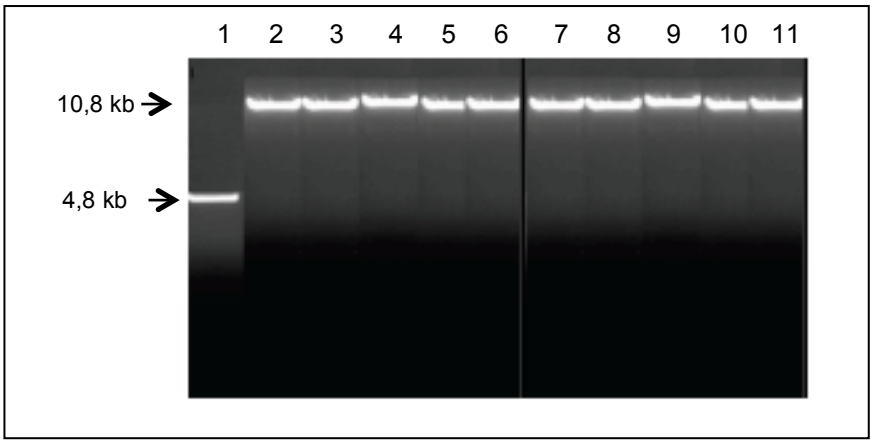


La souche UTH - (pPGal10-Ty1-pHIS3Δ) ainsi obtenue, a été utilisée pour isoler des cellules His$^+$. Environ 10^7 cellules ont été ensemencées sur milieu complet contenant du glucose ou du galactose. Après 12 heures de croissance, l'ARN messager correspondant aux transposons Ty1 a été quantifié. De même, les cellules ont été étalées sur milieu minimum additionné de glucose. Les résultats de

sélection obtenus sont présentés dans le tableau 3. Les plasmides UTH-pHIS3Δ des colonies His^+ ont été isolés par une approche non décrite ici et ont été analysés par digestion par l'enzyme de restriction *Eco*R1. Les résultats de ces digestions sont présentés pour quelques colonies dans le document 9.

Tableau 3 : Sélection de colonies His+

Souches utilisées	milieu complet additionné de	Quantification de l'ARNm Ty1	Nombre de colonies His^+ sélectionnées
UTH - (pPGal10-Ty1- pHIS3Δ)	glucose	x1	2
UTH - (pPGal10-Ty1- pHIS3Δ)	galactose	x150	125
UTH - (pHIS3)	glucose	x1	1
UTH - (pHIS3)	galactose	x1	2



Document 9 : Extraction de plasmides UTH-pHIS3Δ des colonies His^+ et digestion par l'enzyme *Eco*R1.
Piste 1 : plasmide UTH-pHIS3Δ
Piste 2 à 11 : plasmides UTH-pHIS3Δ issus de colonies His^+

Une expérience similaire a été réalisée en modifiant la séquence du transposon Ty1 porté par le plasmide pPGal10-Ty1 comme suit. La région TyB a été modifiée en insérant un intron provenant du gène *ACT1* codant l'actine chez *S. cerevisiae*. Des expériences *in vitro* et *in vivo* non décrites ici ont montré que cet intron était fonctionnel c'est à dire qu'il pouvait être épissé de la même manière que dans l'ARNm de son gène d'origine. Le nombre de colonies sélectionnées His^+ est comparable à celui de l'expérience précédente. Les structures des plasmides de ces colonies ont à nouveau été déterminées. Les résultats sont strictement identiques à ceux présentés dans le document 9.

4-C-2. Analysez l'ensemble de ces résultats. Quelle propriété fondamentale du fonctionnement du transposon Ty1 a ainsi pu être mise en évidence expérimentalement ?

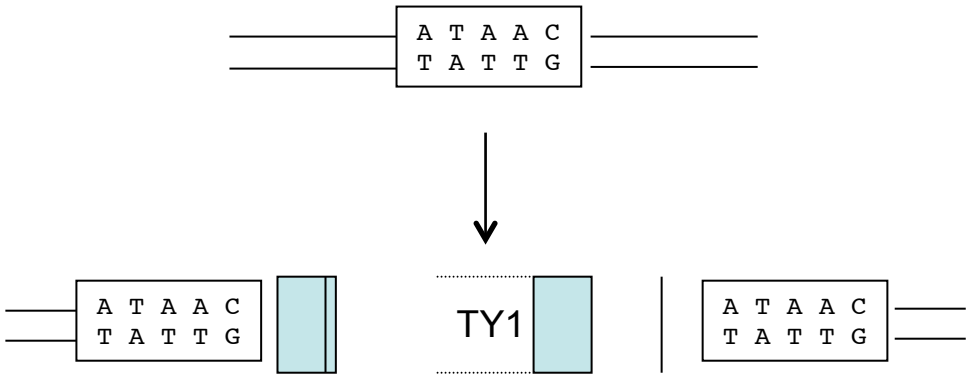
Réponse à la question 4-C-2

La souche UTH - (pPGal10-Ty1-pHIS3Δ) contenant les 2 plasmides décrits ci-dessus a été utilisée pour isoler des colonies His^+ dans différentes conditions. Le transposon Ty1, localisé sur le plasmide pPGal10-Ty1 et sous contrôle du promoteur GAL10, n'est pas transcrit en présence de glucose. L'ARN messager synthétisé dans ces conditions provient de l'expression des transposons localisés dans le génome. En présence de galactose, la quantité d'ARN messager de Ty1 est augmentée 150 x ce qui correspond essentiellement à l'expression du transposon plasmidique. Dans ces mêmes conditions, le nombre de colonies His^+ est également augmenté d'un facteur 100. L'analyse moléculaire des clones His^+ montre que la taille du plasmide portant l'allèle his3 augmente de 6kb. La réversion est donc causée par l'insertion d'un transposon en amont du gène his3 plasmidique ce qui permet ainsi l'expression du gène initialement silencieux. Les expériences réalisées sur la souche UTH-(pHIS3) servent de témoins. Elles montrent qu'il peut y avoir transposition d'éléments Ty1 provenant du génome qui réactivent le gène his3.

L'ensemble de ces expériences montrent donc qu'une augmentation de la transcription des transposons Ty1 conduit à une augmentation de la transposition.

Le même type d'expérience, réalisé à partir d'un transposon modifié par l'insertion d'un intron dans la séquence codant de Ty1, conduit à des résultats strictement similaires. Les transposons Ty1 insérés ont tous une taille de 6 kb montrant qu'ils ne contiennent plus la séquence de l'intron. Le transposon qui s'insère a donc perdu cette séquence. Ce résultat montre donc que la transposition passe par un ARN qui dans le cas présent est épissé. La molécule d'ADN inséré provient donc de l'ARN messager maturé qui a été rétrotranscrit en ADN. Ces expériences sont donc la démonstration que le transposon Ty1 est un rétrotransposon.

Des expériences similaires à celles présentées dans la question 4-C et l'analyse de la séquence complète du génome de *S. cerevisiae* ont permis la caractérisation de nombreux sites d'insertion du transposon Ty1 dans le génome. L'insertion est catalysée par l'un des domaines de la protéine TyB appelé intégrase. Le site d'insertion du transposon est une courte région de 5 nucléotides. Après insertion, ce site est dupliqué de part et d'autre du transposon comme dans le document 10. Une analyse systématique de la séquence de 100 sites d'insertion différents a été réalisée. La composition nucléotidique de ces sites est présentée dans le tableau 4.



Document 10 : Caractérisation d'un site d'insertion du transposon Ty1 dans le génome.

	Position %				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
A	37	45	46	39	20
T	21	34	36	35	30
C	24	11	8	10	20
G	17	8	7	12	25

Tableau 4 : Composition nucléotidique de 100 sites d'insertions.
Les chiffres en gras de 1 à 5 correspondent aux positions des nucléotides au niveau du site d'insertion.

4-E-1. Quel est le mode d'action probable de l'intégrase permettant de conduire à la duplication du site cible ?

Réponse à la question 4-E-1

L'insertion du transposon conduit à une duplication du site cible. Dans le cas du transposon Ty1, l'intégrase reconnaît 5 nucléotides et provoque une coupure double brin qui est décalée. L'intégrase conduit ainsi à la formation de deux régions de 5 nucléotides simples brins qui seront comblées par une polymérase à la fin de l'événement de transposition. La polymérisation conduira à la duplication du site cible.

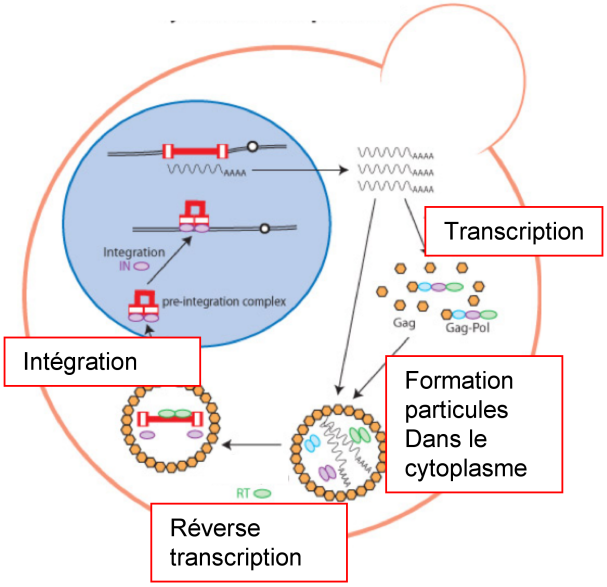
4-E-2. Quelles sont les conclusions que l'on peut tirer du tableau 4 ?

Réponse à la question 4-E-2

Un ensemble de 100 sites d'insertions a été caractérisé par l'analyse des séquences dupliquées en amont et aval des transposons TY1 entiers ou LTR isolés (tableau 4). Le site d'insertion du transposon Ty1 n'est pas unique. L'intégrase ne reconnaît donc pas une séquence spécifique de 5 paires de bases. On peut cependant observer que ce site est sensiblement plus riche en paires de bases AT que CT.

4-F. En vous appuyant sur les différentes expériences analysées dans la partie 4, proposez, sous forme d'un schéma, le cycle du transposon Ty1 de *S. cerevisiae*.

Réponse à la question 4-F :



Annexe A

Protocole pour la détermination du signe sexuel d'une souche de levure *S. cerevisiae* :

- Prélever à l'aide d'un cure-dent un échantillon de cellules de chaque parent

- Déposer les deux souches à proximité l'une de l'autre sur un milieu complet non sélectif

- Mélanger les deux populations de cellules

- Incuber le milieu pendant 3 heures à 30°C

- Prélever des cellules du mélange et les mettre en suspension dans une goutte d'eau sur une lame de verre

- Observer au microscope et rechercher des zygotes.

Annexe B

Protocole de préparation d'ADN génomique de levure :

Étape E1

- Prélever 5 mL de culture et transférer dans un tube Falcon de 15mL
- Centrifuger 5 min à 3000 rpm et éliminer le surnageant
- Resuspendre les cellules dans 0,5 mL d'une solution de 1 M Sorbitol, 0,1 M EDTA (pH7,5)
- Transférer dans un tube Eppendorf de 1,5 mL
- Ajouter 30 µL d'une solution de zymolyase et incuber à 37°C pendant 30 min
- Centrifuger 1 min à 3000 rpm
- Éliminer le surnageant et reprendre les cellules dans 0,5 mL d'une solution 50 mM Tris-HCl pH 7,4, 20 mM EDTA
- Ajouter 50 µL de SDS 10% et mélanger à l'aide d'un Vortex
- Incuber à 65°C pendant 15 min.

Étape E2

- Ajouter 200 µL d'acétate de potassium 5M et incuber dans la glace pendant 30 min
- Centrifuger 5 min à 10 000 rpm.

Étape E3

- Transférer le surnageant (ou une partie) dans un nouveau tube Eppendorf et ajouter un volume é quivalent d'isopropanol 100%
- Mélanger par inversion et laisser reposer 5 min à température ambiante
- Centrifuger quelques secondes et éliminer le surnageant
- Reprendre le précipité dans 0,3 mL d'H_2O
- Ajouter 15 µL d'une solution de RNAse A à 1mg/mL et incuber à 37°C pendant 15 min
- Ajouter 30 µL d'acétate de sodium 3M, 0,2 mL d'isopropanol. Mélanger par inversion.
- Centrifuger brièvement
- Sécher le culot en récupérant au maximum l'isopropanol
- Resuspendre le culot dans 0,2 mL d'H_2O et bien remettre en suspension
- Centrifuger 10 min et récupérer le surnageant.

Annexe C

Réactions de PCR pour la détermination du sens d'insertion du transposon Ty1

Tubes fournis	PCR1	PCR2	PCR3
PCR-T : Tampon x 10	5 µL	5 µL	5 µL
PCRA-T1 : Amorce Ty1-1	1 µL		1 µL
PCRA-T2 : Amorce Ty1-2		1 µL	1 µL
PCRA-U : Amorce U2	1 µL	1 µL	1 µL
NTP : Nucléotides	1 µL	1 µL	1 µL
MgCl2	2 µL	2 µL	2 µL
Taq : Taq polymérase	1 µL	1 µL	1 µL
Eau	38 µL	38 µL	38 µL
ADN	1 µL	1 µL	

Le programme utilisé pour l'amplification prévoit 33 cycles qui se décomposent de la manière suivante :

94°C – 30 sec

50°C – 30 sec

72°C – 1 min

Après la réaction, ajouter 5 µL de bleu de charge et déposer au moins 20 µL de chaque PCR sur un gel d'agarose 1%.

Annexe D

Mesure de la croissance des souches :

- Deux cultures (R et G) ont été ensemencées à 30° sous agitation en milieu minimum liquide.
- Au temps t= 0, 1, 2, 3, et 4 heures, prélever 2 x 1mL de la culture en tube Eppendorf : un mL servant à la mesure de la densité cellulaire et l'autre au dosage du glucose selon les protocoles décrits dans l'annexe E.

Ces tubes doivent être conservés dans la glace jusqu'à utilisation.

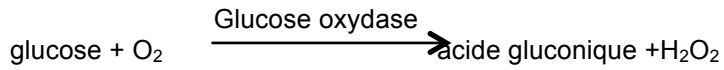
Protocole de mesure de la densité cellulaire :

- Transférer la culture dans une cuve de spectrophotomètre
- Mesurer l'absorbance à 600 nm.

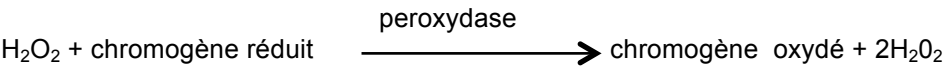
Annexe E

Principe et protocole de dosage du glucose :

Le glucose est oxydé en acide gluconique par le dioxygène, avec formation de peroxyde d'hydrogène. La réaction est catalysée par la glucose oxydase selon l'équation suivante :



Le peroxyde d'hydrogène produit oxyde un chromogène qui est dosé par spectrophotométrie à 505 nm. La réaction est catalysée par une peroxydase selon l'équation suivante :



L'intensité de la coloration, mesurée 505 nm est proportionnelle à la quantité de glucose dans l'échantillon.
Le réactif RTU utilisé est prêt à l'emploi et contient tous les substrats et enzymes nécessaires à la réaction.
La coloration reste stable pendant une heure à 20-25°C.

Réalisation de la gamme étalon pour le dosage du glucose :

Vous disposez d'une solution de glucose à 1g/L. Vous réaliserez une solution à 0,2g/L et préparerez les tubes suivants :

Tube n°	1	2	3	4
Réactif glucose RTU (mL)	1	1	1	1
Solution glucose 0,2 g/L (µL)	-	50	75	100
Eau déminéralisée (µL)	100	50	25	0

Ensuite :

- Incuber les tubes à 37°C pendant 10 min
- Laisser refroidir à température ambiante pendant 10 min
- Mesurer l'absorbance à 505 nm.

Protocole pour le dosage du glucose dans une culture :

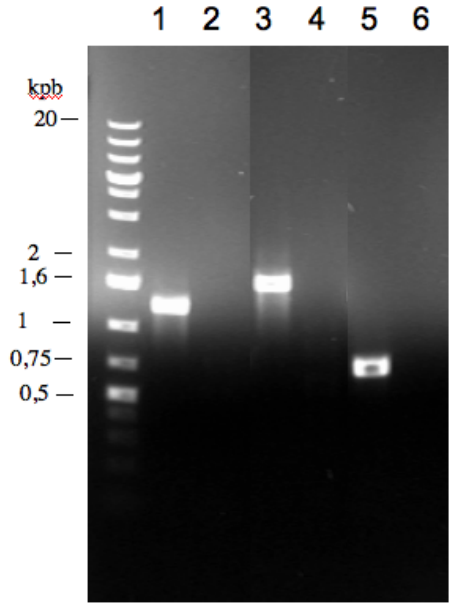
- Centrifuger brièvement la culture pour séparer les cellules du surnageant
- Diluer le surnageant au 1/20^{e}
- Transférer 0,05 mL dans un tube à hémolyse
- Ajouter 1 mL de réactif glucose RTU
- Incuber les tubes à 37°C pendant 10 min
- Laisser refroidir à température ambiante pendant 10 min
- Mesurer l'absorbance à 505 nm
- Déterminer la concentration de glucose dans chaque tube.

(remarque : ajuster la dilution du surnageant de culture ou le volume à prélever, si nécessaire).

Nom : **Prénom :** **Salle :**

Document à remettre avec votre dossier :

Résultats expérience de PCR : question 2-C-



Piste 1 : ADN souche C oligonucléotides Ty1-1 et U2
Piste 2 : ADN souche C oligonucléotides Ty1-2 et U2
Piste 3 : ADN souche D oligonucléotides Ty1-1 et U2
Piste 4 : ADN souche D oligonucléotides Ty1-2 et U2
Piste 5 : ADN souche E oligonucléotides Ty1-1 et U2
Piste 6 : ADN souche E oligonucléotides Ty1-2 et U2

La PCR 3 ne donne aucune amplification

Document remis au candidat aux candidats au moment de l'incubation des mélanges PCR dans le thermocycleur

Les souches D et E ont été isolées de la même manière que la souche C. Les ADN de ces 2 souches, hybridés avec une sonde du gène *URA2* marquée au 32p ont également un profil de restriction *Bam*H1 similaire à celui de la souche C. (Document 3). Les clonages et comparaisons de séquences donnent également des résultats comparables à ceux de la souche C

Vous utiliserez ces résultats pour compléter votre raisonnement dans la question 2 - C - 4.

Vous expliquerez ci-dessous pourquoi les fragments d'ADN amplifiés dans les 3 souches C, D et E sont de taille différente.

Seuls les oligonucléotides Ty1-1 et U2 permettent une amplification montrant que dans ces trois souches le transposon est toujours inséré dans le même sens.
Les fragments amplifiés ont différentes tailles montrant que l'insertion ne se fait pas dans un site unique mais peut se faire à différents endroits et conduire à la réactivation du gène *URA2*.

5.1.2 Commentaires

Remaniements chromosomiques chez la levure *Saccharomyces cerevisiae* : caractérisation et propriétés.

La caractérisation de remaniements chromosomiques et plus particulièrement l'insertion de transposons ont constitué le fil conducteur du sujet des TP du secteur A. Dans ce sujet, différentes expériences dans les domaines de la génétique, de la biochimie et de la biologie moléculaire et cellulaire étaient proposées. La levure *Saccharomyces cerevisia*e est un organisme modèle de choix pour ce thème. En effet, l'utilisation de ce microorganisme permet de mettre en place une série d'expériences variées pouvant, pour certaines d'entre elles, être transposables au lycée.

Le TP était composé de 4 parties indépendantes. Les expériences et les analyses de résultats, réalisées par les candidats dans une partie, n'étaient pas nécessaires pour entamer la partie suivante, mais s'inscrivaient malgré tout dans une logique et suivaient un fil conducteur. Il a été clairement précisé qu'une lecture du sujet dans son intégralité était utile notamment pour s'imprégner de la problématique proposée mais aussi pour permettre au candidat d'organiser son travail et répartir le plus judicieusement les différentes expériences. En effet, certains protocoles nécessitaient des temps d'attentes longs et plusieurs expériences devaient être menées de front sur les 6 heures (suivi de croissance et dosage du glucose par exemple). Bien que la thématique générale pouvait paraître spécialisée sous certains aspects, le jury a eu le souci de diversifier les approches expérimentales et d'évaluer ainsi plusieurs disciplines au programme du secteur A comme la génétique, la biologie cellulaire, la biologie moléculaire et la biochimie. Nous avons également introduit, tout au long du sujet, des questions de méthodologie et des exploitations de résultats expérimentaux pour en faire un ensemble complet et cohérent. Le sujet comportait aussi des questions qui amenaient les candidats à établir eux-mêmes une partie du protocole afin de ne pas restreindre la manipulation à un simple suivi d'une recette.

Commentaires généraux du jury sur le déroulement de l'épreuve :

Le jury constate que de nombreux candidats ne prennent pas assez de temps pour lire le sujet dans son intégralité malgré les conseils formulés dans le préambule du sujet et donnés oralement au départ de l'épreuve. Cette lecture est indispensable notamment pour organiser le travail et répartir les différentes expériences de manière optimale. En début d'épreuve, le jury a aussi donné des consignes pour l'organisation d'expériences comme la PCR. Trois départs différents de PCR étaient prévus de telle manière à permettre la réalisation complète de l'expérience allant de la préparation des tubes à leurs incubations dans le thermocycleur jusqu'à la migration des échantillons. Les différentes précisions et compléments d'informations donnés oralement ont également été inscrits en intégralité sur le tableau de la salle de TP.

Une mauvaise organisation du travail ne permet pas de répondre à l'intégralité du sujet et devient de fait discriminante. Par contre, une bonne répartition des expériences et l'utilisation des temps d'attentes lors d'incubations pour exploiter les résultats et les expériences complémentaires ont permis à quelques candidats d'arriver à réaliser l'ensemble de l'épreuve dans le temps imparti. Les meilleurs candidats ont réussi à terminer l'ensemble du travail expérimental et à répondre à une très grande partie des questions posées.

Partie 1 : **Identification génétique de souches de levure**

L'objectif de cette partie était d'identifier le phénotype et le génotype d'une collection de mutants auxotrophes de levure. La partie expérimentale a consisté à déterminer le phénotype de ces mutants en analysant leur croissance sur une série de milieux ensemencés qui ont été fournis aux candidats. De même, des croisements entre souches étaient à réaliser pour déterminer le signe sexuel d'un haploïde ainsi que la caractérisation d'asques issus de méiose. Pour ces dernières expériences, les candidats devaient montrer directement aux examinateurs les résultats de leur travail. La caractérisation génétique se poursuivait par une détermination du génotype de certaines de ces souches grâce à une analyse génétique proposée sous forme d'un exercice.

Commentaire du jury concernant la partie 1 :

Cette partie a été traitée de manière inégale. La détermination du phénotype des souches a été correcte dans l'ensemble. Les questions concernant la détermination du génotype ont posé plus de difficultés. Les réponses apportées étaient claires uniquement dans les bonnes copies. Cette

difficulté d'analyse de ségrégation de gènes au cours de la méiose a également été observée dans les leçons et les interrogations d'option A et contre options.

Les préparations présentées aux examinateurs sont de qualité inégale. Il arrive encore que des candidats aient des difficultés à réaliser un montage simple entre lame et lamelle. Le choix des grossissements est parfois inadapté pour une observation correcte. De même, la densité cellulaire est souvent trop importante et ne permet pas une observation optimale. Le jury a trop souvent constaté, lors des évaluations pendant l'épreuve, une inadéquation entre les dessins d'observation réalisés par le candidat et l'échantillon présenté. Les candidats font des dessins en fonction de leur connaissance et non des observations de leurs préparations. La qualité de la préparation et la conformité des dessins ont été évaluées par le jury

Partie 2 : Caractérisation moléculaire de remaniements chromosomiques

À partir de l'une des souches auxotrophes de la collection, mutée dans un gène de la voie de biosynthèse des pyrimidines, des révertants prototrophes ont été sélectionnés. La mutation initiale, localisée dans la région promotrice empêche l'expression du gène. Le retour à la prototrophie peut se faire suite à différents événements mutationnels. Dans les souches proposées au candidat, 3 événements étaient à caractériser :

1. Une réversion vraie,
2. Une duplication de gène et plus précisément de la séquence codante suivie de son insertion dans le génome.
3. L'insertion d'un transposon entre la région promotrice mutée et la séquence codante. L'élément transposable apporte un promoteur qui rétablit l'expression du gène initialement silencieux.

L'enchaînement des questions amenait le candidat à caractérise les différents événements mutationnels qui ont conduit à la réversion. Aucune connaissance particulière dans ce domaine n'était nécessaire. L'objectif était d'évaluer des candidats capables de raisonner sur des résultats de biologie moléculaire (hybridation ADN et PCR) et d'analyses de comparaison de séquences. La partie expérimentale permettait d'évaluer la capacité de mettre en œuvre et de suivre un protocole.

Pour l'expérience d'hybridation de type Southern blot, un descriptif méthodologique de la technique a été demandé au candidat. La photo de la membrane obtenue à la fin de l'expérience était jointe au sujet. Sur cette membrane, le profil de digestion de l'enzyme de restriction *Bam*H1 est révélé suite à l'hybridation d'une sonde correspondant au gène testé. Le candidat pouvait en analysant ces profils et en s'appuyant sur les alignements de séquences fournis, formuler des hypothèses quant aux événements qui ont eu lieu et ainsi caractériser les trois types d'événements de réversion.

La suite du sujet était focalisée sur le révertant portant une insertion de transposon. Le concept de l'insertion était suggéré au candidat par l'analyse de la membrane et les alignements de séquences. Il était amené à se poser la question sur le sens d'insertion de ce transposon. La réponse à cette question était obtenue en réalisant une expérience de PCR puis en combinant le résultat obtenu avec des expériences de clonages et d'analyses d'expression qui lui étaient proposées sous forme d'un document. Il pouvait ainsi en déduire que l'insertion d'un transposon en amont d'un gène peut conduire à son expression uniquement pour un sens d'insertion spécifique.

Pour la partie pratique, c'était le début d'une hybridation de type Southern qui a été réalisé par le candidat. Il lui était demandé de préparer de l'ADN génomique de levure à partir d'une culture de cellules. Le protocole était long avec plusieurs étapes et nécessitait une bonne organisation pratique du candidat. Une fois l'ADN purifié, la préparation était évaluée par une observation du précipité d'ADN par un membre du jury. Le candidat devait ensuite réaliser une digestion enzymatique de cet ADN et d'un ADN témoin et analyser ces digestions par une électrophorèse sur gel d'agarose. Le candidat s'est vu remettre, au moment de la digestion, une photo montrant les résultats qu'il devait obtenir. Il a ainsi pu se servir de la photo pour analyser les profils obtenus. Le protocole fourni pour la digestion était minimal pour obliger le candidat à le compléter et faire preuve d'initiative pour le réaliser. Une photo du gel a été prise par le jury et jointe à la copie pour évaluer la qualité de l'ADN préparé et de la digestion enzymatique réalisée.

Pour l'expérience de PCR, tous les produits et le protocole étaient fournis au candidat pour la partie purement expérimentale. Le candidat devait s'organiser pour réaliser pratiquement l'expérience. Le jury avait fixé trois créneaux possibles au cours de l'épreuve pour l'incubation des tubes dans le thermocycleur. Une photographie des résultats a été remise à chaque candidat au moment où il donnait ses tubes aux examinateurs pour les incuber dans le thermocycleur. Après la réaction, les

tubes lui ont été apportés pour qu'il réalise les dépôts sur gel d'agarose. Les résultats ont été pris en photo par le jury et évalués lors de la correction. Dans l'une des questions accompagnant cette partie, il revenait au candidat de déterminer les séquences des amorces nécessaires pour l'amplification à partir des alignements de séquence. Il devait choisir 2 couples d'amorces afin de tester deux sens possibles d'insertion du transposon. La manipulation pouvait donc se faire indépendamment du choix des amorces. Cette partie comportait aussi d'autres questions de méthodologie.

Commentaire du jury concernant la partie 2 :

Cette partie était celle qui a été la mieux traitée par les candidats. L'évaluation a tenu compte des résultats des électrophorèses. Le jury a constaté que les candidats avaient des difficultés à proposer des séquences d'oligonucléotides correctes pour effectuer les amplifications PCR. Ils éprouvaient de réelles difficultés à orienter la molécule d'ADN et donc à proposer des amorces compatibles avec une amplification. Le jury constate également que certains candidats ont des difficultés à travailler avec de petits volumes et à pipeter correctement ces volumes en utilisant des pipettes automatiques.

Les réponses apportées aux questions de méthodologie montrent que les principes généraux des expériences sont généralement connus mais trop souvent à un niveau de précision insuffisant pour des candidats du secteur A.

Partie 3 : **Conséquences métaboliques de l'insertion de transposon**

Les candidats avaient à leur disposition deux souches qui présentaient une insertion de transposon dans deux régions différentes du génome, engendrant un retard de croissance pour l'une et une croissance normale pour l'autre. Le retard de croissance est imputable à une insertion d'un élément transposable Ty1 au voisinage d'un gène codant pour une protéine impliquée dans la glycolyse. La souche à croissance normale est incapable de respirer suite à une inactivation d'un gène nucléaire codant une sous unité d'un complexe de la chaîne respiratoire mitochondriale.

L'objectif était ici de déterminer le temps de doublement de ces deux souches et de réaliser une courbe de croissance. Les souches ont été fournies aux candidats sous forme d'une culture liquide en milieu minimum. Les cellules étaient en phase exponentielle de croissance au moment du début de l'expérience à t=0. Le protocole préconisait une mesure de l'absorbance à 600 nm environ toutes les heures. À chaque point de mesure était associé un dosage du glucose dans le milieu. Ce dosage était réalisé par colorimétrie. Il nécessitait la réalisation d'une gamme étalon.

Les résultats devaient montrer que la souche déficiente pour la respiration se développait normalement et présentait un temps de génération d'environ 2H en milieu minimum. La 2^{e} souche présentait une croissance significativement plus lente (temps de génération d'environ 4 heures). Il était demandé aux candidats en guise de conclusion de faire le lien entre la croissance, les dosages et le génotype des souches analysées.

La partie expérimentale se déroulait donc tout au long de l'épreuve à l'initiative du candidat.

Commentaire du jury concernant la partie 3 :

Plusieurs candidats ont éprouvé de grandes difficultés à réaliser les expériences pourtant simples qui étaient proposées. Les difficultés venaient du manque de lecture attentive des consignes et des protocoles. Ces derniers étaient volontairement placés en annexe pour rendre leur utilisation plus aisée. Le jury a constaté que les bonnes pratiques de laboratoire étaient trop souvent oubliées par les candidats. Les lectures au spectrophotomètre ont été réalisées sans soin (absence de nettoyage des cuves et surtout absence d'homogénéisation des échantillons avant mesure) conduisant à des résultats incohérents. Quelques candidats se sont obstinés, malgré des résultats incohérents, à présenter des hypothèses en dépit du bon sens. Faute d'homogénéisation de la culture, ils ont constaté par exemple une diminution de l'absorbance de la culture au cours du temps qu'ils ont attribuée à une mort progressive des cellules dans la culture.

Pour les dosages du glucose par colorimétrie, la courbe étalon a généralement été bien réalisée. Par contre, seuls les bons candidats l'ont utilisée pour déterminer les concentrations de glucose dans la culture. Cette partie a donc été dans l'ensemble discriminante.

Partie 4 – Les transposons des acteurs de la dynamique des génomes

Dans cette dernière partie non expérimentale, l'objectif était d'analyser la structure et le fonctionnement du transposon Ty1 de la levure *Saccharomyces cerevisiae* et d'arriver à la conclusion qu'il s'agissait d'un rétrotransposon. Les documents proposés, résumaient les expériences qui ont permis à leurs auteurs de le montrer. Ces analyses de documents ne nécessitaient pas de connaissances pointues dans le domaine de l'étude des génomes mais demandaient une bonne capacité à analyser des résultats expérimentaux et à en extrapoler les principales conclusions.

Commentaire du jury concernant la partie 4 :

Cette partie a été traitée de manière très inégale. Les candidats en difficulté dans les parties précédentes ont traité uniquement une ou l'autre des questions et souvent de manière très approximative. L'objectif était d'évaluer les capacités des candidats à exploiter des résultats expérimentaux et à les intégrer pour arriver à démontrer que le transposon Ty1 est un rétrotransposon. Le jury a constaté que des candidats peinent à analyser des documents avec pertinence et avec une bonne démarche scientifique. Les réponses apportées étaient vagues trop appuyées sur des connaissances approximatives et non sur une exploitation rationnelle des documents.

5.2 ÉPREUVE DE SPÉCIALITÉ DU SECTEUR B

5.2.1Sujet

AGRÉGATION DE SCIENCES DE LA VIE - SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2011

TRAVAUX PRATIQUES DE SPECIALITÉ DU SECTEUR B

Durée totale : 6 heures

SYSTEME NERVEUX ET VIE DE RELATION

Ce sujet comporte cinq parties indépendantes :

Partie I : Etude comparée du système nerveux de la blatte et de la grenouille (pages 2-8)
- durée conseillée : 105 minutes barème=25/90

Partie II : Parade nuptiale chez la blatte (pages 9-19)
- durée conseillée : 75 minutes barème=18/90

Partie III : L'acquisition de la capacité à chanter chez les oiseaux (pages 20-33)
- durée conseillée : 75 minutes barème=16/90

Partie IV : La localisation des proies par la chouette Effraie (pages 34-47)
- durée conseillée : 75 minutes barème=16/90

Partie V : Reconnaissances raisonnées (pages 48-49)
- durée maximale : 30 minutes barème=15/90

Les réponses aux questions figureront dans les cadres réservés à cet effet.

AVANT DE RENDRE VOTRE DOSSIER, VÉRIFIEZ QUE VOUS AVEZ BIEN INDIQUÉ VOS NOM, PRÉNOM ET NUMÉRO DE SALLE EN TÊTE DE CHACUNE DES FEUILLES.

- **Partie I : Etude comparée du système nerveux de la blatte et de la grenouille**

L'objectif de cette partie est de mettre en évidence des composants du système nerveux, chez la grenouille verte (*Rana esculenta*) et chez la blatte de Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*).

Matériel à disposition du candidat

- 1 grenouille morte

- 1 blatte morte

  - A. Positions phylogénétiques des organismes.

    - **1. Quelle est la position phylogénétique de la grenouille ?**

Réponse(s) à la question I - A – 1

    - **2. Quelle est la position phylogénétique de la blatte ?**

Réponse(s) à la question I - A – 2

- B. Mise en évidence d'organes de relation avec le milieu extérieur.
  - 1. Mise en évidence de l'organe auditif chez la grenouille.
    - **a. Localisez la membrane tympanique chez la grenouille, et mettez en évidence la columelle. <u>Présentez le travail dans une cuvette à dissection puis appelez un examinateur</u>.**
    - **b. A quelles parties de l'oreille appartiennent la membrane tympanique et la columelle ? Complétez le schéma (Figure 1) ci-dessous.**

Réponse(s) à la question I - B – b

Titre :

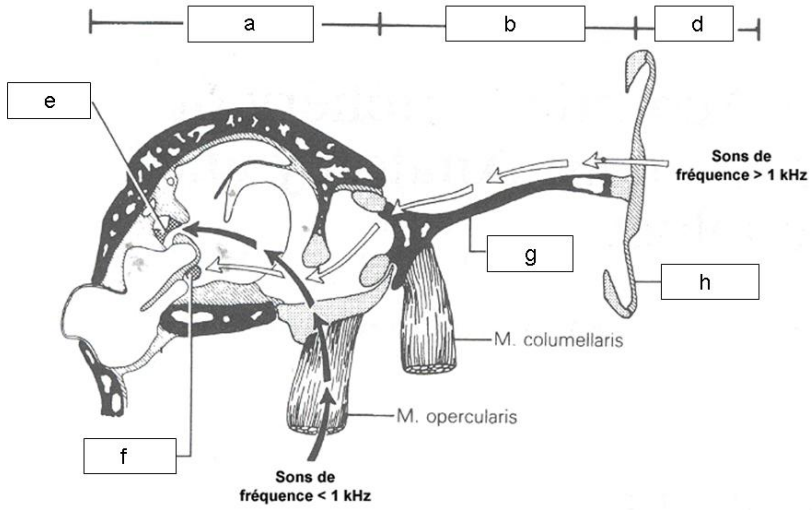


Figure 1

a:

b :

c :

d :

e :

f :

g :

h :

  - 2. Mise en évidence des cerques chez la blatte.
    - **a. Faites un dessin légendé des cerques de la blatte.**

Réponse(s) à la question I - B – 2 – a

- **b. Quelles sont les fonctions sensorielles des cerques chez les blattes ?**

Réponse(s) à la question I - B – 2 – b

- **c. Légender la microphotographie ci-dessous (Figure 2).**

Réponse(s) à la question I - B – 2 – c

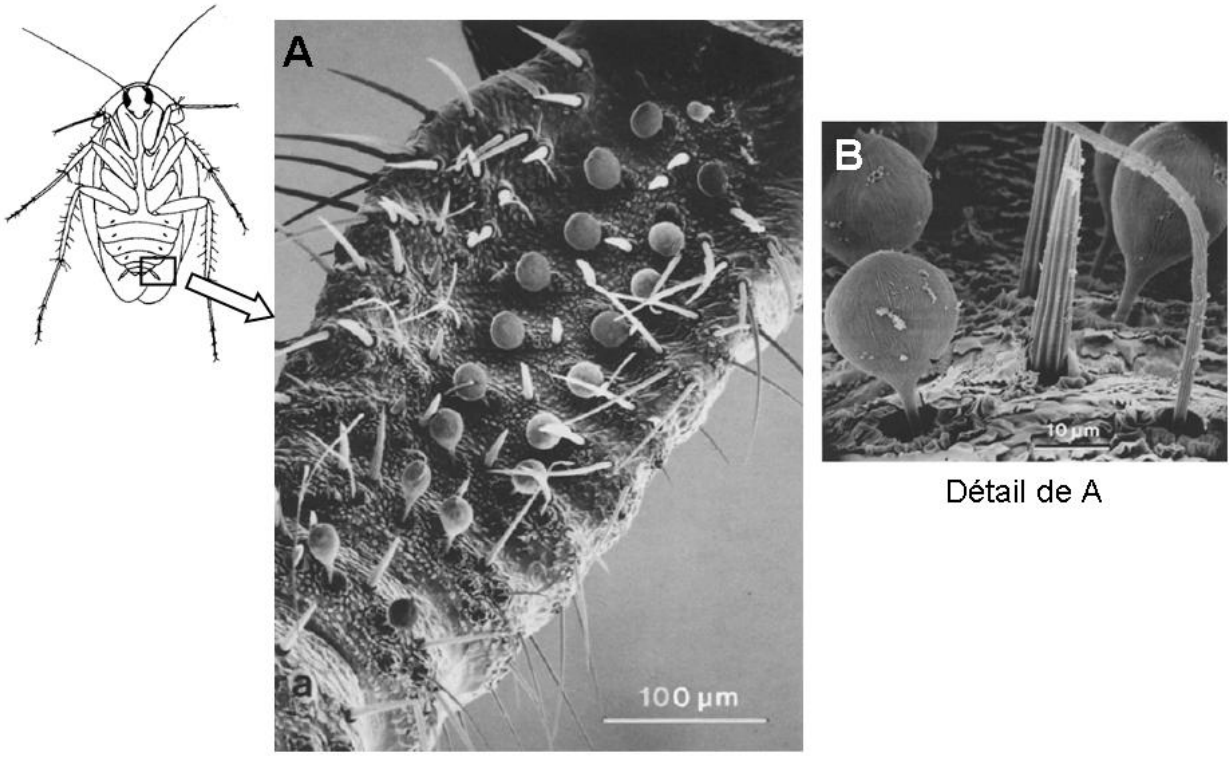


Figure 2

- C. Dissections.
  - 1. Mise en évidence des nerfs rachidiens de la grenouille.

Disséquez la grenouille de manière à mettre en évidence les nerfs rachidiens. Appelez un examinateur et commentez-lui votre dissection.

  - 2. Nerfs rachidiens.
    - **a. Combien la grenouille a-t-elle de nerfs rachidiens ?**

Réponse(s) à la question I - C – 2 – a

    - **b. D'où émergent les nerfs rachidiens?**

Réponse(s) à la question I - C – 2 – b

    - **c. De quelles natures sont les fibres nerveuses contenues par ces nerfs rachidiens ?**

Réponse(s) à la question I - C – 2 – c

    - **d. A quelle(s) fonction(s) (au sens large) participent ces fibres nerveuses ?**

Réponse(s) à la question I - C – 2 – d

- 3. Mise en évidence de la chaîne nerveuse de la blatte.

Disséquez votre blatte de manière à mettre en évidence la chaîne nerveuse dans la région thoracique et la région abdominale.

Réalisez un dessin de la chaîne nerveuse d'après votre dissection dans le cadre ci-après. Appelez un examinateur à l'issue de la réalisation de votre dessin. L'examinateur jugera la qualité de votre dissection et la concordance entre votre dessin et la dissection réalisée.

Réponse(s) à la question I - C – 3

- D. Comparaison des deux systèmes.
  - 1. Localisation dans le plan d'organisation.

Où sont localisés les nerfs rachidiens et la chaîne nerveuse dans les plans d'organisation des deux organismes ?

Réponse(s) à la question I - D – 1

  - 2. Composition histologique.

De quoi sont composés les nerfs rachidiens de la grenouille et la chaîne nerveuse ventrale de la blatte ?

Réponse(s) à la question I - D – 2

  - 3. Autres composantes du système nerveux.
    - a. Chez la grenouille.

Quelles sont les autres composantes du système nerveux que vous n'avez pas mis en évidence lors de votre dissection?

Réponse(s) à la question I - D – 3 – a

- b. Chez la blatte.

Quelles sont les autres composantes du système nerveux que vous n'avez pas mis en évidence lors de votre dissection?

Réponse(s) à la question I - D – 3 – b

- 4. Homologie / Analogie.

Les nerfs rachidiens de la grenouille et la chaîne nerveuse de la blatte sont-ils des systèmes homologues ? analogues ? Justifiez votre réponse.

Réponse(s) à la question I - D – 4

- **Partie II : Parade nuptiale chez le grillon et la blatte**

Cette partie a deux objectifs :

1) *pratique :* la réalisation d'une expérience d'observation de la parade nuptiale chez une espèce de grillon (*Acheta domesticus*).

2) *à partir de documents :* l'étude des canaux de communication utilisés par diverses espèces de blatte avant et au cours de la parade nuptiale.

Matériel à disposition du candidat pour l'expérience d'**observation chez le grillon**

- 1 mâle et une femelle *Acheta domesticus* adultes vivants
- 1 enceinte en plexiglas transparent fermée
- 1 chronomètre
- 1 microphone
- 1 enregistreur numérique
- 1 casque audio
- 1 tube de blanco

- A. Mise en place du protocole d'observation **chez le grillon**
  - 1. Conditions physiologiques.

Afin d'augmenter les chances d'observer une parade nuptiale chez le grillon, dans quel état physiologique doivent se trouver les animaux

Réponse(s) à la question II - A – 1

  - 2. Conditions d'observation.

- **a. Où vivent ces grillons dans la nature ? Où ont lieu les parades nuptiales ?**

Réponse(s) à la question II - A – 2 – a

- **b. Quelles conditions d'observation pensez-vous adopter ?**

Réponse(s) à la question II - A – 2 – b

- 3. Sexage des grillons.

Quel critère phénotypique permet-il de distinguer le mâle de la femelle ? Comment faciliter la distinction mâle-femelle lors de l'observation des animaux ?

Réponse(s) à la question II - A – 3

- 4. Canaux de communication.

- **a. Quelles sont les catégories de signaux susceptibles d'être observés lors de la parade nuptiale du grillon ?**

Réponse(s) à la question II - A – 4 – a

- **b. Proposez un système expérimental permettant d'enregistrer les signaux acoustiques des grillons lors de la parade nuptiale.**

Réponse(s) à la question II - A – 4 – b

- B. Observations comportementales **chez le grillon**

Mettez en place un protocole simple permettant d'observer les signaux visuels et acoustiques émis par le mâle et la femelle lors de la parade nuptiale du grillon à l'aide du matériel fourni. La durée de l'observation ne doit pas excéder 20 minutes. Réalisez ces observations. Appelez un examinateur pour qu'il puisse contrôler votre travail.

- 1. Comportements de parade du grillon
    - **a. Quels comportements avez vous pu observer chez le mâle et chez la femelle grillon ?**

Réponse(s) à la question II - B – 1 – a

- **b. Quels sont les comportements des grillons les plus fréquents ? Justifiez votre réponse à l'aide de mesures quantitatives.**

Réponse(s) à la question II - B – 1 – b

- **c. D'après vos observations, proposez des hypothèses quant au(x) rôle(s) des antennes des grillons dans la parade.**

Réponse(s) à la question II - B – 1 – c

- C. Canaux de communication utilisés par **des espèces de blattes l**ors de la réunion des partenaires sexuels.

Chez une première espèce de blatte (*Blatella germanica)*, il a été démontré expérimentalement l'existence d'une phéromone, la blatellaquinone (Figure 1), produite par une glande située dans le dernier segment abdominal, émise par les femelles vierges pendant une posture caractéristique « d'appel », et attirant les mâles.

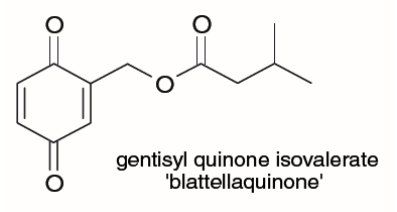


Figure 1 : Formule chimique de la blatellaquinone

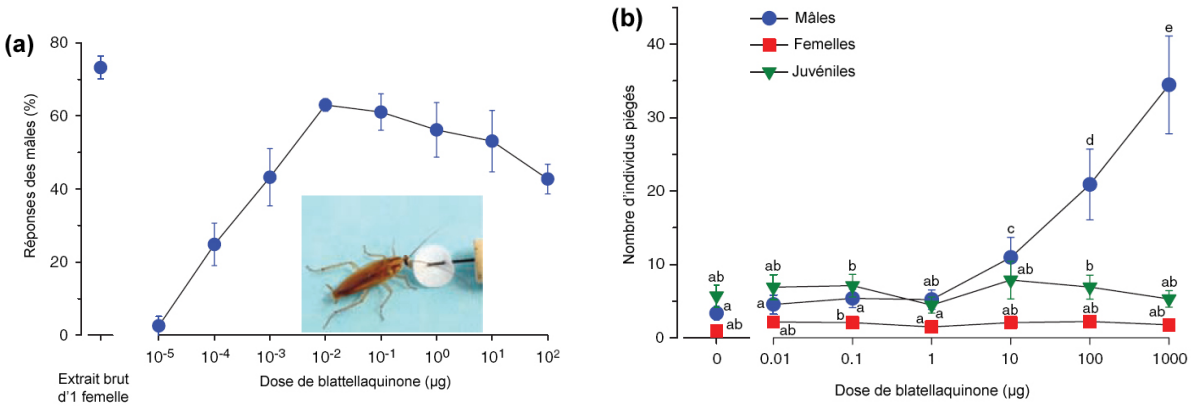


Figure 2 : Effets de différentes doses de blatellaquinone sur (a) l'attraction de mâles et sur (b) l'attraction puis le piégeage de mâles, de femelles et de juvéniles (les lettres différentes aux niveaux des points des courbes indiquent des différences significatives) (D'après Nojima et al., 2005. Science).

- **1. Commentez et interprétez les résultats de la figure (2a) ci-dessus.**

Réponse(s) à la question II – C – 1

- **2. Commentez et interprétez les résultats de la figure (2b) ci-dessus.**

Réponse(s) à la question II – C – 2

- **3. Comment l'identification de la blatellaquinone peut-elle être appliquée dans le cadre de la lutte biologique ?**

Réponse(s) à la question II – C – 3

- D. Etude des signaux acoustiques produits pendant la parade **chez des blattes**.
  - 1. Description des signaux.

Les signaux acoustiques produits pendant la parade nuptiale chez la blatte *Elliptorhina chopardi* ont été décrits en détails par Sueur & Aubin (2006). Une des catégories de signaux, les sifflements, est représentée sur la figure suivante (Figure 3).

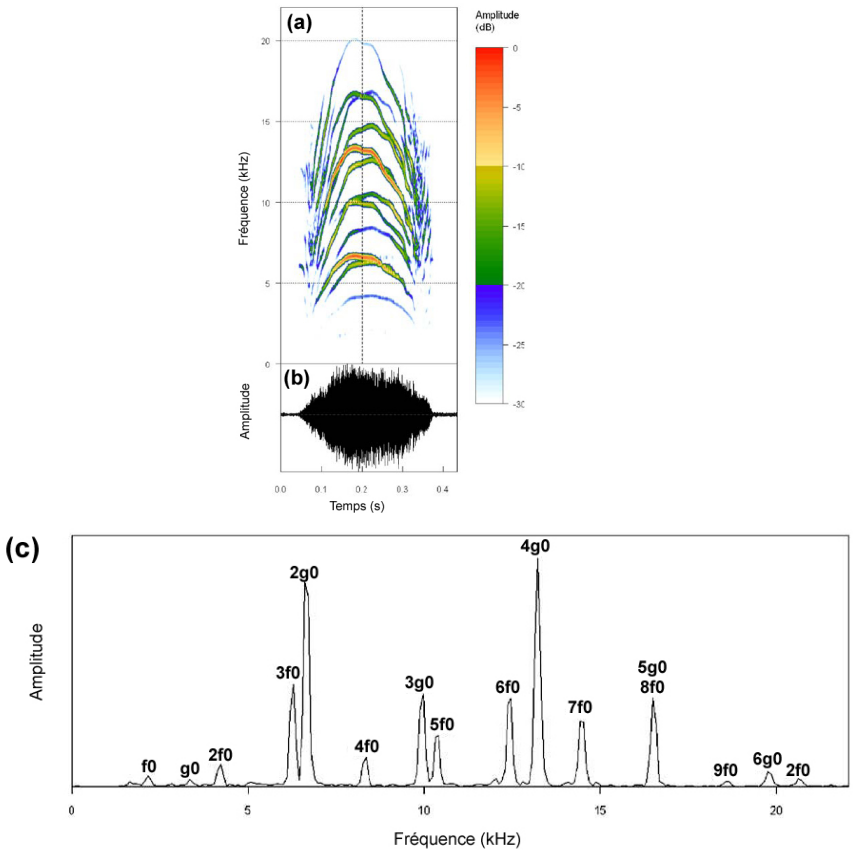


Figure 3 : Représentations d'un sifflement émis pendant la parade nuptiale de *Elliptorhina chopardi* : (a) Spectrogramme. (b) Oscillogramme. (c) Densité spectrale : spectre fréquentiel du signal calculé à la position indiquée par le trait pointillé vertical en (a) et (b) (D'après Sueur & Aubin, 2006. Naturwissenschaften).

- **a. Que représentent respectivement le spectrogramme, l'oscillogramme et la densité spectrale ?**

Réponse(s) à la question II – D – 1 – a

.

- **b. A partir des représentations ci-dessous, décrivez la structure acoustique du signal**

Réponse(s) à la question II – D – 1 – b

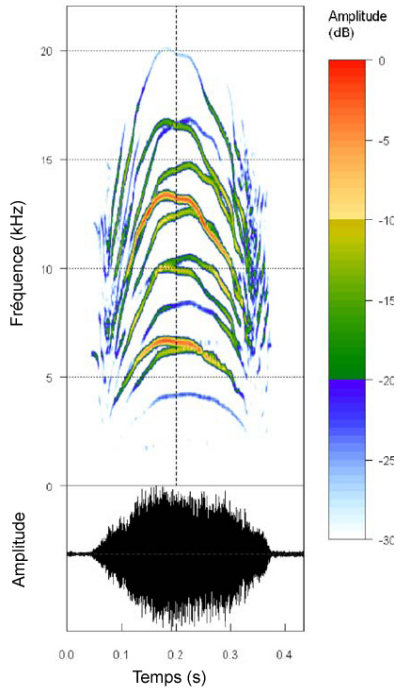


Figure 4

- 2. **Faites des hypothèses sur les organes producteurs de son chez la blatte.**

Réponse(s) à la question II – D – 2

- 3. Importance des signaux acoustiques dans la parade.

La parade nuptiale d'une blatte (*Gromphadorhina portentosa*) a été observée dans 4 conditions expérimentales différentes par Nelson & Fraser (1980) : Normal = aucun traitement particulier sur les animaux, Muet = les mâles sont rendus muets par opération, Sham = les mâles ont été manipulés comme les mâles rendus muets, mais l'opération ne les a pas rendus muets, Playback = les mâles sont rendus muets par opération, et leurs signaux acoustiques sont diffusés par haut-parleur pendant la parade (N = 15 dans chaque groupe). Les résultats obtenus sont illustrés dans la figure suivante (Figure 5) :

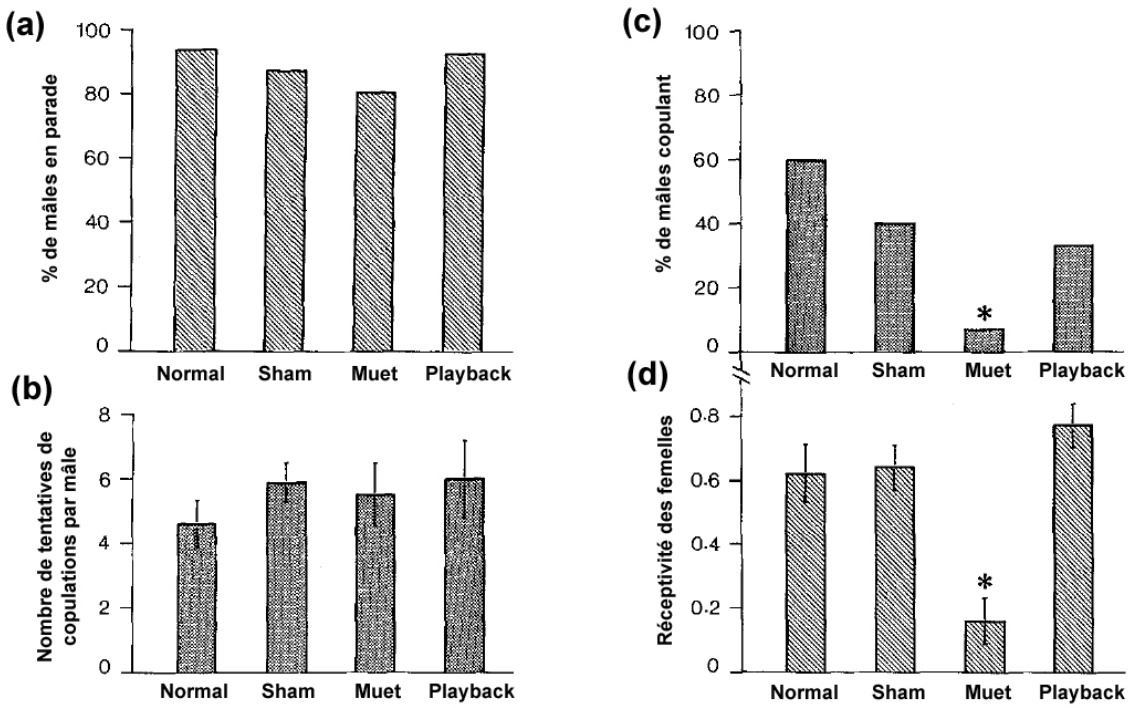
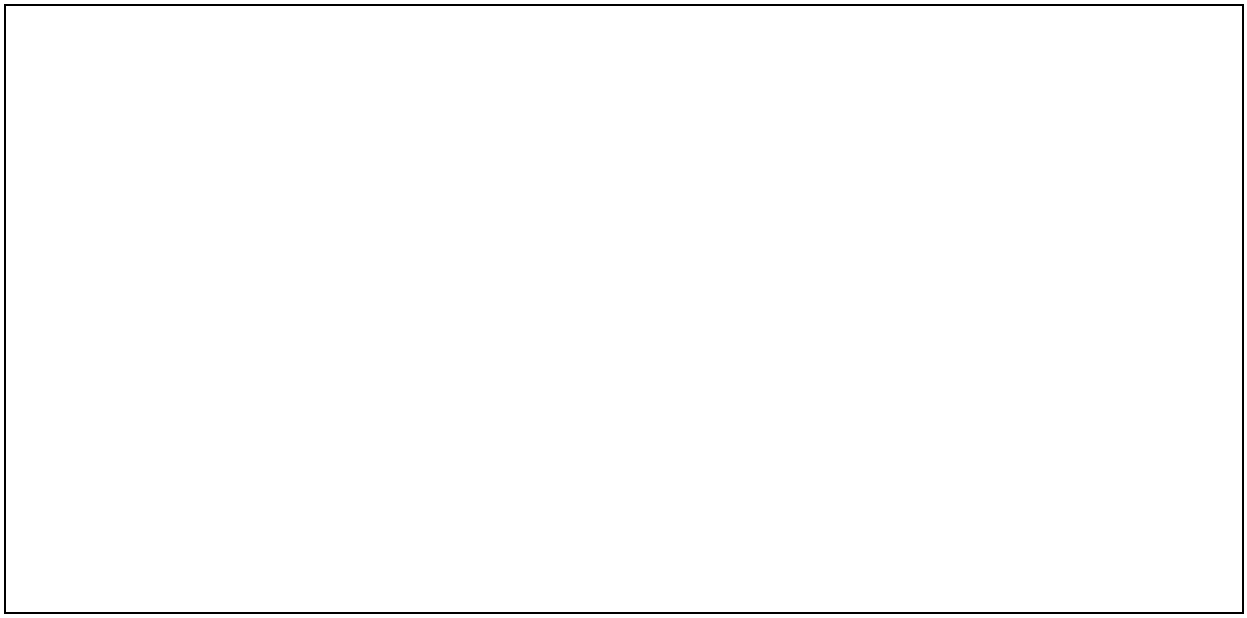


Figure 5 : Comparaison de la parade nuptiale dans 4 conditions expérimentales différentes : (a) Pourcentage de mâles par condition ayant réalisé une parade nuptiale. (b) Nombre moyen de tentatives d'accouplement par mâle (barre d'erreur = erreur standard). (c) Pourcentage de mâles par condition ayant copulé. (d) Score moyen de réceptivité des femelles (barre d'erreur = erreur standard). Les astérisques * indiquent une différence significative. (D'après Nelson & Fraser, 1980. Behavioral Ecology & Sociobiology).

Commentez et interprétez les résultats illustrés ci-dessus (Figure 5).

Réponse(s) à la question II – D – 3 – b



- **Partie III : L'acquisition de la capacité à chanter chez les oiseaux**

Chez les oiseaux passereaux oscines, les mâles et les femelles (chez certaines espèces) signalent leur présence en émettant des vocalisations de structure plus ou moins complexe : les chants. Classiquement, un chant est une suite de notes séparées par des silences (Figure 1). Chaque note est un son, simple (sifflement) ou complexe (plusieurs fréquences émises en même temps), pouvant être modulé en fréquence (plus ou moins aigu ou grave) et en amplitude (plus ou moins fort). Lorsque plusieurs notes identiques se succèdent, on parle de « phrase » (Figure 1). Chaque espèce d'oiseau émet un chant qui lui est propre et qui permet aux individus de s'identifier. Mise à part l'identité spécifique, le chant porte diverses informations (ex. relatives à l'identité individuelle, à l'état physiologique, etc…).

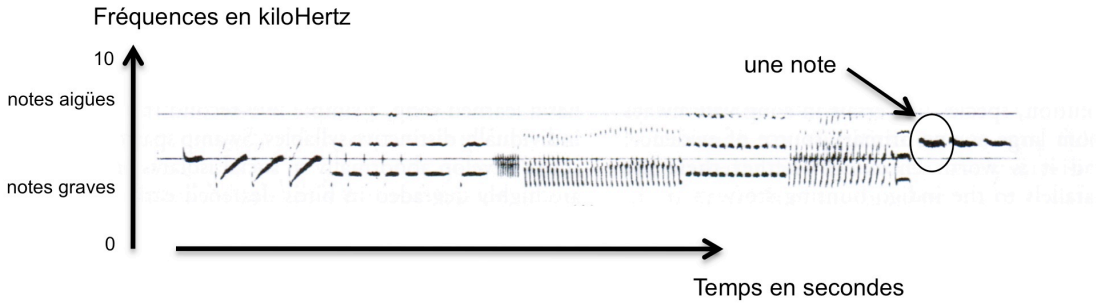


Figure 1 : Spectrogramme de chant de canari : succession de notes au cours du temps.

A l'éclosion, le jeune oiseau ne chante pas. La capacité à chanter n'est pleinement acquise qu'une fois l'âge adulte atteint. Chez certaines espèces, un même individu chante toujours le même chant (même notes, avec la même succession) durant toute sa vie d'adulte. Chez d'autres espèces, le chant d'un individu conserve les caractéristiques propres à l'espèce mais peut connaître des variations significatives d'une année à l'autre (perte de certaines notes, apparition de nouvelles).

On se propose ici d'étudier certains aspects de la mise en place de la capacité à chanter.

- A. Les conditions nécessaires à l'acquisition de la capacité à chanter.
  - 1. Développement du chant chez le Bruant des marais.

La figure ci-dessous (Figure 2) présente les modifications que subit le chant d'un Bruant des marais au cours de sa première année de vie. Chez cette espèce, le chant définitif est celui qui sera chanté durant toute la vie adulte de l'oiseau.

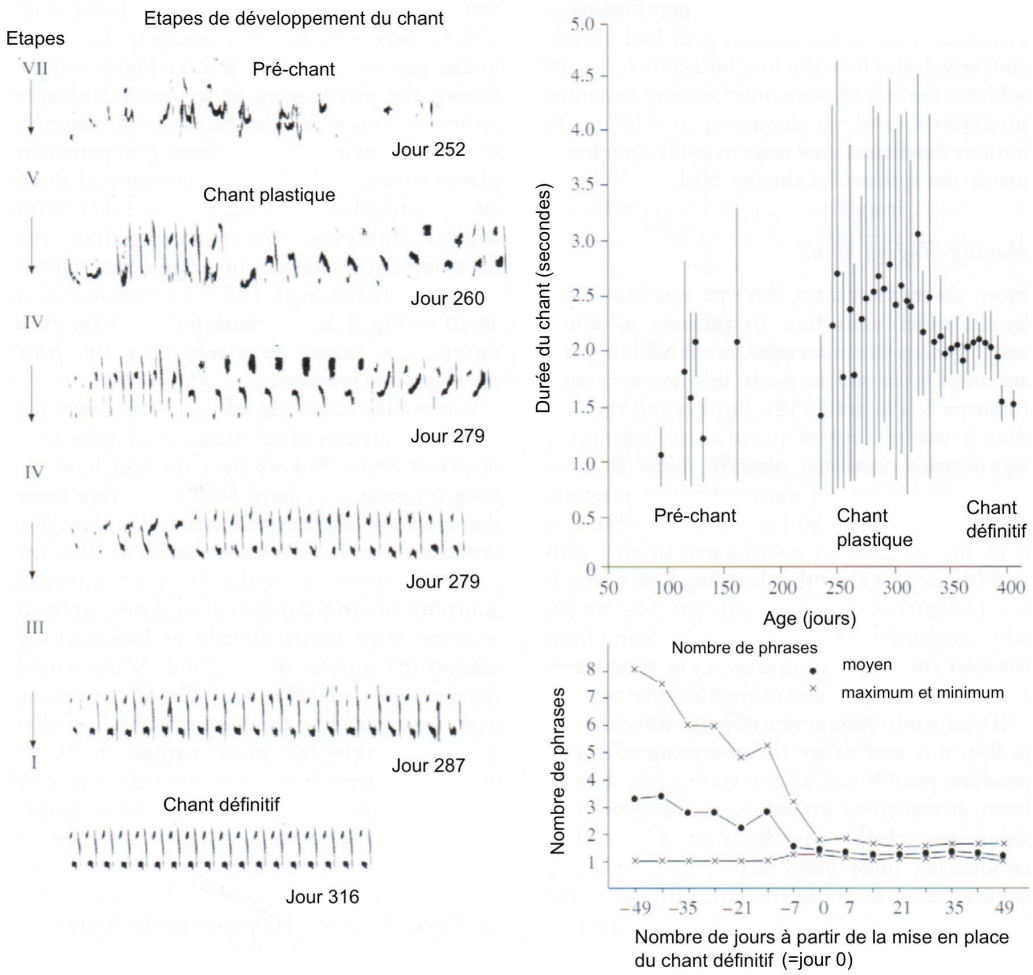


Figure 2 : Modifications du chant d'un Bruant des marais au cours de sa première année de vie (les spectrogrammes – du jour 252 au jour 316 – illustrent la succession des notes composant le chant ; ordonnées = fréquence des notes ; abscisse = axe temporel – comme pour la figure 1 de la page précédente).

- **a. Décrire les changements majeurs dans la structure du chant entre le jour 252 et le jour 316 de vie de l'oiseau.**

Réponse à la question III - A – 1 - a

- b. La figure 3 ci-dessous montre l'évolution au cours du temps de la production d'une note. **Quelles sont les caractéristique des notes du chant définitif par rapport à celles du chant plastique ? Que se passe-t-il pendant la période plastique ?**

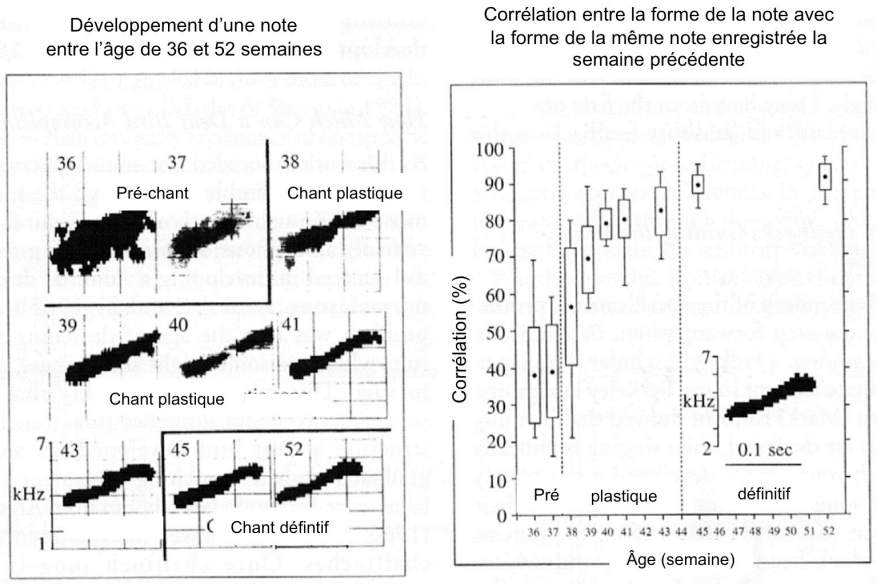


Figure 3 : Evolution au cours du temps de la production d'une note (à gauche : spectrogrammes de la note).

Réponses à la question III - A – 1 - b.

- **c. Formulez une hypothèse quant au processus de la mise en place du chant définitif.**

Réponse à la question III - A – 1 - c.

- 2. Développement du chant chez le canari.

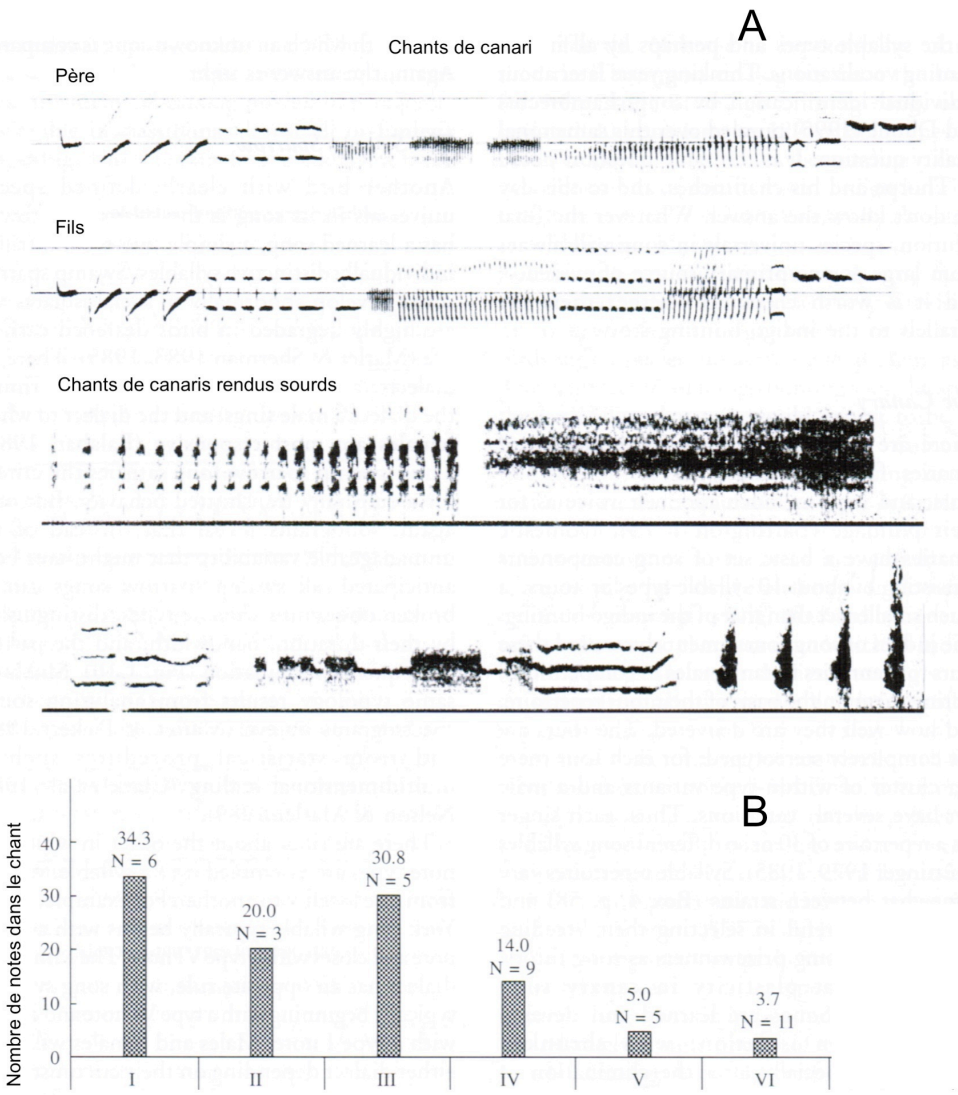


Figure 4 : (A) Spectrogrammes du chant d'un mâle canari, d'un de ses fils, et de deux canaris rendus sourds quelques jours après l'éclosion. (B) Taille du répertoire vocal de canaris à l'âge adulte en fonction des conditions d'élevage pendant la première année de vie. I : oiseaux élevés en présence d'un adulte mâle ; II : oiseaux séparés de l'adulte au sevrage puis placés en isolement ; III : oiseaux soumis à du bruit pendant les trois premières semaines de vie, puis placés avec un adulte mâle ; IV : oiseaux soumis à du bruit pendant les trois premières semaines de vie, puis isolés ; V : oiseaux soumis à du bruit puis rendus sourds. Pour les conditions IV et V, le nombre de notes est évalué au bout de deux ans. VI : oiseaux soumis à du bruit pendant 200 jours puis placés avec un adulte mâle pendant 1 an. *(Au dessus des histogrammes : nombre moyen de notes dans le chant et N=nombre d'individus enregistrés)*

- **a. En analysant les observations et résultats des expérimentations ci-dessus (Figure 4), déterminez les conditions devant être présentes pour qu'un jeune oiseau puisse développer la capacité à émettre un chant caractéristique de son espèce.**

Réponse à la question III - A – 2 – a

- b. Composition du chant d'une année à l'autre

Un canari adulte a été enregistré pendant deux saisons de reproduction successives. Ses chants sont illustrés dans la figure 5 ci-dessous.

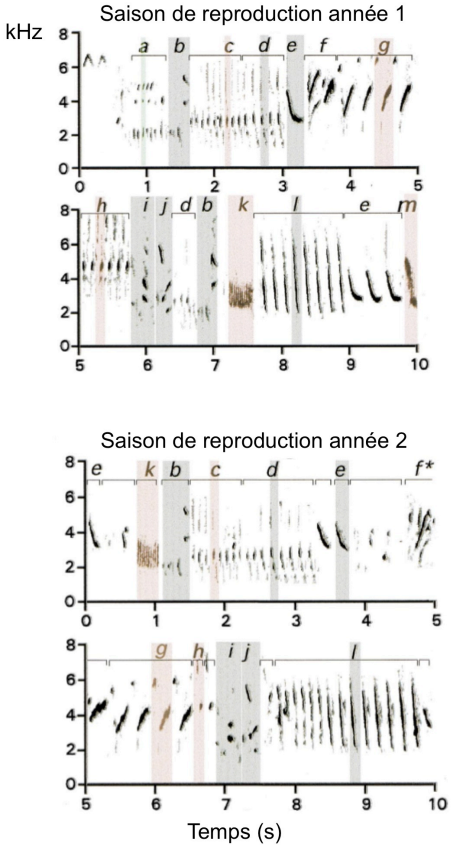


Figure 5 : Spectrogrammes des phrases (indiquées par des lettres) du chant d'un canari adulte lors de sa première saison de reproduction (haut) et les notes et phrases du chant du même canari lors de sa seconde saison de reproduction (bas).

D'après la figure 5, que remarque-t-on quant à la composition du chant d'une année à l'autre ? En sachant que ce canari vivait au contact d'autres canaris adultes, établissez une hypothèse permettant d'expliquer ce fait.

Réponses à la question III - A – 2 – b.

- **c. Déduisez des observations et expériences précédentes les différentes étapes de la mise en place de la capacité à émettre un chant de structure acoustique caractéristique de l'espèce chez le canari (on peut faire un schéma fonctionnel) et son évolution au cours de la vie. Faites apparaître les notions de « période sensible », « période sensori-motrice », « acquisition de nouvelles syllabes », « tuteur ». Peut-on parler de phénomène d'apprentissage ?**

Réponses à la question III - A – 2 – c

- B. Les bases neurophysiologiques du chant.

Le HVC est un noyau télencéphalique présent dans le cerveau des oiseaux chanteurs (chez les mâles uniquement dans les espèces où seuls les mâles chantent ; présent aussi chez les femelles pour les espèces où celles-ci chantent).

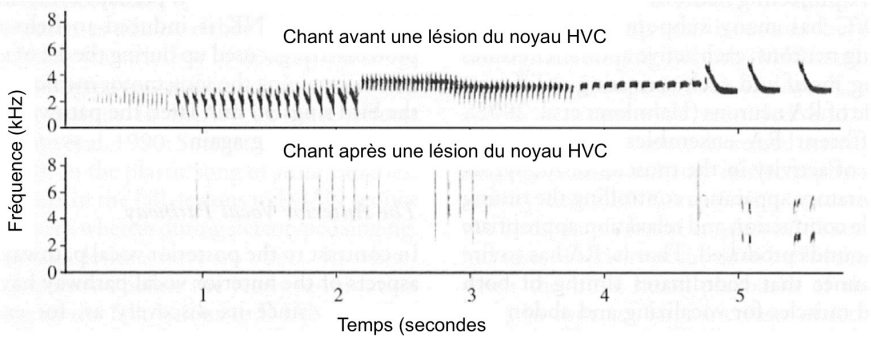


Figure 6 : Spectrogrammes du chant d'un mâle canari adulte avant et après une lésion (destruction partielle) du HVC.

- **1. Commentez l'effet d'une lésion du HVC sur la structure du chant chez le canari adulte (Figure 6).**

Réponse à la question III - B – 1.

- 2. Activité électrophysiologique et chant.

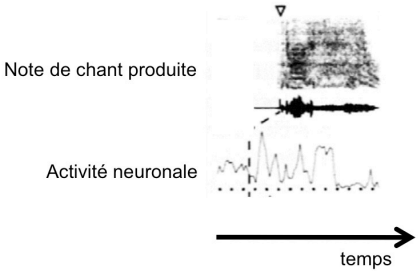


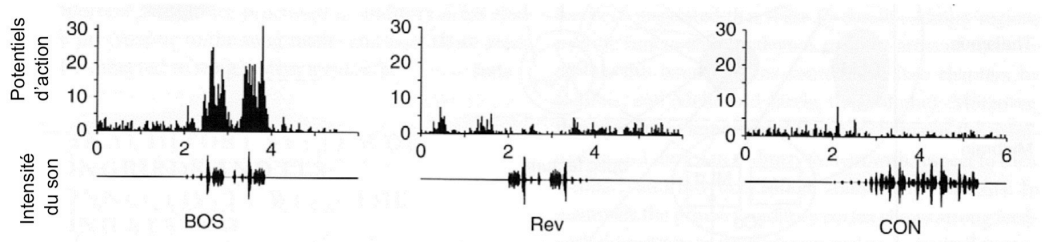
Figure 7 : Activité électrophysiologique d'un neurone du HVC lors de la production d'une note de chant par un pinson australien. (Note de chant produite : en haut=spectrogramme, en bas=oscillogramme ; les pointillés entre l'oscillogramme de la note de chant et l'activité neuronale soulignent la concordance entre les phénomènes présentés).

- **a. Comment expliquer le décalage temporel entre l'activité électrophysiologique du HVC et l'émission du son observable sur la figure 7 ? Quel rôle du HVC est ici mis en évidence ?**

Réponses à la question III - B – 2 – a

La figure 8 ci-dessous présente des enregistrements de l'activité électrophysiologique du HVC (en haut) et du Field L (en bas) (noyau télencéphalique du cerveau des oiseaux équivalent de l'aire auditive primaire chez les mammifères) en réponse à des stimuli sonores diffusés à l'oiseau (BOS = propre chant de l'oiseau ; Rev = propre chant de l'oiseau passé à l'envers ; CON = chant d'un autre oiseau, de la même espèce).

HVC



Field L

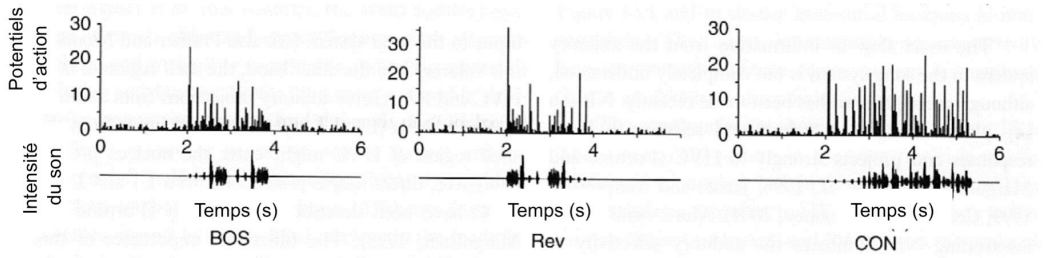


Figure 8 : Enregistrements de l'activité électrophysiologique du HVC (en haut) et du Field L (en bas)

- **b. Comparez les réponses électrophysiologiques du Field L et du HVC.**

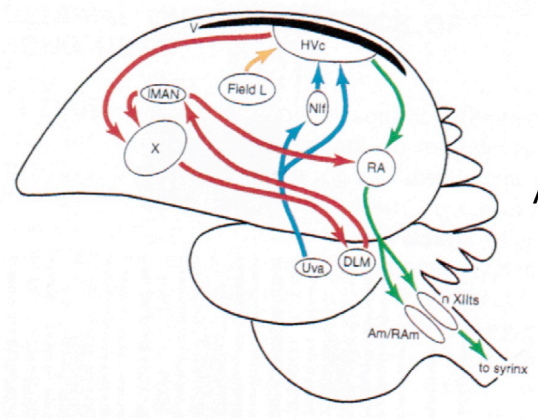
Réponses à la question III - B – 2 – b

- **c. Quelle caractéristique fonctionnelle du HVC est ici mise en évidence ?**

Réponses à la question III - B – 2 – c .

Le schéma ci-dessous (Figure 9) illustre les positions et relations anatomo-fonctionnelles des noyaux cérébraux impliqués dans le contrôle des vocalisations chez les oiseaux chanteurs.

AVANT



ARRIERE

Figure 9 : schéma des noyaux cérébraux impliqués dans l'audition et la production des signaux sonores dans le cerveau des oiseaux. (« to syrinx » = vers la syrinx).

- **d. En utilisant la figure 9 et les données expérimentales précédentes, établissez une hypothèse quant aux rôles du HVC dans l'émission du chant par l'oiseau.**

Réponses à la question III - B – 2 – d

- 3. Bases cellulaires du chant

Si l'on injecte un traceur fluorescent rétrograde dans le noyau cérébral RA, on observe quatre jours après un marquage de corps cellulaires neuronaux dans le HVC.

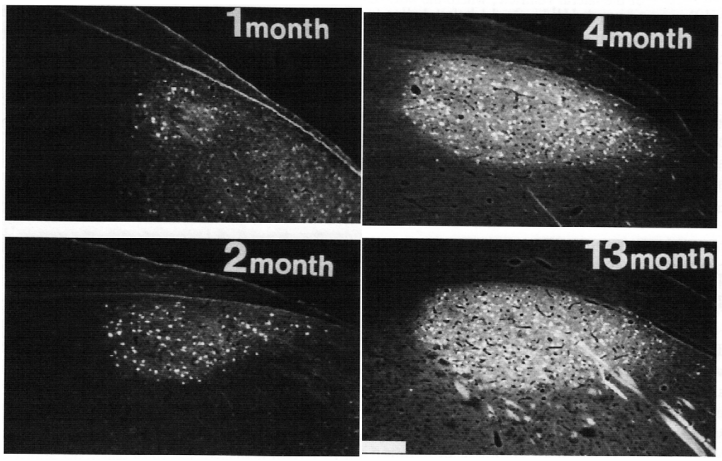


Figure 10 : Marquage des corps cellulaires neuronaux dans le HVC de quatre canaris d'âge différent (1, 2, 4 et 13 mois post-éclosion) après injection d'un traceur fluorescent rétrograde dans le noyau cérébral RA; les photographies sont à la même échelle, barre d'échelle = 200 µm).

- **a. Qu'observe-t-on sur ces photographies (Figure 10) ?**

Réponses à la question III - B – 3 - a.

En réalisant la même manipulation que précédemment (marquage de neurones du HVC par un traceur rétrograde fluorescent injecté dans le RA) sur des canaris adultes (> 15 mois) au mois d'avril, on obtient les clichés ci-dessous (Figure 11).

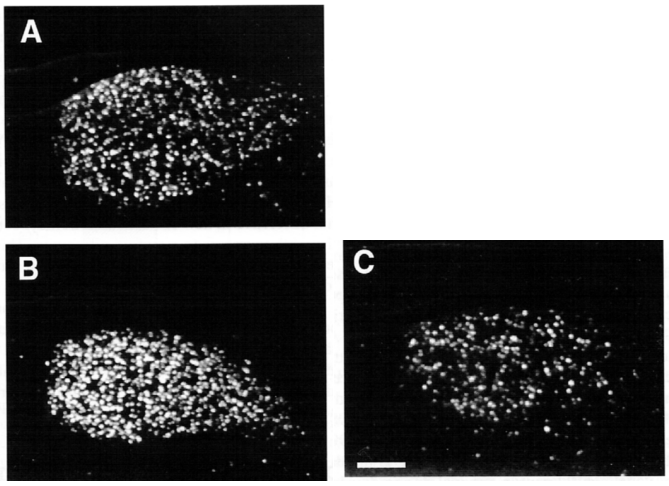


Figure 11 : Marquage des corps cellulaires neuronaux dans le HVC après injection au mois d'avril d'un traceur fluorescent rétrograde dans le noyau cérébral RA de canaris adultes. Les oiseaux ont été sacrifiés 4 jours (A), 20 jours (B) ou 195 jours (C) après l'injection. Pendant toute la durée de l'expérience, les oiseaux sont élevés dans l'état de New-York en conditions naturelles d'éclairement (barre d'échelle = 200 µm).

- **b. Qu'observe-t-on sur ces photographies (Figure 11) ?**

Réponses à la question III - B – 3 – b.

De jeunes canaris (A sur la figure 12 ci-dessous) ont reçu une injection quotidienne de thymidine tritiée pendant 5 ou 10 jours durant les intervalles indiqués et ont été sacrifiés à l'âge d'un an. Les oiseaux adultes (B sur la figure 12) ont reçu une injection quotidienne de thymidine tritiée deux fois par jour pendant 14 jours et ont été sacrifiés deux mois après la fin de ce traitement. Quatre jours avant le sacrifice, on procédait à une injection d'un traceur fluorescent rétrograde dans le noyau RA. Les valeurs sont corrigées par le nombre d'injections de thymidine.

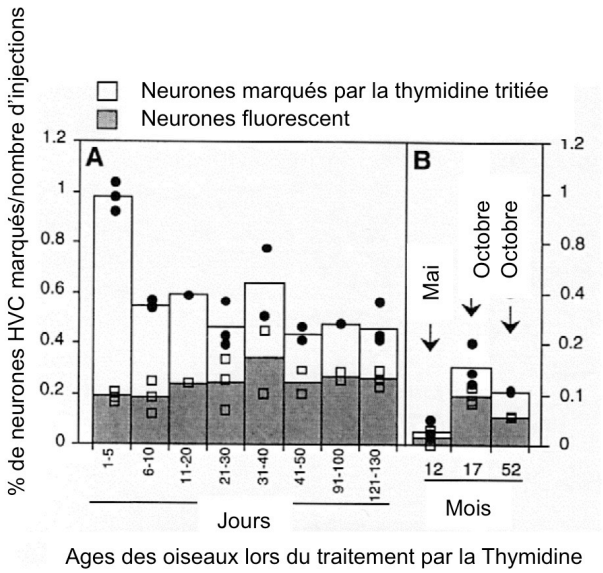


Figure 12 : Marquage des neurones du HVC de jeunes canaris (A) et de canaris adultes (B) (points noirs & carrés blancs = valeurs pour chaque individu).

- **c. A quoi sert la thymidine tritiée ? Que montre l'expérience réalisée sur les oiseaux A (Figure 12)?**

Réponses à la question III - B – 3 – c.

- **d. Faites une hypothèse rapprochant ces résultats avec les observations concernant la mise en place du chant lors de la première année de vie de l'oiseau (partie III. A).**

Réponses à la question III - B – 3 – d

- **e. Que montre l'expérience réalisée sur les oiseaux B (Figure 12)? Comparez avec les résultats des oiseaux A.**

Réponses à la question III - B – 3 - e.

La figure 13 ci-dessous présente les modifications saisonnières dans l'incorporation de nouveaux neurones dans le HVC (A), la mort cellulaire (B), le taux sanguin de testostérone (C) et l'ajout de nouvelles notes au répertoire vocal (D) de canaris.

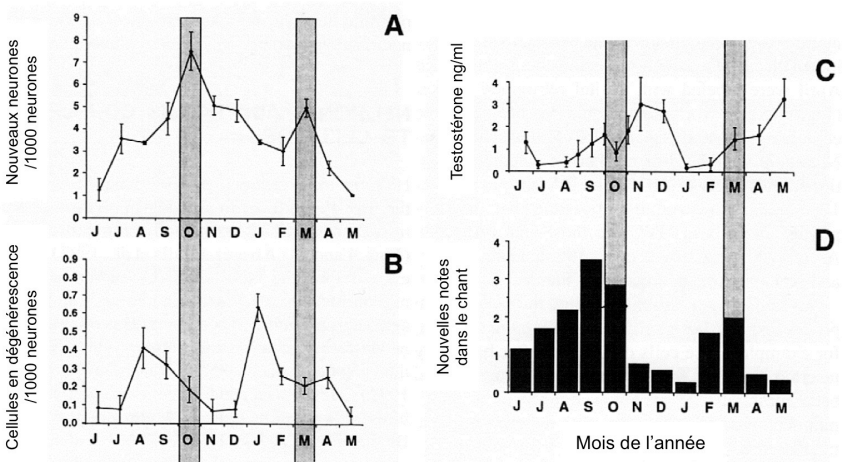


Figure 13 : Modifications saisonnières dans l'incorporation de nouveaux neurones dans le HVC (A), la mort cellulaire (B), le taux sanguin de testostérone (C) et l'ajout de nouvelles notes au répertoire vocal (D) de canaris. Toutes ces données ont été recueillies sur des oiseaux adultes (>12 mois), élevés dans l'état de New-York en conditions naturelles d'éclairement. Pour mettre en évidence les nouveaux neurones, les oiseaux ont reçu 2 injections de thymidine tritiée/jour pendant 4 jours, 1 mois avant leur sacrifice.

- **f. Que suggèrent les résultats illustrés par la figure 13 ?**

Réponses à la question III - B – 3 – f

(*NB les documents de cet exercice sont issus des ouvrages Nature's Music par P Marler & H Slabbekoorn, 2004, Neuroscience of Birdsong édité par HP Zeigler & P Marler, 2008, et The Neurobiology of Birdsong, numéro spécial du Journal of Neurobiology, 33, 1997).*

• Partie IV : La localisation des proies par la chouette Effraie

La chouette Effraie est un prédateur nocturne qui repère ses proies –surtout des rongeurs- en utilisant essentiellement son ouïe. Comme la chouette chasse en volant, elle doit localiser sa proie précisément et rapidement à la fois sur le plan horizontal (azimuth – droite/gauche) et sur le plan vertical (élévation – haut/bas). Cet exercice se propose de comprendre quelles informations acoustiques la chouette utilise pour localiser sa proie (**partie A**), comment son système nerveux auditif est organisé pour traiter ces informations (**partie B**), et comment systèmes nerveux auditif et visuel sont coordonnés (**partie C**).

- A. Mise en évidence des paramètres acoustiques utilisés pour localiser la proie.

Pour étudier la localisation des sons par la chouette, l'animal est placé dans un dispositif permettant de suivre précisément les mouvements de sa tête (Figure 1, figure de gauche). Quand un son est émis depuis le haut-parleur cible (qui peut être placé n'importe où autour de la tête de l'animal), la chouette tourne la tête dans la direction d'où elle perçoit le son. Au début de toute mesure, un son est émis par le haut-parleur témoin positionné en face de la chouette.

La figure de droite ci-dessous (Figure 1, figure droite) représente les coordonnées et les directions de l'espace utilisées dans la suite de l'exercice : R=droit ; L=gauche.

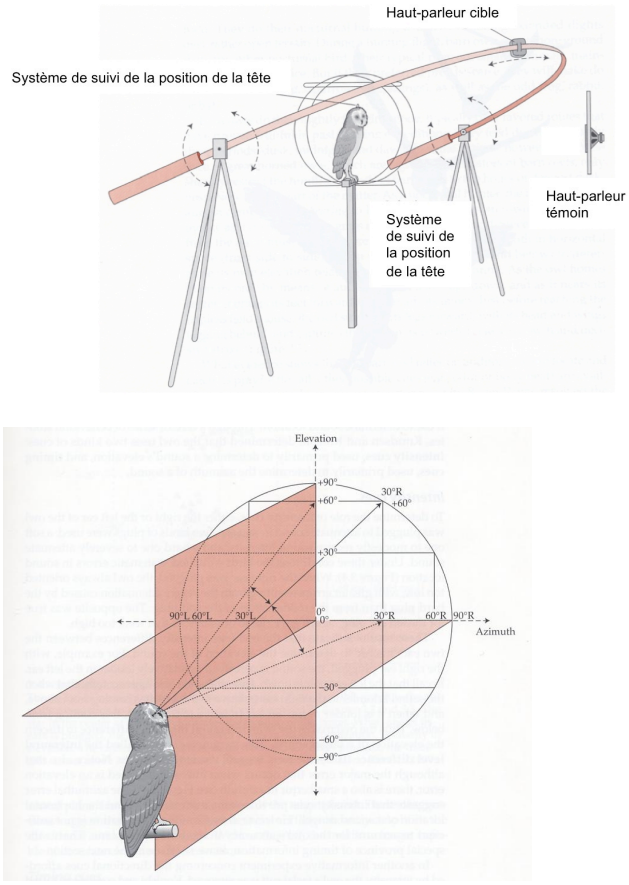


Figure 1 : Dispositif expérimental et coordonnées de l'espace.

- 1. Oblitération des oreilles

Le graphe ci-dessous (Figure 2) représente l'orientation de l'animal par rapport à la source sonore expérimentale (L = à gauche ; R = à droite ; haut de la figure = au-dessus ; bas de la figure = en-dessous). L'étoile au centre représente la position du haut-parleur témoin (face à l'animal au repos), qui reste fixe tout au long des différents tests. L'expérience est répétée plusieurs fois dans 4 conditions différentes : 1) oreille gauche de la chouette bouchée avec un petit morceau de coton (bouchon « mou ») ; 2) oreille droite bouchée avec un petit morceau de coton ; 3) oreille gauche bouchée avec un bouchon hermétique ; 4) oreille droite bouchée avec un bouchon hermétique. Chacun des ronds & triangles représente le résultat d'un test.

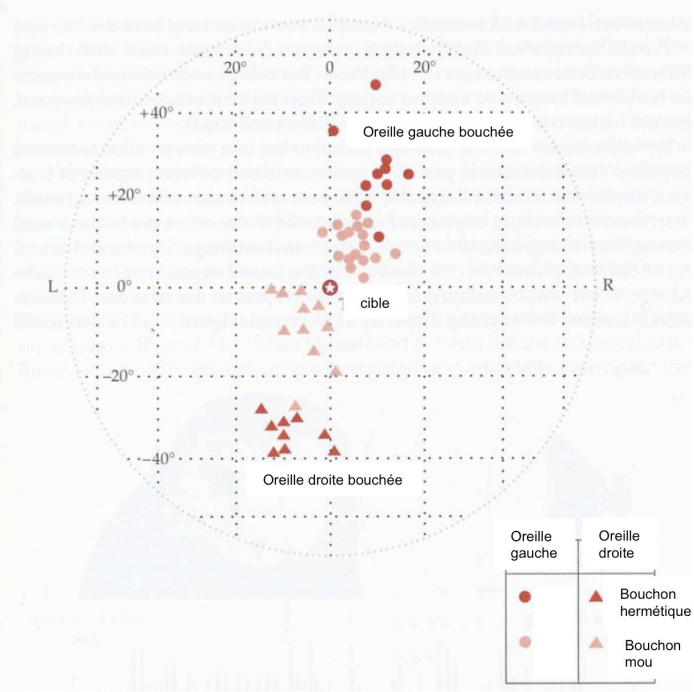


Figure 2 : Orientations de l'animal en réponse à un son émis depuis un haut-parleur cible.

- **a. Quel est l'effet de l'oblitération de chacune des oreilles ?**

Réponse(s) à la question IV - A – 1- a

- **b. Au regard de ces résultats, quel paramètre auditif semble primordial dans l'évaluation de la position de la source sonore ? (justifiez votre réponse).**

Réponse(s) à la question IV - A – 1 – b

- c. Le schéma ci-dessous (Figure 3) montre la position anatomique des oreilles de la chouette Effraie. **Décrivez. En quoi cette observation permet-elle d'expliquer les résultats de la précédente expérience de localisation des sons ?**

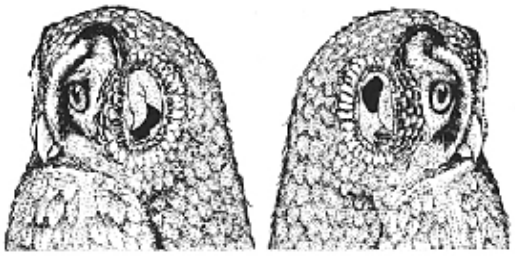


Figure 3 : position anatomique des oreilles de la chouette.

Réponse(s) à la question IV - A – 1 – c

- 2. Délai de réception entre les deux oreilles.

Dans une expérience dont les résultats sont présentés dans le graphe ci-dessous (Figure 4), on place un écouteur dans chacune des oreilles de la chouette ; on émet le même son à gauche et à droite en faisant varier l'intervalle de temps entre le son à gauche et le son à droite ; et on observe la direction que regarde la chouette en réponse à ces stimuli.

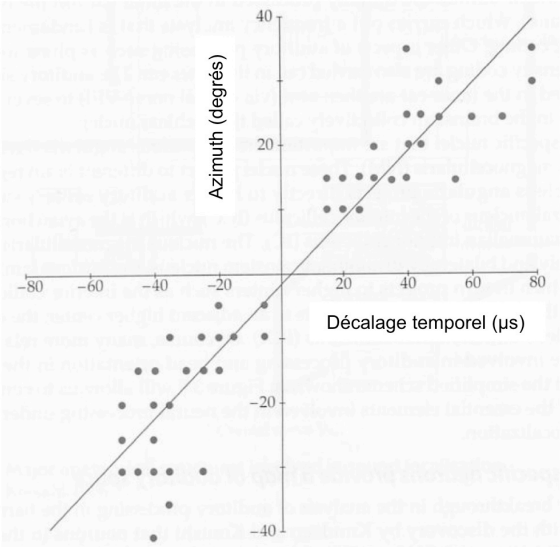


Figure 4 : Orientation de la chouette en fonction du décalage temporel inter-aural.

Commentez le graphe (Figure 4). Quel est le second paramètre auditif primordial dans l'évaluation de la position d'une source sonore ?

Réponse(s) à la question IV - A – 2 .

- **3. Faites le bilan des paramètres auditifs utilisés par la chouette pour localiser une source sonore.**

Réponse(s) à la question IV - A – 3.

- B. Exploration des voies nerveuses impliquées dans le traitement de la localisation des sons.

On procède à des enregistrements unitaires de neurones du colliculus inférieur du cerveau de la chouette en réponse à des stimulations sonores provenant de différentes directions. Le schéma ci-dessous (Figure 5) indique les champs récepteurs de plusieurs neurones du colliculus. Les coordonnées dans l'espace auditif sont représentées sur un globe entourant la chouette, avec les champs récepteurs surimposés (rectangles noirs). Les nombres inscrits dans un même symbole (rond, triangle, carré, …) représentent des neurones enregistrés lors de la même descente d'électrode, et dans l'ordre selon lequel les neurones ont été rencontrés.

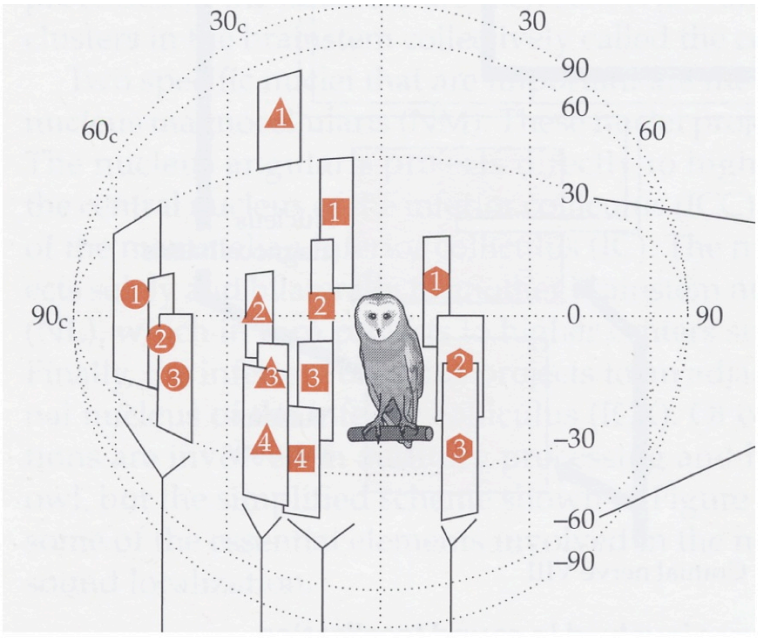


Figure 5 : champs récepteurs de neurones du colliculus.

- **1. Après avoir rappelé la définition générale d'un champ récepteur d'un neurone sensoriel, précisez ce que recouvre la notion de champ récepteur pour un neurone auditif du colliculus ?**

Réponse(s) à la question IV - B – 1.

- 2. Le graphique ci-dessous (Figure 6) montre les réponses d'un unique neurone du colliculus à des sons provenant de différentes régions de l'espace. **Décrivez précisément l'organisation du champ récepteur de ce neurone. Quel en est l'intérêt ?**

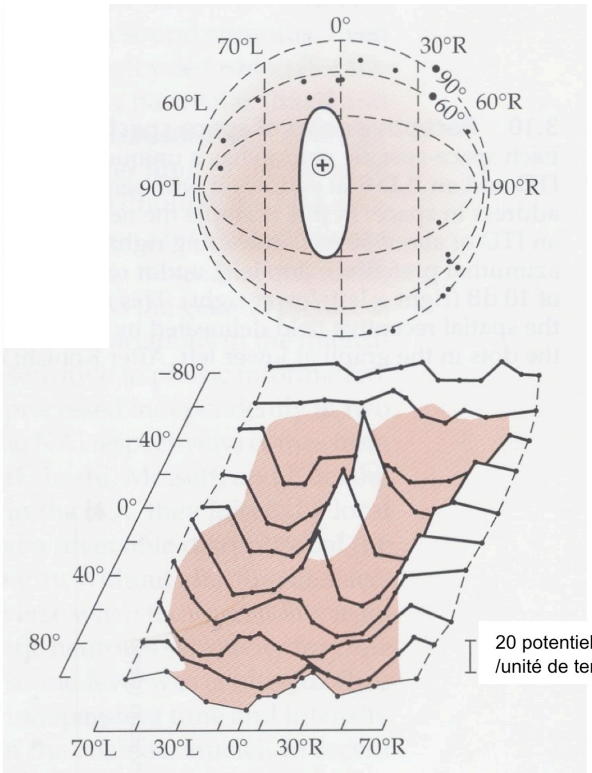


Figure 6 : Réponses d'un neurone du colliculus en fonction de la position de la source sonore.

Réponse(s) à la question IV - B – 2.

Les graphiques ci-dessous (Figure 7) montrent la réponse (en terme de potentiels d'action) d'un neurone du colliculus en fonction d'un décalage temporel entre oreilles gauche et droite (graphique A) et d'une différence d'intensité sonore entre oreilles gauche et droite (graphique B).

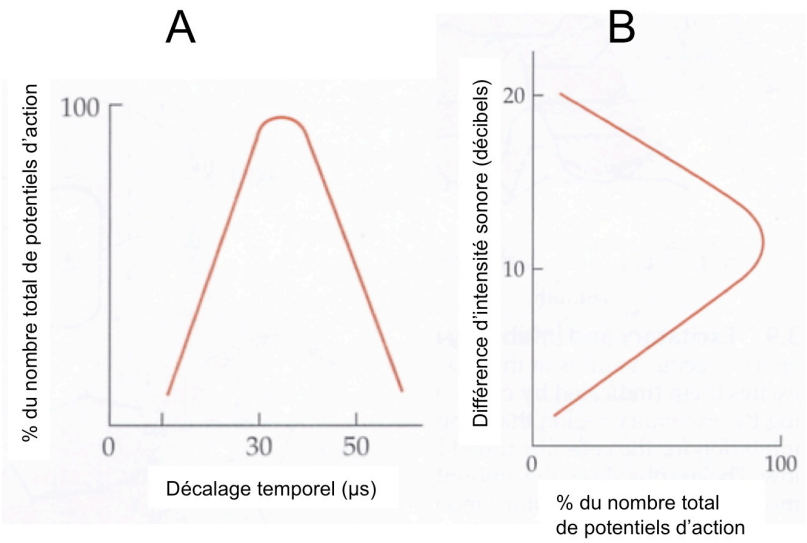


Figure 7 : réponse d'un neurone du colliculus en fonction du décalage temporel inter-aural.

- **3. Après avoir commenté chacun des deux graphiques A et B de la Figure 7, choisissez sur la sphère ci-dessous (Figure 8) la position du champ récepteur de ce neurone (4 choix possibles : a, b, c ou d). Justifiez ce choix.**

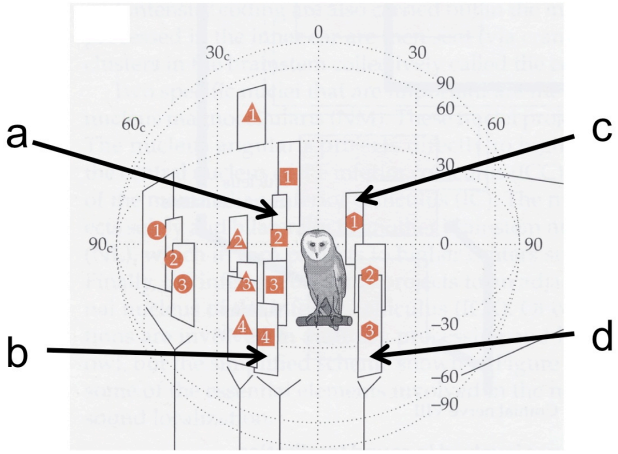


Figure 8 : Possibles champs récepteurs du neurone.

Réponse(s) à la question IV - B – 3

- C. Etude de la coordination des systèmes nerveux visuels et auditifs.

De jeunes chouettes sont placées dans le même dispositif expérimental que précédemment (Figure 9 ci-dessous).

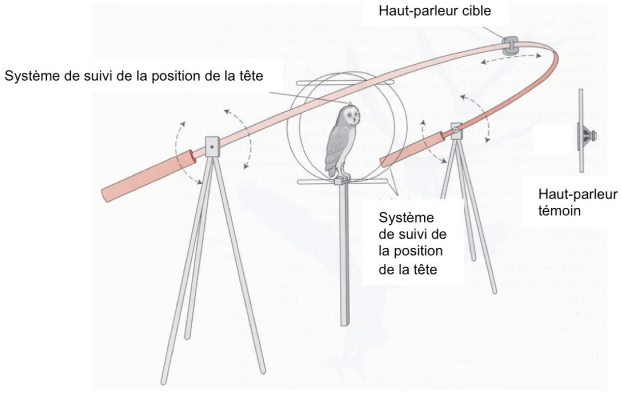


Figure 9 : Dispositif expérimental.

Lors d'un test expérimental, la chouette est stimulée successivement par un son émis par le haut-parleur cible, puis par une cible visuelle lumineuse positionnée sur le haut-parleur cible (l'ordre des

deux stimuli varie d'un test à l'autre). Ainsi, les réponses en terme d'orientation peuvent être analysées en réponse à un stimulus auditif d'une part, et à un stimulus visuel d'autre part.

La figure ci-dessous (Figure 10) montre le résultat de ces tests. L'orientation de la tête est indiquée relativement à la localisation réelle du stimulus (un point de coordonnées (0,0) indique que la chouette a exactement orienté sa tête dans la direction du stimulus). Les points indiquent les réponses en terme d'orientation de la tête au stimulus auditif (points rouges) ou au stimulus visuel (points noirs).

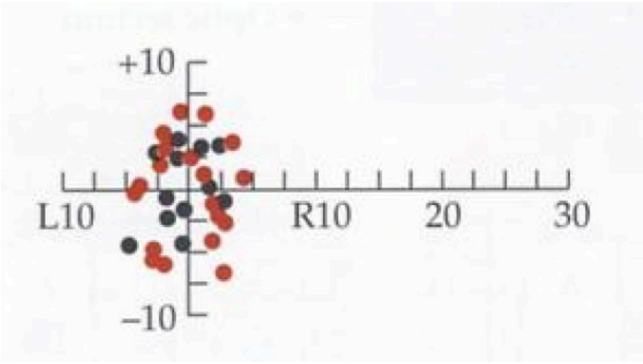


Figure 10 : Orientations de l'oiseau en réponse à des stimuli auditifs (points rouges) ou visuels (points noirs).

- **1. Comparez les réponses d'orientation aux stimuli auditifs et visuels.**

Réponse à la question IV - C – 1.

On place ensuite sur la tête des chouettes des lunettes prismatiques (Figure 11 ci-dessous) dont l'effet est de dévier la perception visuelle d'un angle de 23 degrés.

Figure 11 : Jeune chouette équipée de lunettes prismatiques.

Ces lunettes sont maintenues en place pendant 43 jours, puis enlevées. Pendant cette période, la capacité des chouettes à s'orienter vers les stimuli auditif et visuel est régulièrement évaluée en suivant le même protocole que précédemment.

La figure ci-dessous (Figure 12) présente les résultats de ces tests d'orientation.

Rappel : Les points indiquent les réponses en terme d'orientation de la tête au stimulus auditif (points rouges) et au stimulus visuel (points noirs). Un point de coordonnées (0,0) indique que la chouette a orienté sa tête exactement dans la direction du stimulus.

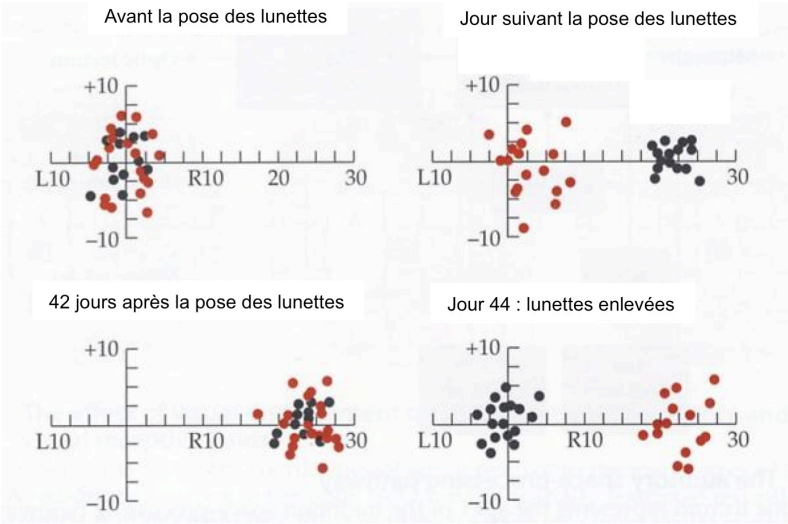


Figure 12 : Orientations de l'oiseau en réponse à des stimuli auditifs (points rouges) ou visuels (points noirs).

- **2. Commentez les résultats obtenus pour chacun des trois tests suivant la pose des lunettes prismatiques. Concluez.**

Réponse(s) à la question IV - C – 2.

Au niveau d'une région cérébrale appelée le *tectum optique*, se trouvent des neurones sensibles à la fois aux stimuli auditifs et visuels. Ces neurones présentent donc deux champs récepteurs : l'un auditif (A), l'autre visuel (V). La figure 13 ci-dessous positionne ces deux champs pour un neurone donné.

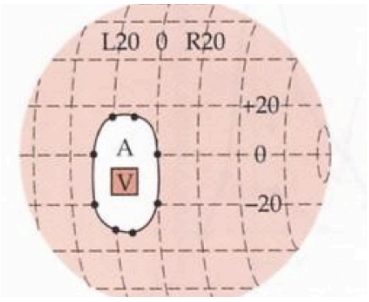


Figure 13 : Champs récepteurs auditif et visuel d'un neurone du tectum optique.

- **3. En re-dessinant la figure 13 deux fois, indiquer les positions probables de ces deux champs récepteurs immédiatement après et quelques semaines après la pose des lunettes prismatiques. (Vous numéroterez ces deux figures : (A) et (B)).**

Réponse(s) à la question IV - C – 3

La figure 14 ci-dessous montre la réponse (en termes de potentiels d'action) d'un neurone du tectum optique à un stimulus auditif en fonction du décalage temporel entre oreilles gauche et droite.

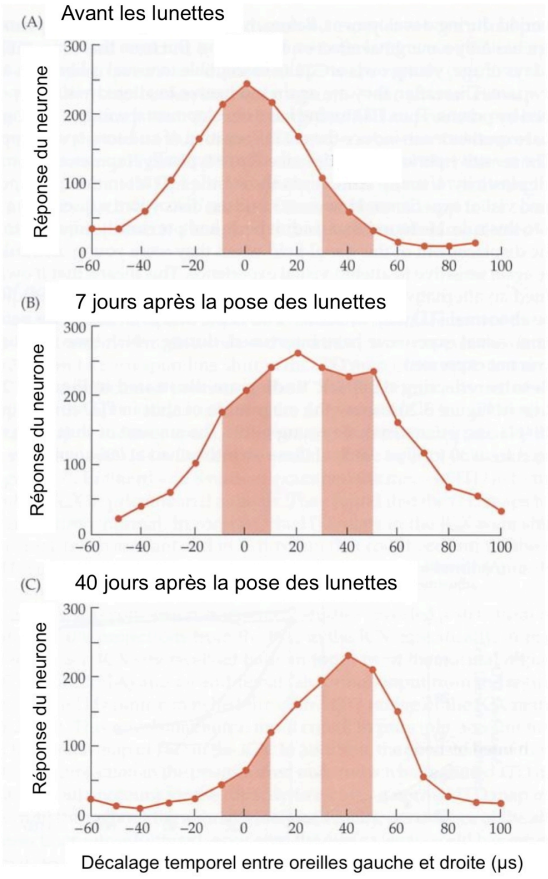


Figure 14 : réponse d'un neurone du tectum optique à un stimulus auditif en fonction du décalage temporel inter-aural.

- **4. Concluez quant aux modifications du champ récepteur auditif du neurone suite à la pose de prismes visuels.**

Réponse(s) à la question IV - C – 4.

- **5. La même expérience est réalisée avec des chouettes adultes : les modifications de champs récepteurs neuronaux demandent alors un temps beaucoup plus long que chez les jeunes. Commentez ce résultat.**

Réponse(s) à la question IV - C – 5.

(*NB les documents de cet exercice sont issus de l'ouvrage Behavioral Neurobiology par TJ Carew, 2000)*

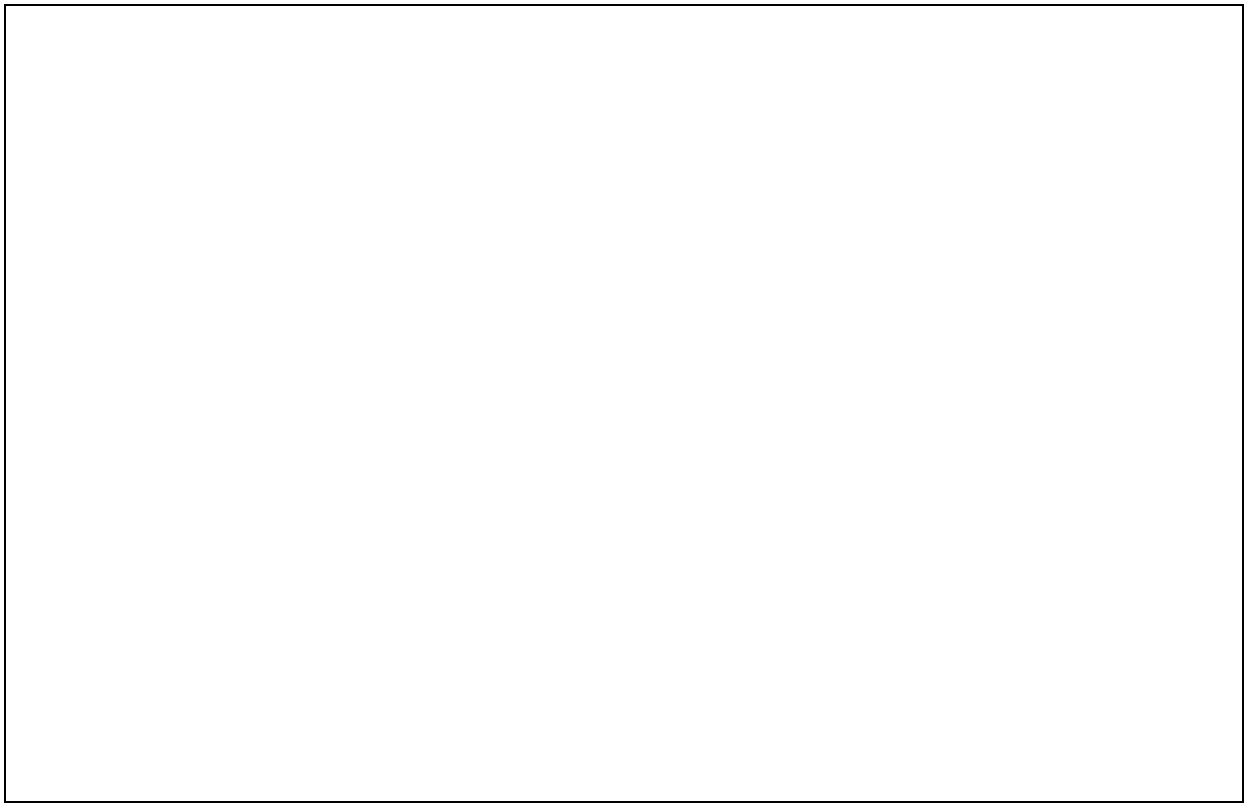
- ## Partie V : Reconnaissances raisonnées

Chaque échantillon illustre une interaction animal-végétal. **Pour chaque échantillon, indiquez les groupes systématiques les plus précis possible, ainsi que la nature de l'interaction animal-végétal.**

Pour les échantillons 1 et 2 construire un schéma illustrant précisément la nature de l'interaction animal-végétal (du matériel d'observation est à votre disposition).
(les cadres destinés aux deux schémas sont sur la pages suivante)

Echantillon	Groupe systématique (animal)	Groupe systématique (végétal)	Interaction
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Echantillon 1



Echantillon 2

5.2.2 Commentaires du jury

L'épreuve de travaux pratiques portait sur le système nerveux et la vie de relation, et développait des liens entre neurobiologie (anatomie de parties du système nerveux), neurophysiologie et comportement chez des Insectes et des Vertébrés. Le sujet comportait 5 parties permettant d'évaluer les compétences des candidats en matière de dissection, d'observations (observations anatomiques, observations comportementales dans le cadre d'un protocole défini et observations naturalistes), de lecture et d'interprétations de résultats scientifiques.

Partie I : Etude comparée du système nerveux de la blatte et de la grenouille

Le travail de dissection très classique a souvent déconcerté certains candidats, en particulier pour la mise en évidence des nerfs rachidiens de la grenouille. Ainsi, cette dissection a montré que de trop nombreux candidats n'ont pas les bons réflexes : un nombre significatif d'entre eux ont choisi de disséquer la grenouille par la face dorsale. De plus, trop souvent la symphyse pubienne n'ayant pas été ouverte, les nerfs les plus postérieurs étaient mal mis en évidence.

La dissection de la chaîne nerveuse de la blatte dans la région thoracique et abdominale a été mieux réussie. La partie thoracique, plus technique, a montré les réelles qualités des candidats.

Les dessins d'observation se doivent d'être des dessins d'observation et non des exercices mémoriels. Il est donc indispensable que les dissections soient effectuées avant que le dessin ne le soit. De même le dessin doit refléter le plus fidèlement possible la dissection effectuée et non être une représentation que ce que devrait être théoriquement la ou les structures dessinées.

Le dessin de la chaîne nerveuse de la blatte, que les candidats devaient effectuer en concordance de leurs observations après dissection, a été moyennement réussi. Les principaux écueils viennent d'un défaut de fidélité de représentation dans la disposition réelle des ganglions. En particulier, la distance très courte entre le ganglion métathoracique et le premier ganglion abdominal devait apparaître. Les plus gros problèmes sont liés à la qualité des légendes, globalement très incomplètes. L'attendu reposait sur un repérage précis des trois ganglions thoraciques, des six ganglions abdominaux et des nerfs cercaux associés. La notion de connectif nerveux faisait aussi partie des attentes.

Les questions théoriques très simples associées aux dissections ont été réussies de manière très diverses. Bien peu de candidats connaissent de manière précise les positions phylogénétiques des organismes, pourtant extrêmement classiques. De très nombreux candidats ne connaissent pas le nombre de paires de nerfs rachidiens d'une grenouille et nous avons eu la surprise d'avoir un très large panel de réponses allant de 2 à 39 nerfs rachidiens ! La comparaison des deux systèmes a été décevante quand aux précisions sur la composition des nerfs rachidiens de la grenouille et de la chaîne nerveuse de la blatte. La question concernant une réflexion sur l'analogie ou l'homologie des deux structures disséquées a montré clairement qu'une majorité de candidats ne comprend pas ce que sont une homologie et une analogie.

Partie II : Parade nuptiale chez le grillon et la blatte

La partie II a été traitée par une grande majorité de candidats, et de manière satisfaisante sur les items reposant sur la mémorisation de connaissances.

Si tous les candidats ont réalisé l'expérience d'observation de comportements de grillons en condition contrôlée en salle, il faut mentionner plusieurs points importants concernant l'attitude face à ce type d'exercice. Tout d'abord, on peut s'étonner de la difficulté éprouvée par certains candidats de respecter des consignes simples, comme par exemple celle de se limiter à 2 animaux maximum placés simultanément dans la boîte. De plus, l'identification des sexes a été parfois problématique, l'appareil ovipositeur de la femelle grillon ayant été confondu fréquemment avec un appareil copulateur mâle ! Enfin, trop de candidats vivent la réalisation d'une expérience sur un mode binaire « ça marche », « ça ne marche pas », ce qui témoigne d'une attitude un peu figée face à l'expérimentation scientifique. Ainsi, trop de candidats n'ont pas utilisé, calmement, le temps imparti à la réalisation des observations et ne se sont pas réellement impliqués dans la démarche d'observation dans un contexte expérimental « vivant » .

En conséquence, beaucoup de candidats se sont contentés de descriptions lapidaires, ou plus grave car cela témoigne d'une logique à l'envers, ont cherché absolument à observer des comportements supposés exister chez les animaux dans ce contexte. L'exercice consistait à consacrer 20 minutes à noter de manière exhaustive toutes les observations. La plupart des candidats

ont restreint l'exercice à l'observation de comportements présupposés sexuels, et bien peu ont cherché à quantifier d'une manière ou d'une autre les comportements observés.

Enfin, il faut également noter, pour cette partie, que trop de candidats ne savent pas analyser correctement des documents présentant des résultats scientifiques. Les notions de moyenne et surtout d'écart-type semblent souvent floues, et les commentaires et interprétations manquaient parfois de rigueur.

Partie III : L'acquisition de la capacité à chanter chez les oiseaux

La très grande majorité des candidats ont traité cette partie du TP et ont abouti aux conclusions générales attendues. Cependant les notes sont restées moyennes et très peu de candidats ont obtenus la totalité des points dans cette partie. Les conclusions devaient s'appuyer sur une analyse précise des documents en prenant en compte les très nombreuses informations qu'ils contenaient aussi bien en terme de variation des moyennes, d'évolution des gammes de fréquence, de durée, de répétition ou de variabilité des caractéristiques du chant. Bien souvent les analyses sont restées globales et les conclusions assez peu précises. Ce manque de rigueur et de précision de l'argumentation s'est très clairement révélée dans le schéma synthétique demandé en III.A.2.c où les périodes récurrentes de sensibilité et sensorimotrices ne sont apparues que de façon exceptionnelle, même si la capacité d'apprentissage chez le canari adulte avait été mentionné dans la question précédente. Les questions concernant les bases neurophysiologiques ont été traitées par la majorité des candidats, même si les réponses restaient souvent superficielles.

Partie IV : La localisation des proies par la chouette effraie

La partie IV du sujet a été abordée par une grande majorité des candidats qui y ont tous obtenu des points. La première partie a été diversement réussie, peu de candidats ayant déduit du premier document que la différence d'intensité sonore gauche/droite est un paramètre pris en compte dans la détection de la position verticale de l'origine du son. La seconde partie sur la dissociation des signaux visuels et sonores et sur la plasticité neuronale qui y est associée a généralement été bien traitée, tout au moins dans l'interprétation des documents.

Globalement, cet exercice a permis une bonne discrimination entre candidats, la notation s'échelonnant sur la quasi-totalité des points.

Partie V : Reconnaissances raisonnées

Les reconnaissances proprement dites ont été relativement bien réussies dans l'ensemble, les échantillons présentés étant pour la plupart très courants. On note cependant que quelques candidats ne reconnaissent pas le marronnier, le chêne pédonculé, l'épicéa, le blaireau ou le geai des chênes. Les connaissances naturalistes font partie prenante de la spécialité B et nous encourageons les candidats à les cultiver.

La nature de l'interaction végétal-animal a été également relativement bien déduite. On note cependant une apparition fréquente du terme « amensalisme » qui qualifie une interaction négative pour l'un des partenaires et neutre pour l'autre. Ce type d'interaction est relativement rarement observé, et n'était le cas pour aucune des interactions présentées. Plusieurs termes ont pu être acceptés selon les cas, et l'on recommande d'être le plus précis possible pour qualifier une interaction, sans se contenter d'un seul mot.

Cette partie comprenait également des échantillons à observer, les observations devant être retranscrites par un dessin. Il s'agissait de l'interaction *Anemonia sulcata* - zooxanthelles et d'une observation de chenilles mineuses. On note que, en particulier pour la symbiose anémone-zooxanthelle, certains candidats ont privilégié la théorie par rapport à l'observation, établissant simplement un schéma théorique de l'interaction, et indiquant des échanges entre partenaires qui n'étaient absolument pas déductibles de l'observation. Beaucoup de candidats ont confondu l'interaction d'herbivorie de la mineuse du Marronnier avec une galle, ou avec un champignon. Une observation rigoureuse de la larve à l'intérieur de ses galeries pouvait pourtant mener sans difficulté à l'identification d'un Lépidotptère.

5.3 ÉPREUVE DE SPÉCIALITÉ DU SECTEUR C

5.3.1Sujet

Les éléments de corrigé et les commentaires du jury sont intégrés dans le document.

AGRÉGATION DE SCIENCES DE LA VIE - SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2011

TRAVAUX PRATIQUES DE SPECIALITÉ DU SECTEUR C

Durée totale : 6 heures

Le volcanisme intraplaque océanique, exemple de l'archipel de la Société, Pacifique Sud

L'épreuve comprend trois parties :

Partie I : L'archipel de la Société : sa localisation dans la région Pacifique, morphologie et âges des îles **page 2**

Durée conseillée : 1h40 - barème : 27/100

Partie II : L'île de Huahine **page 16**

Durée conseillée : 1h50 - barème : 30/100

Partie III : Etude géophysique de la région Pacifique **page 29**

Durée conseillée : 2h30 - barème : 43/100

Ce sujet contient 40 pages de texte et de figures, plus trois calques et une feuille de papier millimétré à rendre avec la copie.

Répondez directement sur les feuilles du sujet dans les espaces prévus à cet effet.

AVANT DE RENDRE VOTRE DOSSIER, VÉRIFIEZ QUE VOUS AVEZ BIEN INDIQUÉ VOS NOM, PRÉNOM ET NUMÉRO DE SALLE EN TÊTE DE TOUS LES DOCUMENTS.

VOUS DEVEZ RENDRE LA TOTALITÉ DES FEUILLES DU DOSSIER.

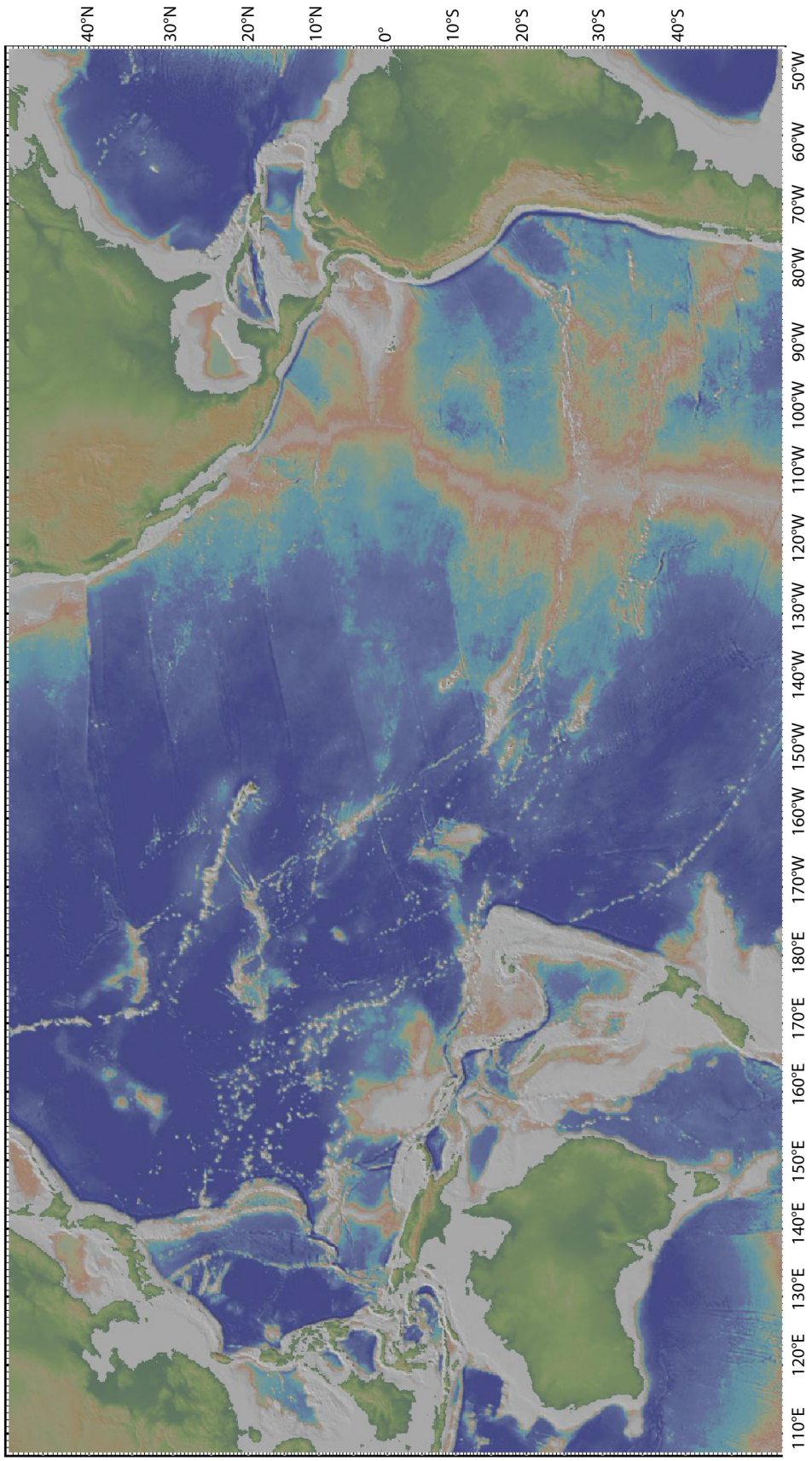
Partie I - L'archipel de la Société : localisation dans la région Pacifique, morphologie et âges des îles

I - A - Grandes structures de la région Pacifique

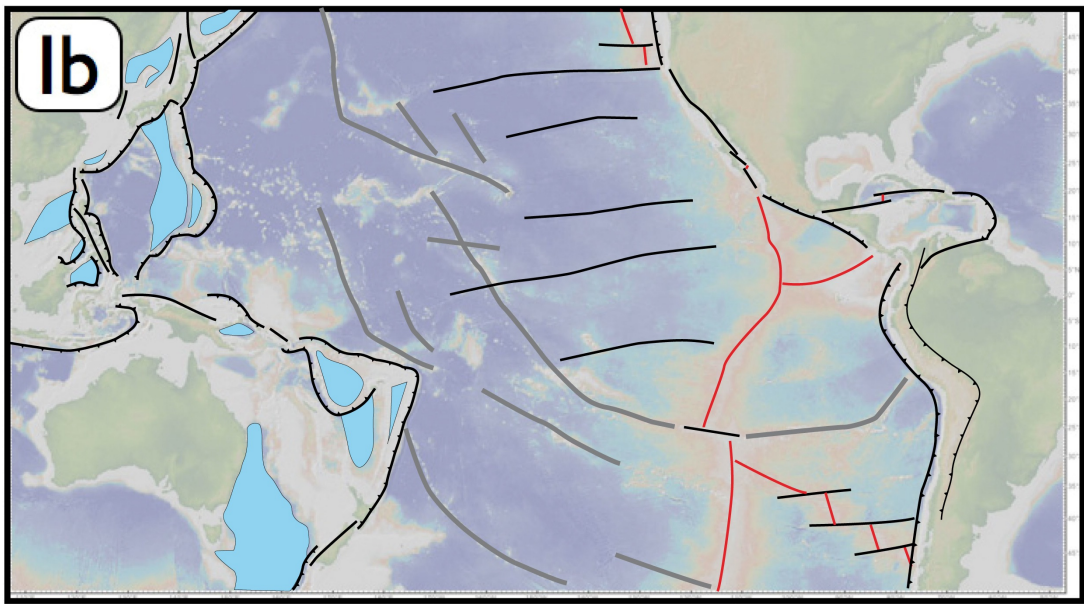
Durée conseillée : 20 minutes - barème : 5/100

Le document 1a (page 3) est une carte topographique et bathymétrique de la région Pacifique.

Sur le document 1b (page 4) qui est plus pâle, vous représenterez et nommerez le plus complètement possible les principales structures identifiables à cette échelle. Les informations des documents 1c et 1d (page 5) complètent utilement celles fournies par la seule bathymétrie.

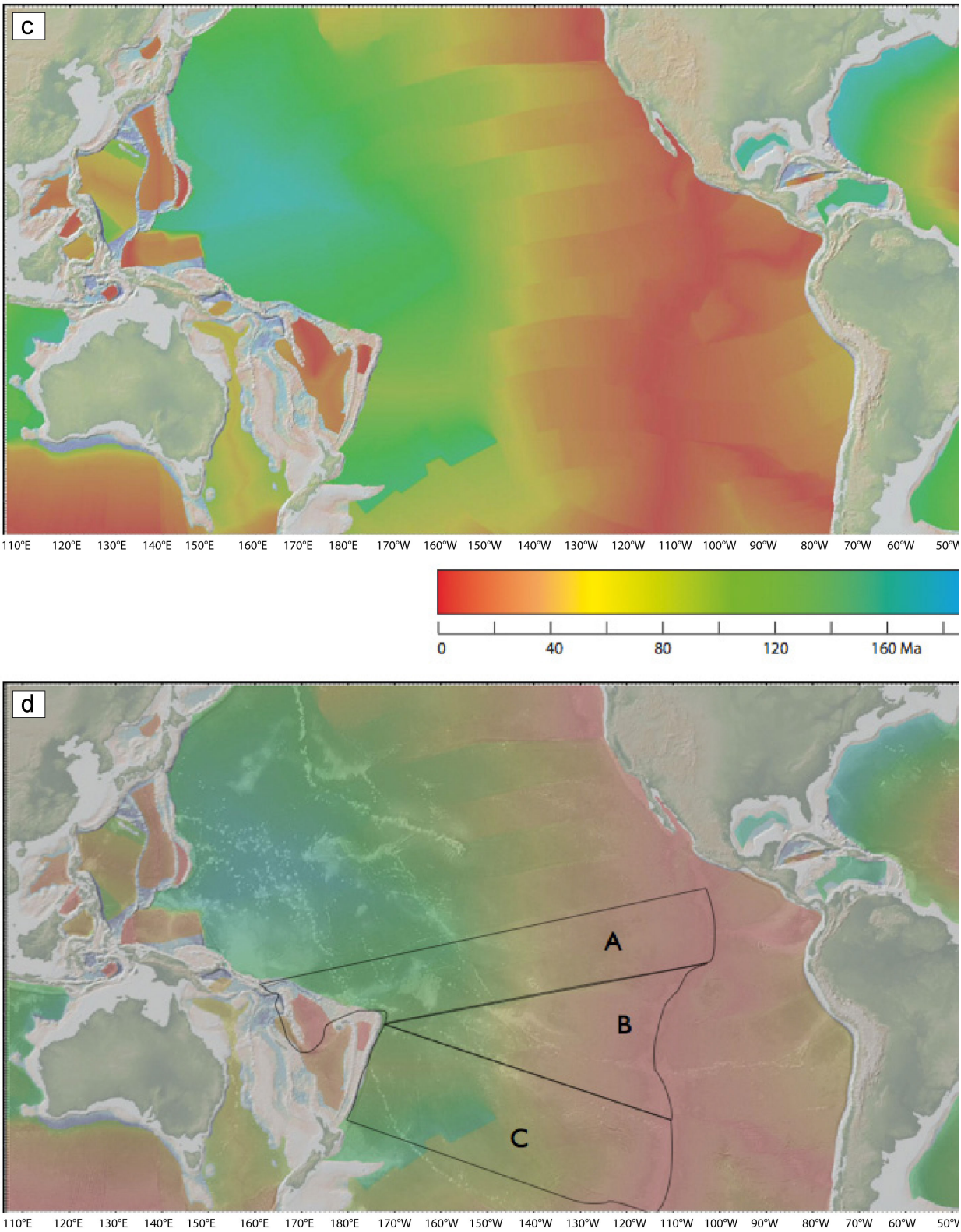


Document 1a : *Carte topographique et bathymétrique de la région Pacifique.*



Document 1b : *Carte topographique et bathymétrique de la région Pacifique.*

Pour cette question il suffisait de représenter, même de façon très schématique les principales structures (dorsales, fosses de subduction, bassins arrière-arc, failles transformantes, chaînes de volcans sous-marins, chevauchements,...) et de les nommer. De manière surprenante cette question a été souvent très mal traitée, les candidats ne connaissant que très partiellement les principaux objets géologiques de cette région pourtant emblématique.



***Document 1c** : Carte des âges du fond des océans (Müller et al, 2003).*

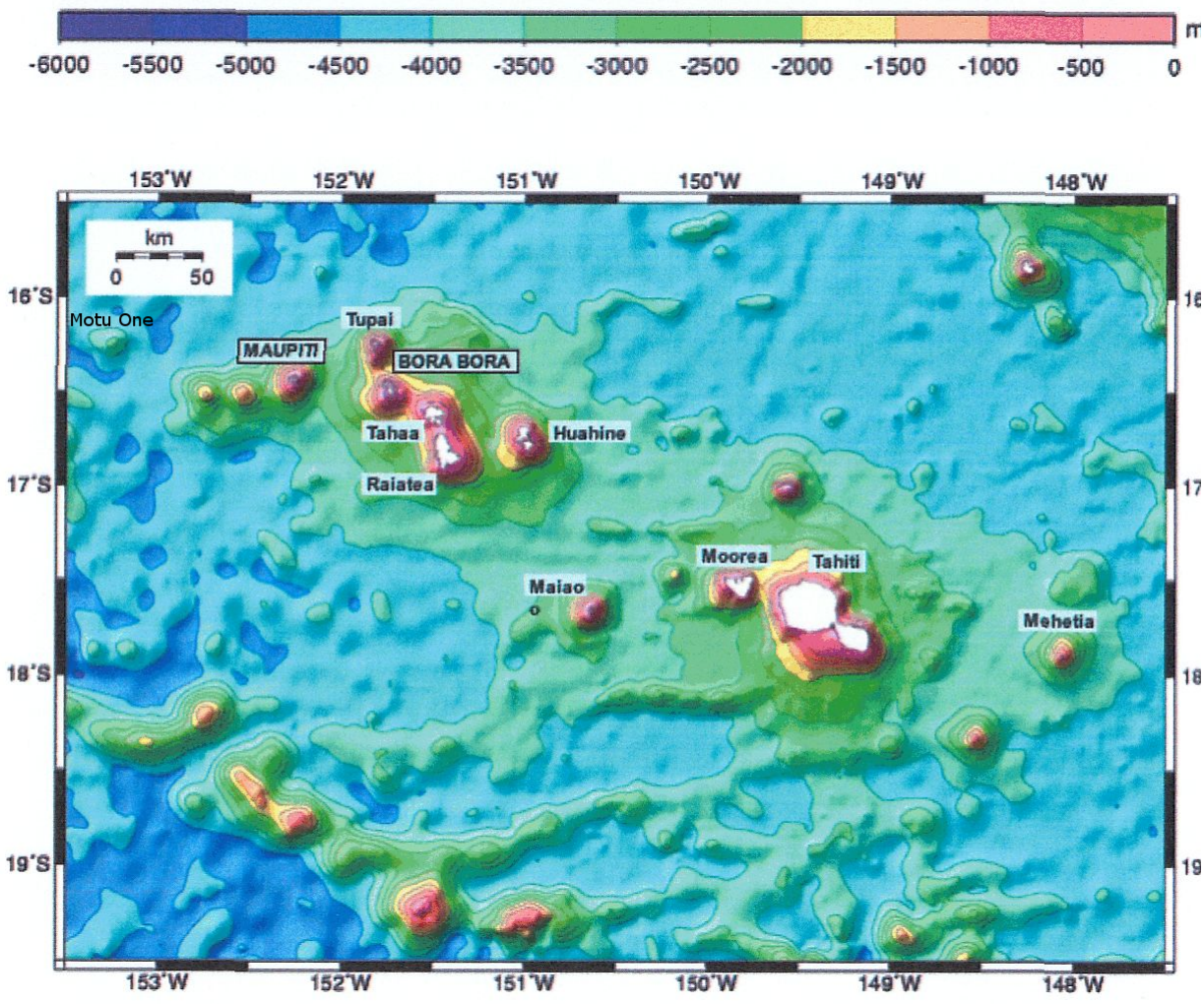
***Document 1d** : Mêmes informations qu'en document 1c, reportées en transparence sur la carte bathymétrique du document 1a (Les zones A, B et C serviront à la question III – B).*

I - B - Géochronologie K-Ar - Etude de la progression des âges le long des îles de l'Archipel de la Société.

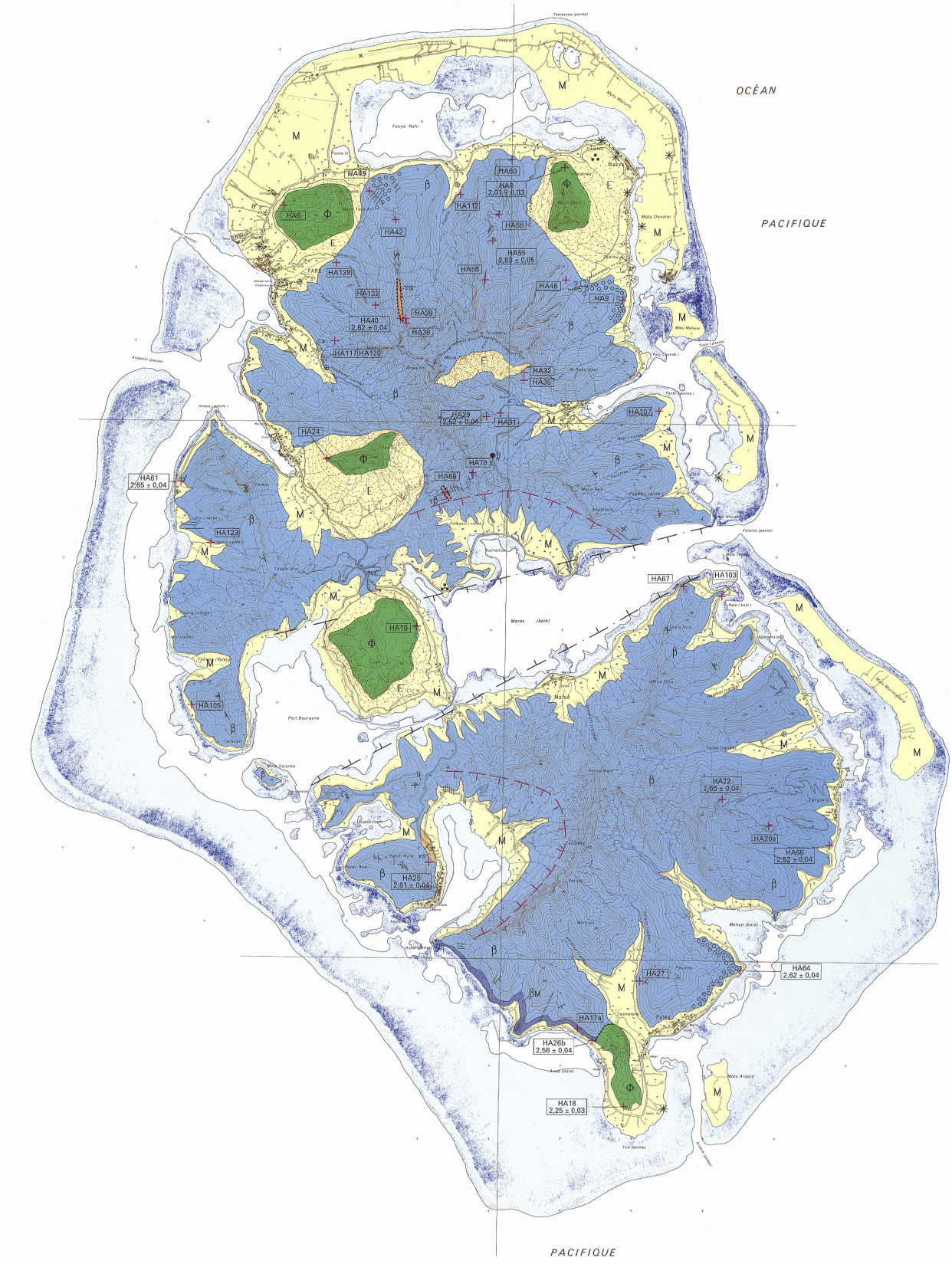
Durée conseillée : 50 minutes - barème : 14/100

Le document 2a est une carte topographique et bathymétrique de l'archipel de la Société. Le document 2b présente la carte géologique de l'île de Huahine au 1/40 000 et un extrait de sa légende (*plusieurs questions du sujet se réfèrent à ce document*).

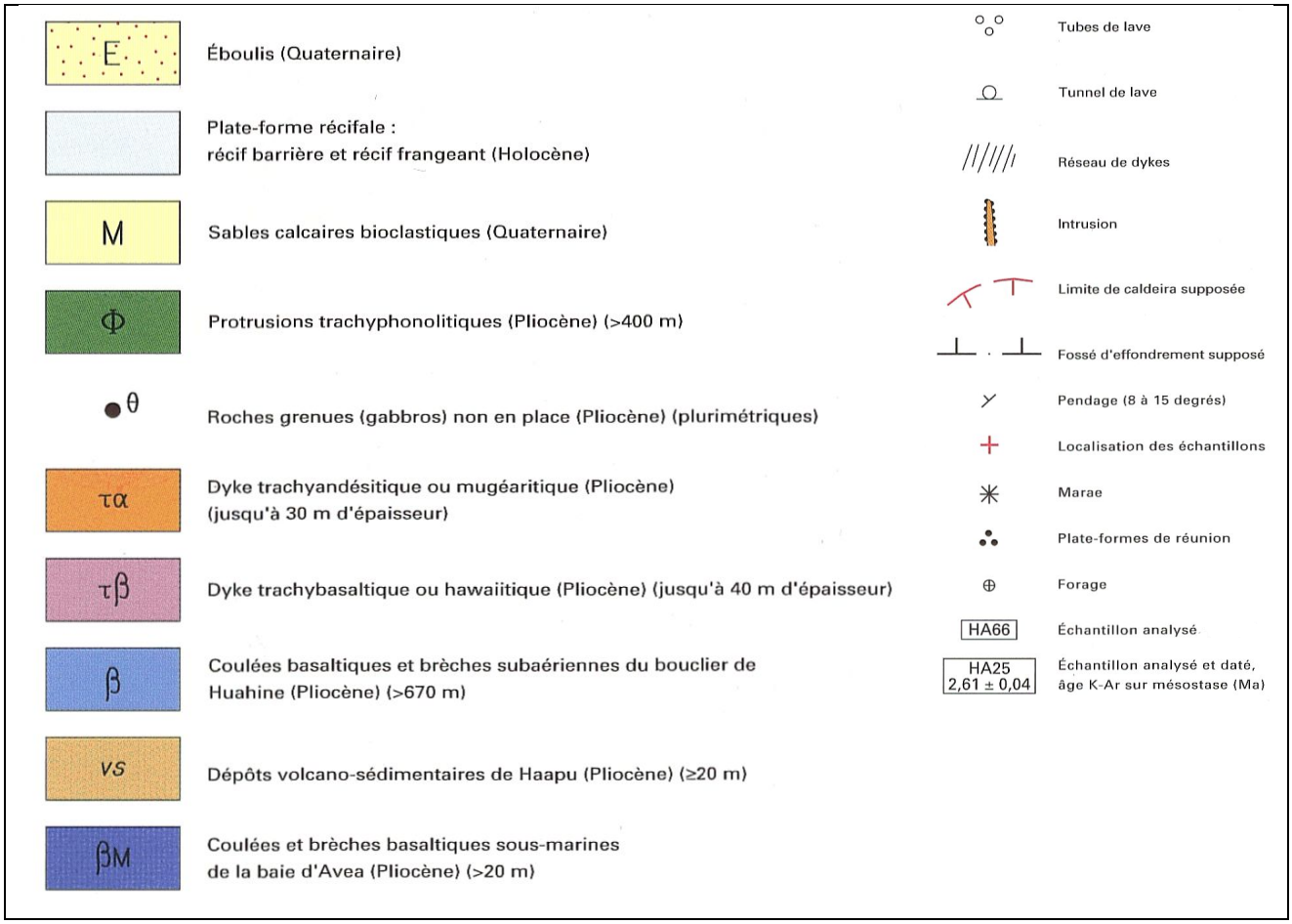
Le document 3 page 9 présente les résultats de datations K-Ar pour six îles de l'Archipel de la Société. Les âges reportés correspondent aux roches les plus anciennes et les plus récentes, échantillonnées à ce jour, des stades boucliers de l'édification de chaque île volcanique. La distance entre chaque île et l'île de Mehetia est aussi indiquée dans le tableau.



Document 2a : *Carte topographique et bathymétrique de l'archipel de la Société.*



Document 2b : *Carte géologique au 1/40 000 de l'île de Huahine (légende fournie).*



Légende de la carte géologique de Huahine au 1/40 000 du document 2b.

	Réf. échantillon	Distance à Mehetia (km)	Age K-Ar (± 2σ) Ma
Bora Bora			
	BR64	410	3,45 ± 0,07
	BR43	410	3,1 ± 0,05
Huahine			
	HA 61	325	2,65 ± 0,04
	HA 66	325	2,52 ± 0,04
Maupiti			
	MU2	460	4,51 ± 0,07
	MU10	460	4,47 ± 0,06
Moorea			
	MO 3a	171	1,72 ± 0,03
	MO 37	171	1,51 ± 0,02
Raiatea			
	RI15	360	2,75 ± 0,04
	RI6	360	2,52 ± 0,04
Tahiti			
	62CH	130	1,366 ± 0,016
	81A	130	0,866 ± 0,017

Document 3 *: Ages K-Ar des roches volcaniques de l'archipel de la Société.*

I - B - 1 - Rappelez le principe de la datation K-Ar.

Réponse à la question I - B – 1

Le potassium ^{40}K est un isotope radioactif de longue période qui se désintègre de deux manières différentes :

Par désintégration β^- :

$^{40}K \rightarrow {}^{40}Ca + e^-$, avec une constante de désintégration λ_β (= *4,962. 10^{-10} an^{-1}*)

et par capture électronique :

$^{40}K + e^- \rightarrow {}^{40}Ar$, avec une constante de désintégration λ_e (= *0,581.10^{-10} an^{-1}*)

Seul le chronomètre $^{40}K/^{40}Ar$ est utilisé.

Formule chronométrique :

$d/dt\ (N_K(t)) = -(\lambda_e + \lambda_\beta)N_K(t)$

N_K nombre d'atomes de ^{40}K et N_{Ar} nombre d'atomes d'argon 40

$d/dt\ (N_{Ar}(t)) = \lambda_e N_K(0) e^{-(\lambda e + \lambda_\beta)t}$

Par intégration :

$^{40}Ar(t) = {}^{40}Ar_0 + {}^{40}K(t)(\lambda_e/(\lambda_e + \lambda_\beta))(e^{(\lambda e + \lambda_\beta)t} - 1)$

L'argon 40 initial ($^{40}Ar_0$) est la plupart du temps négligeable. La mesure directe des deux isotopes père et fils actuels permet donc l'accès au calcul théorique d'un âge.

Ce chronomètre nécessite deux analyses séparées par deux méthodes distinctes : analyse chimique du potassium et analyse par spectrométrie de masse en phase gazeuse de l'argon, en dégazant l'échantillon par chauffage. L'isotope de référence pour l'argon est ^{36}Ar.

Le principe de ce géochronomètre est rarement correctement présenté par les candidats, il s'agit pourtant d'un chronomètre très utilisé en géologie. Confusion fréquente avec le chronomètre Ar-Ar.

I - B - 2 - Grâce aux données de la carte géologique (épaisseur des formations) présentée en document 2b (page 7) et aux données géochronologiques, calculez la vitesse moyenne d'édification de la partie aérienne du bouclier de Huahine (en mm/an). Commentez ce résultat.

Réponse à la question I - B – 2

La légende de la carte géologique précise que l'épaisseur des coulées aériennes du bouclier de Huahine est de, au minimum, 670 m.
Les datations présentées dans le tableau permettent d'envisager la formation des parties aériennes de Huahine dans un intervalle de temps restreint, entre 2,65 ± 0,04 Ma (âge le plus ancien) et 2,52 ± 0,04 Ma (âge le plus récent).
La durée moyenne d'édification de la partie aérienne du bouclier est donc de 130 000 ans (minimum de 50 000 ans et maximum de 210 000 ans).
Les données ci-dessus suggèrent donc une vitesse moyenne d'édification de 5,15 mm/an.

Cette vitesse est relativement élevée, comparable à celle des autres volcans-boucliers polynésiens, du même ordre de grandeur que celle des grands volcans-boucliers hawaïens (de l'ordre du cm par an pour Hawaï par exemple).

Cet exercice a souvent été correctement traité, mais certaines copies présentent des calculs fantaisistes …. Les vitesses sont parfois calculées avec l'âge des formations et non la durée de mise en place de celles-ci. Lorsqu'un résultat paraît incohérent, il devrait au minimum être commenté.

I - B - 3 - Reportez les âges (en Ma) du tableau dans un diagramme âge / distance à l'île de Méhétia (en km) sur la feuille de papier millimétré distribuée, que vous collerez page 12 (Document 4) et commentez le graphe obtenu.

Réponse à la question I - B – 3

La plupart des candidats se sont contentés d'affirmer que les données présentées étaient cohérentes avec le modèle de point chaud supposé fixe (actuellement situé sous Mehetia). Un commentaire plus rigoureux était attendu : par exemple : les durées pour les phases boucliers sont probablement sous-estimées car une partie des formations subaériennes de ces îles est actuellement immergée par effet de subsidence (voir I-B-4). Les durées d'édification des boucliers présentées sont très variables : signification ?

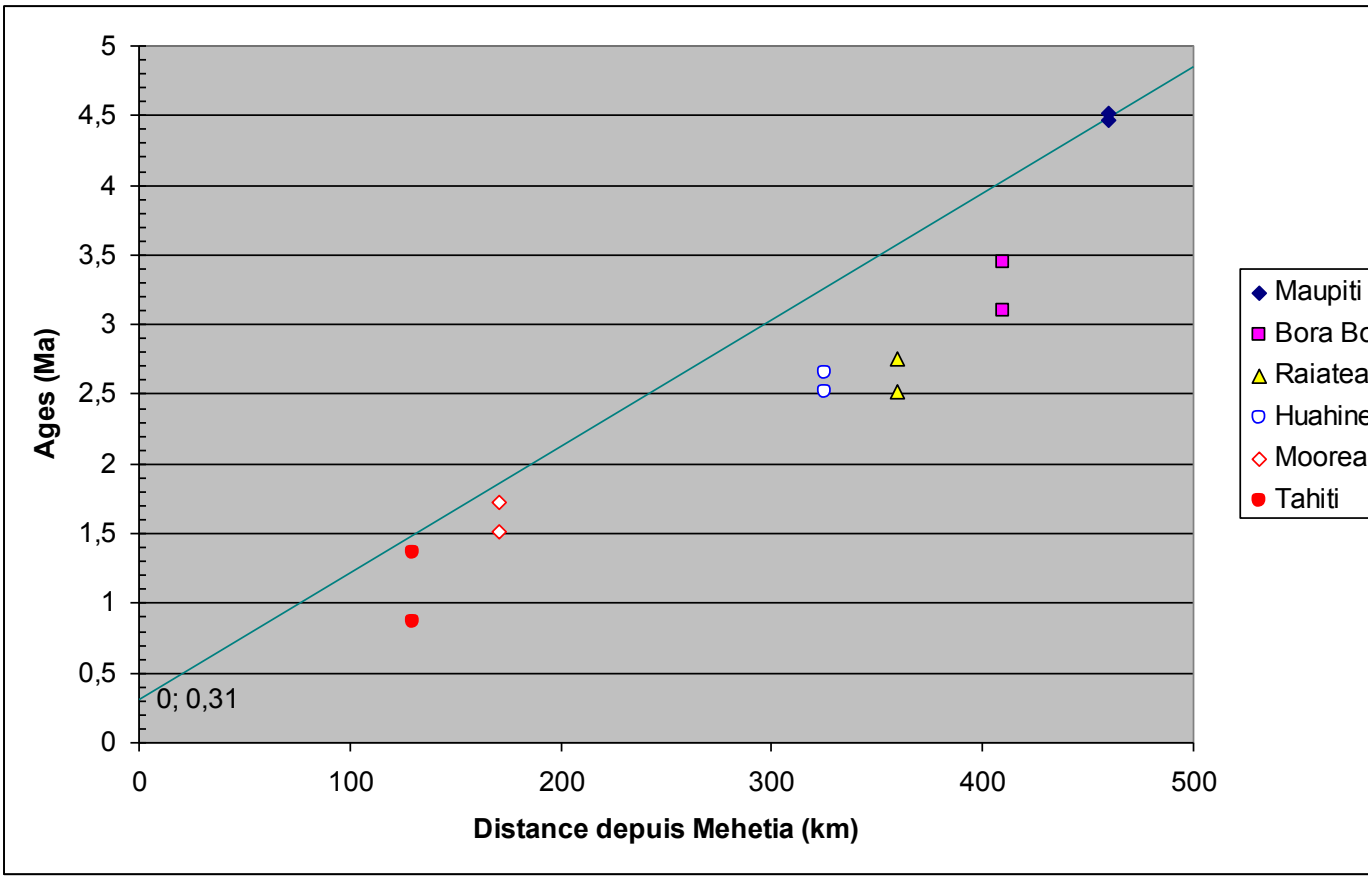
I - B - 4 - Tracez sur ce même graphe (Document 4, page 12) une droite ayant pour origine l'âge K-Ar de la roche volcanique aérienne la plus ancienne de Mehetia (0,31 Ma), et ayant une pente correspondant à une vitesse de 11,1 cm/an ; cette valeur correspond à la vitesse moyenne de dérive de la plaque Pacifique pendant les 5 derniers Ma au niveau de la Polynésie Française. Commentez.

Réponse à la question I - B - 4

Selon le modèle calculé, les débuts de l'activité aérienne à Tahiti, Moorea, Raiatea et Maupiti ont des âges respectifs de 1,48 ; 1,85 ; 3,55 et 4,45 Ma. Les âges calculés pour Tahiti et Moorea sont peu différents des âges radiométriques. Il est logique que les âges radiométriques soient inférieurs à ceux déduits du modèle, car les roches aériennes les plus anciennes sont immergées par effet de subsidence (et donc non échantillonnées et non datées…).
Pour d'autres îles, les âges de début d'édification déduits des modèles sont très supérieurs aux âges radiométriques des roches les plus anciennes. Ces différences d'âges pourraient être expliquées par une subsidence plus importante à l'aplomb des îles les plus anciennes. Cependant, l'île de Maupiti est la plus ancienne de l'alignement. Elle est donc la plus affectée par la subsidence. Les roches actuellement émergées devraient donc être les plus récentes ….
Donc, soit l'érosion très intense a mis à jour les formations les plus anciennes de l'île, soit la vitesse et/ou la direction de dérive de la plaque ont varié après la formation de Maupiti…

Comme pour la question II-B-3, les candidats se sont contentés d'affirmer que les points correspondant aux datations effectuées se situaient à proximité de la droite correspondant à une vitesse de dérive de 11,1 cm/an et que cela corroborait l'hypothèse proposé en I - B -3… Aucune démarche rigoureuse et critique et peu de discussion dans cette partie malheureusement.

Collez ci-dessous la feuille de papier millimétré



Document 4 *: feuille de papier millimétré*

I - C - Morphologie des îles de l'archipel de la Société

Durée conseillée : 30 minutes - barème : 8/100

Les documents 5a à 5d présentent des photographies aériennes de quelques-unes des îles formant l'archipel de la Société (attention les échelles diffèrent pour chaque cliché).

I - C - 1 - Grâce à l'étude de ces documents, dégagez les principales caractéristiques morphologiques des îles présentées. Utilisez les calques joints pour légender les documents. Vous collerez les calques sur les pages 14, 15 et 16.

I - C - 2 - Faites la synthèse de ces informations dans une succession de schémas présentant les différents stades d'évolution des îles.

Réponse à la question I - C - 2

Les différentes îles présentent divers stades d'évolution morphologique qui s'échelonnent dans le temps depuis l'île volcanique jeune et active au stade entièrement érodé, selon l'ordre suivant déterminé par la subsidence thermique de la lithosphère océanique :

(1) Ile haute sans récif (Mehetia)

(2) Ile haute avec récif barrière (Moorea)

(3) Ile profondément érodée avec récif barrière (Huahine)

(4) Atoll (Motu One)

Le stade suivant, non étudié ici, correspond à l'édifice exclusivement sous-marin (stade guyot).

Principales caractéristiques morphologiques des îles (cf. photographies commentées ci-dessous) :

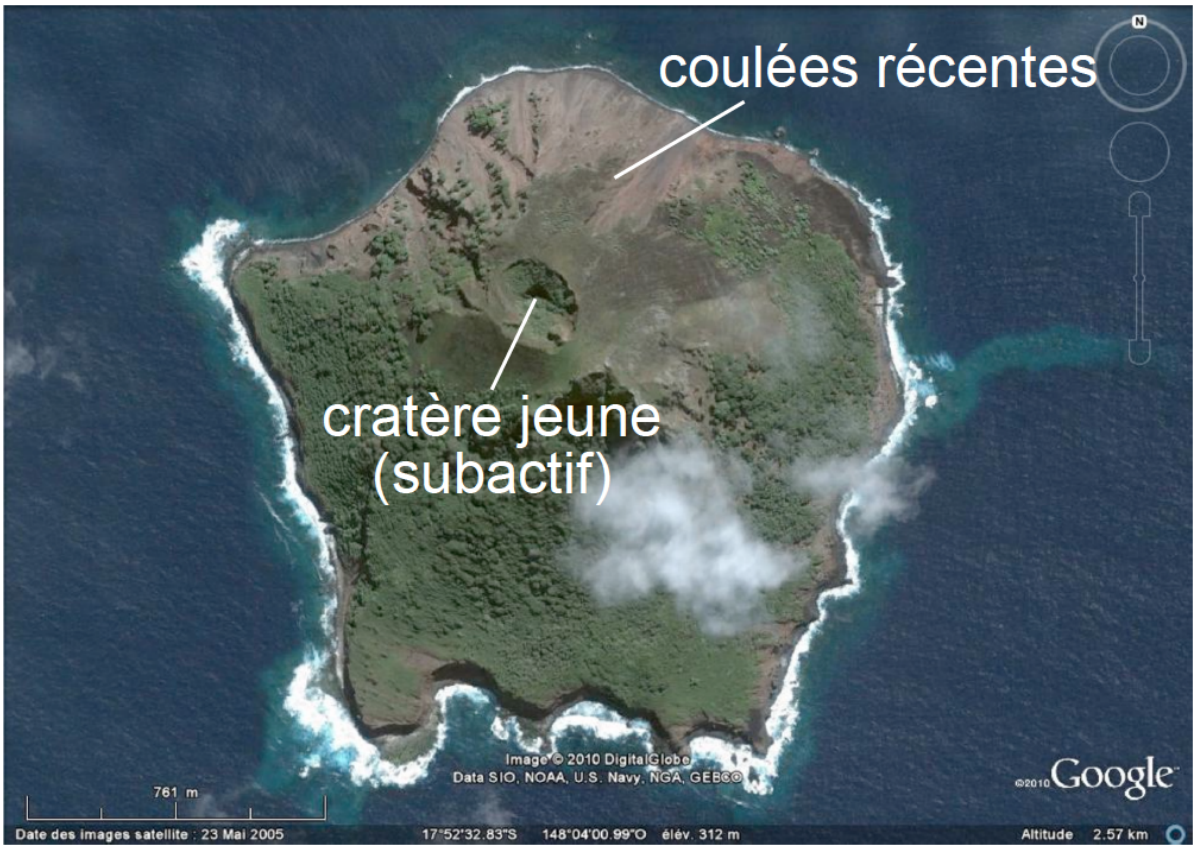
Mehetia : Ile haute, sans récif développé (récif naissant au niveau de la zone de déferlement des vagues). Le cratère n'est pas érodé (subactif) alimentant des coulées sur le flanc nord de l'île (absence de végétation). La côte sud montre la présence de falaises. L'île volcanique haute possède un important bouclier volcanique sous-marin qui repose directement sur le fond océanique.

Motu One : Atoll au cœur duquel l'île a disparu. L'atoll est marqué par la présence d'un récif qui borde le lagon central. La couronne récifale montre un couvert végétal discontinu du fait de la présence de passes avec des cônes de tempêtes (*washover fans* ; côte ouest).

Moorea : Ile haute marquée par la présence d'un récif barrière. Présence de vallées profondes de type *barrancos* (érosion différentielle affectant une île volcanique). Présence d'un lagon, parfois réduit à un chenal alimenté par les vallées et débouchant sur des passes débouchant sur l'océan. Du fait de la présence de ce lagon discontinu, le récif montre tantôt un caractère frangeant, tantôt un caractère barrière.

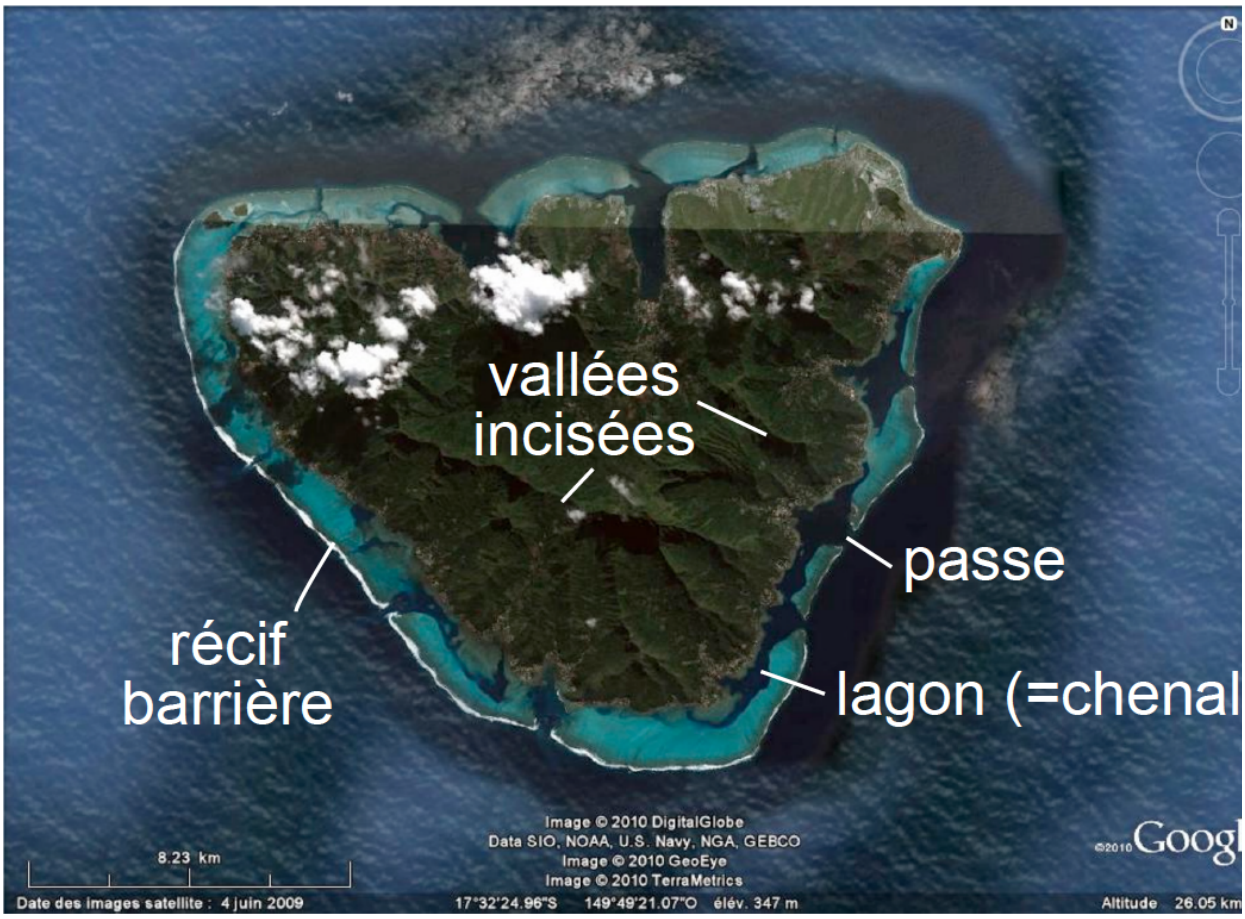
Huahine : Ile haute avec récif barrière. L'édifice possède une partie émergée, mais son relief révèle une érosion importante. Le récif barrière est discontinu avec présence de passes. Le lagon est plus large que pour l'île de Moorea. Un récif frangeant borde le domaine émergé de l'île. On note la présence de *motus* (îlots sableux ; identifiables également sur la carte géologique – Document 2b – légende « M »).

Les caractéristiques morphologiques générales des îles ont été globalement identifiées. Cependant, peu de candidats connaissent la nomenclature précise des formations récifales péri-insulaires. L'évolution des îles a été rarement corrélée à la subsidence thermique de la lithosphère océanique et, trop souvent et par erreur, mise en relation avec la flexuration élastique de la lithosphère sous l'effet de la surcharge induite par les îles et leur bouclier.

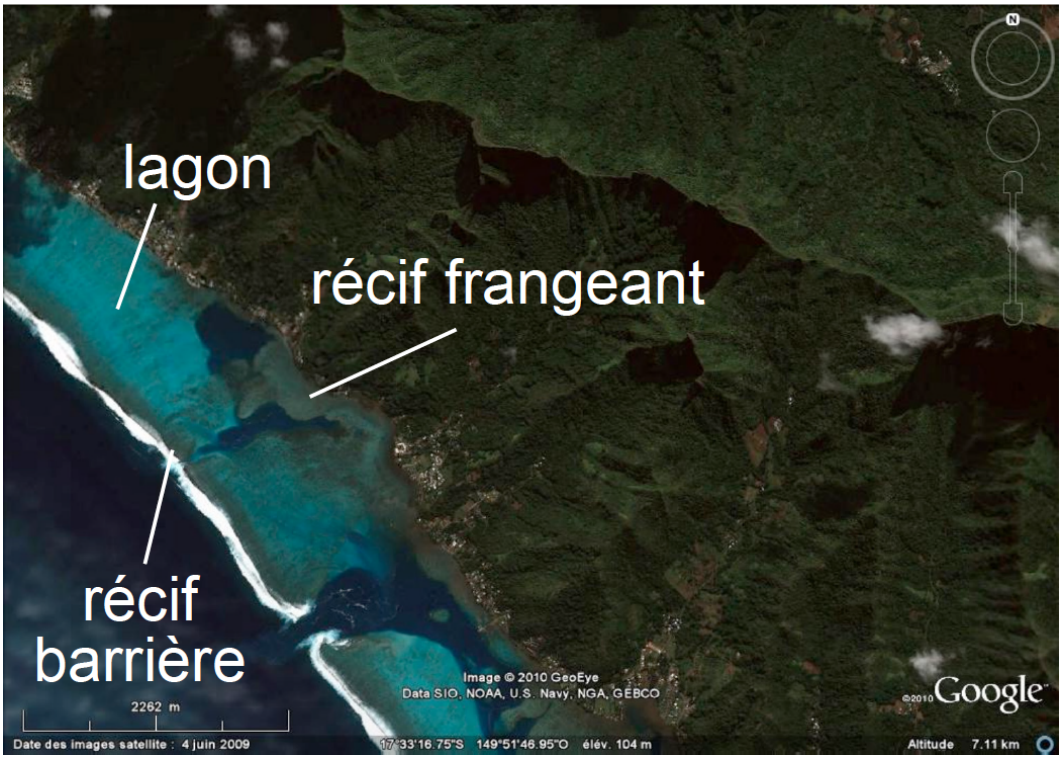


Document 5a *: Mehetia*

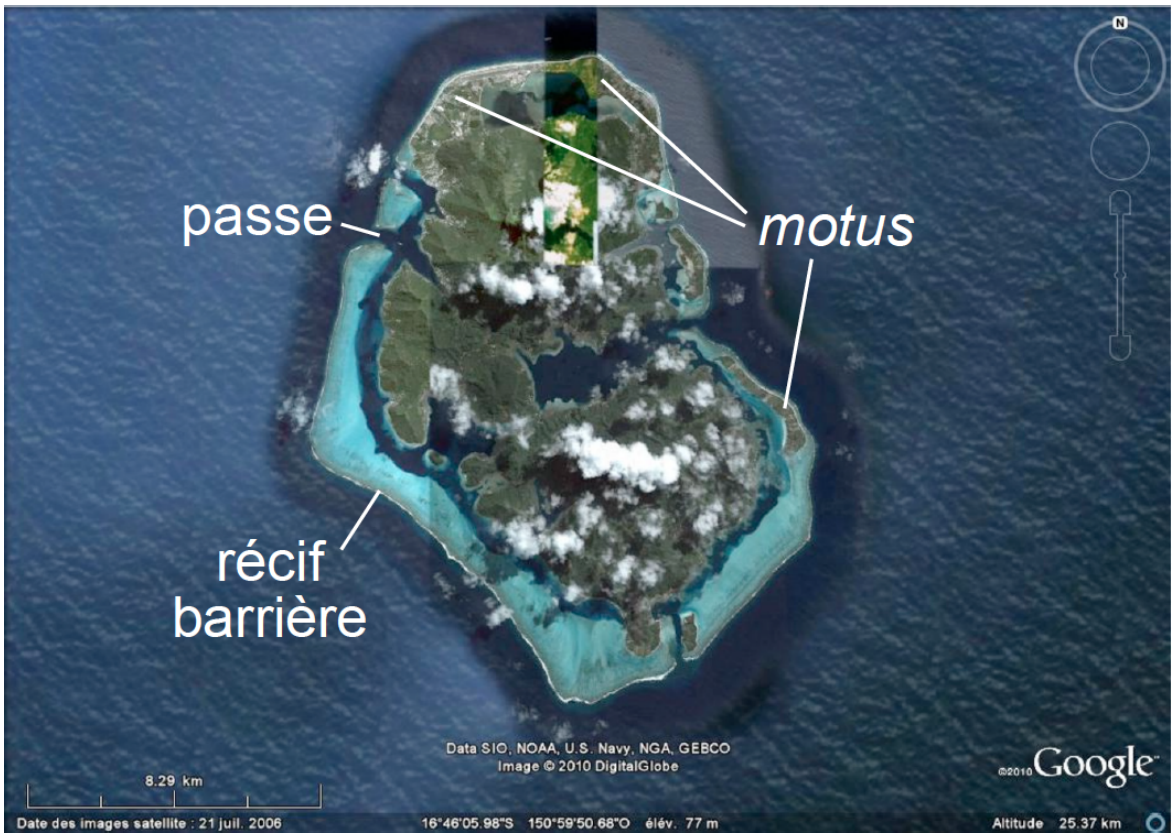
Document 5b : *Motu One*



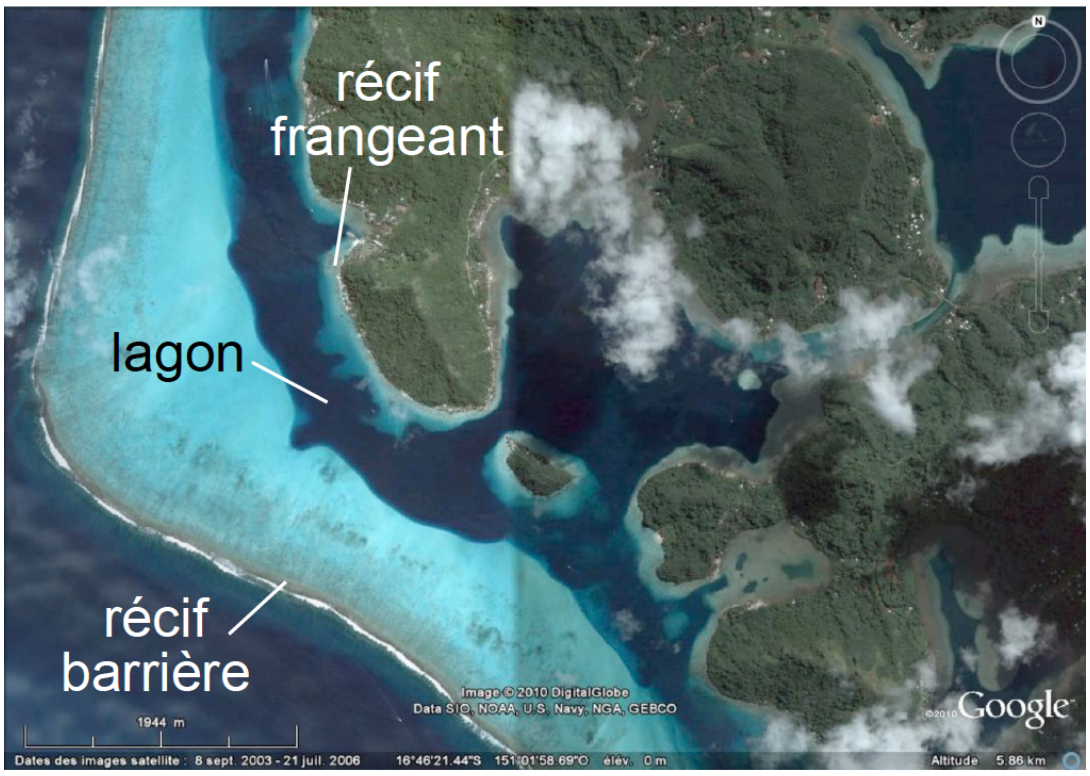
Document 5c *: Moorea*



Document 5c, suite : *Moorea, zoom sur la côte sud-ouest.*



Document 5d *: Huahine*



Document 5d, suite : *Huahine, zoom sur la côte sud-ouest (Port Bourayne).*

Partie II – L'île de Huahine

II - A - Quelques formations de l'île de Huahine

Durée conseillée : 20 minutes - barème : 6/100

Les documents 6a à 6d présentent des formations volcaniques typiques de l'île de Huahine, dont la carte géologique est présentée pages 7 et 8.

Décrivez et identifiez ces affleurements. Vous expliquerez les différents modes de mise en place des formations observées et les principaux facteurs les contrôlant.

Réponse à la question II - A

Document 6a : Tunnel de lave dans une coulée.

Document 6b : Langue de lave cordée sortant d'un tube de lave (= tube *pahoehoe* vide).

Document 6c (*cf.* photographie avec commentaires ci-dessous) : Deux coulées de laves superposées entrecoupées par un paléosol (niveau rouge). La coulée inférieure montre des tubes de lave (*pahoehoe*) et une prismation d'origine thermique (orgues volcaniques). La coulée supérieure possède une base scoriacée (brèche = niveau *aa*) surmontée d'une partie massive.

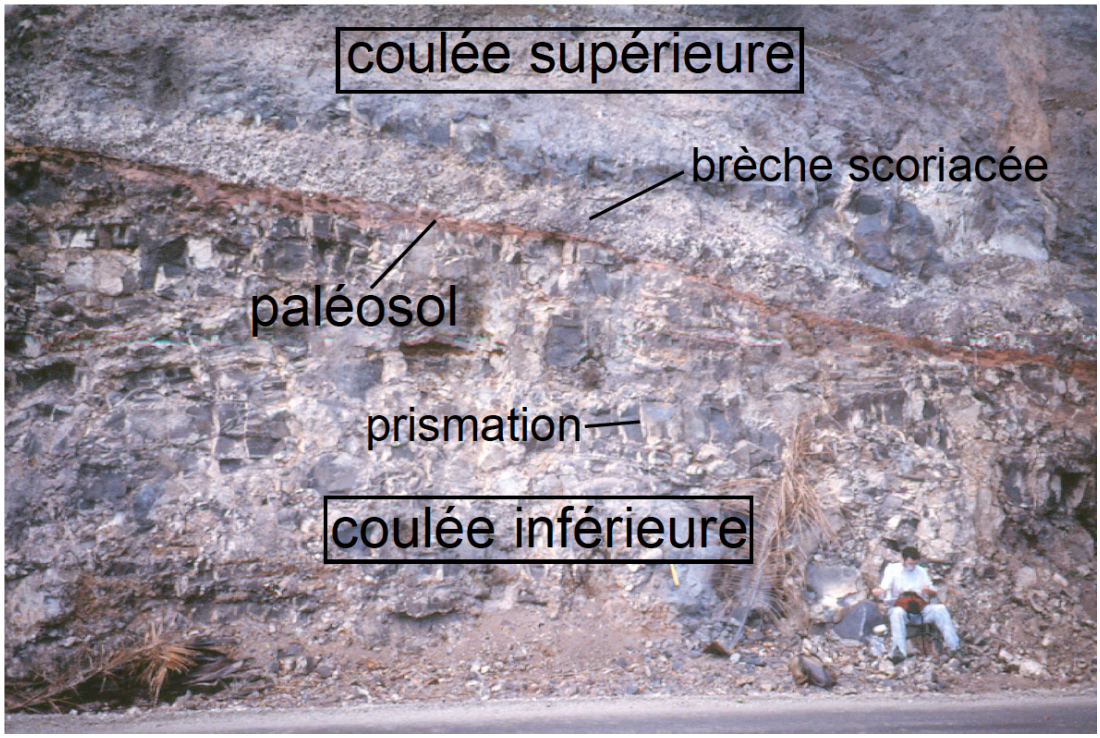
Document 6d : Protrusion trachyphonolitique (*cf.* Document 2b).

Le facteur principal qui contrôle la morphologie des laves est la viscosité. La viscosité correspond à la résistance à l'écoulement et est déterminée par la température, la teneur en fluides juvéniles dissous et la teneur en silice. Dans la lave, les tétraèdres silicatés s'organisent en chaînes plus ou moins polymérisées qui induisent, par leur présence dispersée dans la masse fluide, une viscosité dynamique. Les basaltes (coulées) sont plus fluides que les trachyphonolites (protrusions). Pour autant, les coulées de basaltes les plus fluides demeurent 10 000 fois plus visqueuses que l'eau.

Les caractéristiques générales des coulées des Documents 6a et 6b ont souvent été interprétées de manière satisfaisante. Cependant, rares sont les candidats qui ont identifié les deux coulées superposées du Document 6c ; les coulées ont parfois été confondues avec des niveaux pyroclastiques (les ignimbrites sont rares dans les formations basaltiques) ou, pire, avec des niveaux sédimentaires. La reconnaissance de la protrusion du Document 6d a été problématique pour certains candidats, alors qu'elle pouvait être avantageusement facilitée par l'analyse de la carte géologique du Document 2b.

Document 6a

Document 6b



Document 6c

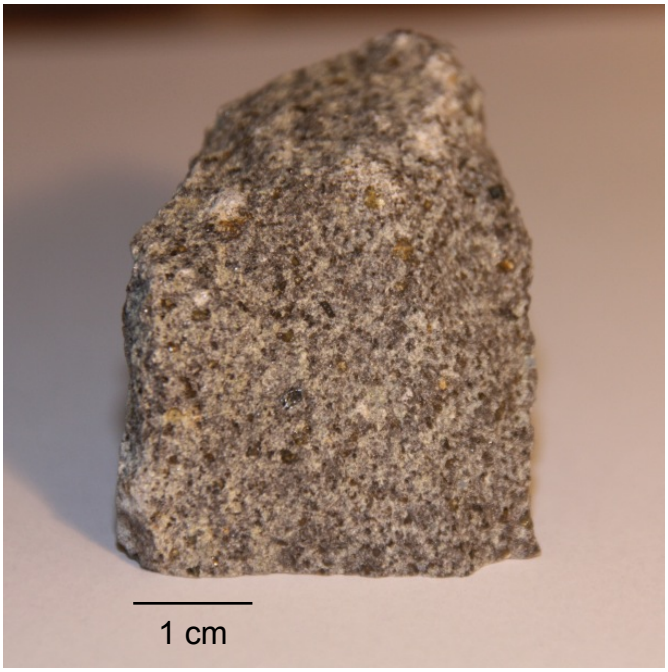
Document 6d

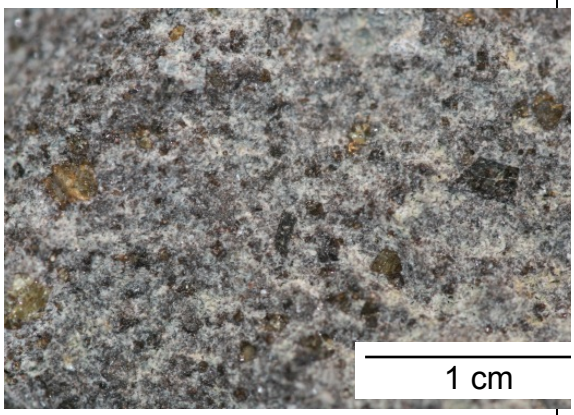
ù

II - B- Etude pétrographique

Durée conseillée : 30 minutes - barème : 8/100

Le document 7 présente une photographie d'un échantillon macroscopique correspondant à un type pétrographique très présent à Huahine. La photo de droite est un zoom de ce même échantillon. La lame mince correspondant à cet échantillon est présentée en poste 1 (microscope polarisant).





Document 7

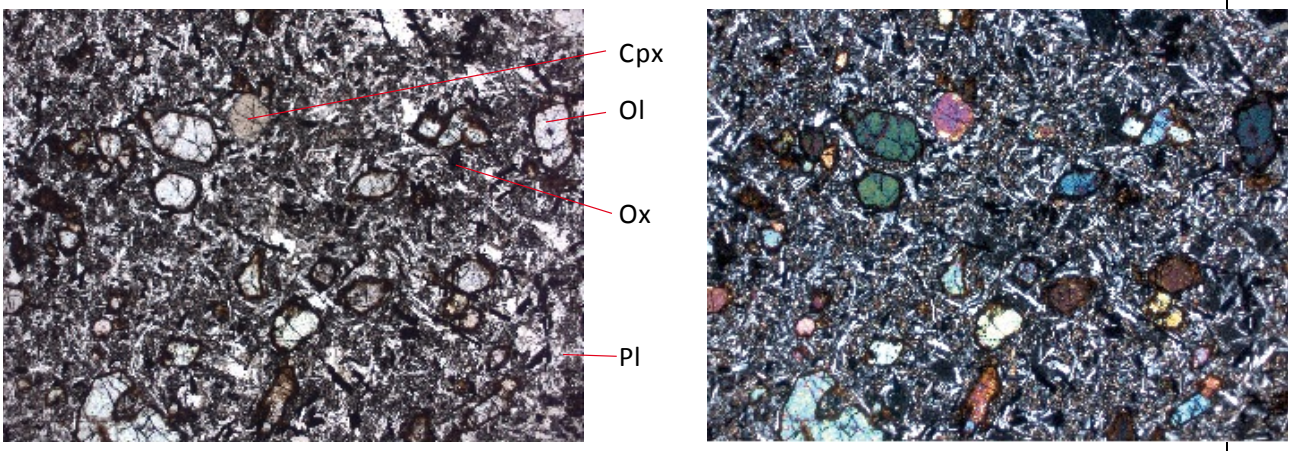
II - B - 1 - Décrivez l'échantillon macroscopique du document 7.

Réponse à la question II - B – 1

Les phénocristaux d'olivine et de pyroxène sont bien visibles sur ces photographies, mais pas toujours identifiés par les candidats.

II - B - 2 - Observez au microscope polarisant (poste 1) la lame mince correspondant à l'échantillon macroscopique du document 7. Vous décrirez, dessinerez et identifierez cette lame mince dans le cadre ci-dessous.

Réponse à la question II - B – 2



LPNA LPA

(longueur de chaque cliché = 5 mm)

Il s'agit d'une roche holocristalline à phénocristaux d'olivine et de clinopyroxène. Les phénocristaux d'olivine sont iddingsitisés et contiennent fréquemment des inclusions d'oxydes ferro-titanés. Ce basalte porphyrique (*microdolérite* acceptée) présente une texture intersertale soulignée par les baguettes de plagioclase, les clinopyroxènes, olivines et oxydes contenus dans la mésostase.

Cette partie du sujet a été globalement bien traitée par les candidats. Les dessins sont soignés et les descriptions souvent rigoureuses. De grosses confusions parfois cependant (pléochroïsme/teinte de polarisation parfois)

II - C - Composition des magmas à Huahine

Durée conseillée : 60 minutes - barème : 16/100

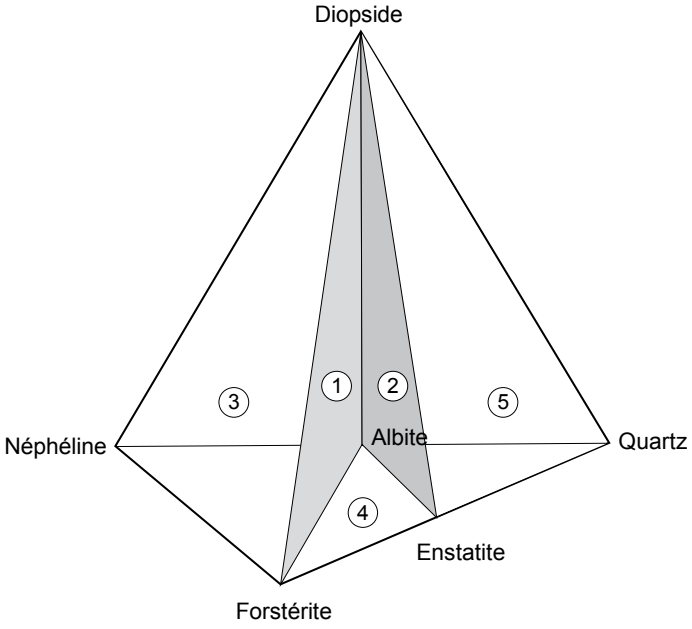
Plusieurs types de magmas basaltiques sont présents sur l'île de Huahine. Le document 8 présente la composition chimique de deux laves A et B (éléments majeurs) ainsi que leur composition normative (norme CIPW). Le document 9 présente les teneurs en Terres Rares (REE) de l'échantillon A, celles des basaltes de ride médio-océanique « normaux » (MORB-N). Les teneurs en REE des chondrites sont aussi indiquées. Le diagramme normatif de classification des roches basaltiques est présenté document 10.

	A	B
% massique d'oxydes		
SiO_2	44,61	48,80
TiO_2	3,50	2,45
Al_2O_3	13,46	14,17
Fe_2O_3	13,40	11,79
MnO	0,15	0,17
MgO	7,17	4,95
CaO	13,18	11,65
Na_2O	2,15	2,44
K_2O	1,42	1,03
P_2O_5	0,43	0,36
Perte au feu	1,74	0,96
Total	101,21	98,77
Norme CIPW (% massique de minéraux normatifs)		
apatite	1,00	0,84
ilménite	6,66	4,66
magnétite	3,95	1,71
orthose	8,38	6,08
albite	10,59	20,63
anorthite	22,83	24,66
diopside	32,21	25,52
hypersthène	-	12,50
olivine	8,22	-
néphéline	4,10	-
quartz	-	0,14

Document 8 : *Analyses des roches totales et normes CIPW de deux roches basaltiques A et B de Huahine.*

	Chondrites	A	MORB-N
ppm			
La	0,237	32,49	3,90
Ce	0,613	66,33	12,00
Nd	0,457	40,61	11,18
Sm	0,148	8,80	3,75
Eu	0,056	2,73	1,34
Gd	0,199	8,12	5,08
Dy	0,246	5,75	6,30
Er	0,160	2,44	4,14
Yb	0,161	1,81	3,90

Document 9 *: Teneurs en Terres Rares (REE) des chondrites carbonées C1 (Mc Donough et Sun, 1995), de l'échantillon de Huahine A et des basaltes de rides médio-océaniques "normaux" (MORB-N, Hoffman, 1988).*



Document 10 *: Tétraèdre normatif de classification des basaltes (Yoder et Tilley, 1962).*

II - C - 1 - Nommez les deux plans (1 et 2) et les trois volumes (3, 4 et 5) du tétraèdre du document 10.

Réponse à la question II - C - 1

1 : plan critique de sous-saturation en silice
2 : plan de saturation en silice
3 : domaine des basaltes alcalins
4 : domaine des tholéiites à olivine
5 : domaine des tholéiites à quartz

II - C - 2 - A l'aide des documents 8 et 10, identifiez les deux roches A et B en justifiant votre réponse.

Réponse à la question II - C - 2

A est une roche pauvre en SiO_2, riche en MgO, FeO et CaO et à Néphéline normative. Il s'agit d'un basalte alcalin.
B est une roche pauvre en SiO_2, riche en MgO, FeO et CaO et à Quartz normatif. Il s'agit d'une tholéiite à quartz.

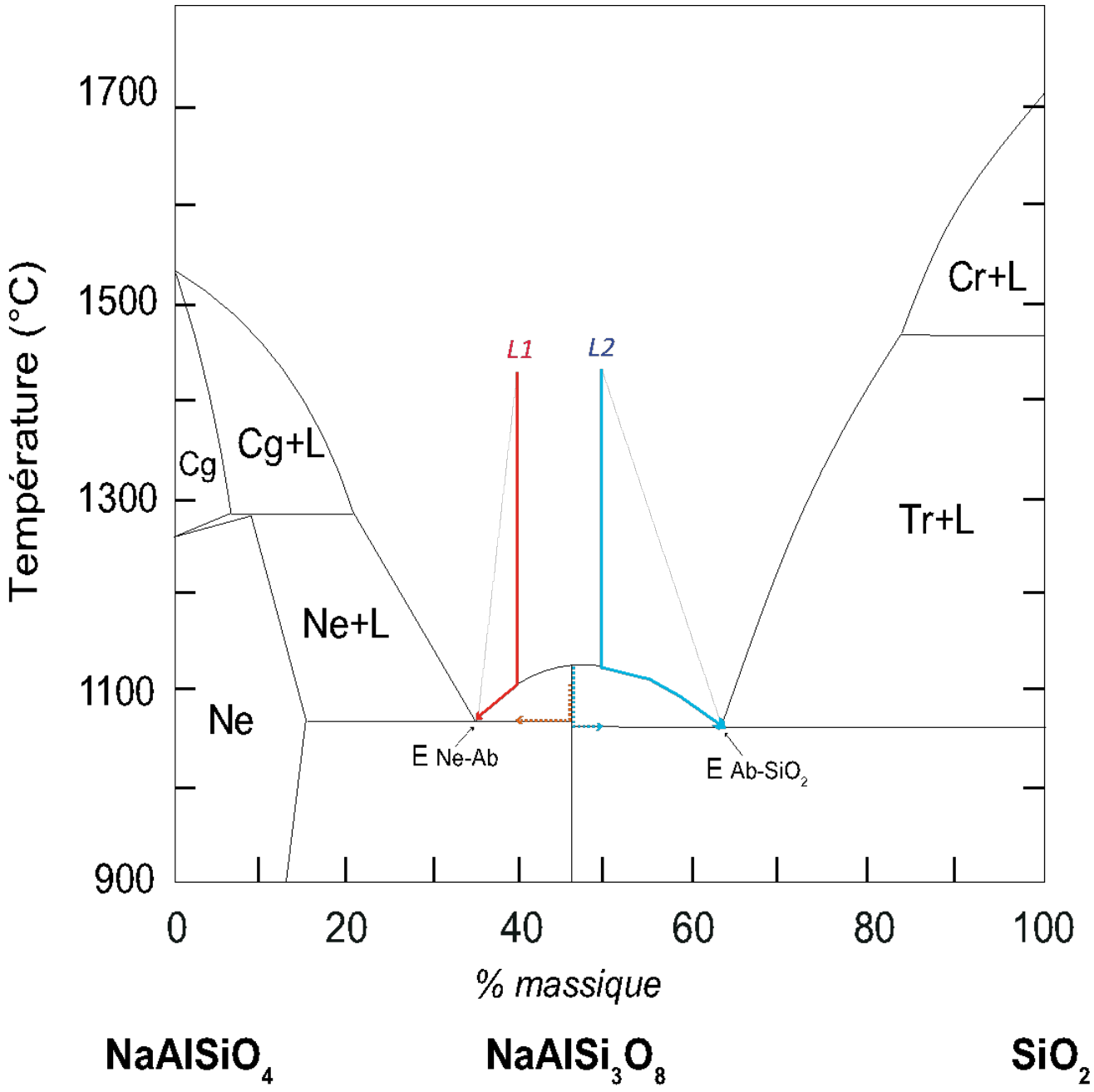
Le diagramme de classification normatif des basaltes n'est pas connu pour de nombreux candidats qui confondent de plus très souvent composition minéralogique normative et composition minéralogique modale.

Le diagramme de phases binaire Néphéline-SiO_2 est présenté en document 11 page 24.

II - C - 3 - Complétez la légende du document 11 (lignes et points remarquables), directement sur la figure page 24. Présentez vos commentaires dans le cadre ci-dessous.

Réponse à la question II - C - 3

Il s'agit d'un système binaire (Néphéline – SiO_2) avec un composé intermédiaire à fusion congruente (albite). La température de fusion du composé intermédiaire constitue un point haut en température.
Ce diagramme apparaît comme l'association de deux diagrammes binaires avec eutectique, l'un Néphéline-Albite et l'autre Albite-SiO_2.



Document 11 *: Système Néphéline-SiO_2 à 1 atm, d'après Shairer et Bowen (1956).*

L : Liquide; Ab : Albite; Cg : Carnegieite ; Cr : Cristobalite; Ne : Néphéline; Tr : Tridymite.

II - C - 4 - a - Déterminez les séquences de cristallisation à l'équilibre d'un liquide 1 composé de 60 % de néphéline et 40 % de SiO_2 et d'un liquide 2 composé de 50% de néphéline et 50 % de SiO_2. Vous indiquerez sur le document 11 l'évolution de la composition des liquides et des solides à chaque étape de l'évolution de ces deux systèmes et complèterez votre réponse dans le cadre suivant page 25.

b - Quels sont les chemins suivis par les deux liquides 1 et 2 dans le cas d'une cristallisation fractionnée ?

Réponse aux questions II - C - 4 a et b

Voir document 11 : En rouge, trajet du liquide (trait plein) et du solide (pointillés) pour la cristallisation à l'équilibre de la composition L1.En bleu, trajet du liquide (trait plein) et du solide (pointillés) pour la cristallisation à l'équilibre de la composition L2.

II - C - 4 a

- L1 précipite le premier cristal d'albite lorsqu'il touche le liquidus de l'albite. Le liquide évolue le long du liquidus et l'albite continue de cristalliser. Lorsque le liquide atteint la température eutectique Ne-Ab, le liquide est alors saturé en néphéline qui commence à cristalliser. A l'eutectique, la composition du solide en train de cristalliser (composition solide instantanée) est identique à celle du liquide.
Lorsque la cristallisation du liquide est terminée, la composition solide totale est identique à la composition du liquide initial (L1).
- L2 précipite de l'albite puis, à l'eutectique SiO_2-Ab, le liquide est saturé en SiO_2 qui commence à cristalliser. Lorsque la cristallisation du liquide est terminée, la composition solide totale est identique à la composition du liquide initial (L2).

Les séquences de cristallisation des liquides L1 et L2 se terminent donc toujours au point eutectique du diagramme correspondant à la composition du liquide initial. L'albite, à fusion congruente, constitue donc une barrière compositionnelle et thermique qui n'est jamais franchie lors d'un processus de cristallisation.

II - C - 4 b

Dans le cas d'une cristallisation fractionnée, les cristaux se séparent du liquide à mesure qu'ils précipitent. Liquides et cristaux sont en équilibre au moment de leur formation : le chemin suivi par les liquides L1 et L2 est identique aux chemins déterminés dans le cas d'une cristallisation à l'équilibre. Comme pour la cristallisation à l'équilibre, les séquences de cristallisation se terminent toujours au point eutectique du diagramme correspondant à la composition du liquide initial

La lecture correcte et les applications des diagrammes de phases posent problème à de nombreux candidats. Il s'agit pourtant d'un outil fondamental en pétrologie. La notion d'eutectique n'est que partiellement comprise, celle de barrière compositionnelle et thermique rarement mentionnée. La description des trajectoires de cristallisation est souvent partielle et manque systématiquement de rigueur.

II - C - 5 - Grâce aux résultats de l'étude du diagramme de phases de la question II - C - 4, expliquez pourquoi il est impossible de produire le magma de composition B (document 8 page 22) par la cristallisation fractionnée du magma de composition A (document 8 page 22).

Quel(s) autre(s) processus peut(vent) expliquer cette diversité magmatique ?

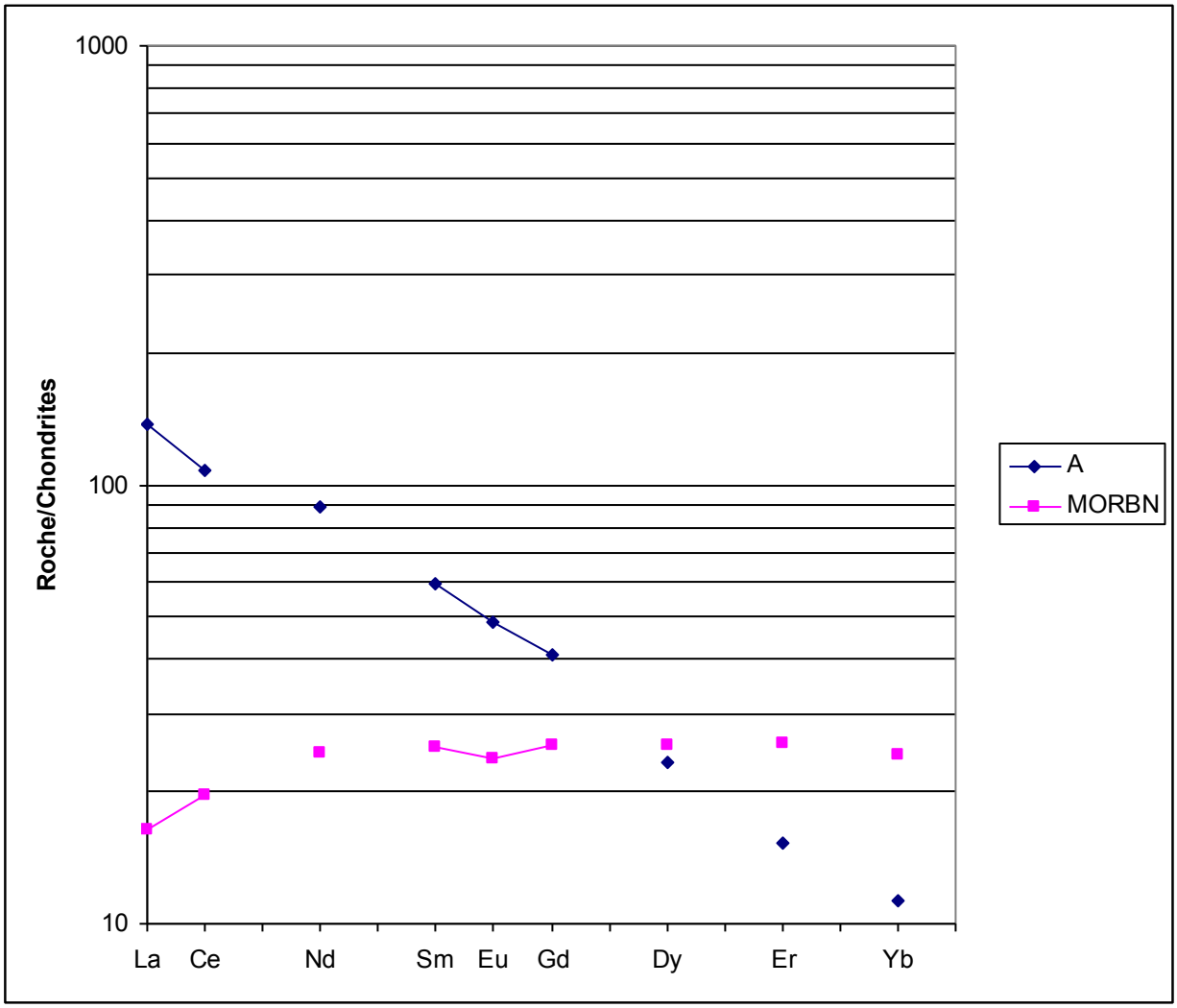
Réponse à la question II - C - 5

En raison de l'existence de la barrière thermique dans le système Ne-SiO_2, il ne peut donc y avoir de souche commune entre basaltes alcalins et basaltes tholéïtiques à basse pression, c'est-à-dire qu'un basalte alcalin ne peut pas produire des liquides tholéïtiques par fractionnement (ni l'inverse).

Autres processus : Variation des taux de fusion, de la pression de fusion de la source mantellique.
Sources différentes : par exemple la contribution croissante de lits métasomatiques riches en pyroxènes lors de la fusion mantellique induira une sous-saturation en silice croissante des liquides produits.

La contamination crustale, souvent évoquée, est une explication plausible en contexte continental, mais peu probable en contexte océanique…

II - C - 6 - Tracez les spectres de Terres Rares normalisés aux chondrites de l'échantillon A et des MORB-N (document 9 page 22) sur le papier semi-logarithmique du document 12 (page 27).



Document 12

II - C - 7 - Comparez les spectres reportés sur le document 12 et commentez.

Réponse à la question II - C - 7

Le MORB N est appauvri en éléments les plus incompatibles, ce qui se traduit par une pente positive dans le document 12. Les MORB N dérivent de la fusion de manteau supérieur appauvri en éléments incompatibles, donc résiduel.
La roche A est nettement enrichie en éléments les plus incompatibles. Le spectre enrichi traduit la contribution, au niveau de la source mantellique, d'un composant enrichi, probablement d'origine profonde.

Il était aussi attendu une discussion sur les conséquences de la présence éventuelle de grenat résiduel, sur l'effet des variations de taux de fusion etc …

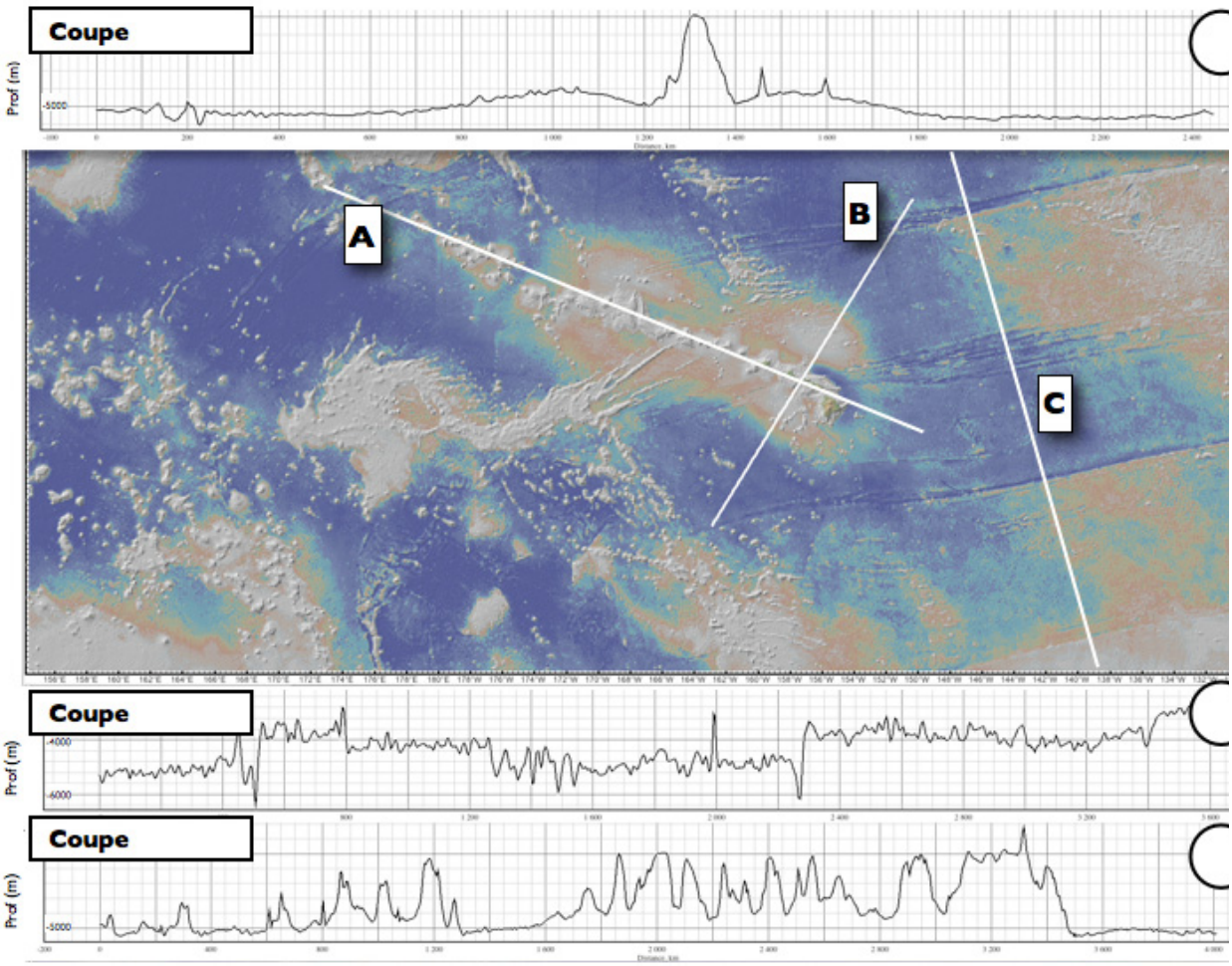
L'utilisation d'une échelle semi-logarithmique pose problème à de trop nombreux candidats (ainsi que la notion de normalisation). Les spectres, quand ils sont correctement tracés, sont en général bien décrits mais les conclusions sont parfois trop hâtives (un spectre enrichi ne permet pas d'affirmer que le manteau source de la roche magmatique se situe dans le manteau inférieur !)

Partie III : Etude géophysique de la région Pacifique

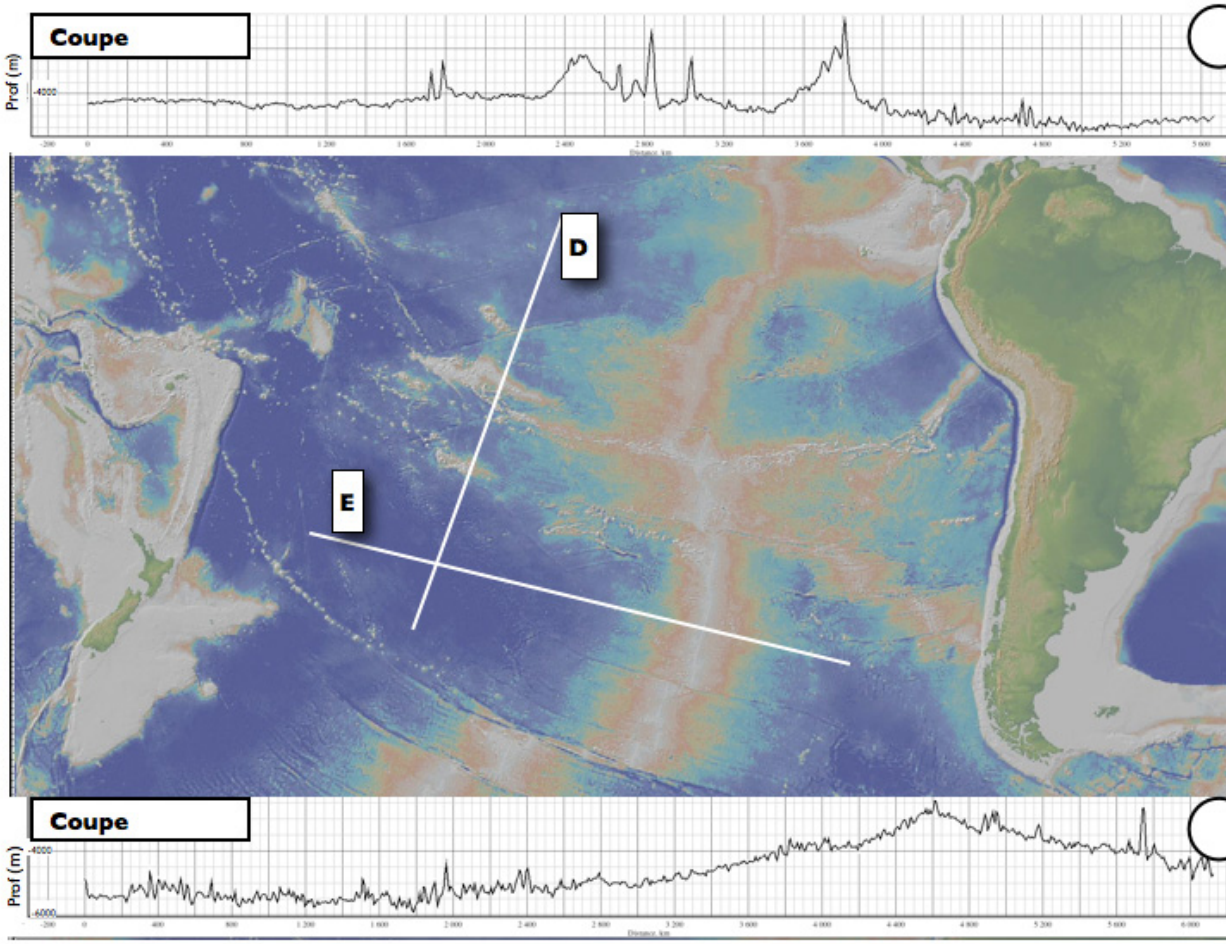
III - A - Bathymétrie

Durée conseillée : 20 minutes - barème : 6/100

Les documents 13a et 13b présentent les cartes bathymétriques de détail et des coupes bathymétriques de la région d'Hawaï et du Pacifique sud, respectivement.



***Document 13a** : Carte bathymétrique de détail de la région d'Hawaï et trois coupes bathymétriques.*



Document 13b : *carte bathymétrique de détail du Pacifique sud et deux coupes bathymétriques.*

III - A - 1 - Après avoir identifié les trois coupes du document 13a en reportant la lettre correspondante dans le rectangle prévu à cet effet et les avoir orientées en utilisant le cercle blanc, vous les schématiserez ci-dessous en omettant ce qui vous paraît peu important et vous identifierez les facteurs qui contrôlent la bathymétrie sur ces trois exemples.

Réponse à la question III - A – 1

Les coupes ont en général été bien identifiées, mais un certain nombre de candidats (environ 10-20 %) se sont trompés de manière assez grossière. Les schémas simplifiés de ces coupes bathymétriques ont assez souvent été bien conçus mais les principaux facteurs de contrôle de la bathymétriesont souvent mal compris.

B : le point le plus important était la flexure élastique autour du volcan posé sur la lithosphère océanique

C : il fallait bien représenter des zones de profondeur moyenne différentes et d'âge différent entre les failles transformantes et dire que le facteur principal était l'âge de la lithosphère océanique.

A : ici on voyait bien l'effet de la subsidence de la lithosphère océanique et l'enfoncement progressif des volcans de la chaîne d'Hawaï.

III - A - 2 - Après avoir identifié les deux coupes du document 13b en reportant la lettre correspondante dans le rectangle prévu à cet effet et les avoir orientées en utilisant le cercle blanc, vous les schématiserez ci-dessous en omettant ce qui vous paraît peu important et vous identifierez les facteurs qui contrôlent la bathymétrie sur ces deux exemples.

Réponse à la question III - A - 2

Comme pour la question précédente les coupes ont en général été bien identifiées mais les facteurs de contrôle pas toujours bien présentés (point chaud et panache d'une part, subsidence de la lithosphère océanique en s'éloignant de la dorsale d'autre part).

III - B - Flux de chaleur et profondeur

Durée conseillée : 30 minutes - barème : 9/100

Le document 14a de la planche page suivante présente les profils de flux de chaleur (en haut) et de bathymétrie (en bas) établis à partir de données de l'Atlantique et du Pacifique (points noirs) (Stein & Stein, 1992). Les enveloppes supérieure et inférieure qui encadrent ces points représentent la déviation par rapport à la moyenne. Les courbes GDH1, PSM et HS représentent les valeurs calculées à partir de différents modèles de refroidissement de la lithosphère océanique au cours du temps. Le modèle HS est basé sur l'hypothèse d'un refroidissement d'un espace semi-infini et les deux autres modèles sont des modèles de plaque caractérisés par une température constante à la base de la lithosphère.

Sur le **document 14b** sont reportés trois diagrammes représentant la profondeur du fond des océans en fonction de la racine carrée de l'âge de la lithosphère (Marty & Cazenave, 1989). Les données utilisées correspondent aux trois domaines identifiés A, B et C sur la carte de la figure 14c.

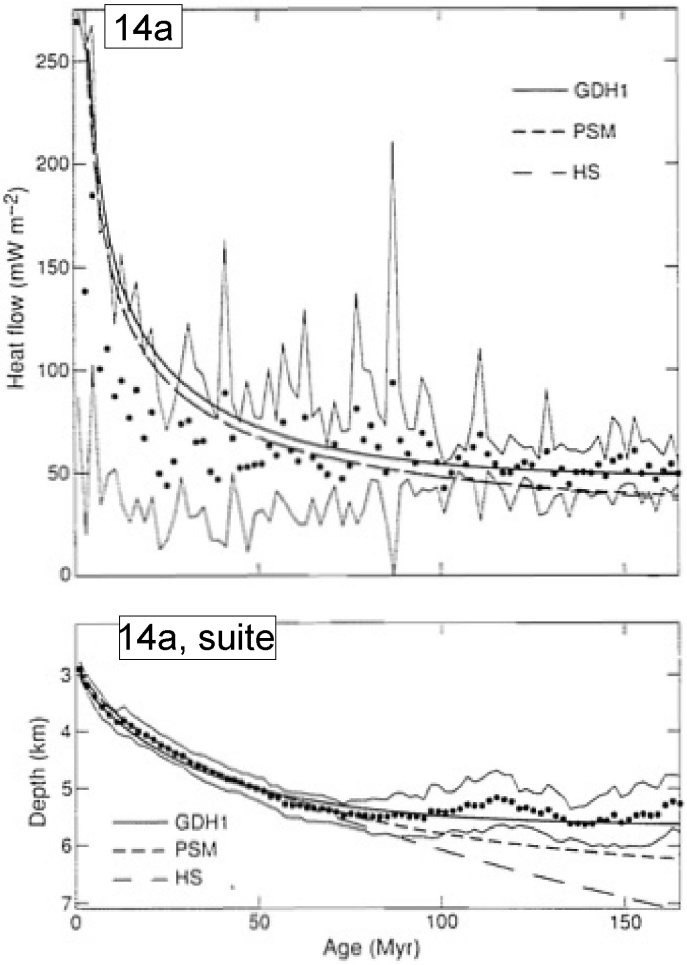
Le document 14c présente une carte de l'anomalie de profondeur de la région Pacifique. Cette carte représente l'anomalie par rapport à un modèle de plaque, en l'occurrence le modèle GDH1. Les domaines A, B et C correspondent aux zones échantillonnées dans les diagrammes A, B et C de la figure 14b.

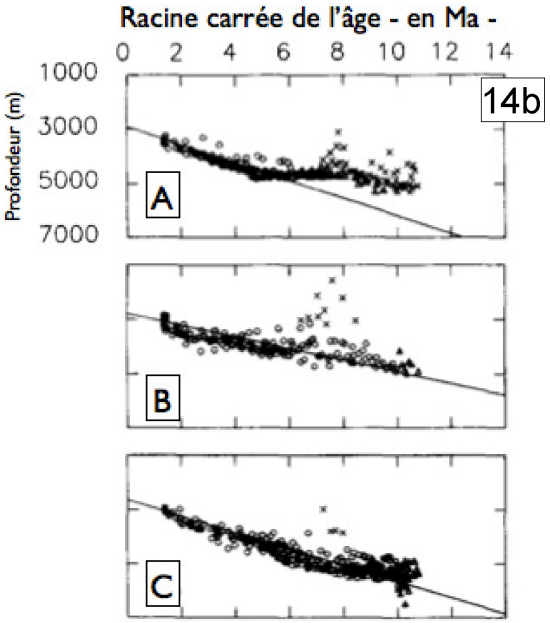
III - B - 1 - En vous servant de la figure 14a vous discuterez de la validité des différents modèles choisis, en montrant leurs avantages et inconvénients. En particulier vous expliquerez pourquoi les modèles ne rendent pas bien compte du flux de chaleur pour les âges récents.

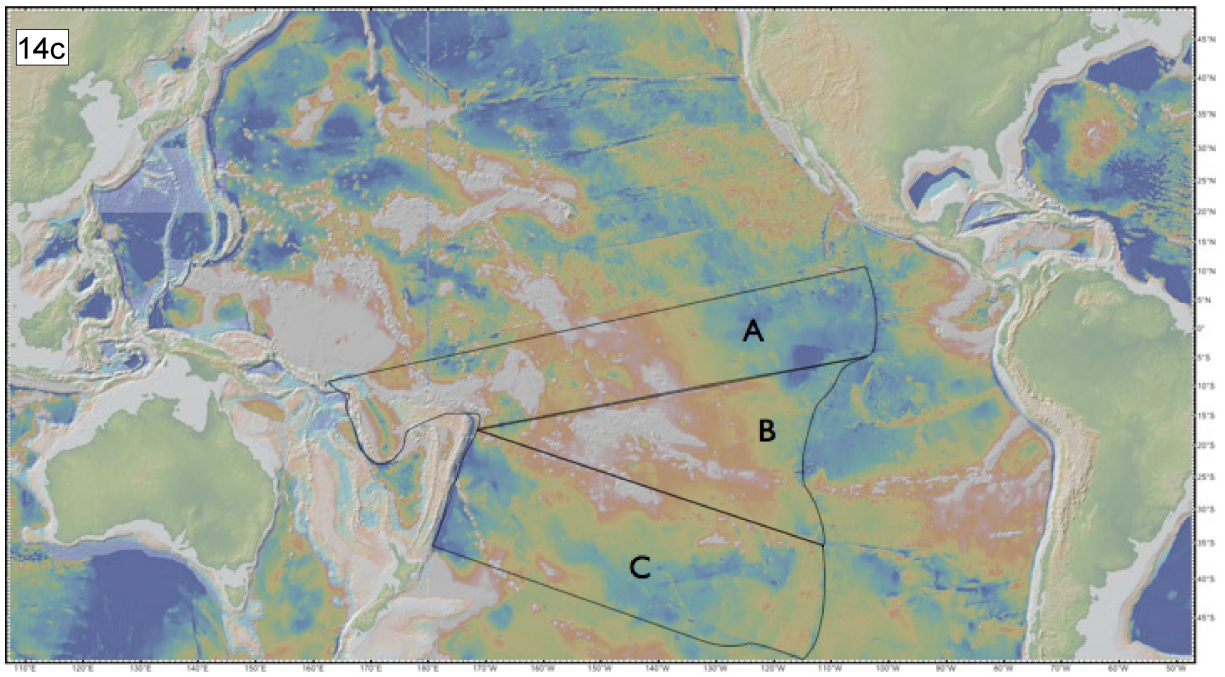
Réponse à la question III - B - 1

Pour cette question il aurait été judicieux de schématiser les diagrammes pour en faire ressortir les principales caractéristiques. Très peu de candidats ont choisi cette option. De manière générale les candidats ne pensent que rarement à utiliser des schémas pour présenter leurs idées et préfèrent de longs discours souvent confus. Il conviendrait d'insister sur ce point crucial dans la formation des étudiants.

Il fallait discuter de la manière dont les différents modèles ajustaient plus ou moins bien les données et remarquer le mauvais ajustement général pour les âges récents et parler à ce sujet de l'hydrothermalisme qui est négligé dans les différents modèles. Cet exercice a été réussi de manière très inégale ; l'hydrothermalisme est apparu dans la moitié des copies environ.







Document 14

III - B - 2 - Que montre la figure 14b ?

Réponse à la question III - B – 2

Ici il fallait avoir bien compris la relation entre l'âge et la profondeur et voir que la majeure partie des données ajuste bien un modèle classique où la profondeur est une fonction de la racine carrée du temps. Il fallait ensuite remarquer que dans les domaines A et B l'ajustement est moins bon et que la profondeur y est moins forte que prévue par le modèle et noter la dimension de l'anomalie de profondeur dans la région de l'archipel de la Société.

III - C - Anomalie de profondeur

Durée conseillée : 40 minutes - barème : 11/100

Les documents de la planche page 36 présentent :

Document 15a : Extrait de la carte bathymétrique de la figure 1a page 3, centré sur la région de l'archipel de la Société.

Document 15b : Extrait de la carte d'anomalie de profondeur de la figure 14c couvrant exactement la même région que la figure 15a.

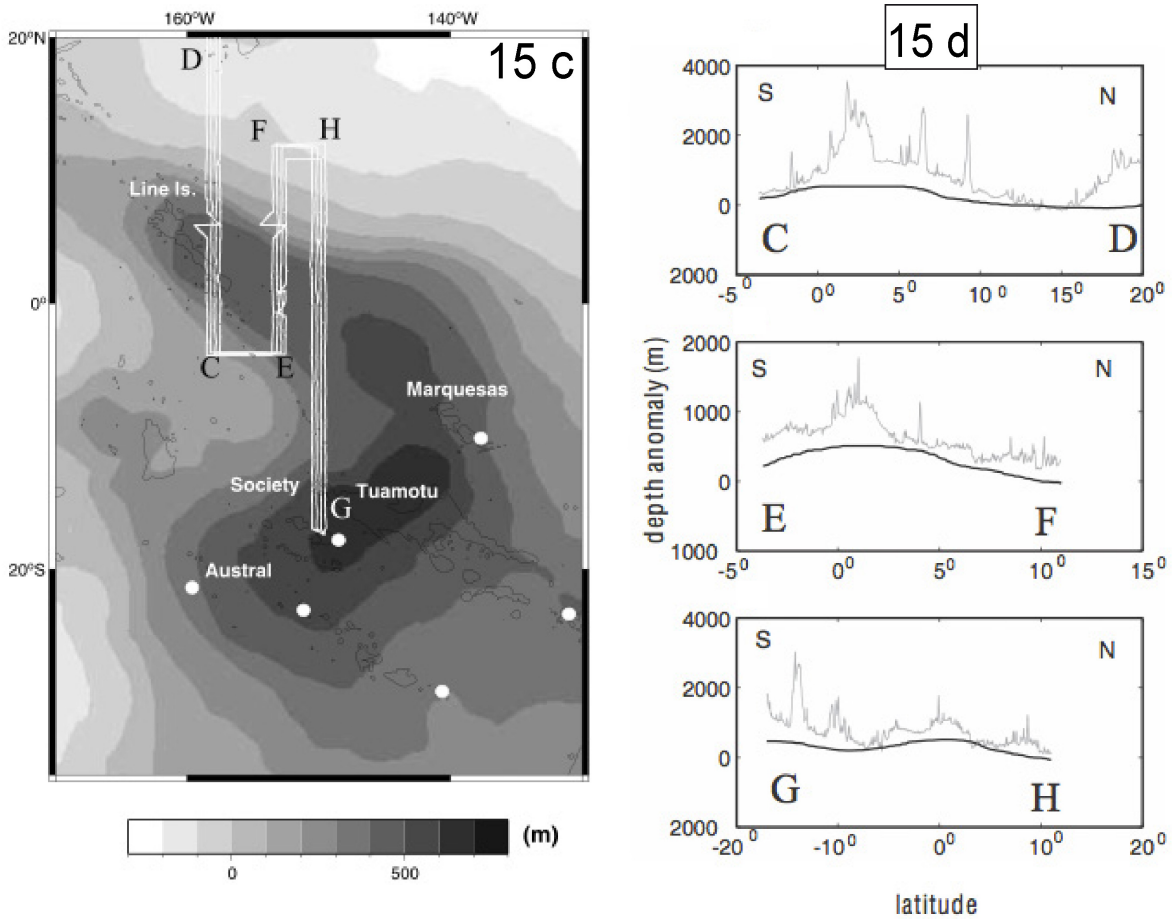
Document 15c : Carte de l'anomalie de profondeur filtrée, ne montrant que les grandes longueurs d'onde (Adam & Bonneville, 2005).

Document 15d : Coupes (localisées sur la figure 15c) de l'anomalie de profondeur (courbe en gris) et coupes de l'anomalie filtrée (courbes noires) (Adam et Bonneville, 2005).

En utilisant ces données et toutes les informations précédentes vous proposerez une explication des différentes longueurs d'onde de l'anomalie de profondeur, en illustrant votre réponse par des schémas pertinents.

Réponse à la question III – C

Un schéma simple devait montrer les deux longueurs d'onde principales pour en extraire la notion d'un bombement de très grande échelle sur lequel sont posés les différents points chauds. On pouvait discuter du rapport entre longueur d'onde des phénomènes observés et profondeur des sources d'anomalie. Une perturbation thermique de très grande ampleur affecte la lithosphère du Pacifique en plus des perturbations plus locales des points chauds individuels.



Document 15

III - D - Tomographie sismique

Durée conseillée : 60 minutes - barème : 17/100

Les documents des pages 38 et 39 présentent :

Document 16a : Coupe verticale dans un modèle d'anomalie de vitesse des ondes P pour toute l'épaisseur du manteau (Zhao, 2004). Le planisphère de droite permet de localiser la coupe ainsi que les principaux points chauds (triangles noirs).

Document 16b : Deux cartes à 500 km et 2850 km de profondeur au travers d'un modèle tomographique des ondes S (Courtillot *et al*., 2003). Les cercles représentent la localisation des points chauds, les cercles rouges correspondent aux panaches primaires (issus du manteau inférieur) et les cercles noirs aux panaches secondaires (plus superficiels). A : Afar ; E : Easter (Ile de Pâques) ; H : Hawaï ; I : Islande ; L : Louisville ; R : Réunion ; T : Tristan

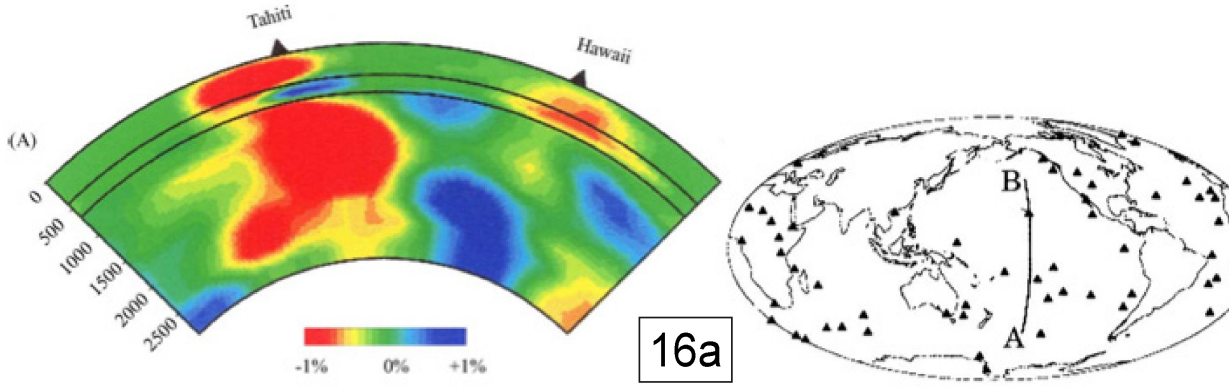
Document 16c : Coupes verticales dans un modèle de tomographie pour toute l'épaisseur du manteau sous la région de l'archipel de la Société (ondes S pour le manteau supérieur, ondes P pour le manteau inférieur) (Suetsugu et al. 2009). Les coupes sont localisées sur la carte de droite (SC : Société, MD : MacDonald, PT : Pitcairn, MQ : Marquises, CMB : Core Mantle Boundary = Limite manteau-noyau). Entre 410 et 660 km la zone de transition entre le manteau supérieur et le manteau inférieur (MTZ) est représentée de façon différente par des anomalies d'épaisseur, vous n'en tiendrez pas compte.

III - D - 1 - Quelles informations tirez-vous de l'analyse de ces modèles tomographiques ?

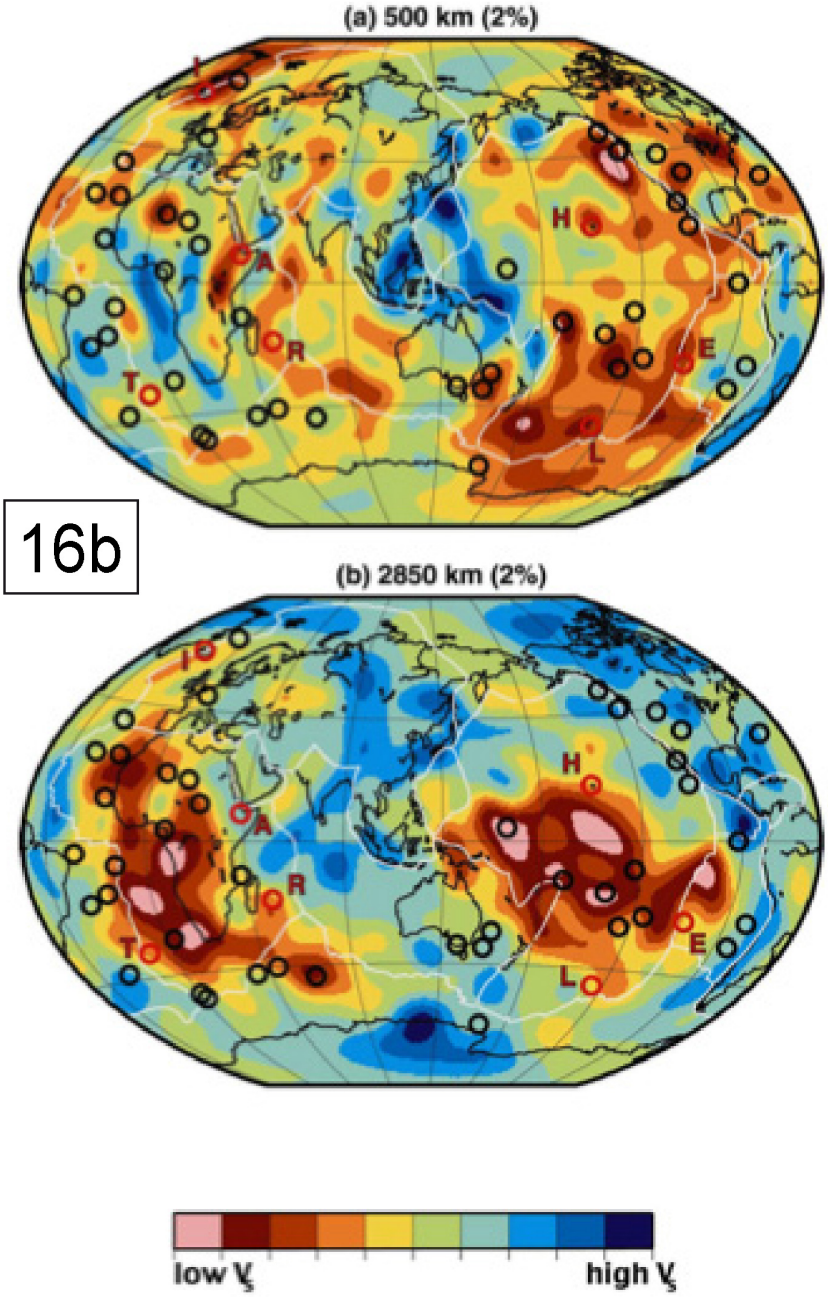
Réponse à la question III - D – 1

Ces modèles tomographiques montrent une distribution inégale des anomalies de densité (et donc des anomalies thermiques) sous les points chauds dans le manteau supérieur et le manteau inférieur. Certains points chauds sont situés au dessus d'anomalies importantes dans le manteau inférieur et dans le manteau supérieur (Société) et d'autres ne montrent pas d'anomalie importante dans le manteau inférieur. Les anomalies du manteau inférieur sont très vastes. On en voit surtout deux principales, une sous le Pacifique sud et une sous l'Afrique. Les points chauds en surface sont groupés dans le Pacifique sud au dessus de l'anomalie du manteau inférieur. Pour ce qui concerne les points chauds comme celui d'Hawaï on ne voit qu'un panache dans le manteau supérieur sans doute parce que l'axe du panache dans le manteau inférieur est trop mince pour être vu dans les modèles tomographiques. On pouvait également discuter de la stratification du manteau et de la zone de transition.

Un schéma simple permettait de présenter ces conclusions.

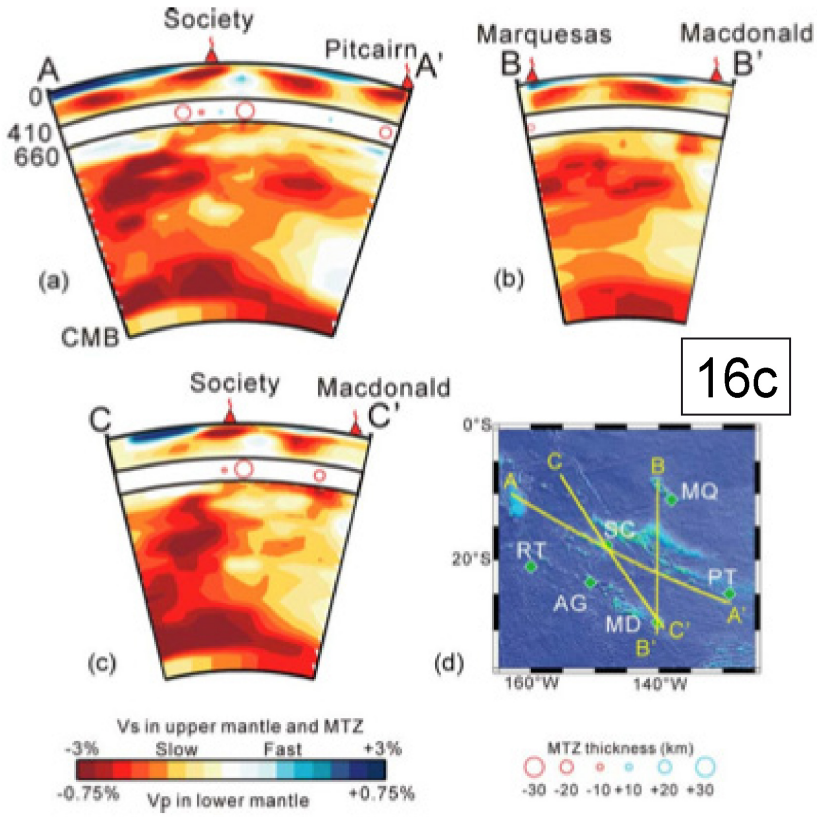


16a



16b

Document 16



Document 16, *suite.*

III - D - 2 - Quelles corrélations peut-on faire entre ces modèles tomographiques et les anomalies de profondeur observées dans le Pacifique et plus particulièrement dans la région de l'archipel de la Société ?

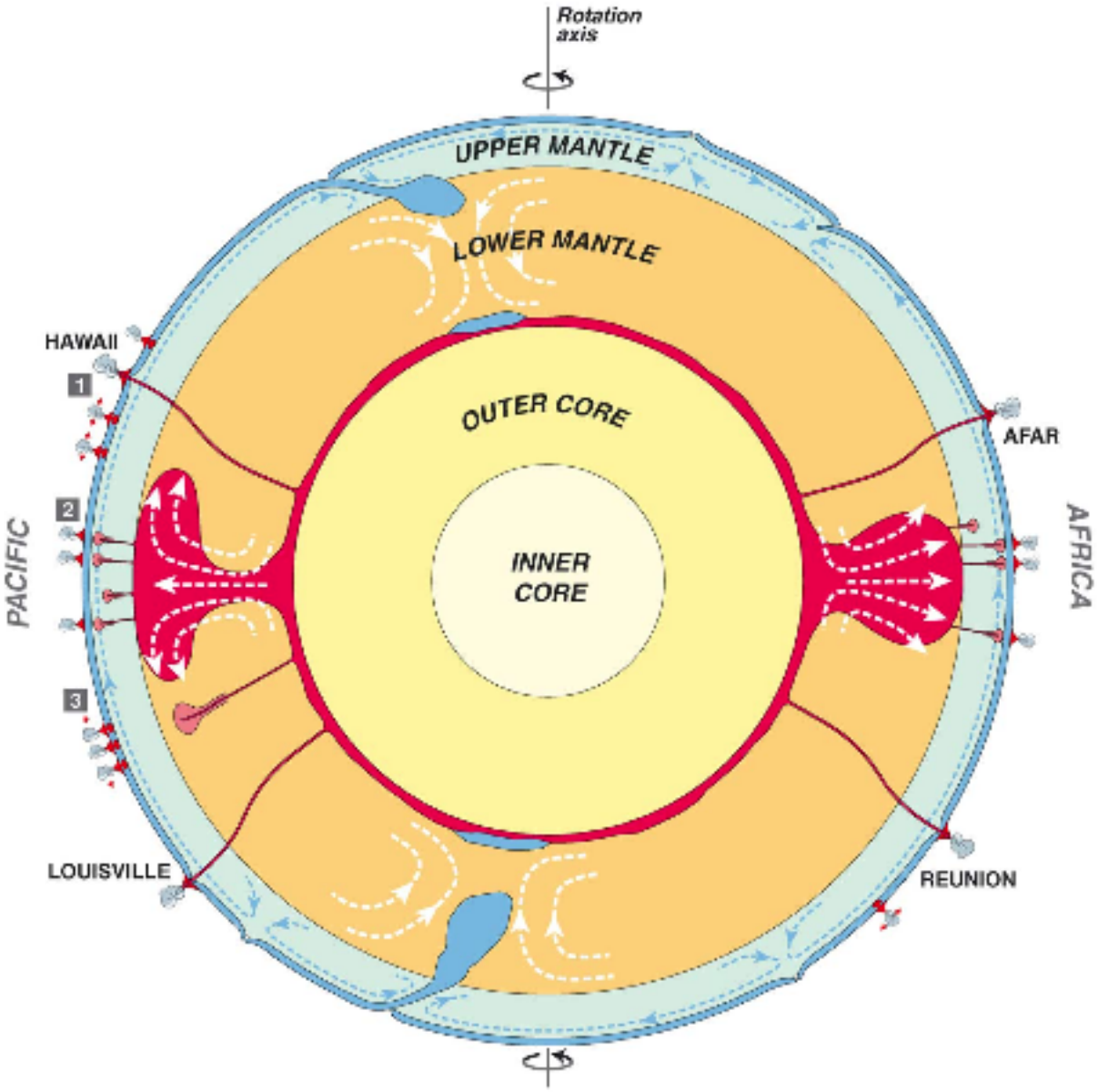
Réponse à la question III - D - 2

On observe une bonne corrélation entre les anomalies tomographiques très larges du manteau inférieur et les anomalies de profondeur à grande longueur d'onde. Le super bombement du Pacifique sud peut être associé à un super panache présent dans le manteau inférieur et les points chauds individuels à des points chauds secondaires dérivant de ce grand panache. Un schéma simple était le bienvenu. Il devait montrer une coupe simple d'un super panache et des plus petits ainsi qu'une courbe simplifiée de la topographie du fond océanique.

III - D - 3 - Vous présenterez un schéma synthétique des différents types de convection dans le manteau, mettant en évidence les dorsales, les différents types de panache et leurs effets sur la bathymétrie.

Réponse à la question III - D - 3

Un schéma de ce type (tiré d'un article de Courtillot et al., 2003) était attendu. Les candidats ont en règle générale assez bien traité cette question.



5.4 ÉPREUVE DE CONTRE-OPTION SECTEUR A

5.4.1Sujet

(éléments de réponse en rouge)

AGRÉGATION DE SCIENCES DE LA VIE - SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2011

TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE-OPTION DU SECTEUR A

CANDIDATS DES SECTEURS B ET C

Durée totale : 2 heures

Les chromosomes des glandes salivaires des larves de diptères : intérêts scientifique et pédagogique

Le sujet est constitué de quatre parties. La partie IV peut être traitée indépendamment des trois autres.

Partie I : Etude comparée des chromosomes des glandes salivaires des larves de chironome et de drosophile *durée conseillée 35 minutes – barème : 30 /100* p 2

Partie II : Effets d'un choc thermique sur la structure des chromosomes des glandes salivaires de drosophile *durée conseillée : 35 minutes – barème : 20 /100* p 6

Partie III : Interprétation de la structure des chromosomes des glandes salivaires des larves de chironome et de drosophile *durée conseillée : 20 minutes – barème : 20 /100* p 9

Partie IV : Les particularités des chromosomes des glandes salivaires de *Sciara coprophila* *durée conseillée : 30 minutes – barème : 30 /100* p 12

Recommandations - Les parties I et II comportent des manipulations. Ces deux parties ainsi que la troisième partie doivent être traitées dans l'ordre indiqué.
Trois manipulations, chacune d'une durée de 20 à 25 minutes, sont à réaliser : deux dans la partie I, une dans la partie II. Les deux premières manipulations peuvent être menées quasiment en parallèle. La dernière est précédée d'une incubation des larves pendant 15 minutes à 37°C , il est donc préférable de la mettre en route juste avant l'achèvement de la deuxième manipulation.

Les réponses aux questions figureront dans les cadres réservés à cet effet. N'oubliez pas d'appeler les correcteurs pour vérifier préparations, dessins et résultats lorsque cela est demandé.

Partie I

Etude comparée des chromosomes des glandes salivaires des larves de chironome et de drosophile.

durée conseillée 35 minutes – barème : 30 /100

Protocole d'extraction des glandes salivaires (à réaliser sous la loupe binoculaire) :

- Cas du chironome :

1. Posez une larve bien propre sur une lame de verre. Tirez sur la tête avec une pince en retenant le reste du corps de l'animal avec une autre pince. Le tube digestif apparaît encadré par une paire de glandes salivaires de forme arrondie, de couleur blanche et d'aspect gélatineux.
2. Recouvrez les glandes salivaires d'une goutte d'HCl. Laissez agir 5 minutes environ. Eliminez l'acide à l'aide du papier absorbant fourni et remplacez-le par une goutte d'eau. Eliminez l'eau et recouvrez les glandes salivaires d'une goutte du colorant fourni. Laissez agir 2 minutes.
3. Après avoir éliminé l'excès de colorant, ajoutez une goutte d'eau glycérinée et recouvrez la préparation d'une lamelle.
4. Écrasez légèrement la préparation.
5. Observez au microscope.

- Cas de la drosophile (le prélèvement est plus facile lorsque la larve est immergée) :

1. Plongez une larve dans un verre de montre rempli de liquide physiologique. Tirez sur la tête avec une pince en retenant le reste du corps de l'animal avec une autre pince. Le tube digestif apparaît encadré par une paire de glandes salivaires. Chez la drosophile, les glandes salivaires sont de forme beaucoup plus allongée que chez le chironome. Elles sont facilement reconnaissables au fait qu'elles sont doublées d'une fine bande de tissu gras. Il n'est pas nécessaire d'éliminer le tissu gras.
2. Transférez les glandes salivaires sur une lame. Recouvrez d'une goutte d'HCl. Laissez agir 5 minutes environ. Eliminez l'acide et remplacez-le par de l'eau. Eliminez l'eau et recouvrez les glandes salivaires d'une goutte du colorant fourni. Laissez agir 2 minutes.

3. Après avoir éliminé l'excès de colorant, ajoutez une goutte d'eau glycérinée et recouvrez la préparation d'une lamelle.
4. A l'aide de la mine de votre crayon, tapez sur la lamelle jusqu'à l'éclatement des cellules des glandes et le déploiement des chromosomes, que vous devrez suivre sous la loupe.
5. Retournez la préparation sur une feuille de papier absorbant. Recouvrez-la d'une nouvelle feuille de papier absorbant. Posez vos deux pouces à hauteur de la lamelle et appuyez de toutes vos forces pendant 30 secondes environ.
6. Retournez la préparation et observez au microscope.
7.

A. Questions relatives à la préparation de chironome :

I – A - 1 Dessinez l'ensemble des chromosomes d'une cellule de votre choix, en vous limitant à leurs contours.

Réponse à la question I-A

Faites vérifier votre dessin par un surveillant.

I – A - 2 Déterminez le nombre N de ces chromosomes.

Réponse à la question I-A-2
quatre chromosomes

Ces chromosomes ont des dimensions (longueur et largeur) de 10 à 100 fois supérieures à celles de chromosomes des cellules de la plupart des autres tissus larvaires ou adultes.

I – A - 3 Comment expliquez-vous ces différences de taille ? Justifiez votre réponse en expliquant, à l'aide de schémas, le mode de formation des

chromosomes des glandes salivaires des larves de chiromome. Comment qualifie-t-on de tels chromosomes ?

Réponse à la question I-A-3

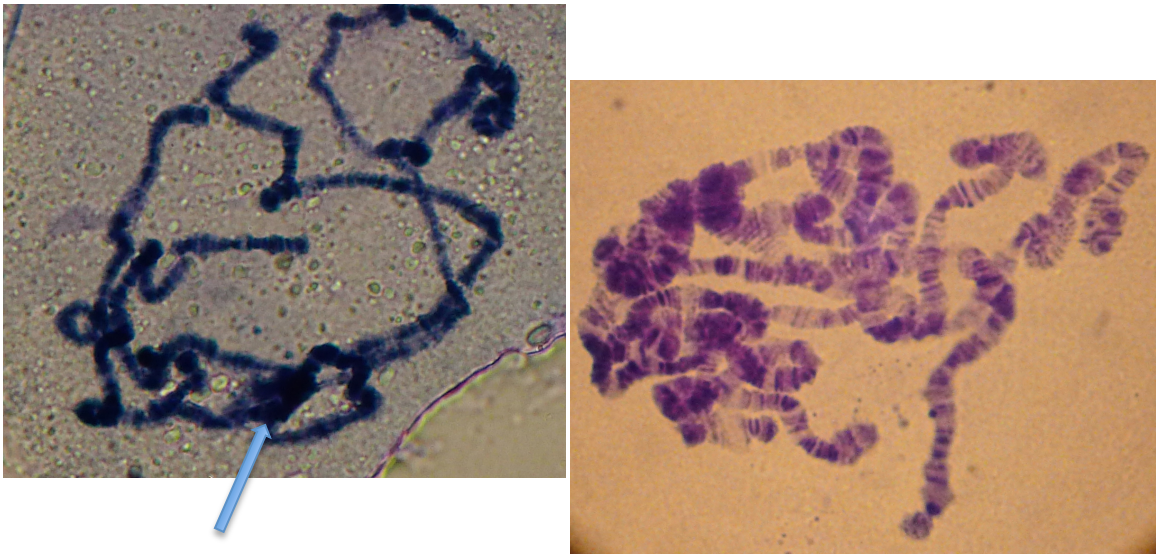
Largeur : les chromosomes géants sont polyténiques : ils résultent de plusieurs cycles d'endoréplication.

Longueur : ils sont partiellement décondensés (au niveau des puffs et des bandes claires)

B. Questions relatives à la préparation de drosophile :

I – B - 1 Dessinez l'ensemble des chromosomes d'une cellule de votre choix, en vous limitant à leurs contours.

Réponse à la question I-B-1



chromocentre

2 exemples de préparations obtenues par des candidats.
A gauche, l'étalement est parfaitement réussi et permet bien de voir le chromocentre.
A droite, l'étalement est un peu moins bon, mais la coloration des chromosomes est de très bonne qualité et permet de bien voir l'alternance caractéristique des bandes claires et sombres de chaque chromosome.

Faites vérifier votre dessin par un surveillant.

I – B - 2 Expliquez pourquoi le nombre de chromosomes est plus difficile à compter chez la drosophile que chez le chironome.

Réponse à la question I-B-2

Chez la drosophile, les chromosomes géants sont réunis au niveau d'une structure appelée chromocentre, constituée essentiellement d'hétérochromatine. Il est donc

difficile de retrouver les liens physiques qui existent entre les deux bras d'un même chromosome.
Remarque : chez *D. virilis*, les six chromosomes sont réunis par leurs télomères, ce qui donne également un nombre de six bras. En revanche, chez *D. melanogaster*, on compte le même nombre de bras (6) mais pour seulement quatre chromosomes, car deux de ces chromosomes sont reliés au chromocentre par leur centromère.

Repérez l'extrémité du chromosome 2. Celle-ci se caractérise par la présence de 3 bandes sombres caractéristiques, absentes de l'extrémité des autres chromosomes. Faites l'observation au plus fort objectif.

I – B - 3 Dessinez en détail l'extrémité de ce chromosome dans le cadre ci-dessous.

Faites vérifier votre dessin mais attention à conserver votre préparation pour la comparer à celle qui sera réalisée dans la partie II.

Réponse à la question I-B-3

I – B - 4 Expliquez à quoi correspondent les bandes alternativement sombres et claires que l'on trouve sur toute la longueur des chromosomes des glandes salivaires aussi bien de drosophile que de chironome ? Que peut-on dire de leurs dispositions relatives chez ces deux espèces?

Réponse à la question I-B-4
Elles correspondent à des régions de la chromatine dont le degré de condensation est différent : fort pout les bandes sombres et faible pour les bandes claires.
Pou chaque chromosome, elles sont distribuées d'une manière caractéristique, propre à l'espèce.
A noter que la signification des bandes claires et sombres obtenues pour ce type de coloration n'a rien à voir avec celles obtenues par la technique de Giemsa. Dans ce dernier cas, elle résulte de différences de composition en bases AT ou GC.

Partie II

Effets d'un choc thermique sur la structure des chromosomes des glandes salivaires de drosophile

durée conseillée : 35 minutes – barème : 20 /100

Saisissez délicatement deux ou trois larves de drosophile puis placez-les dans une boîte de Pétri. Transférez la boîte de Pétri dans l'étuve pendant 15 minutes. Prélevez les glandes salivaires d'une de ces larves, préparez-les en suivant le même protocole que dans la partie I.

Attention, il est impératif de réaliser l'extraction des glandes salivaires en moins de 10 minutes après la sortie des larves de l'étuve.

Repérez l'extrémité du chromosome 2 en utilisant les mêmes indications que dans la partie I.

II – A Dessinez l'extrémité du chromosome 2.

Faites vérifier votre dessin.

Réponse à la question II-A

Puff

Exemple d'excellente préparation obtenue par les candidats

II – B Décrivez les changements observés par rapport à votre observation de la partie I. Nommez le type de structure nouvellement apparue.

Réponse à la question II-B

Apparition d'un renflement de l'extrémité du chromosome = anneau de Balbiani ou puff.

II – C Expliquez l'origine de la structure nouvellement apparue.

Réponse à la question II-C

Zone de très forte décondensation de la chromatine

II – D Indiquez de quel phénomène important elle est le siège.

Réponse à la question II-D

Transcription

II - E Décrivez très brièvement une expérience permettant de démontrer l'existence de ce phénomène.

Réponse à la question II-E

Mise en culture de glandes salivaires en présence d'uridine tritiée puis révélation par autoradiographie. Mise en évidence d'un signal radioactif au niveau du puff.

II - F Expliquez en quelques lignes l'intérêt physiologique du phénomène révélé par l'apparition de cette structure nouvelle dans les conditions expérimentales utilisées.

Réponse à la question II-F

Activation de gènes codant des protéines de choc thermique qui vont protéger les constituants cellulaires d'une dénaturation possible provoquée par l'élévation de température

Partie III

Interprétation de la structure des chromosomes des glandes salivaires des larves de chironome et de drosophile

durée conseillée : 20 minutes – barème : 20 /100

La mutation « notch wing » est létale à l'état homozygote chez la drosophile. A l'état hétérozygote, elle est à l'origine d'un phénotype où les ailes apparaissent entaillées. Le chromosome portant la mutation « notch wing » (repéré par la flèche) présente l'aspect indiqué sur la figure ci-dessous (Figure 1).

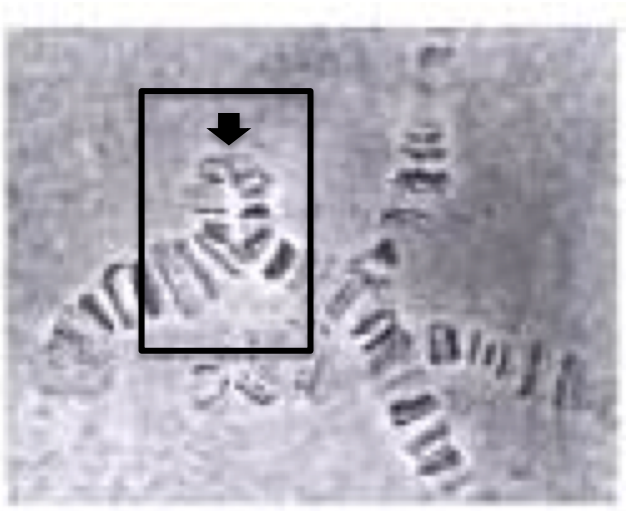
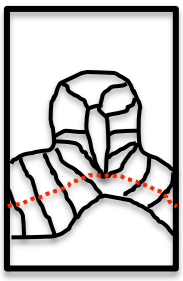


Figure 1

III - A Réalisez un schéma d'interprétation de la partie encadrée de ce chromosome.

Réponse à la question III-A



La ligne pointillée (en rouge) marque la zone d'accolement des deux homologues

III – B - 1 Quelles informations pouvez-vous tirer de l'étude de ces mutants quant à la structure normale des chromosomes des glandes salivaires de drosophile ?

Réponse à la question III-B-1

La délétion du locus « notch wing » concerne uniquement l'un des deux homologues. Le locus sauvage se retrouve en un seul exemplaire et forme une

boucle car celui-ci ne trouve pas de séquence homologue avec laquelle s'apparier. Cette mutation illustre le fait que chaque chromosome géant est formé par l'appariement de deux homologues.

III – B - 2 Il est possible d'observer sur vos préparations de chironome et/ou de drosophile des structures pouvant conduire à la même conclusion. Dites-en quoi elles consistent et représentez-en un exemple sous la forme d'un schéma.

Réponse à la question III-B-2

Segments de chromosome où les deux homologues sont localement séparés

III - C En considérant que le nombre N des chromosomes des cellules des glandes salivaires chez la drosophile est le même que celui que vous avez déterminé dans la partie I chez le chironome et que la structure normale de ces chromosomes est identique chez les deux espèces, déduisez-en leur formule chromosomique selon la forme 2n =X.

Réponse à la question III-C

2n = 8

En conclusion des parties I à III **:**

III – D - Discutez (avantages, défauts, limites) de l'intérêt pédagogique des chromosomes des cellules des glandes salivaires des larves de diptères pour illustrer le concept de chromosome tel qu'il est abordé dans les classes de collège et de lycée.

Réponse à la question III-D

Malgré le fait qu'ils soient très faciles à manipuler et à observer (voir ci-dessus partie I) les chromosomes géants sont très atypiques : ce ne sont pas des chromosomes mitotiques (métaphasiques) mais post-mitotiques. En outre ils sont formés d'homologues appariés (configuration normalement rencontrée uniquement en méiose).

Néanmoins, ils illustrent bien l'idée que chaque espèce dispose d'un équipement chromosomique qui lui est propre (nombre de chromosomes, arrangement des bandes). Enfin, ils permettent de visualiser physiquement les gènes (mêmes si ceux-ci ne sont pas directement visibles et ne doivent pas être assimilés aux bandes) par l'intermédiaire de leurs mutations, ou de leur activité transcriptionnelle (à travers les puffs).

Partie IV

Les particularités des chromosomes des glandes salivaires de *Sciara coprophila*

durée conseillée 30 minutes – barème : 30 /100

A. Les chromosomes des glandes salivaires de la larve du petit diptère *Sciara coprophila* présentent les mêmes caractéristiques morphologiques que celles mises en évidence précédemment chez le chironome et la drosophile. Au cours du développement larvaire, ces chromosomes subissent les changements structuraux visibles sur la figure 2.

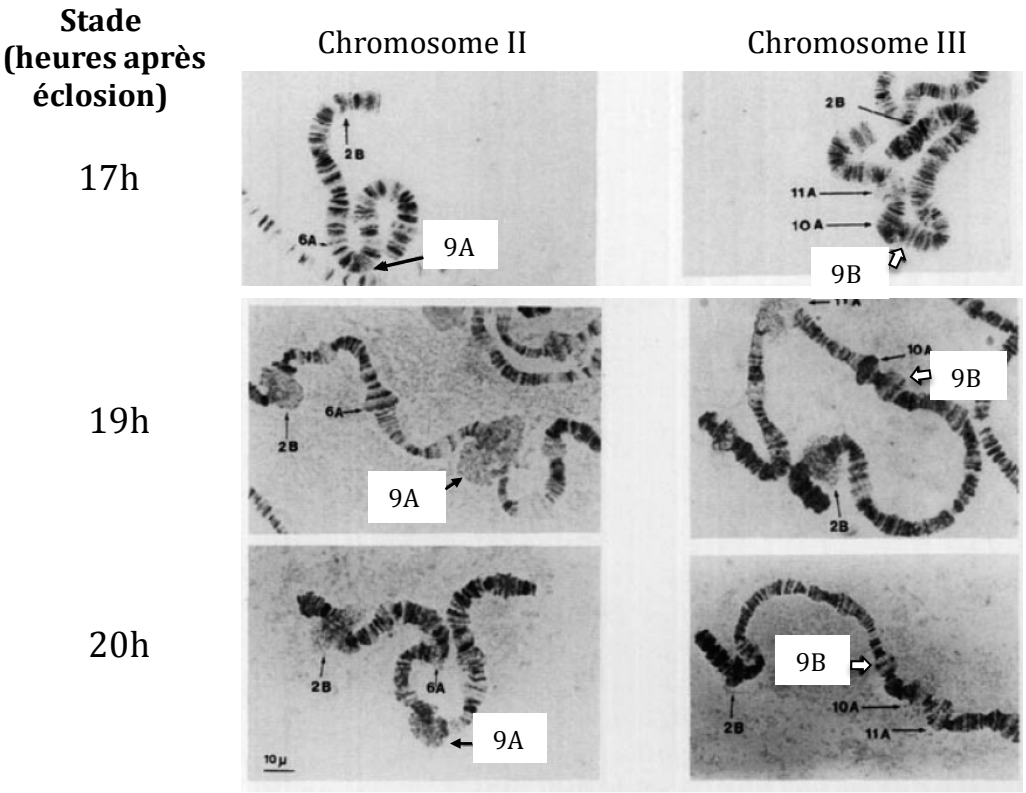


Figure 2

Micrographie des chromosomes II et III de S. coprophila *à différents stades de développement (l'échelle est précisée dans le cadre du bas à gauche)*

IV – A - 1 En vous limitant à l'examen des loci II/9A et III/9B ciblés sur la figure 2, décrivez ces changements.

Réponse à la question IV-A-1

Apparition de dilatations au niveau de régions bien définies des chromosomes

V – A - 2 Nommez les structures nouvellement apparues.

Réponse à la question IV-A-2

puffs ou anneaux de Balbiani

B. On cherche à déterminer la signification de ces structures.

A partir d'une banque d'ADNc de glandes salivaires de *S. coprophila*, on isole deux cDNA capables, par la technique d'hybridation *in situ,* de s'hybrider au niveau des loci II/9A et III/9B, respectivement.

On utilise ces deux cDNAs comme sondes pour des expériences de Northern blot. Les résultats obtenus sont indiqués sur la figure 3. Les expériences sont réalisées sur du matériel provenant de glandes salivaires de *S. coprophila* prélevées à différents stades de développement.

A. **B.**

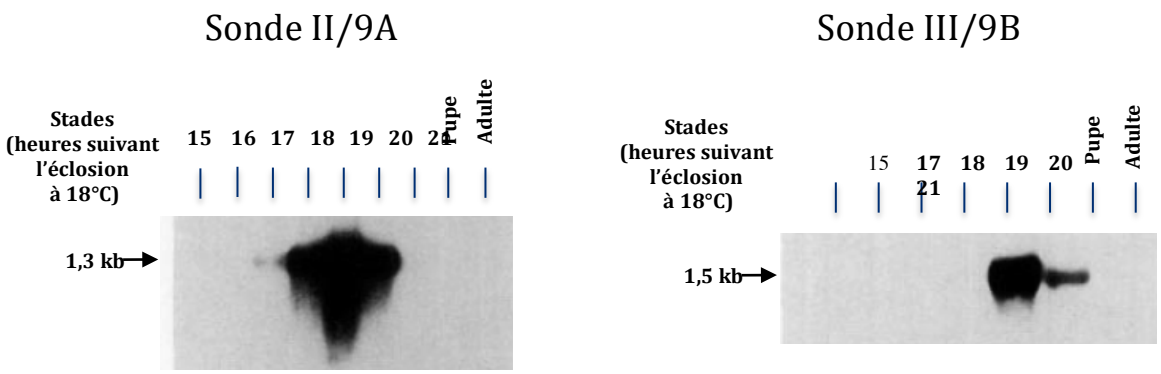


Figure 3

Résultats d'expériences de Northern blot réalisées sur du matériel extrait à partir de glandes salivaires de S. coprophila *à différents stades de développement et hybridé avec les sondes II/9A (A) et III/9B (B).*

IV – B - 1 Rappelez brièvement le principe de la technique de Northern blot.

Réponse à la question IV-B-1

Séparation électrophorétique d'ARN, transfert sur membrane puis hybridation spécifique d'une espèce de ces ARN à l'aide d'une sonde marquée.

IV – B - 2 Analysez les résultats obtenus.

Réponse à la question IV-B-2

Apparition transitoire d'une espèce d'ARN reconnue par chacune des deux sondes qui témoigne d'une augmentation considérable de la transcription au niveau de ces deux loci (plus forte toutefois dans le cas du locus II/9A). L'apparition de cette activité coïncide exactement avec le puffing dans le cas du locus II/9A. Elle est un peu plus tardive dans le cas du locus III/9B.

Les mêmes sondes sont ensuite utilisées pour une expérience de Southern blot. Les résultats obtenus sont indiqués sur la figure 4.

A. **B.**

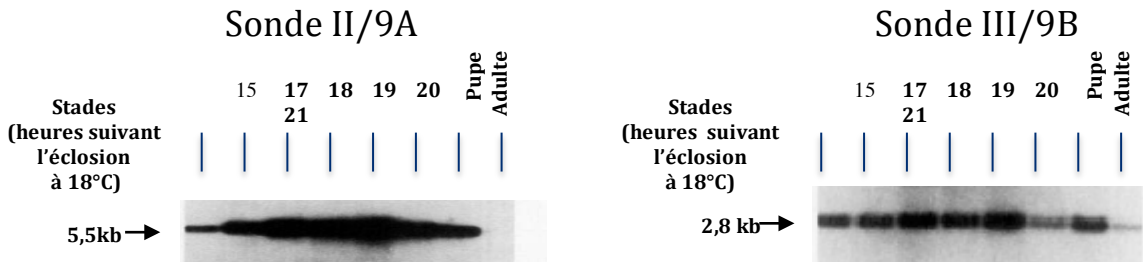


Figure 4

Résultats d'expériences de Southern blot réalisées sur du matériel extrait à partir de glandes salivaires de S. coprophila *à différents stades de développement et hybridé avec les sondes II/9A (A) et III/9B (B).*

IV – B - 3 Rappeler brièvement le principe de la technique de Southern blot.

Réponse à la question IV-B-3

Séparation électrophorétique de fragments d'ADN (générés à l'aide d'enzymes de restriction à partir de l'ADN génomique), transfert sur membrane puis hybridation spécifique d'une espèce de ces fragments d'ADN à l'aide d'une sonde marquée.

IV – B - 4 Analysez les résultats obtenus. Proposez une hypothèse permettant d'expliquer ces résultats.

Réponse à la question IV-B-4

La quantité d'ADN détectée au niveau du locus II/9 augmente transitoirement d'un facteur 20 environ, alors qu'elle reste quasiment inchangée au niveau du locus III/9B. Il y a donc amplification de l'ADN présent à ce locus.
Ces résultats suggèrent que le locus II/9A est le siège d'un épisode localisé de réplication. Cet épisode de réplication se manifeste un peu plus précocement que celui de la transcription.

A noter l'absence de marquage ou le très faible marquage chez l'adulte, qui est simplement du au fait qu'à ce stade, les chromosomes ont perdu leur caractère polyténique.

IV – B - 5 Proposez un moyen de tester expérimentalement votre hypothèse.

Réponse à la question IV-B-5

Utiliser un inhibiteur de la réplication ; incorporer de la thymidine tritiée et révéler par autoradiographie.

IV –B - 6 Quelle conclusion majeure tirez-vous de l'ensemble des observations et expériences précédentes réalisées chez *S. coprophila* ?

Réponse à la question IV-B-6

Il existe deux types de puffs de nature très différente : puffs ARN, siège d'une activité uniquement transcriptionnelle (locus III/9B) et puffs ADN, siège à la fois d'une activité d'amplification par réplication et d'une activité de transcription.

C. On s'intéresse ensuite plus particulièrement au locus II/9A dont une carte détaillée est présentée sur la figure 5A.

Afin de préciser les propriétés de ce locus, on applique la technique de ChIP (*chromatin immuno precipitation) ou immunoprécipitation de chromatine (en français). Dans cette technique, on isole les noyaux des cellules des glandes salivaires* de *S. coprophila* provenant d'animaux âgés de 17h environ après éclosion. *On fragmente la chromatine par sonication (exposition à des ultrasons) puis on incube les fragments obtenus à l'aide d'un anticorps spécifique dirigé contre* une protéine d'intérêt. Les complexes immuns sont élués, puis la réversion de la fixation est réalisée : les fragments de chromatine sont libérés des complexes protéiques immunoprécipités. Ces fragments sont collectés puis analysés par PCR. Dans le cas présenté ici, les anticorps utilisés sont dirigés contre l'un des constituants du complexe ORC (*origin recognition complex*) de la drosophile *Drosophila melanogaser* appelé ORC2. Quant à la PCR, elle est réalisée à l'aide des 3 couples d'amorces indiqués sur la figure 5A. Une expérience de PCR contrôle est réalisée directement sur l'ADN génomique purifié, en omettant l'étape d'immunoprécipitation. Les résultats de ces PCR sont présentés sur la figure 5B.

N.B. Des expériences similaires à celles présentées ci-dessus, mais réalisées avec des fragments provenant du locus III/9B, donnent les mêmes résultats que ceux obtenus avec les couples d'amorces A et C.

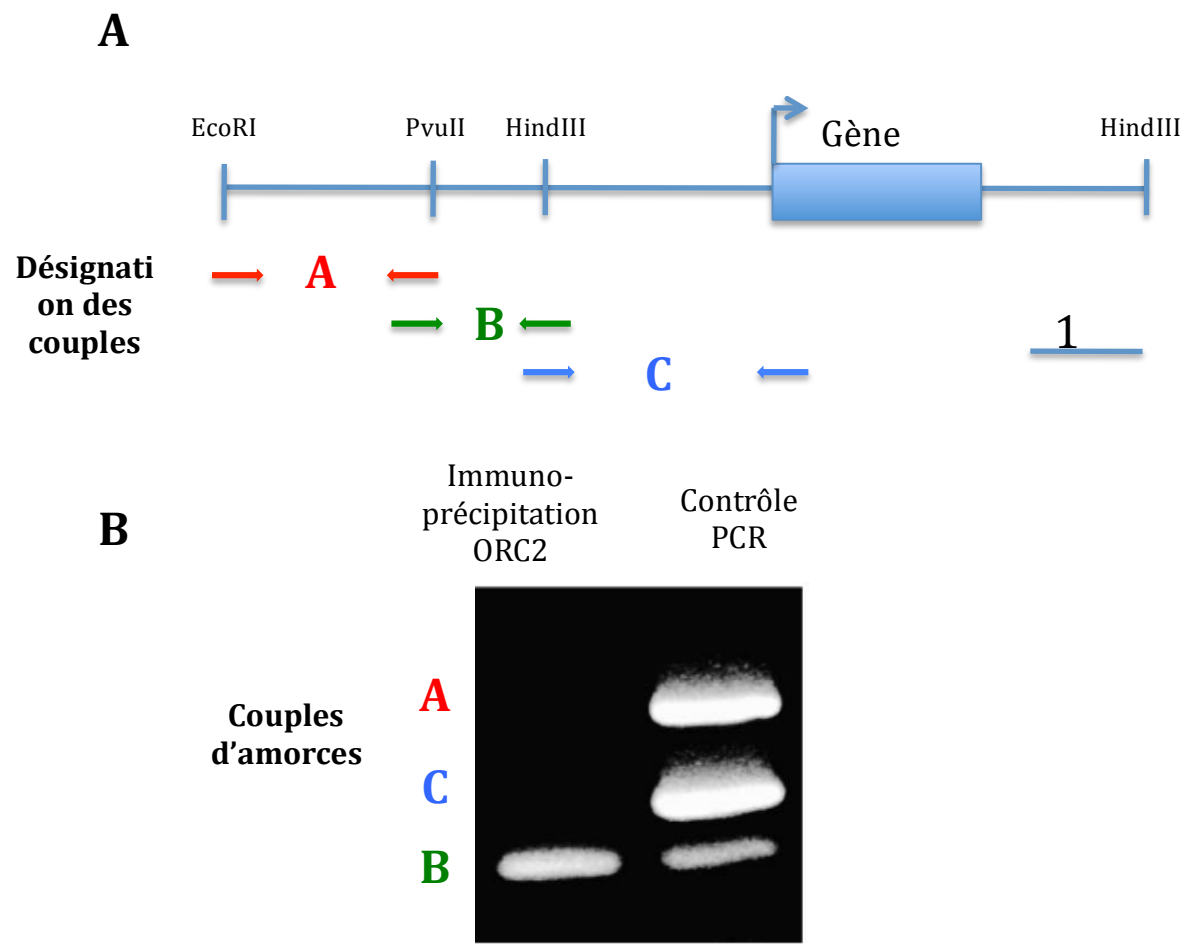


Figure 5

A. *Carte détaillée du locus II/9A, précisant notamment la position des régions ciblées par les amorces utilisées pour les PCR de l'expérience de ChIP.* ***B.*** *Résultats des réactions de PCR réalisées sur des extraits nucléaires des cellules des glandes salivaires de S. coprophila préalablement immuno-précipités à l'aide d'anticorps anti-ORC2 (piste de gauche). Une PCR de contrôle est réalisée sur le même matériel sans immunoprécipitation préalable (piste de droite).*

IV – C - 1 Rappelez ce qu'est le complexe ORC chez les eucaryotes.

Réponse à la question IV-C-1

Il s'agit du complexe protéique requis pour l'initiation de la réplication chez les eucaryotes. Il se lie au niveau des origines de réplication

IV – C -2 Expliquez le but de l'expérience réalisée.

Réponse à la question IV-C-2

L'épisode supposé de réplication mis en évidence précédemment au niveau du locus II/9A pourrait être du à l'existence à son voisinage direct d'une origine de réplication.

IV – C - 3 Expliquez la signification du produit d'amplification visible sur la piste de gauche du gel de la figure 5.

Réponse à la question IV-C-3

Le résultat positif de l'amplification indique que la protéine ORC2 est liée au fragment ciblé par la PCR car c'est lui qui a entrainé ce fragment lors de l'étape d'immunoprécipitation.

IV – C- 4 Quelles informations tirez-vous finalement de cette expérience ?

Réponse à la question IV-C-4

Un site de liaison du complexe ORC est occupé naturellement par les protéines de ce complexe pendant la fin de la vie larvaire chez *Sciara* au locus II/9A. Ce site pourrait donc constituer une origine de réplication fonctionnelle. L'existence de cette origine est caractéristique du puff ADN.

D. Le gène II/9 porté par le locus II/9A (figure 5A) code pour une protéine sécrétée qui est un constituant majeur de la cuticule de la pupe.

IV – D Expliquez, à la lumière de cette dernière information, la signification physiologique de l'ensemble des phénomènes décrits se déroulant au cours du développement de *S. coprophila.*

Réponse à la question IV-D

Le puffing DNA du locus II/9A conduit à une multiplication du nombre de copies du gène II/9 et permet ainsi à la larve de disposer d'une plus grande quantité de matrice susceptible ensuite d'être transcrite. Il représente donc un moyen très efficace de la larve pour s'adapter à un besoin ponctuel important en un produit d'expression spécifique de son génome.
La régulation de l'expression d'un gène par multiplication préalable du nombre de ses copies est mécanisme original car dans la plupart des cas, celle-ci s'opère simplement par modulation du taux de transcription du gène.

5.4.2 Commentaires

L'épreuve pratique de contre-option du secteur A portait cette année sur les chromosomes géants des glandes salivaires des larves de diptères. Le sujet visait deux objectifs majeurs : *i)* mettre en évidence les particularités de ces chromosomes par rapport aux chromosomes mitotiques classiques ; *ii)* réfléchir sur la signification du phénomène de puffing et des processus auxquels il est associé.

Sur le plan pratique, les candidats devraient réaliser une préparation de chromosomes géants à partir de deux espèces, le chironome *Chironoma tetans* et la drosophile *Drosophila virilis* et, chez cette seconde espèce, induire la formation de puffs par un choc thermique. Cette partie a conduit à des résultats globalement très décevants. Ainsi, dans le cas du chironome, très peu de préparations étaient de qualité suffisante pour permettre un comptage des chromosomes alors qu'il s'agissait là d'un des objectifs majeurs de la manipulation puisque la suite du sujet s'appuyait sur ce résultat. Cet échec, particulièrement criant chez les candidats provenant du secteur C, a réellement surpris dans la mesure où la manipulation était très classique et ne présentait aucune difficulté. Chez cette espèce en effet, les chromosomes sont de grande taille et faciles à séparer les uns des autres une fois réalisé l'écrasement des glandes salivaires.

Les difficultés rencontrées avec la drosophile étaient plus attendues car l'étalement correct des chromosomes était un plus délicat à obtenir, du fait de la réunion de l'ensemble des chromosomes au niveau du chromocentre, structure au demeurant inconnue de la quasi-totalité des candidats. Il exigeait de suivre à la lettre les consignes d'écrasement des glandes salivaires proposées mentionnées dans l'énoncé. Il est regrettable que beaucoup de candidats ne leur aient visiblement accordé aucune attention. Or il est clair que, dès lors que les chromosomes n'étaient pas correctement étalés, il devenait impossible de repérer le site où des puffs (baptisés « tuffs » par plusieurs candidats) pouvaient être attendus après le choc thermique. A la satisfaction du jury, quelques candidats ont malgré tout réussi à présenter des préparations de très grande qualité.

D'une façon générale, la qualité des dessins demandés s'est révélée assez mauvaise, en particulier du point de vue de leur fidélité par rapport à la réalité des observations. Il faut rappeler que l'adéquation du dessin à la préparation est le critère majeur d'évaluation retenu par le jury lors des vérifications en cours d'épreuve. A cet égard, il convient de noter que beaucoup de candidats ont présenté des structures qui n'avaient rien à voir avec les glandes salivaires, mais ont malgré tout dessiné des chromosomes, comme si de rien n'était. Le jury a également noté que les candidats ne savent généralement pas explorer leurs préparations pour en rechercher les plages les plus intéressantes, ce qui les peut les conduire par exemple à prendre pour des trachées pour des chromosomes géants, alors que ceux-ci sont bien présents, mais sur un autre secteur de la préparation !

Les candidats étaient ensuite invités à réfléchir sur la signification des chromosomes géants à partir de diverses données issues de leurs observations et fournies par l'énoncé. L'objectif était de montrer d'une part, que les chromosomes géants ne sont pas des chromosomes mitotiques classiques mais des chromosomes postmitotiques issus de cycles successifs d'endoréplication, et d'autre part, que chaque entité appelée chromosome géant est en réalité un ensemble de deux chromosomes homologues appariés. Cette réflexion était importante à susciter chez des candidats appelés à devenir enseignants et donc susceptibles par la suite d'utiliser ce matériel dans leurs classes. Très peu de candidats ont malheureusement été capables de percevoir la totalité des attentes du jury sur cette partie. Seul le mode de formation des chromosomes par endoréplication a été correctement exposé. A noter une erreur fréquemment rencontrée, assimilant les bandes observées directement à des gènes.

La dernière partie était une étude de documents destinée à montrer l'existence, chez l'espèce *Sciara coprophila,* de deux types de puffs : *i)* des puffs similaires à ceux classiquement décrits chez la drosophile et le chironome, c'est-à-dire marqués simplement par une plus forte activité transcriptionnelle (appelés « puffs ARN ») et *ii)* des puffs marqués à la fois par une augmentation de l'activité transcriptionnelle et par un processus d'amplification locale de l'ADN (appelés « puffs ADN »). Cette distinction, qui n'était évidemment pas une connaissance exigible *a priori* des candidats, devait pouvoir se déduire de l'analyse de données de Northern blot et de Southern blot ainsi que d'immunoprécipitation de chromatine (ChIP). Très peu de candidats ont été capables de reconnaître ces deux types de puffs et d'en comprendre les spécificités, le plus souvent à cause d'une méconnaissance des techniques de base et d'une confusion

entre transcription et réplication. Cette dernière confusion a laissé le jury particulièrement perplexe. De nombreux candidats ont également confondu complexe ORC et origine de réplication, ce qui rendait l'interprétation correcte des expériences de ChIP évidemment impossible.

Au total, les notes s'étalaient de 9 à 54 points sur 100, pour une moyenne générale de 17,31 sur 100. Seuls deux candidats ont dépassé la moyenne de 50 et devançaient de plus de 10 points les candidats suivants les mieux placés. L'épreuve s'est donc révélée beaucoup plus difficile que prévu, au regard du thème choisi qui était tout de même très classique. L'étalement des notes s'est montré malgré tout suffisant pour permettre de discriminer classer efficacement les candidats.

5.5 ÉPREUVE DE CONTRE-OPTION SECTEUR B

5.5.1Sujet

(éléments de réponse en rouge)

AGRÉGATION DE SCIENCES DE LA VIE - SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2011

TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE-OPTION DU SECTEUR B

CANDIDATS DES SECTEURS A ET C

Durée totale : 2 heures

Investigations naturalistes à partir de petites manipulations

Les trois parties sont indépendantes. Deux d'entre elles nécessitent des manipulations (partie I et partie II), prévoyez donc votre organisation en conséquence.

Partie I : Investigation de l'appareil génital de l'escagot (*Helix aspersa*) page 2

Durée : 50 minutes – barème : 8 /20

Partie II : Investigation d'une structure végétale à déterminer page 5

Durée : 50 minutes – barème : 8 /20

Partie III : Un aperçu de la faune et flore des villes page 12

Durée : 10 minutes – barème : 4 /20

Les réponses aux questions figureront dans les cadres réservés à cet effet. N'oubliez pas d'appeler les correcteurs pour vérifier préparations, dessins et résultats lorsque cela est demandé.

AVANT DE REMETTRE VOTRE DOSSIER, VÉRIFIEZ QUE VOUS AVEZ BIEN INDIQUÉ VOS NOM, PRÉNOM ET NUMÉRO DE SALLE EN TÊTE DE TOUS LES DOCUMENTS. RENDEZ LA TOTALITÉ DE VOS FEUILLES.

Partie I : Investigation de l'appareil génital de l'escagot (*Helix aspersa*)

Durée : 50 minutes – barème : 8 /20

A – Etude morphologique externe

Précisez et justifiez la position systématique de l'animal.

Réponse(s) à la question I- A

B – Appareil génital

Mettez en évidence l'appareil génital de l'escargot par une dissection appropriée. Pour ce faire vous pouvez utiliser le schéma suivant pour vous repérer.

Vous appellerez l'examinateur une fois la dissection réalisée et présentée.

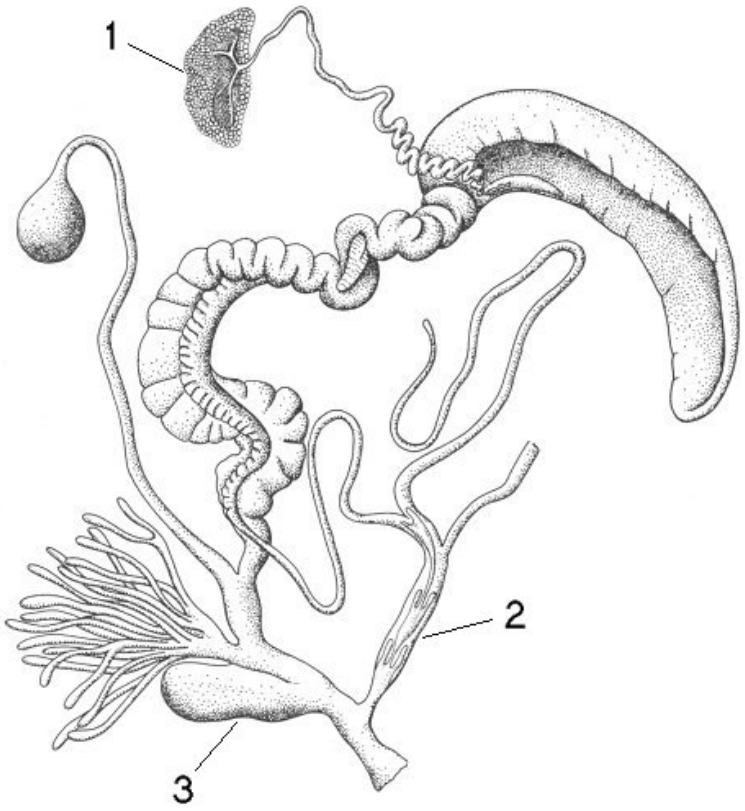


Figure 1 - Schéma de l'appareil génital de l'escargot petit-gris (*Helix aspersa*)

C- **Afin d'identifier les structures légendées 1, 2 et 3 vous réaliserez les montages appropriés et présenterez vos résultats sous la forme de dessins légendés, titrés et commentés. Déduisez de vos analyses le nom et la fonction des structures numérotées**.

Réponse(s) à la question I- C

Partie II : Investigation d'une structure végétale à déterminer

Durée : 50 minutes – barème : 8 /20

Il s'agit de réaliser l'étude morpho-anatomique d'un échantillon végétal (échantillon 2).

A priori vous ne connaissez pas l'échantillon végétal fourni. L'exercice consiste à trouver des critères et arguments permettant d'identifier la nature de l'échantillon ainsi qu'à préciser la position systématique de l'organisme duquel il est tiré.

A – Brève étude morphologique

Réalisez des constats et formulez des hypothèses sur l'identité de l'organe et sa position systématique en observant extérieurement l'échantillon.

Réponse(s) à la question II - A

B – Etude anatomique

1 – Anatomie générale de l'organe

Réalisez des coupes anatomiques de l'échantillon. Vous observerez certaines de vos coupes directement sans vidage ni coloration et vous colorerez les autres à l'aide du carmin-vert d'iode. ***Vous appellerez un membre du jury qui évaluera la qualité technique de vos réalisations***.

Restituez votre observation sous la forme d'un schéma d'anatomie végétale que vous annoterez.

La comparaison des coupes fraîches et des coupes vidées doit vous permettre de produire une **légende fonctionnelle**.

Il est précisé qu'un schéma conventionnel ne présente pas les cellules mais bien l'organisation fidèle des assises tissulaires.

Réponse(s) à la question II – B - 1

2 – Anatomie détaillée de certaines portions

a- Limite entre le cortex et la moelle

Réalisez un dessin de détail de la limite entre cortex et moelle détaillant les différents types cellulaires rencontrés depuis la moelle jusqu'au cortex.

Réponse(s) à la question II - B - 2 - a

b – À partir de la disposition des tissus conducteurs ainsi que de leur différenciation déduire la nature de l'organe ainsi que la position systématique de l'organisme dont il est issu.

Réponse(s) à la question II - B - 2 – b

c – Réalisez une observation de la zone périphérique de l'organe depuis le cortex jusqu'à l'extérieur. Décrivez brièvement (sans les dessiner) ces tissus et identifiez-les.

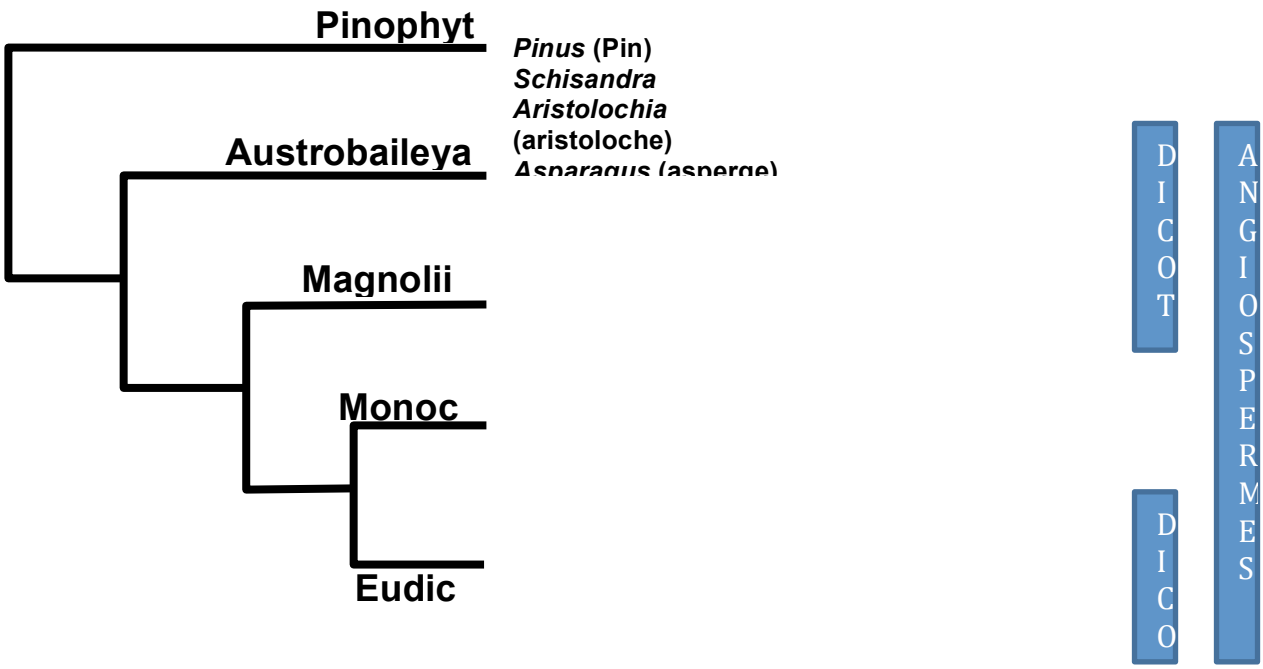
Réponse(s) à la question II - B - 2 - c

d– L'identification du tissu précédent vous pose-t-elle un problème par rapport à la position systématique énoncée à la question précédente ? Formulez ce problème dans l'encadré ci-dessous.

Réponse(s) à la question II - B - 2 - d

C – Evolution des structures secondaires chez les Embryophytes.

L'hypothèse phylogénétique ci-dessous retrace les relations de parenté des Angiospermes et Pinophytes. Les espèces suivantes (*Schisandra, Aristolochia* et *Sambucus*) sont classiquement rassemblées dans le groupe des Dicotylédones.



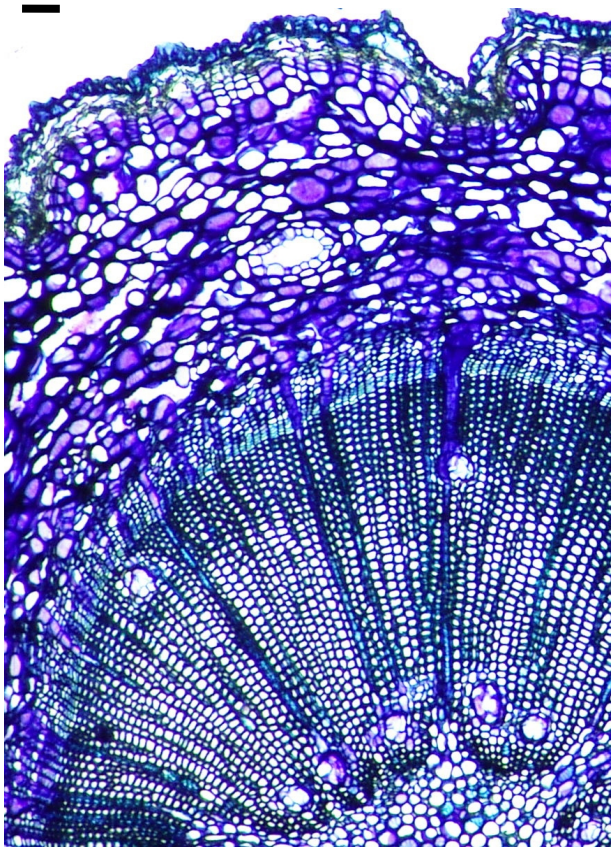
1 - Comment nommez-vous un tel groupe rassemblant ces trois espèces du fait du partage du caractère « deux feuilles embryonnaires (cotylédons) dans la graine » en lien avec l'hypothèse phylogénétique proposée ?

Réponse(s) à la question II - C - 1

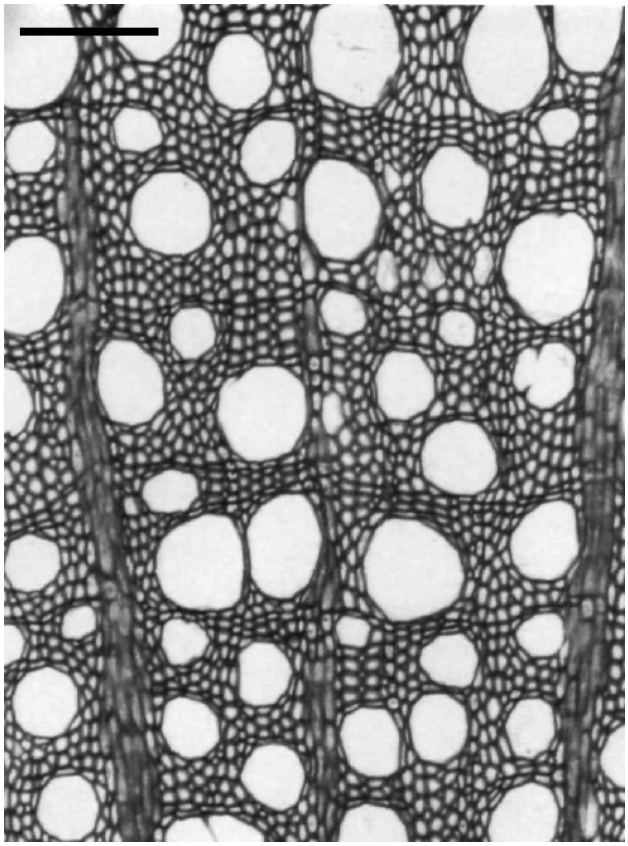
2 - Les photographies ci-dessous (pages 9 et 10) présentent les coupes transversales (CT) des différentes espèces, colorées diversement, illustrées dans l'arbre phylogénétique.

Sur chacune d'entre elle, repérez (s'il y a lieu) et identifiez le (ou les) cambium(s) ainsi que les tissus secondaires auxquels ils ont donné naissance (échelle = 100 µm).

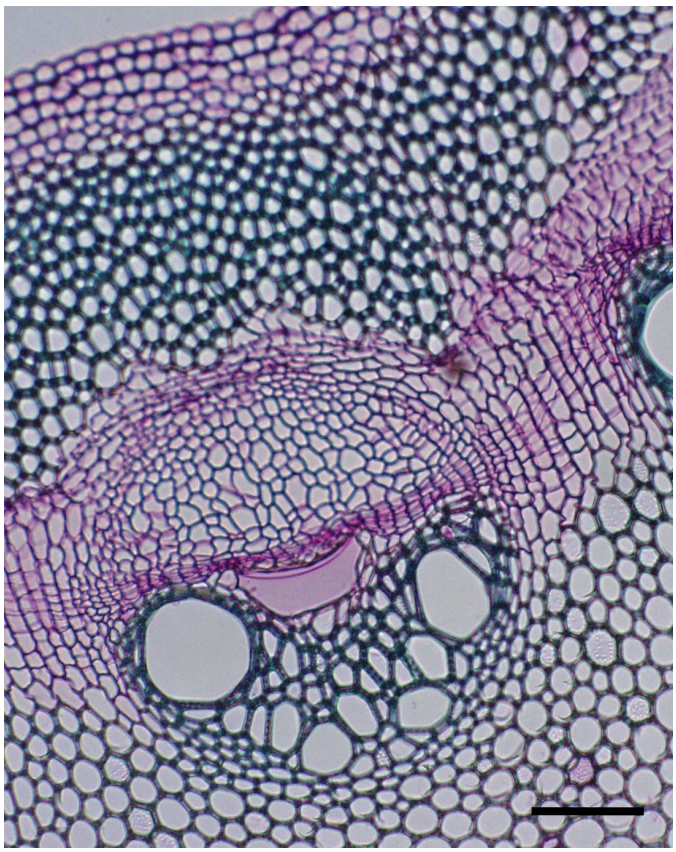
Réponse(s) à la question II - C – 2 :



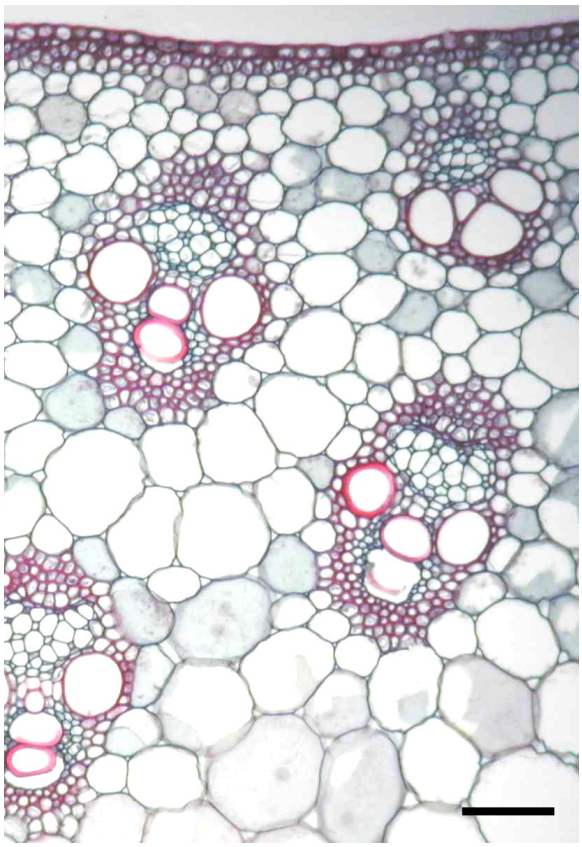
CT Pinus



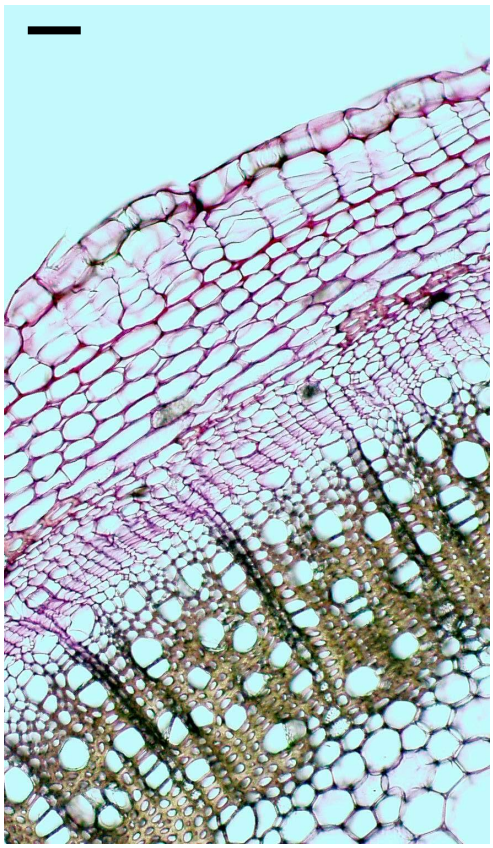
CT Schisandra



CT Aristolochia



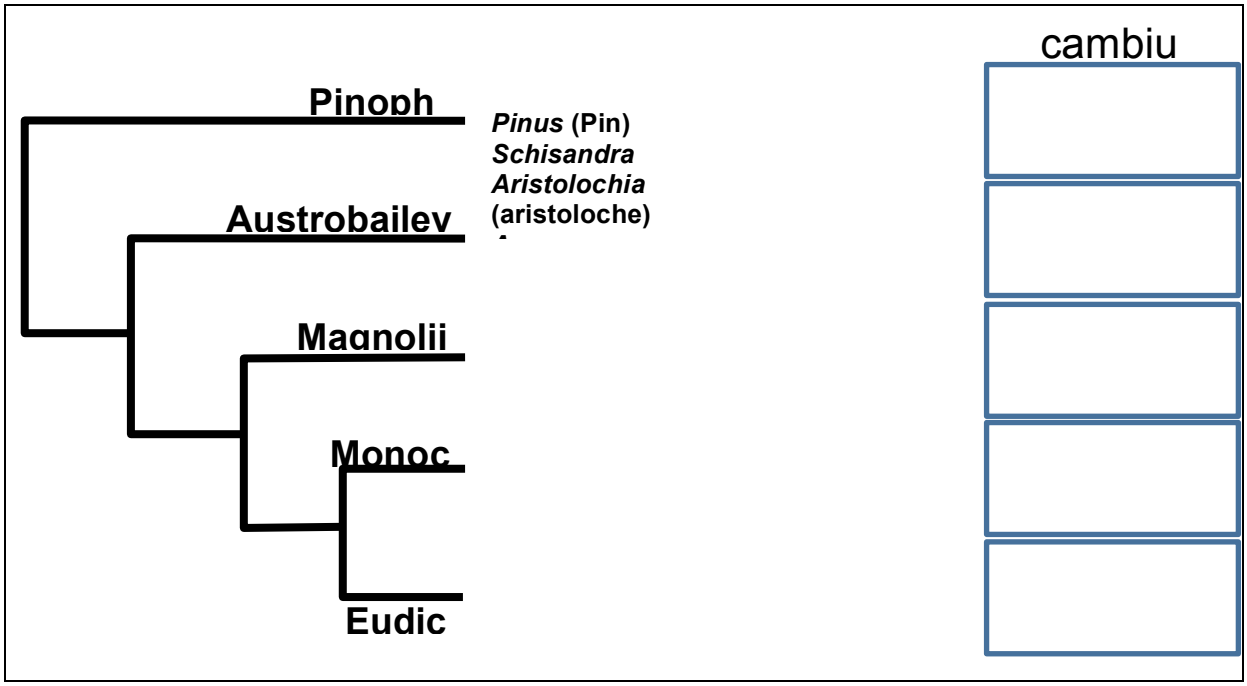
CT Asparagus



CT Sambucus

3- **Dans la phylogénie précédente (recopiée ci-dessous) matérialisez l'état du caractère « présence » ou « absence » de cambium (quel qu'il soit) pour les différentes espèces et proposez une hypothèse phylogénétique (sur l'arbre) d'évolution du caractère cambium pour les différentes espèces présentées.**

Réponse(s) à la question II - C - 3



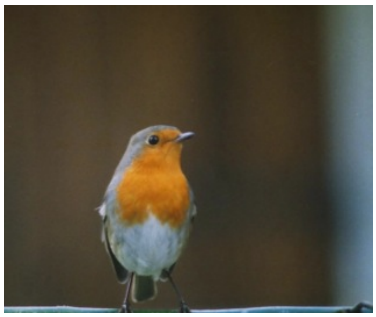
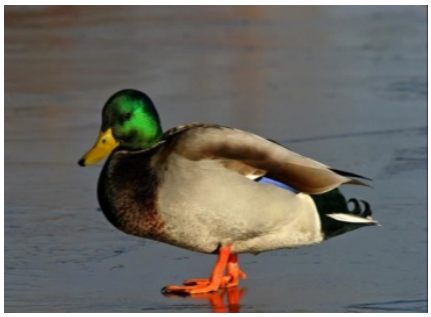
4- Est-ce que cette partie II-C vous permet de faire la lumière sur l'éventuel problème énoncé dans la question II – B – 2 – d ?

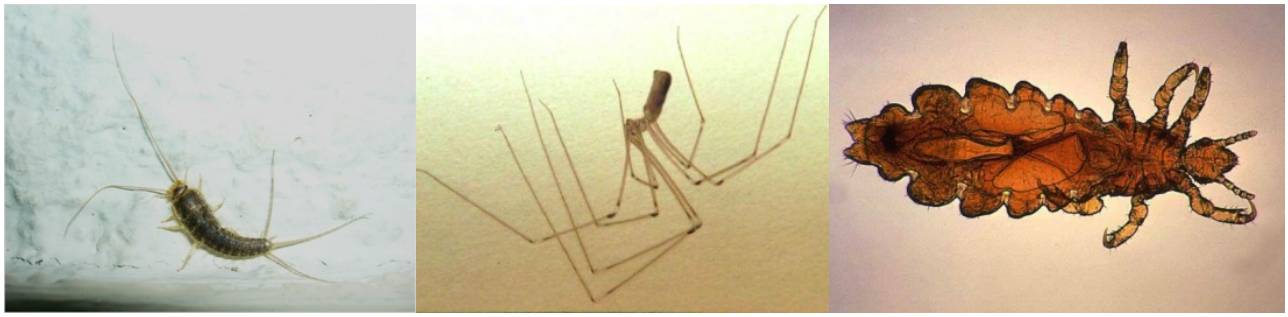
Réponse(s) à la question II - C – 4

Partie III : Un aperçu de la faune et flore des villes

Durée : 10 minutes – barème : 4 /20

Identifiez les différents organismes suivants, très communs dans les villes. Répondez sous chaque photographie.



5.5.2 Commentaires

Le TP de petit b cette année se voulait délibérément manipulatoire. Ainsi aucun exercice sur document n'a été proposé.
Le premier exercice demandait de mettre en évidence l'appareil génital de l'escargot, une dissection classique mais qui requiert un soin particulier, et d'identifier certaines structures par des montages appropriés.
5 candidats n'ont pas touché à leur escargot, ce qui les ampute de la moitié des points de l'épreuve. Cette attitude est inquiétante pour des futurs enseignants de SVT. De manière générale cette dissection est plutôt bien réalisée et certains montages révélaient d'excellentes compétences pratiques. Quelques rares dissections étaient présentées à sec, et le jury rappelle donc que seules des dissections immergées sont propres à bien mettre en évidence les différentes structures. Alors même qu'aucun dessin de dissection n'était demandé (puisqu'il était fourni !) de nombreux candidats l'ont pourtant réalisé à la place des comptes-rendus de montage demandés. Le jury engage donc les candidats à bien lire les questions afin de ne pas perdre du temps à élaborer des réponses hors-sujet qui ne rapportent aucun point.
La partie montage a visiblement posé plus de problème aux candidats alors même qu'il s'agissait de petites manipulations simples permettant de conclure à la fonction des parties identifiées. Certains montages entre lame et lamelle d'ovotestis ont été d'excellente facture et permettaient d'identifier spermatozoïdes et ovocytes et donc de conclure à une gonade hermaphrodite. De plus rares incisions longitudinales dans le pénis ont permis d'en visualiser les bourrelets musculeux ainsi que la continuité du canal mâle. Très peu de dissections de poche du dard ont été réalisées, ce qui est surprenant car le geste est finalement très simple. Ainsi le simple fait d'avoir réalisé ces montages a permis aux candidats de collecter les points alloués à la partie technique et de ~~s'illustrer~~ se dégager ? de la majorité qui a délaissé cette partie. Le jury a été étonné de constater que certains candidats avaient réalisé les manipulations mais n'ont pas appelé le jury pour en évaluer la qualité alors même que le sujet le demandait et que cela a été répété dans les salles.
La deuxième partie s'articulait autour d'un exercice d'anatomie végétale et se proposait de déterminer la nature et position systématique d'une racine aérienne de *Monstera deliciosa* (Aracée, Monocotylédone). Il était proposé de réaliser différentes observations permettant de raisonner de manière séquentielle et d'aboutir à l'identification ainsi qu'à un scénario d'évolution des structures secondaires chez les spermaphytes.
Comme chaque année, la partie pratique a permis de révéler que bon nombre de candidats sont capables de réaliser des coupes d'anatomie végétale d'une excellente qualité. Cependant comme chaque année, le jury déplore que les capacités d'observations et de rendu soient largement insuffisantes. Si quelques schémas conventionnels étaient remarquables (respect des proportions, excellente identification des tissus), aucun dessin de détail n'a obtenu la note maximale. La moyenne à cette question (0,22/1) atteste de l'incapacité générale des candidats à restituer leurs observations fidèlement, ce qui semble pour le moins préoccupant.
Le faible niveau d'observation a conduit certains candidats à inventer des structures anatomiques invisibles sur leur coupe (par exemple des faisceaux cribrovasculaires avec xylème et phloème superposés, alors qu'ils étaient alternes) afin de coller avec leurs hypothèses initiales de tige ! Pire encore, certains candidats ont inventé totalement leurs observations avec cambium, bois et liber pour coller avec une belle coupe théorique de tige de dicotylédone, conclusion qu'ils avaient déjà assénée à la première question. IL est

donc remarquable de constater que ceux qui avaient émis l'hypothèse que l'organe était une tige dessinent le xylème avec une différenciation centrifuge alors même que leurs coupes permettaient de voir la différenciation centripète !
Mis à part ces cas caricaturaux et pour le moins préoccupants, les erreurs suivantes ont été les plus communes : invention du phelloderme, sens de différenciation centrifuge ou centripète du xylème confondus, suber interprété comme un collenchyme. Pour ce dernier cas, la majorité des coupes étaient de très belle facture et le phellogène était parfaitement visible, mais finalement peu de candidats l'ont observé/dessiné, ce qui est dommage comme l'exercice était basé sur cette observation.
L'analyse anatomique permettait de relever les caractères de racines (xylème et phloème alternes, différenciation centripète du xylème) et de monocotylédone (distribution pluricyclique des pôles phloémiens et xylémiens, très grand nombre de pôles phloémiens et xylémiens) et de mettre le doigt sur la particularité de cette coupe qui était la présence d'un cambium (le phellogène) et de tissus secondaires (le suber) peu fréquents chez les monocotylédones. La partie C du TP permettait de comprendre l'origine évolutive d'une telle particularité. Elle commençait par la détermination de la paraphylie des dicotylédones. Si la majorité des candidats sont capables de nommer un tel groupe paraphylétique, peu sont capables d'en donner la justification à savoir un groupe basé sur une symplésiomorphie (deux cotylédons) et excluant un groupe portant une autapomorphie (un cotylédon). L'étude anatomique des photos présentées devait permettre aux candidats de voir que seule l'asperge ne présente aucun tissu secondaire ni cambium. Ainsi il était aisé de positionner ces caractères sur l'arbre et de proposer l'hypothèse phylogénétique que l'absence de cambium chez les monocotylédones était une disparition secondaire. Finalement, la présence de phellogène chez *Monstera deliciosa* (Aracée, Monocotylédone) pouvait être interprétée comme la rétention d'un caractère ancestral aux autres spermaphytes. Certains excellents candidats (une dizaine) sont arrivés au bout de l'exercice en formulant tous les constats et les hypothèses phylogénétiques attendues.
Les reconnaissances (33 espèces communes de la faune et flore des villes) ont été relativement mal réussies comme la moyenne des candidats n'est capable d'identifier que le tiers des espèces présentées. De trop nombreux candidats (prêt d'un quart) n'ont pas été capables d'identifier au moins 6 espèces, ce qui est inquiétant au vu de l'abondance et la banalité des espèces présentées. Certains candidats, visiblement bons naturalistes, ont identifié plus de 20 espèces. Les SVT sont des sciences naturalistes et il est fondamental qu'un minimum de culture soit maitrisé par les candidats sur ce point.

5.6 ÉPREUVE DE CONTRE-OPTION SECTEUR C

5.6.1Sujet

(éléments de réponse en vert)

AGRÉGATION DE SCIENCES DE LA VIE - SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2011

TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE-OPTION DU SECTEUR C

CANDIDATS DES SECTEURS A ET B

Durée totale : 2 heures

Géologie du Massif des Maures

Ce document contient pages numérotées de 1 à .

L'épreuve comprend cinq parties :

- **Partie I - Étude cartographique** page

  durée conseillée : 50 mn, - barème : 8 /20
- **Partie II - Étude photographique de la déformation à plusieurs échelles** page

  durée conseillée : 30 mn - barème : 6 /20
- **Partie III - Étude pétrographique de quelques échantillons** page

  durée conseillée : 30 mn - barème : 5 /20
- **Partie IV - Bilan chronologique** page

  durée conseillée : 10 mn - barème : 1 /20

Répondez directement sur les feuilles dans les espaces prévus à cet effet.

Même en cas de non réponse, vous devez rendre la totalité de vos feuilles en indiquant vos nom, prénom et numéro de salle en tête de chaque partie.

AVANT DE RENDRE VOTRE DOSSIER, VÉRIFIEZ QUE VOUS AVEZ BIEN INDIQUÉ VOS NOM, PRÉNOM ET NUMÉRO DE SALLE EN TÊTE DE TOUS LES DOCUMENTS.

VOUS DEVEZ RENDRE LA TOTALITÉ DES FEUILLES DU DOSSIER.

Le massif des Maures est situé en Provence, dans le Sud-Est de la France.

Partie I - Étude cartographique

durée conseillée : 50 mn - barème : 8 /20

I - A Carte géologique de la France au 1/ 1 000 000

L'étude de la carte géologique va nous donner des informations sur le contexte global, les principales structures et des idées sur la datation des évènements.

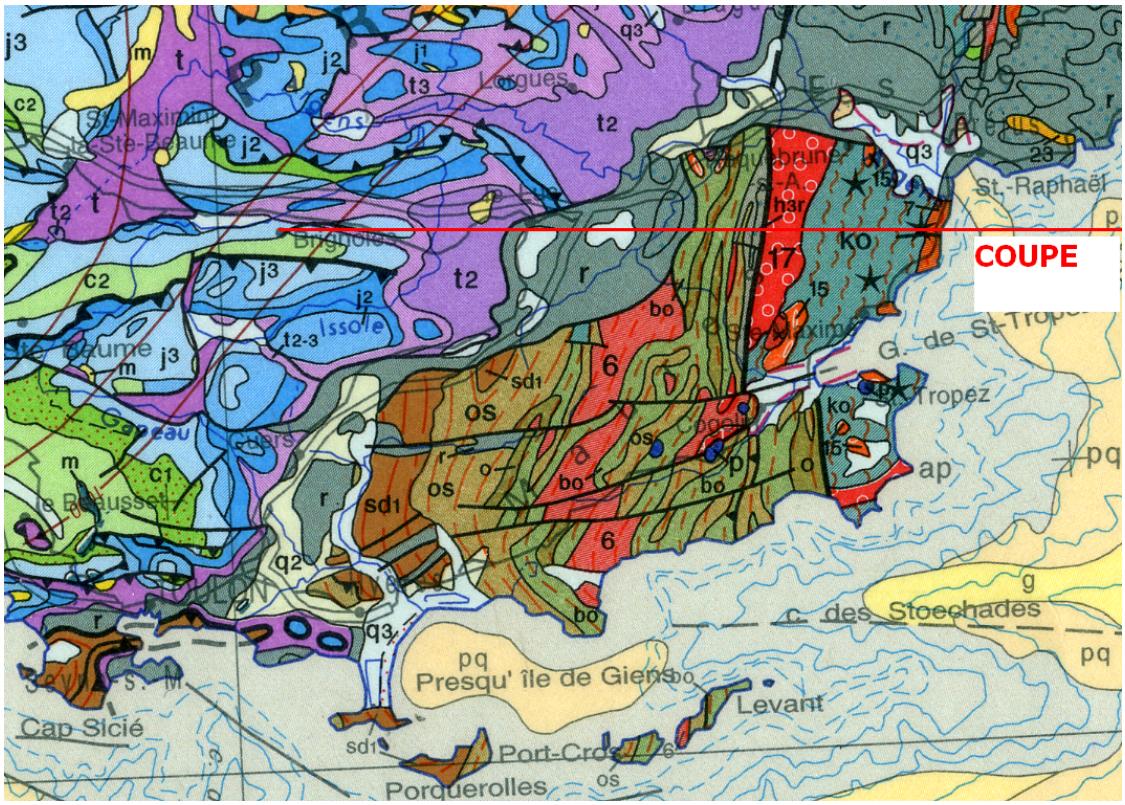


Figure 1 : Extrait de la carte géologique de France au 1/1 000 000

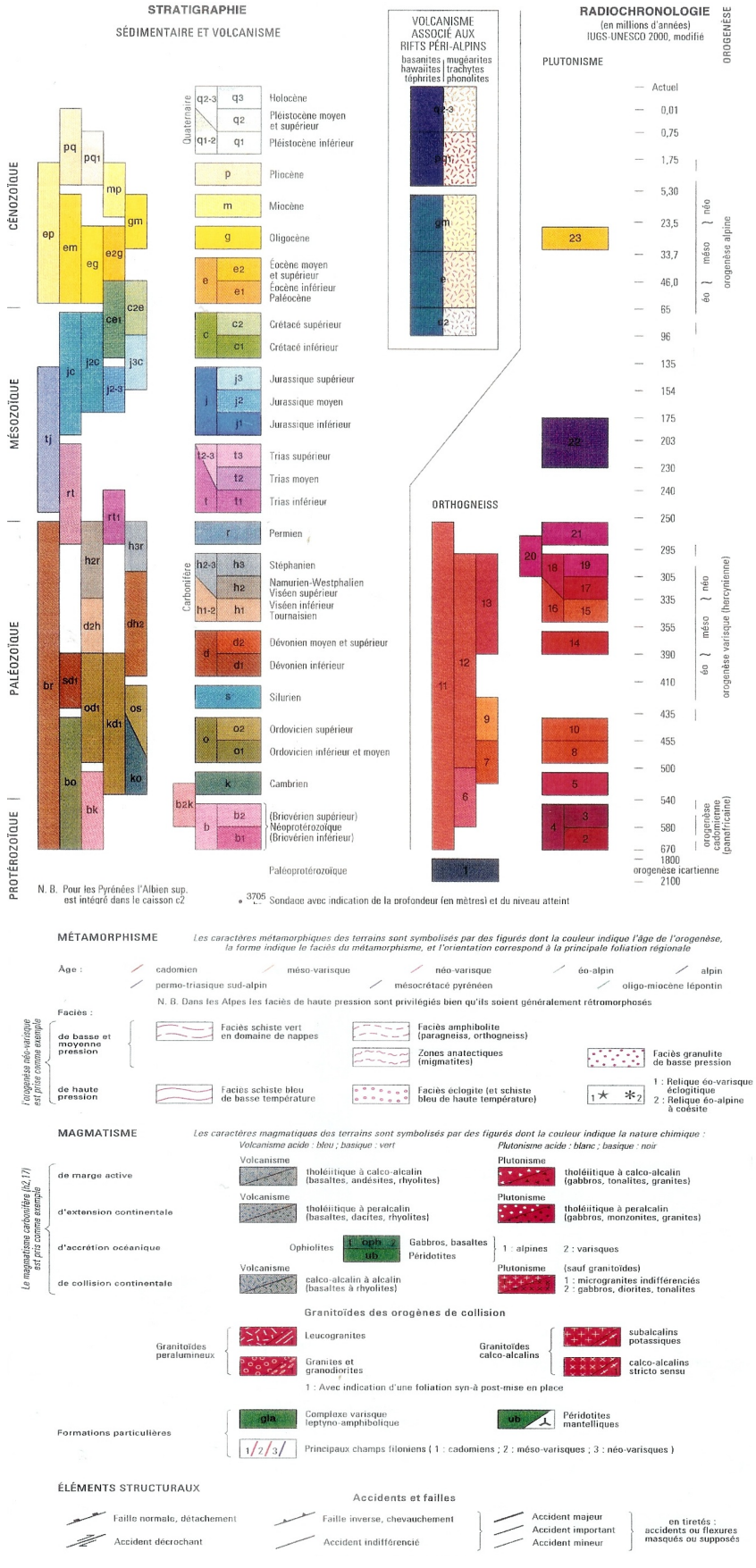
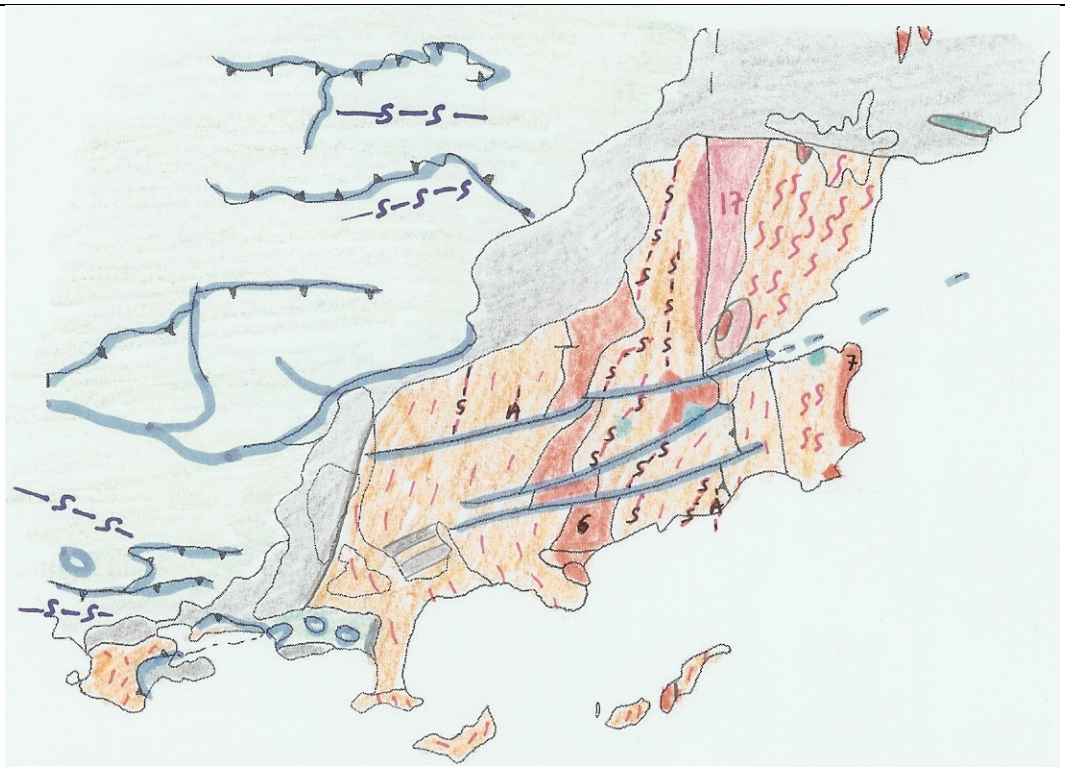

STRATIGRAPHIE
SÉDIMENTAIRE ET VOLCANISME
VOLCANISME ASSOCIÉ AUX RIFTS PÉRI-ALPINS
basanites hawaïtes téphrites
mugéarites trachytes phonolites
RADIOCHRONOLOGIE
(en millions d'années)
IUGS-UNESCO 2000, modifié
PLUTONISME
ORTHOGNEISS
OROGENÈSE
CÉNOZOÏQUE
MÉSOZOÏQUE
PALÉOZOÏQUE
PROTÉROZOÏQUE
Quaternaire
Holocène
Pléistocène moyen et supérieur
Pléistocène inférieur
Pliocène
Miocène
Oligocène
Éocène moyen et supérieur
Éocène inférieur
Paléocène
Crétacé supérieur
Crétacé inférieur
Jurassique supérieur
Jurassique moyen
Jurassique inférieur
Trias supérieur
Trias moyen
Trias inférieur
Permien
Carbonifère
Stéphanien
Namurien-Westphalien
Viséen supérieur
Viséen inférieur
Tournaisien
Dévonien moyen et supérieur
Dévonien inférieur
Silurien
Ordovicien supérieur
Ordovicien inférieur et moyen
Cambrien
(Briovérien supérieur)
Néoprotérozoïque
(Briovérien inférieur)
Paléoprotérozoïque
Actuel
0,01
0,75
1,75
5,30
23,5
33,7
46,0
65
96
135
154
175
203
230
240
250
295
305
335
355
390
410
435
455
500
540
580
670
1800
2100
orogenèse alpine
orogenèse varisque (hercynienne)
orogenèse cadomienne (panafricaine)
orogenèse icartienne
éo
méso
néo
N. B. Pour les Pyrénées l'Albien sup. est intégré dans le caisson c2
3705 Sondage avec indication de la profondeur (en mètres) et du niveau atteint
MÉTAMORPHISME
Les caractères métamorphiques des terrains sont symbolisés par des figurés dont la couleur indique l'âge de l'orogenèse, la forme indique le faciès du métamorphisme, et l'orientation correspond à la principale foliation régionale
Âge :
cadomien
méso-varisque
néo-varisque
éo-alpin
alpin
permo-triasique sud-alpin
mésocrétacé pyrénéen
oligo-miocène lépontin
N. B. Dans les Alpes les faciès de haute pression sont privilégiés bien qu'ils soient généralement rétromorphosés
Faciès :
de basse et moyenne pression
de haute pression
Faciès schiste vert en domaine de nappes
Faciès amphibolite (paragneiss, orthogneiss)
Zones anatectiques (migmatites)
Faciès granulite de basse pression
Faciès schiste bleu de basse température
Faciès éclogite (et schiste bleu de haute température)
1 : Relique éo-varisque éclogitique
2 : Relique éo-alpine à coésite
L'orogenèse néo-varisque est prise comme exemple
MAGMATISME
Les caractères magmatiques des terrains sont symbolisés par des figurés dont la couleur indique la nature chimique :
Volcanisme acide : bleu ; basique : vert
Plutonisme acide : blanc ; basique : noir
de marge active
d'extension continentale
d'accrétion océanique
de collision continentale
Volcanisme
tholéiitique à calco-alcalin (basaltes, andésites, rhyolites)
Plutonisme
tholéiitique à calco-alcalin (gabbros, tonalites, granites)
Volcanisme
tholéiitique à peralcalin (basaltes, dacites, rhyolites)
Plutonisme
tholéiitique à peralcalin (gabbros, monzonites, granites)
Ophiolites
oph
ub
Gabbros, basaltes
Péridotites
1 : alpines
2 : varisques
Volcanisme
calco-alcalin à alcalin (basaltes à rhyolites)
Plutonisme
(sauf granitoïdes)
1 : microgranites indifférenciés
2 : gabbros, diorites, tonalites
Le magmatisme carbonifère (fig. 17) est pris comme exemple
Granitoïdes des orogènes de collision
Granitoïdes peralumineux
Leucogranites
Granites et granodiorites
Granitoïdes calco-alcalins
subalcalins potassiques
calco-alcalins stricto sensu
1 : Avec indication d'une foliation syn-à post-mise en place
Formations particulières
gla
Complexe varisque leptyno-amphibolique
ub
Péridotites mantelliques
1/2/3/
Principaux champs filoniens (1 : cadomiens ; 2 : méso-varisques ; 3 : néo-varisques)
ÉLÉMENTS STRUCTURAUX
Accidents et failles
Faille normale, détachement
Faille inverse, chevauchement
Accident majeur
Accident important
Accident mineur
en tiretés : accidents ou flexures masqués ou supposés
Accident décrochant
Accident indifférencié

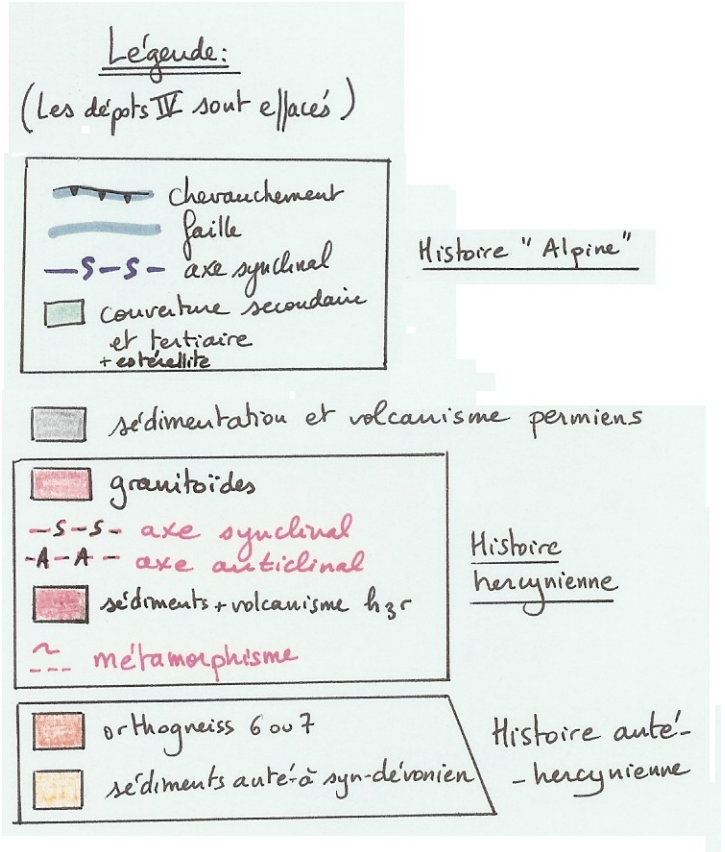
Figure 2 : Extraits de la légende de la carte de France au 1/1 000 000

I - A - 1 Réalisez le schéma structural de cet extrait de carte dans le cadre ci dessous. Vous indiquerez la chronologie des évènements en utilisant des couleurs dont la signification chronologie sera précisée dans votre légende.

Réponse à la question I-A : **Schéma structural**

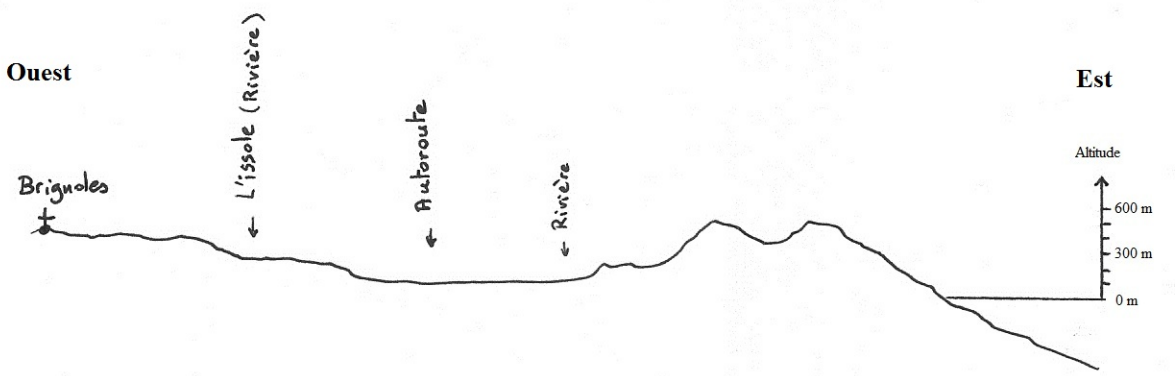


Réponse à la question I-A : **Légende du schéma structural**

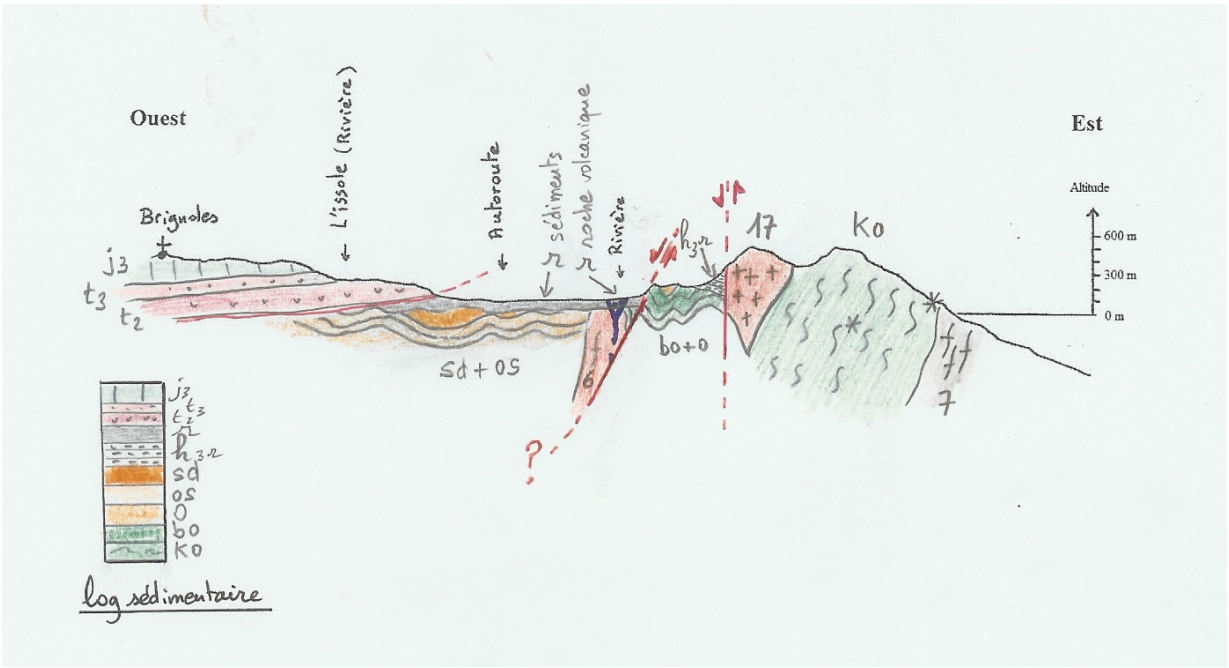


I - A – 2 Coupe géologique le long du trait de coupe rouge, orienté est-ouest, partant de Brignoles, qui est indiqué sur la figure 1. Réalisez la coupe géologique dans le cadre ci-dessous en utilisant le profil topographique fourni .

Réponse à la question I-B



Légende :



I - B Carte des mouvements actuels du pourtour méditerranéen

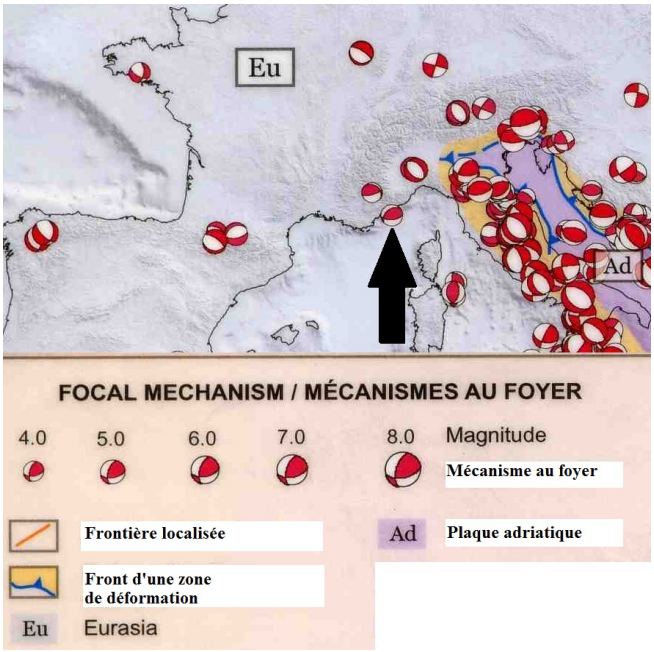


Figure 3 : Extrait de la carte géologique de la méditerranée

I – B - 1 Interprétez le symbole figurant sur cette carte, désigné par la flèche noire verticale

Réponse à la question I – B - 1

Cette sphère focale indique un séisme causé par une faille inverse, dont la direction est environ Nord 70. On ne peut trancher entre les deux plans indiqués (l'un de pendage Nord, l'autre de pendage Sud).

I – B - 2 Expliquez ce que signifie le terme « magnitude » du séisme. La valeur de magnitude du séisme de la figure 3 vous paraît-elle forte , moyenne ou faible ? Quelles conséquences un tel séisme peut-il avoir pour les sociétés humaines ?

Réponse à la question I – B - 2

La magnitude d'un séisme est une indication de l'énergie libérée par un séisme. Les méthodes de calcul ont évolué. Initialement, Richter définissait la magnitude comme l'amplitude en micromètres des ondes enregistrées par un sismographe situé à 100 km du séisme. L'échelle de Richter est logarithmique et le maximum atteint à ce jour est 9,5. Une magnitude 4 indique un séisme de faible intensité, qui fait trembler les objets mais cause peu de dégâts matériels dans une ville.

I – B - 3 Votre interprétation du mécanisme au foyer indiqué sur la figure 3 est-elle compatible avec les données cartographiques de la figure 1. Si oui, avec lesquelles ?

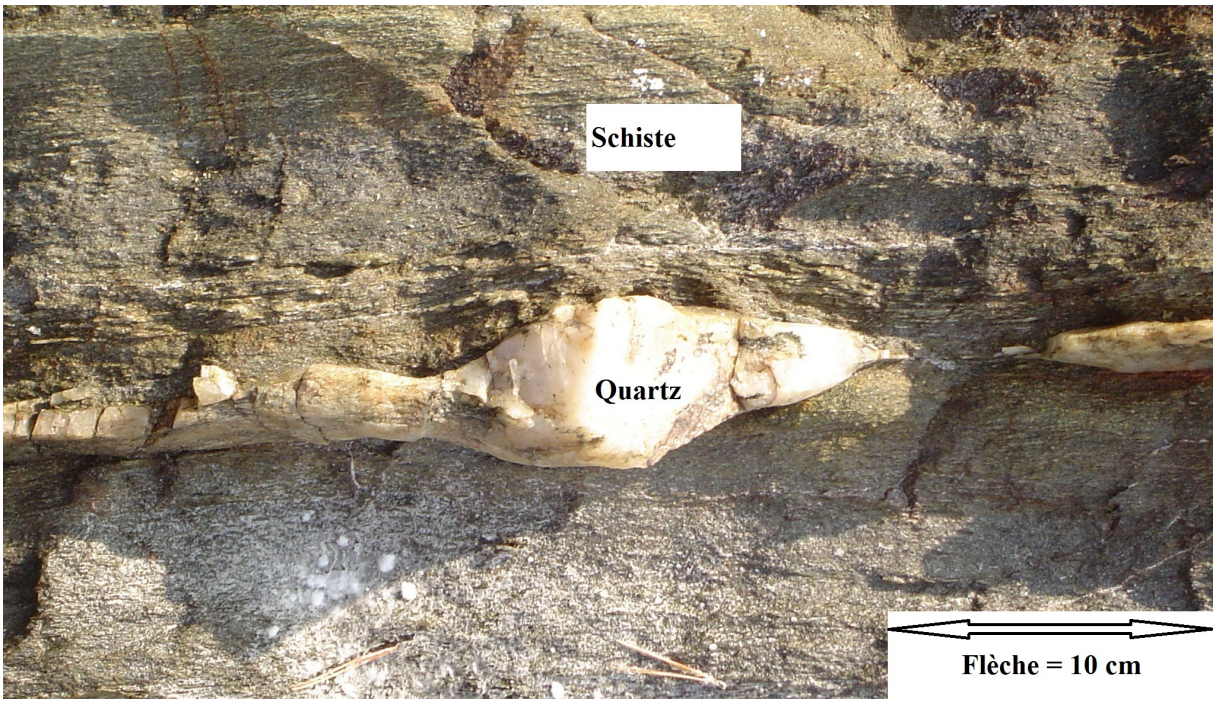
Réponse à la question I – B - 3

On repère sur la carte des chevauchements ou des failles ayant cette direction (N70), comme par exemple au sud de Brignoles ou dans le prolongement du golfe de Saint Tropez. Ces déformations recoupent les terrains hercyniens, et sont donc plus récentes. Elles sont compatibles avec un raccourcissement Nord/Sud, qui témoigne de la convergence Afrique-Europe, dont la persistance jusqu'à l'actuel est démontrée par ce récent séisme.

Partie II – Étude photographique de la déformation à plusieurs échelles

durée conseillée : 30 mn, - barème : 6 /20

On vous demande d'identifier et d'interpréter les éléments tectoniques visibles sur des photographies d'affleurements.

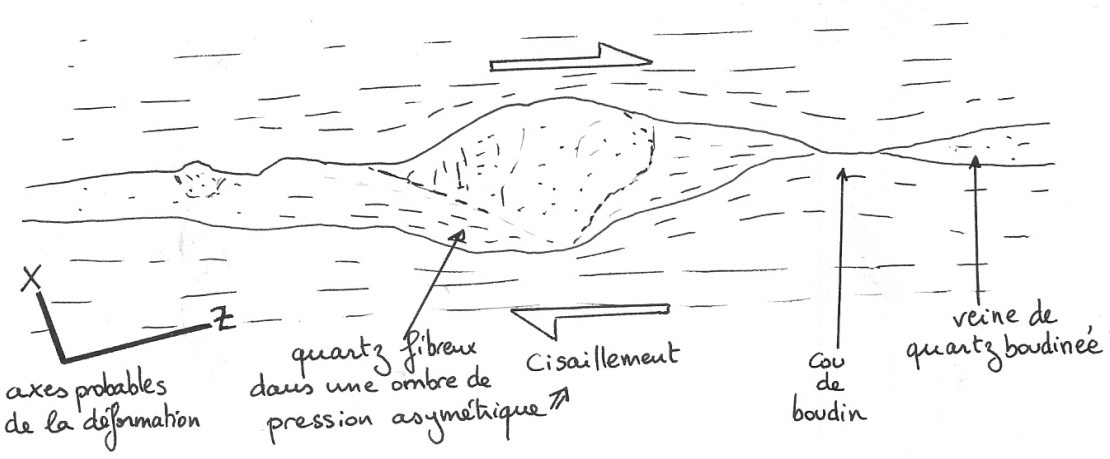


II - A Affleurement A

Figure 4 : Photographie de l'affleurement A. Le plan de l'affleurement est horizontal.

II – A - 1 Réalisez un croquis légendé de cette photographie dans le cadre ci-dessous.

Réponse à la question II - A – 1



Veine de quartz déformée par un décrochement dextre

II – A – 2 À quelle température pensez vous que cette déformation se soit produite ?

Réponse à la question II - A - 1

Le quartz boudiné a subi une déformation ductile. Or il n'acquiert cette propriété qu'au delà de 350 °C (si de l'eau est présente).

II – B – Affleurement B

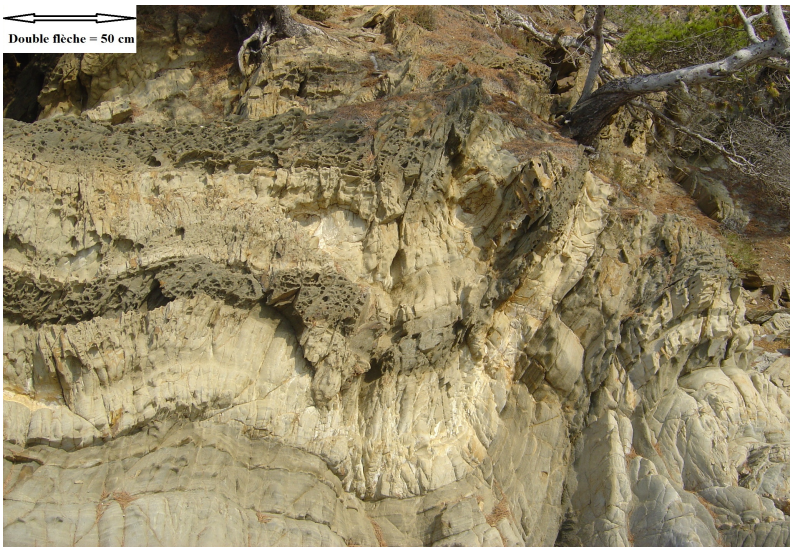
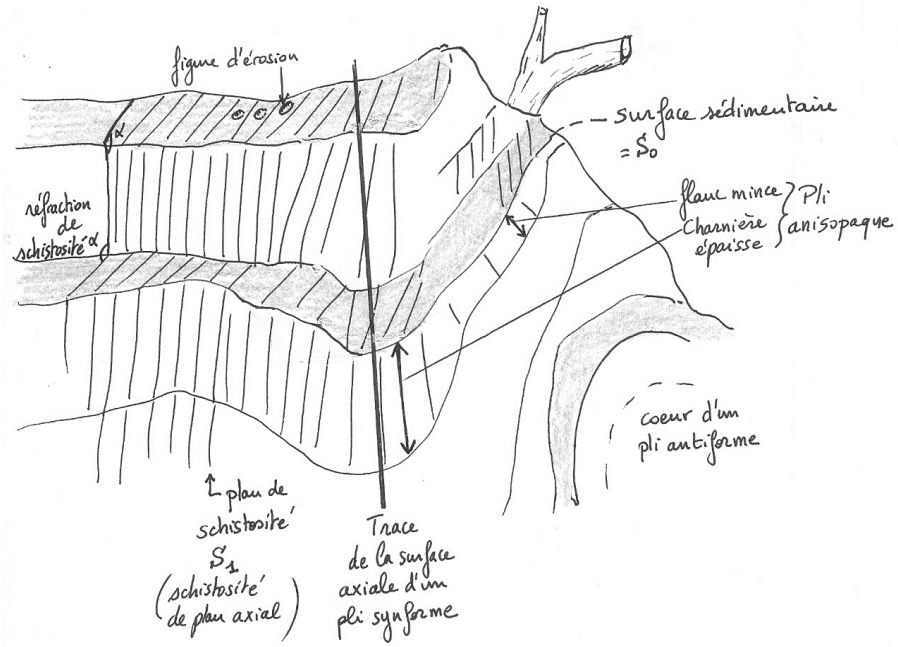


Figure 5 : Photographie de l'affleurement B. Le plan de l'affleurement est vertical.

Réalisez un croquis légendé de cette photographie dans le cadre ci-dessous, indiquant un maximum d'interprétations géologiques.

Réponse à la question II – B

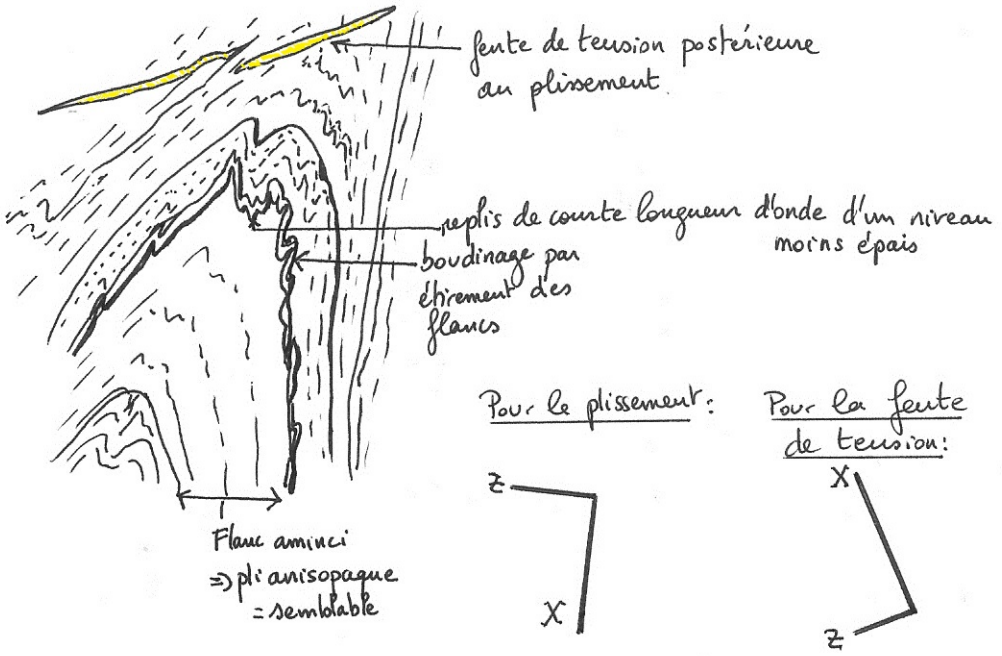


II – C – Affleurement C

Figure 6 : Photographie de l'affleurement C. La roche est un gneiss. Le plan de l'affleurement est horizontal.

II – C – 1 Réalisez un croquis légendé de cette photographie dans le cadre ci-dessous, indiquant un maximum d'interprétations géologiques.

Réponse à la question II - C - 1



II – C – 2 Combien de phases tectoniques cette photo permet-elle de dénombrer (à justifier) ?

Réponse à la question II - C - 2

La roche déformée est un gneiss, qui a donc subi une première phase tectonique pour être formée. Ce gneiss est plissé, donc par une deuxième phase. Enfin, une fissure blanche comblée (fente de tension) indique une troisième phase tectonique.

Partie III – Étude pétrographique de quelques échantillons

durée conseillée : 30 mn, - barème : 5 /20

III - A – Échantillon 1

III – A – 1 Déterminez, en la justifiant, la nature de l'échantillon 1 et les conditions de sa formation.

Réponse à la question III – A ***- 1***

Roche foliée donc métamorphique, confirmé par l'abondance des micas. Les feuillets micacés créent des plans de schistosité nombreux, attestés par un débit très facile en plaques parallèles. Abondance de micas donc **micaschiste**.

Le protolithe est probablement une pélite gréseuse, qui a subi, après enfouissement, une température et une pression suffisante pour transformer les argiles en micas et faire apparaître probablement d'autres minéraux du métamorphisme.

III – A – 2 Précisions minéralogiques

À quelques mètres de l'échantillon 1, se trouvent des roches de même nature mais montrant des minéraux supplémentaires. Une photo macroscopique et une photo de lame mince sont présentées ci-dessous.

Figure 7 : Photographie d'une roche voisine de l'échantillon 1

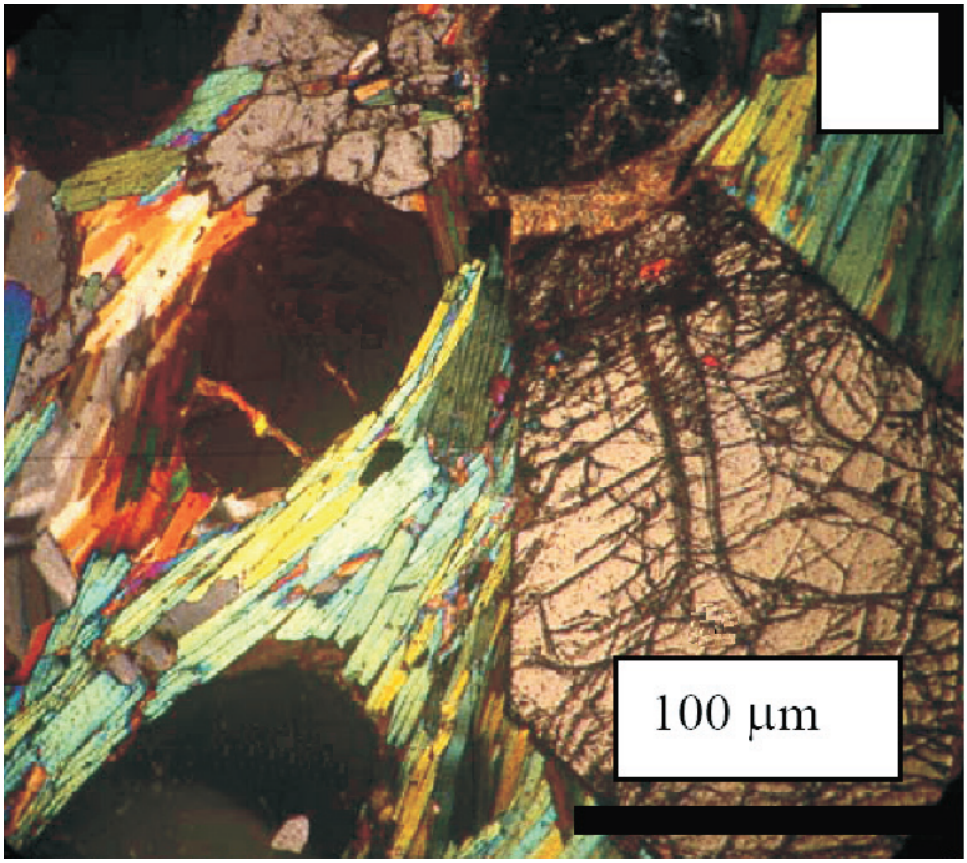


Figure 8 : Photographie d'une lame mince issue de l'échantillon 1, vue en lumière polarisée et analysée.

Source : ***Rolland, Metamorphic and structural evolution of the Maures-Tanneron massif, Bull. Soc. géol. Fr.*****, 2009, t. 180**

Indiquez quelles précisions apportent ces photographies (figures 7 et 8):

Réponse à la question III – A - 2

La photographie macroscopique montre des minéraux rouges plutôt globuleux (hypothèse = grenats) et des minéraux sombres en baguettes épaisses (hypothèse = staurotides). On retrouve aussi l'abondance de micas observée sur l'échantillon 1.

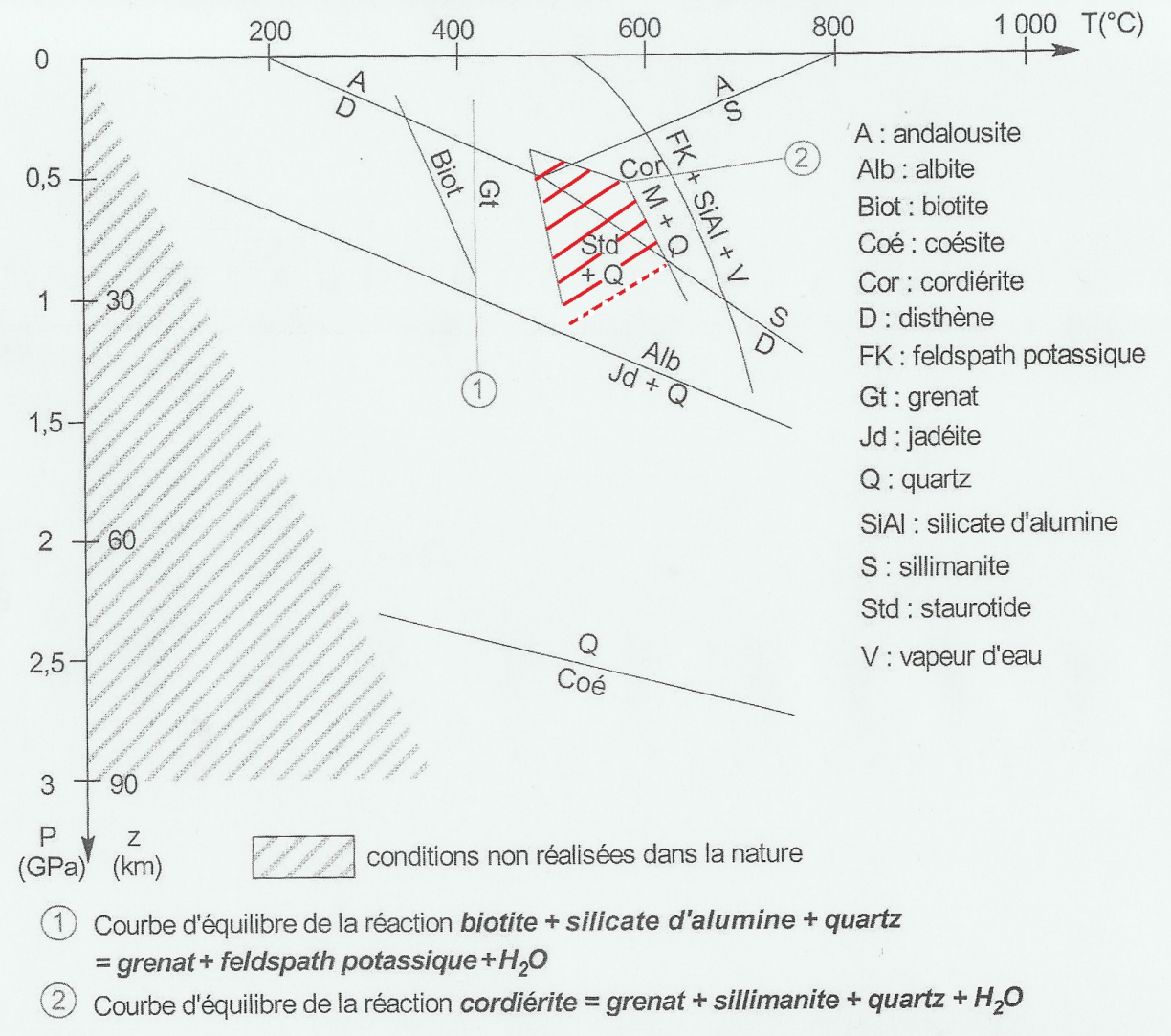
La lame mince confirme les grenats (éteints en LPA), sachant qu'il faudrait néanmoins vérifier leur extinction quelque soit l'orientation de la lame. On reconnaît une staurotide grâce à la forme automorphe à section losangique, la rareté des macles, la faible biréfringence (teinte d'interférence jaune du premier ordre).

III – A – 3 Grâce aux compléments apportés par les figures 7 et 8, placez graphiquement cet échantillon sur le diagramme ci-dessous et ajoutez un commentaire.

Réponse à la question III – A - 3

A l'aide de cette grille pétrogénétique, on peut situer cette roche dans un secteur voisin de 500°C, et plus profond que 15 km : on est dans le faciès « amphibolite », ou éventuellement dans le faciès éclogite mais dans ce cas on aurait probablement eu de la jadéite.

Ce document confirme la coexistence possible entre le grenat et la staurotide.



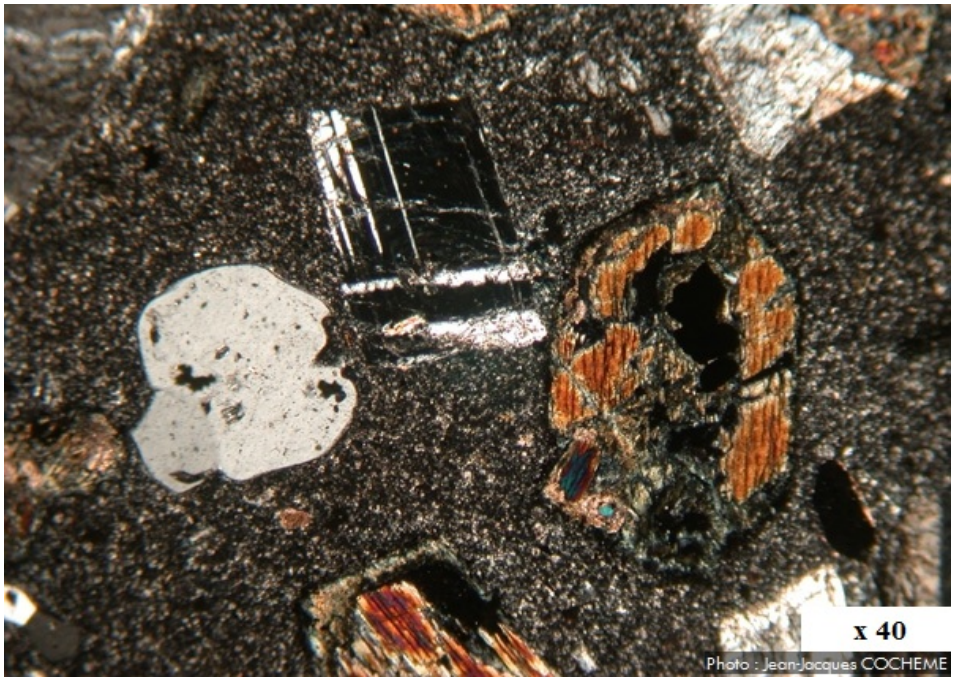
III - B – Échantillon 2

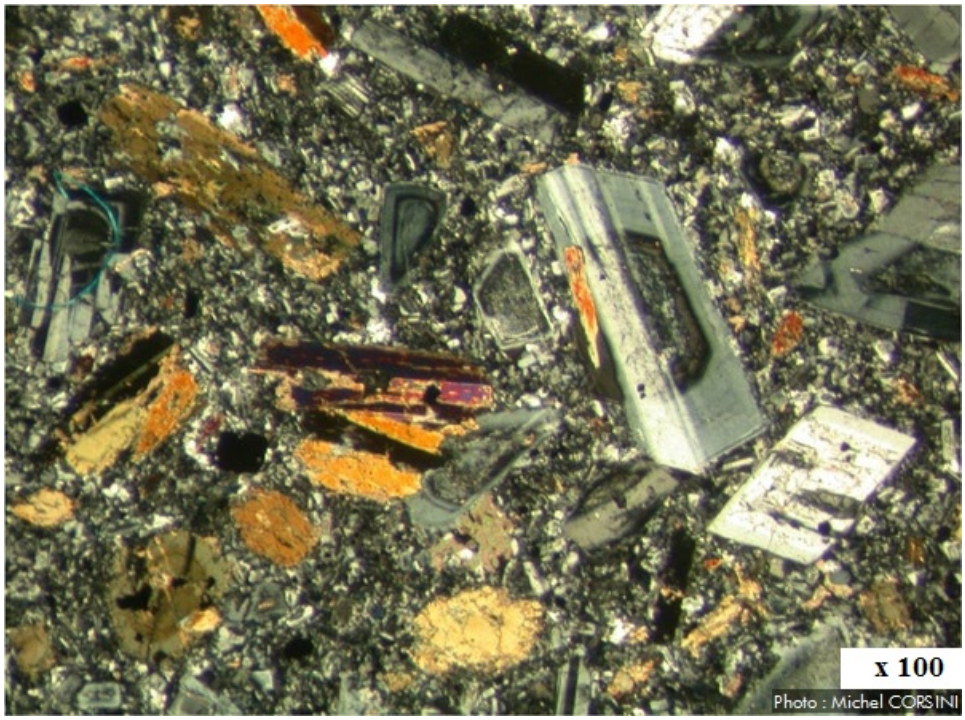
III - B –1 Déterminez, en la justifiant, la nature de l'échantillon 2 et les conditions de sa formation.

Réponse à la question III – B -1

L'échantillon 2 est silicaté et présente une mésostase : c'est une roche volcanique.

La pâte est claire, on observe du quartz, des feldspaths, mais aussi des amphiboles. C'est donc une dacite.





Deux photographies de lames minces du même échantillon sont fournies ci-dessous :

Figure 9: Deux photographies de lames minces issues de l'échantillon 2, vue en lumière polarisée et analysée.

Source : http://www.lithotheque.ac-aix-marseille.fr/

III - B –2 Quelles informations supplémentaires sont apportées par ces photographies microscopiques ? Précisez le nom de la roche.

Réponse à la question III – B - 2

La lame mince 1 confirme l'existence de quartz (gris), et de minéraux sombres tels l'amphibole (clivages à 120°, sections basales transversales hexagonales, teintes vives de biréfringence). Elle permet de préciser la nature des feldspath: ce sont des plagioclases (macles polysynthétiques) souvent automorphes.

On peut remarquer que cette roche a probablement subi une déformation, puisque les plagioclases ont une macles à aspect biseauté, et que le quartz semble avoir une extinction roulante.

La lame mince 2 précise, grâce à son plus fort grossissement, que la pâte est microcristalline. On peut donc appeler cette roche une dacite à mésostase microcristalline, ce qui est aussi une micro-tonalite. Pour information, elle est nommée localement « estérellite »

On peut remarquer une zonation des plagioclases, qui traduit un déséquilibre chimique, causé par une vitesse de refroidissement trop rapide du magma.

On peut donc classer cette roche comme hypovolcanique, refroidie certainement dans un filon magmatique.

III - C – Lien avec la carte géologique

Déterminez, en la justifiant, les formations de la carte géologique au millionième (Figure 1) dans lesquelles on pourrait trouver soit l'échantillon 1, soit l'échantillon 2.

Réponse à la question III – C

Le micaschiste peut se retrouver dans toutes les formations sédimentaires sur lesquelles sont sur-imprimés des tirets courts indiquant un faciès métamorphique « amphibolite »: par exemple les formations *bo, os, o* qui affleurent autour dans la bande Nord-Sud selon l'axe Roquebrune/Cogolin

La micro-tonalite est microgrenue, elle est donc classée dans les roches plutoniques. Les taches n°17 et 15 étant légendées comme des granites, elles ne correspondent donc pas à la tonalite. Il reste une petite tache orange vers Frejus (n° 23) qui peut correspondre (c'est effectivement son lieu d'affleurement).

Partie IV – Bilan chronologique

durée conseillée : 10 mn, - barème : 1 /20

Pour tirer le bilan de l'histoire géologique de la Provence, résumez dans le tableau ci-dessous toutes les informations géologiques issues des documents du sujet. Vous ordonnerez chronologiquement ces informations, en plaçant les évènements récents en haut du tableau.

Échelle chronologique	Évènements sédimentaires	Évènements métamorphiques	Évènements tectoniques	Évènements magmatiques
Quaternaire	Dépôts sédimentaires marins ou continentaux (q2, q3)		Séismes actuels (Fig 3)	
Secondaire ou tertiaire	Dépôts du Trias au Crétacé, + miocène (Fig 1)		Failles, plis et chevauchements E-O en Provence, donc discordance du miocène	Basalte miocène vers Cogolin et au Beausset Estérellite (-23 Ma)
Primaire				
Permien	Remplissage fossé permien (NE-SW)		Ouverture fossé (NE-SW)	Rhyolite de l'Estérel
Cbf	Remplissage d'un petit fossé (N-S)		Ouverture d'un fossé (N-S)	Granitoïdes (n° 15 et 17)
Dévonien	Peu de dépôts au dévonien car la collision soulève la région	Collision et métamorphisme dans les faciès SV, Amphibolite Subduction (* = reliques éclogitiques)	Plis, chevauchements boudinage, schistosité (carte millionième et photographies 4, 5, 6) Plusieurs phases	Migmatites St Tropez (ko~) , gabbro (n°14)
Cambrien	Dépôts des terrains bo et ko			

5.6.2 Commentaire

Le TP de cette année proposait une étude régionale, basée sur plusieurs approches classiquement utilisées en sciences de la Terre. Aucun prérequis concernant la connaissance de cette région - les Maures et l'Estérel - n'était nécessaire pour traiter le sujet.

Ce travail permettait de tester les capacités des candidats à extraire des informations à partir de données de terrain, plus ou moins transformées, et les interpréter. L'objectif était de repérer les candidats polyvalents, et pas forcément des spécialistes d'un domaine particulier.

Pour faciliter le travail des candidats, des cartouches de la carte au millionième ont été distribués en format A3. De même, chaque candidat disposait de ses propres échantillons de roches.

Les copies ont souvent montré de bonnes analyses des documents. Cependant, les données sont souvent extraites avec peu de précision. Par exemple, la mesure du diamètre de la sphère focale est souvent imprécise, ce qui conduit à des valeurs variables de magnitude du séisme. Rappelons aussi qu'avec une échelle logarithmique, on ne peut pas dire que la valeur 4 est moyenne lorsque le maximum est à 8. L'énergie libérée par un séisme de magnitude 4 est quand même 10 000 fois plus faible qu'avec une magnitude 8. Pour terminer avec la sphère focale, remarquons que seuls de rares candidats ont pensé à préciser l'orientation des plans de rupture possibles (direction et pendage).

Les coupes géologiques sont globalement satisfaisantes, mais sont fréquemment ternes et peu lisibles. Notons qu'il est impératif de préciser le jeu des failles indiquées par des flèches.
Les schémas structuraux sont en revanche souvent des copies de la carte, sans effort de mise en valeur de l'histoire régionale. Rappelons que tous les terrains qui ont vécu la même histoire doivent être regroupés au sein du même figuré. L'objectif à garder en mémoire est que le schéma structural doit permettre, d'un simple coup d'œil, de visualiser l'histoire régionale et les principales structures.

Enfin, le dernier exercice, qui se voulait assez simple, consistait à retranscrire les informations tirées du sujet pour dresser le bilan régional. Peu de copies ont présenté un tableau complet, certainement par faute de temps disponible en fin d'épreuve.

6. ÉPREUVES ORALES

6.1 ÉPREUVES DE SPÉCIALITÉ

6.1 Commentaires généraux commun à toutes les options

6.1.1 Déroulement de l'épreuve de spécialité

Conditions de préparation :
Après avoir pris connaissance du sujet, le candidat dispose de 4h pour préparer sa leçon. Après une réflexion de 15 minutes, l'accès à la bibliothèque est autorisé. Le candidat remplit une fiche lui permettant d'obtenir les ouvrages, les documents et les matériels dont il estime avoir besoin. Aucun matériel d'expérimentation n'est fourni dans les 30 dernières minutes de la préparation. Il en est de même pour les documents et autres supports dans les 15 dernières minutes. Durant son temps de préparation, l'étudiant doit construire sa leçon, réaliser les transparents qui lui semblent indispensables et éventuellement un ou plusieurs montages expérimentaux.
Le titre de la leçon est accompagné d'un nombre limité de documents (le plus souvent 4 ou 5) que le candidat devra analyser et interpréter afin de les intégrer à son propos. La difficulté des documents est en général progressive, depuis un document d'appel, jusqu'à des documents de haut niveau scientifique. Les documents sont conçus pour que leur analyse ne dépasse pas 45 minutes en moyenne.

Présentation et entretiens :
A l'issue des 4 heures de préparation, le candidat expose pendant 50 minutes devant une commission de membres du jury de spécialité.
Dès la fin de l'exposé, l'interrogation a lieu en deux temps. Un premier échange de 10 minutes, conduit par le concepteur du sujet, porte sur le contenu de la leçon. Une deuxième interrogation de 15 minutes, menée par les deux autres interrogateurs permet d'interroger le candidat dans un certain nombre de domaines du secteur concerné.

Lors de la première interrogation, le jury revient sur certains aspects de l'exposé ; cela peut concerner le déroulement d'une expérience, l'explicitation d'un cliché, l'exploitation d'un échantillon présenté, un aspect du sujet qui n'a pas été abordé par le candidat ou bien certaines erreurs pour déterminer s'il s'agissait d'un lapsus. C'est aussi l'occasion de revenir sur l'exploitation des documents proposés par le jury. L'objectif de ce questionnement est de s'assurer que le candidat a acquis une bonne compréhension globale des différents aspects du sujet proposé.

La deuxième interrogation s'écarte de l'exposé et explore d'autres domaines du secteur. Les interrogateurs s'efforcent généralement de prendre appui sur un ou plusieurs points présentés dans la leçon pour élargir leur questionnement.

6.1.2 Constats et conseils :

Une épreuve de haut niveau scientifique :
L'épreuve orale dite de spécialité est exigeante et souvent redoutée. Elle recouvre les thèmes de l'option choisie par le candidat. Les champs disciplinaires concernés sont donc ceux qui doivent permettre au candidat de montrer sa maîtrise des connaissances et des démarches scientifiques et ses aptitudes pédagogiques pour énoncer clairement des notions de haut niveau. Il est fondamental que la leçon s'enracine dans une problématique clairement énoncée et se développe autour d'un raisonnement qui utilisera le matériel, les connaissances et les données collectées dans les ouvrages et les documents proposés comme des arguments - des outils - au service d'une démarche.

Le recul nécessaire pour traiter des thèmes plus ou moins classiques :
Le sujet renvoie le plus souvent à des thèmes classiques connus de la majorité des candidats ; parfois il aborde un ou des thèmes à priori plus délicats à cerner, et pour lesquels les candidats estiment leurs connaissances initiales plus limitées. Paradoxalement, les candidats ont souvent moins de difficultés à traiter des leçons jugées à priori ardues que des leçons plus classiques. Leurs connaissances initiales ne pouvant servir de refuge, ils sont alors forcés de rentrer dans une démarche de raisonnement. Ce constat oblige à répéter qu'il est indispensable de prendre du recul pour construire sa leçon : il faut qu'elle soit un exposé personnel mettant en avant les qualités scientifiques et pédagogiques du candidat et non pas ses seules capacités mnésiques. Les membres du jury insistent sur le fait que la leçon est un exercice scientifique avec toutes les exigences de raisonnement et de justification que cela impose. Il est regrettable de voir des leçons où les connaissances sont présentes mais simplement restituées et énoncées dans une juxtaposition sans

raisonnement. Ces leçons conduisent le plus souvent à un échec à cette épreuve, alors que les entretiens révèlent que dans bon nombre de cas les candidats avaient la capacité de mener leurs leçons autrement. Un point important mérite d'être souligné à propos des sujets de leçon comportant un « et » dans l'intitulé : un certain nombre de candidats traitent chacun des items séparés par le « et » de façon indépendante, alors qu'il s'agit évidemment d'analyser les interrelations entre les deux composantes (deux exemples de leçons pour illustrer ces propos « Les perturbations **et** la dynamique des écosystèmes » - « Mise en place de comportements : aspects ontogéniques **et** évolutifs »

L'exploitation des documents imposés : Les documents proposés avec la leçon doivent, bien sûr, être exploités au cours de l'exposé mais également aident le candidat à mieux cerner le sujet, ou à l'orienter vers quelques aspects spécifiques mais essentiels du sujet. Ils permettent parfois de compléter certaines informations lorsque celles-ci ne sont pas disponibles dans la bibliographie classique. Une analyse rigoureuse des documents devrait donc aider le candidat à définir, au moins partiellement, la problématique de sa leçon.

Le matériel complémentaire : Les documents proposés ne couvrent pas tous les aspects du sujet. Le concepteur du sujet peut choisir de ne pas aborder, par les documents qu'il propose, certains aspects importants du sujet afin de laisser au candidat l'initiative de certains documents et matériels. L'intégralité de l'exposé ne peut donc pas être construite seulement autour des thèmes que les documents permettent d'aborder. Il revient donc au candidat de compléter l'illustration de sa leçon par du matériel ou des expérimentations complémentaires. Le matériel complémentaire doit être exploité avec la même rigueur que le matériel imposé. Ces étapes sont très clairement prises en compte dans l'évaluation de la leçon par le jury. Ainsi, les candidats doivent essayer d'appuyer et illustrer leurs propos à partir d'observations argumentées sur du matériel biologique ou géologique. Les observations sur du matériel restent trop rares. L'observation directe d'un objet plutôt que sa présentation sous forme d'image doit être privilégiée. Prendre l'initiative de sortir, de présenter et de manipuler du matériel est aussi une occasion que trop peu de candidats saisissent pour montrer leur créativité, leur habileté à manipuler, leurs connaissances naturalistes et leur goût pour le réel et l'observation de terrain. Le jury déplore que de nombreux candidats préfèrent des schémas théoriques (souvent approximatifs) à du matériel (coupes, dissections, échantillons, montages,…). Il rappelle que les Sciences de la Vie et de la Terre basent leur démarche sur l'analyse du réel. Il se montre donc sévère quand un candidat délaisse le matériel frais ou donne raison à une idée théorique manifestement contredite par les faits.

Une démarche scientifique incontournable : Au cours de la leçon, la démarche scientifique doit s'appuyer sur une analyse rigoureuse des objets et expériences proposés par le jury ou apportés par le candidat. Cette démarche doit commencer par une description des objets, spécimens et faits expérimentaux, suivie d'une interprétation raisonnée qui pourra soit conclure un paragraphe et donc répondre à une question, soit donner lieu à une nouvelle question, et servir alors de transition avec la suite de l'exposé. L'exploitation des documents est trop rarement accompagnée d'un véritable travail traduisant sa réelle appropriation par le candidat. Trop souvent, le document est seulement décrit ou n'est utilisé que comme prétexte pour exposer des généralisations et des modèles théoriques recopiés dans des ouvrages, et donc écrits dans un autre contexte que celui de la leçon. Trop souvent aussi, la théorie est présentée en premier, les documents n'étant ensuite utilisés que comme une simple illustration *a posteriori* sans que ne se construise une vraie démarche scientifique fondée sur la confrontation entre les faits et les idées. La conclusion doit mettre en valeur les idées-clés et déboucher sur une généralisation et/ou une nouvelle question. Dans certains cas elle peut s'appuyer sur un schéma récapitulatif à la condition que celui-ci se justifie et soit réellement construit à partir des éléments de la leçon.

Un véritable travail de synthèse et de choix : Le jury est tout à fait conscient que 50 minutes est un temps d'exposé limité. Le candidat sera généralement amené à faire un important travail de synthèse : il devra alors clairement justifier, dans son introduction, les différents aspects du sujet qu'il souhaite traiter et, inversement, pourquoi il délaissera volontairement certains aspects. C'est la rigueur de la démarche qui justifiera la validité de ses choix. Il convient également de préciser que le candidat est maître de ce choix et qu'il lui revient de les présenter au jury et, au besoin, de les discuter avec lui. Contrairement à ce que pensent de nombreux candidats, si le jury entre en salle avec une idée claire de ce qui doit figurer dans la leçon, il n'arrive pas avec un plan préconçu et est prêt à entendre les propositions que pourra lui faire le candidat et à les accepter pour peu que ces choix assumés puissent être justifiés. Le fait d'apprendre par cœur des plans préconçus n'est donc pas une

façon pertinente de se préparer à cet exercice qui demande, plutôt que la capacité à restituer une organisation préétablie, une capacité à réorganiser ses idées le moment venu, autour de la problématique proposée.

Une communication d'une qualité suffisante : Cette année, le jury a constaté l'augmentation nette d'une tendance à une lecture systématique et constante des notes de préparation par une proportion importante des candidats : il faut absolument proscrire cette pratique totalement inadaptée aux exigences du métier d'un enseignant qui doit pouvoir se détacher du support de préparation de ses cours. En outre, certaines expressions sont incohérentes : par exemple, « un bassin en pull-apart se forme ***via*** un décrochement » est bien mal venue et d'autant plus que cette même locution ***via*** est utilisée plusieurs fois dans le même exposé et toujours à contre-sens. Les candidats doivent donc veiller à utiliser le vocabulaire et la syntaxe adaptés au message qu'ils souhaitent délivrer.

Une indispensable réactivité : Le premier entretien, consécutif à la leçon, a pour but de faire réfléchir le candidat sur l'exposé qu'il vient de produire, pour l'aider à découvrir d'éventuelles omissions, imprécisions ou erreurs et l'inviter à les corriger. Il sert également à évaluer l'aptitude du candidat à raisonner et à exploiter ses connaissances en temps réel. L'interrogation est ensuite ouverte aux autres domaines de la spécialité, sous des formes très variables, qui visent à évaluer les connaissances du candidat dans le secteur de spécialité, sa culture générale en rapport avec le domaine de spécialité ainsi que ses aptitudes à construire un raisonnement logique. Il est à noter que l'entretien peut porter sur le programme spécifique de chaque secteur. L'écoute et la réactivité sont des qualités indispensables pour une bonne réussite dans cette partie de l'épreuve qui peut permettre au candidat de montrer que, malgré une leçon plus ou moins réussie, il maîtrise de larges connaissances dans son secteur de prédilection.

6.1.3 Liste des leçons de spécialité de la session 2011

6.1.3.1 Leçons de spécialité du secteur A

- *Agrobacterium tumefaciens*
- Détermination et différenciation du sexe chez les mammifères
- Génie génétique et pathologies humaines
- L'activité cyclique de l'appareil reproducteur féminin
- L'adaptation de l'organisme à l'effort
- La communication nerveuse dans l'espèce humaine
- La différenciation cellulaire
- La drosophile, un organisme modèle
- La gastrulation chez les Amphibiens
- La maladie d'Alzheimer
- La méiose et ses conséquences
- La méiose et ses conséquences
- La métamorphose des amphibiens : aspects cellulaires et moléculaires
- La pression artérielle, une variable régulée
- La réplication de l'ADN
- Lactation et alimentation du jeune humain
- Le brassage génétique chez les bactéries
- Le chromosome eucaryote
- Le cycle cellulaire et sa régulation
- Le cytosquelette des cellules eucaryotes
- Le génome des eucaryotes : une structure dynamique
- Le rôle du calcium dans les cellules musculaires
- Les bactériophages et leur utilisation
- Les bases cellulaires du fonctionnement cardiaque
- Les canaux membranaires
- Les canaux membranaires
- Les diabètes sucrés
- Les dystrophies musculaires : des maladies dégénératives
- Les génomes des organites

- Les potentiels d'action
- Les protéines nucléaires
- Les réactions de défense des végétaux contre les organismes pathogènes
- Les réserves énergétiques chez les Mammifères
- Les rôles de l'auxine dans le développement des Angiospermes
- Obtention et utilisation des plantes transgéniques
- Principes et apports du séquençage des génomes
- Rôles des gibbérellines et des brassinostéroïdes chez les Angiospermes
- Rôles et mécanismes d'actions de l'éthylène chez les Angiospermes

6.1.3.2 Leçons de spécialité du secteur B

- Anthropisation des milieux et gestion des populations animales
- Autofécondation, allofécondation
- Bases neurophysiologiques de la perception de l'environnement chez les animaux
- Biologie écologie et évolution des Mammifères
- Biologie et physiologie des végétaux des milieux secs
- Biologie, écologie et évolution des Annélides
- Classifications traditionnelles et classifications évolutives
- De l'induction florale à la fleur chez les angiospermes
- Dépense énergétique, composition corporelle et obésité dans l'espèce humaine
- Des plantes sauvages aux plantes cultivées
- Espèce et spéciation
- Importance du complexe hypothalamo-hypophysaire dans la physiologie des mammifères
- L'activité cardiaque chez l'Homme
- L'activité cardiaque chez l'Homme
- L'autotrophie pour l'azote chez les Angiospermes
- L'écholocation chez les chauves-souris
- L'hémodynamisme vasculaire
- L'homme et la biodiversité
- L'orientation spatiale chez les animaux
- La biologie des champignons
- La biologie des graines
- La circulation de l'eau dans la plante
- La circulation sanguine chez les mammifères
- La digestion, l'absorption et le transport des lipides dans l'organisme humain
- La dissémination chez les végétaux
- La diversité des algues
- La gamétogenèse chez les animaux
- La lumière et les végétaux (on ne traitera pas des mécanismes de la photosynthèse)
- La mise en place du rameau feuillé végétatif
- La photosynthèse de type C3 et la nutrition carbonée chez les Angiospermes
- La place du hasard dans l'évolution
- La prédation
- La recherche de la nourriture chez les animaux
- La sélection sexuelle
- La vie dans la zone intertidale
- La vie des orchidées
- La vie en groupe : avantage et inconvénients
- La vie ralentie chez les végétaux
- Le bilan hydrique chez les animaux terrestres
- Le carrefour duodénal
- Le chant des oiseaux : mécanismes neurophysiologiques et importance biologique
- Le comportement territorial
- Le polymorphisme génétique et son maintien
- Le rein des Mammifères
- Le sexe chez les animaux

- Les besoins alimentaires de l'Homme
- Les biocycles des parasites
- Les compartiments liquidiens extracellulaires chez les métazoaires
- Les fonctions branchiales
- Les innovations dans la lignée verte en liaison avec la colonisation du milieu aérien
- Les insectes, des animaux aériens
- Les interactions entre les végétaux chlorophylliens et les champignons
- Les mécanismes photosynthétiques de type C4 et CAM et leur intérêt écologique
- Les perturbations et la dynamique des écosystèmes
- Les relations interspécifiques et la structure des communautés
- Les réponses de l'organisme humain à l'exercice physique
- Les réserves des végétaux
- Les rythmes biologiques chez les organismes chlorophylliens
- Les stomates : interface avec l'environnement
- Les stratégies parasitaires
- Les symbioses chez les végétaux
- Mise en place de l'architecture chez les végétaux
- Mise en place du comportement chez les animaux : aspects ontogénétiques et évolutifs
- Organisation et ionorégulation en milieu aquatique
- Organisation sociale chez les animaux
- Phéromones et vie sociale chez les insectes
- Pollen et pollinisation
- Relation gamétophyte – sporophyte chez les embryophytes
- Soins aux jeunes et conflits intrafamiliaux (conflit parent-jeune, compétition entre les jeunes, parasitisme)
- Squelette et locomotion chez les métazoaires
- Structure et fonctionnement des écosystèmes
- Structure et fonctions de la racine
- Un modèle de boucle de régulation : la pression artérielle chez les Mammifères
- Unité et diversité des Arthropodes
- Unité et diversité des Mollusques

6.1.3.3 Leçons de spécialité du secteur C

- Données géologiques, chimiques et biologiques sur les origines de la vie
- Dynamique de la chaîne alpine
- Gîtes métallifères en contexte de convergence
- L'enregistrement sédimentaire des variations du niveau marin
- La conquête du milieu terrestre
- La différenciation de la Terre
- La dynamique des éruptions volcaniques
- La lithosphère continentale
- la lithosphère océanique
- La mesure du temps en géologie
- La notion d'anomalies en géophysique
- La sismicité de la France dans son cadre géologique
- La tectonique des plaques, approche historique
- La Terre au Précambrien
- Le couplage océan atmosphère
- Le cycle sismique
- Le manteau
- Le noyau
- Le système solaire
- Les énergies fossiles
- Les météorites
- Les provinces magmatiques géantes

- Les variations du CO2 dans l'atmosphère terrestre : mise en évidence, causes et conséquences
- Nature et structure de la lithosphère continentale à partir de la carte géologique de la France au millionième
- Origine et évolution des Hominidés
- Origine et évolution des magmas basaltiques
- Origine et genèse des granites
- Rhéologie et géodynamique
- Rôle de la tectonique des plaques sur le climat
- Rôle de la vie dans la formation des roches
- Variation de la biodiversité au cours du temps

6.1.5 Commentaire particulier concernant les leçons d'option A

Quelques conseils établis à partir des constatations du jury :

Maîtriser les connaissances :
L'un des enjeux de la leçon de spécialité est bien évidemment de faire montre de sa maîtrise de connaissances pointues dans le secteur choisi par le candidat. De ce point de vue les capacités démontrées par les candidats sont très hétérogènes, s'échelonnant d'un niveau proche de la perfection pour quelques rares candidats à un niveau insuffisant pour un concours comme l'agrégation. Dans la majorité des cas, les connaissances sont correctes bien que parfois hétérogènes. On relève ainsi souvent une réelle difficulté à hiérarchiser les connaissances et une tendance à mettre sur un même plan ce qui relève des principes fondamentaux et ce qui, au contraire, a trait aux détails des mécanismes biologiques.

Exemple à éviter : connaître les mécanismes moléculaires de la réplication, mais confondre les termes de réplication et de transcription.

Adopter une démarche explicative :
L'enjeu des connaissances ne doit pas masquer ce qui, chez la plupart des candidats constitue un handicap majeur : la capacité à construire la leçon en adoptant une démarche logique et explicative. Dans la plupart des cas, les candidats commencent par présenter les modèles explicatifs puis exposent ensuite les modalités selon lesquelles les faits peuvent coller à ce modèle. Ils proposent ainsi une démarche antinomique avec celle qui permettrait à un enseignant de construire, avec ses élèves, un modèle explicatif à partir de faits d'observation ou d'expérimentation. De ce fait, pour plusieurs candidats, alors que les connaissances sont correctes, la leçon proposée reste seulement moyenne. Cet enjeu est probablement le plus difficile à remplir puisqu'il dépend de la capacité du candidat à proposer une problématique scientifique pertinente à partir du titre de la leçon qui lui est proposé. Cette capacité de problématisation est, de loin, celle qui est la plus complexe à construire. D'elle dépend cependant largement la capacité du candidat à traiter le sujet qui lui est proposé et, à plus long terme à enseigner des concepts scientifiques.

Exemple :

Travailler à toutes les échelles et construire le sens biologique :
Dans le programme officiel de l'Agrégation le titre suivant est utilisé pour désigner le secteur A : « biologie et physiologie cellulaires, biologie moléculaire ; leur intégration au niveau des organismes ». Trop de candidats oublient la deuxième partie de cet intitulé en passant sous silence l'intégration des mécanismes moléculaires et cellulaires à l'échelle des organismes : ils se précipitent ainsi sur la description des mécanismes moléculaires en laissant de côté la signification biologique de ces mécanismes et phénomènes dans le cadre des cellules, des tissus et des organismes.

Exemple à éviter : pour une leçon sur la gastrulation, préciser les mécanismes fins de régulation sans indiquer quel est le rôle de la gastrulation au cours du développement.

S'appuyer sur le réel et enrichir la documentation proposée :
Les candidats donnent l'impression de fuir le matériel biologique réel et les manipulations qui pourraient être associées à la leçon proposée. Si aucun matériel n'est imposé par le jury, il est très

rare de voir les candidats s'orienter vers la présentation de matériel réel (à l'exception des lames histologiques parfois peu ou mal exploitées). Bien souvent, les candidats préfèrent une photographie ou un document tiré d'internet à un objet réel qui permettrait d'observer la même chose voire plus.
Il est également à noter que les candidats ont très souvent recours à l'équipe technique pour demander des copies de documents qui sont ensuite utilisés tels quels. La présentation de matériel complémentaire à l'initiative du candidat, qui fait partie des critères d'évaluation, ne peut être prise en compte par le jury qu'à la condition qu'une véritable plus-value soit proposée (production de schémas originaux, proposition d'expérimentation…).
Il faut souligner la très grande disponibilité de l'équipe technique du concours qui tient à la disposition des candidats une grande quantité de matériel biologique prêt à l'emploi, depuis les échantillons qui peuvent être présentés en l'état jusqu'aux dispositifs d'expérimentation complexes (ExAO par exemple). L'utilisation de ce matériel permettrait aux candidats de montrer leur savoir-faire techniques et de répondre par la même occasion aux deux points mentionnés ci-dessus (adopter une démarche explicative et travailler à différentes échelles).

Exemple à suivre : dans le cadre d'une leçon sur les bases cellulaires du fonctionnement cardiaque, proposer la réalisation d'un ECG et reconstituer sur transparent ou au tableau le cycle cardiaque de façon à y inscrire les mécanismes cellulaires.

Analyser et interpréter les documents dans le cadre d'une démarche explicative :
Le principe de la leçon d'option repose sur l'intégration, par le candidat, d'un certain nombre de documents proposés par le concepteur de la leçon.
Pour ce faire, les documents doivent, dans un premier temps, faire l'objet d'une analyse précise y compris sur les aspects techniques. On note ici la difficulté des candidats à procéder à une analyse critique des documents proposés. On en reste le plus souvent à une analyse sommaire et l'interprétation n'est pas toujours suffisamment poussée. Il convient d'ailleurs de bien distinguer les deux niveaux de ce travail, l'analyse reposant directement sur les données présentées par le document, l'interprétation demandant au candidat de faire appel à ses connaissances pour replacer les résultats proposés par le document dans la problématique de la leçon.
Ce deuxième temps est souvent mal réalisé par les candidats qui peinent à intégrer correctement les documents dans la logique de la leçon. Le document est alors analysé pour lui-même sans qu'une réelle transition conduise à cette analyse.

Exemple à éviter : dans le cadre d'une leçon sur les pathologies génétiques, n'analyser que partiellement les arbres généalogiques proposés et ne pas présenter leur intérêt dans la détermination de la localisation du ou des gènes impliqués.

Rester réactif pour répondre aux questions lors de l'entretien :
Les 50 minutes de présentation sont suivies de 10 minutes de questionnement sur la leçon. Elles sont l'occasion, pour le concepteur de la leçon, de revenir sur un certain nombre de points abordés par le candidat, soit pour lever un certain nombre d'ambiguïtés, soit pour aller plus loin dans l'analyse de la problématique.
Durant les 15 minutes suivantes, les deux autres interrogateurs proposent au candidat de travailler sur un certain nombre de concepts balayant plus ou moins largement le reste du secteur A. Deux objectifs sont alors poursuivis :

- tester les connaissances du candidat dans les domaines concernés
- tester ses capacités de raisonnement

De fait, il n'est pas rare, si le candidat butte sur une question, que le correcteur lui fournisse la réponse pour aller plus loin ou l'aide à la retrouver lorsque c'est possible. Il n'est donc, en aucun cas question de piéger le candidat mais de le guider dans cet exercice complexe où il s'agit de mobiliser rapidement ses connaissances sur des sujets variés. Pour y parvenir, le jury évite soigneusement de passer du coq à l'âne et propose plutôt un cheminement continu.
Insistons pour finir sur l'importance, pour le candidat, de rester mobilisé et réactif jusqu'au bout de cet exercice qui peut, plus souvent qu'on ne le pense permettre à un candidat de se remettre en selle.

Exemple de cheminement : à partir d'une leçon dans laquelle apparaissaient des propriétés de liposolubilité de produits phytosanitaires, s'intéresser aux propriétés des membranes cellulaires et aux techniques qui permettent de les étudier.

6.1.6 Commentaire particulier concernant les leçons d'option B

6.1.6.1 Construction de la leçon

Cette étape est cruciale et doit reposer d'abord sur une analyse rigoureuse des termes du sujet de la leçon. Celle-ci doit s'enraciner autour d'une problématique scientifique clairement énoncée dans l'introduction et se développer autour d'un raisonnement -une progression logique d'arguments articulés- qui utilise la documentation ou le matériel (celui proposé par le jury et celui demandé par le candidat), les connaissances du candidat et les données collectées dans les ouvrages et les autres ressources documentaires comme des arguments –des outils- au service d'une démarche.

Certains exposés se limitent à une juxtaposition d'idées glanées dans les ouvrages, sans qu'aucun fil directeur n'apparaisse, alors que l'entretien révèle que le candidat avait pourtant les connaissances nécessaires pour élaborer un exposé logique. Afin de pouvoir les utiliser à bon escient et de manière efficace lors de l'oral, il est fortement conseillé aux candidats de connaître les ouvrages, revues et médias (y compris les vidéos) proposés dans la liste du concours, et de ne pas se limiter aux seuls ouvrages généralistes, alors que d'autres ouvrages plus adaptés et bien plus riches pour traiter le sujet sont à leur disposition.

6.1.6.2 Rigueur de la démarche adoptée

Une démarche scientifique rigoureuse est attendue sur tous les sujets, y compris ceux qui touchent de près les activités humaines et font l'objet de débats dans les médias, tels la biodiversité, les OGM, l'exploitation des ressources, les variations du climat, etc. A ce niveau de recrutement, les candidats doivent s'appuyer sur des arguments scientifiques concrets afin de construire leur raisonnement.

Certaines leçons, entre autres celles concernant le comportement animal, sont encore abordées avec une vision naïve argumentée à l'aide d'un vocabulaire et d'un point de vue superficiels, finalistes, voire anthropomorphiques et en utilisant des modèles et hypothèses théoriques soutenus à posteriori par des faits évidemment ad hoc. Un modèle ne saurait se substituer à des données concrètes : une démarche expérimentale testant des hypothèses élaborées à partir d'observations doit être constamment privilégiée. Une éventuelle formalisation théorique ne saurait venir qu'ensuite.

Malgré ces réserves, le jury tient à souligner que le niveau des candidats dans le domaine de la biologie du comportement animal a continué à s'améliorer de façon significative. La vision de l'évolution et des mécanismes évolutifs se révèle encore trop souvent superficielle voire caricaturale, même si des progrès sensibles en la matière ont également été remarqués au cours de cette session.

6.1.6.3 Dimension pédagogique générale de l'exposé

La dimension pédagogique de la leçon est certaine : au-delà des qualités scientifiques du candidat, le jury cherche à savoir s'il est capable de se montrer un orateur au service de son message. Le jury a apprécié l'attitude de la majorité des candidats, leur gestion du temps en général correcte.

En ce qui concerne l'aisance à l'oral, celle-ci s'avère très inégale selon les candidats. Cette année, le jury a constaté l'augmentation nette d'une tendance à une lecture systématique et constante des notes de préparation par une proportion importante des candidats : c'est un travers qu'il faut combattre vigoureusement pour la bonne fluidité du discours et de façon à garder une certaine distance vis-à-vis des notes de préparation qui doivent seulement servir de point d'appui ponctuel pour ne pas perdre le fil de l'exposé.). D'autre part, le jury a parfois relevé des « tics de langage » qui nuisent à la qualité de l'exposé mais cela reste limité.

En général, l'utilisation du tableau et des autres supports est assez bonne. Le jury rappelle qu'il prête une attention marquée à la tenue du tableau, à la qualité des transparents produits par le candidat. Cependant un certain nombre de candidats ont une mauvaise gestion du rétroprojecteur, dans la mesure où ils ne regardent que le transparent sur le rétroprojecteur, sans vérifier que la projection sur l'écran de la salle d'oral est correcte : beaucoup de transparents n'ont pas été présentés efficacement au cours de cette session.

L'utilisation et le bon réglage des appareils d'observation (mise au point, luminosité, grossissement, etc.) n'ont pas posé de problèmes. Par contre, l'exploitation scientifique des observations ainsi réalisées laisse à désirer : pauvreté et schématisation extrême des observations, faiblesses scientifiques des titres et légendes sont des constats assez fréquents. Cet aspect de l'exploitation des observations doit être amélioré.

6.1.6.4 Utilisation pertinente et rigoureuse de la documentation ou du matériel fournis ou demandés

Pour étayer leur leçon, les candidats doivent appuyer et illustrer leurs propos à partir d'observations argumentées sur du matériel biologique. Au cours de leur exposé, ils doivent exploiter sérieusement le matériel imposé ou demandé et ne pas se contenter d'en faire une présentation rapide et superficielle. Le jury souligne l'importance de l'observation et de la démarche expérimentale et invite les candidats à manipuler avec soin pendant la leçon (dissections, EXAO, calculs, etc.), de façon à bien relier les notions exposées à des objets concrets.

Le corpus documentaire fourni par le jury B doit être utilisé de façon méthodique et rigoureuse, dans le cadre de la progression choisie par le candidat. L'exploitation de ces documents, en nombre restreint (en général 4 ou 5 documents), doit être poussée aussi loin que possible, ce qui n'est pas le cas général. De trop nombreux candidats se contentent d'une approche superficielle de ces documents, souvent limitée à une description sans véritable analyse, et *ipso facto* sans interprétation réelle.

Rappelons que le « statut » des documents est variable selon les leçons : pour beaucoup d'entre elles, les documents du jury B permettent au candidat de développer plus particulièrement tel ou tel point du sujet, sans prétendre à l'exhaustivité. Dans quelques sujets de leçons plus ciblées, pour lesquelles la documentation générale pourrait s'avérer limitée, l'essentiel de l'information scientifique nécessaire pour traiter la leçon peut être tiré du corpus documentaire fourni et le jury portera alors une attention encore plus marquée à la qualité d'utilisation scientifique de ces documents et à leur intégration dans la démarche globale du candidat.

Les observations sur du matériel frais restent encore trop rares ou maladroitement mises en œuvre. L'observation directe d'une coupe microscopique plutôt que sa présentation sous forme d'image doit être privilégiée. Prendre l'initiative de sortir, de présenter et de manipuler du matériel est aussi une occasion que trop peu de candidats saisissent pour montrer leur créativité, leur habileté à manipuler, leurs connaissances naturalistes et leur goût pour le réel et l'observation du concret. Le jury déplore que de nombreux candidats préfèrent des schémas théoriques (souvent approximatifs) à du matériel frais (coupes, dissections, montage). Il rappelle que les Sciences de la Vie et de la Terre fondent leur démarche sur l'analyse du réel. Le jury se montre donc sévère quand un candidat délaisse le matériel frais ou interprète le réel à la lumière d'une idée théorique au lieu du contraire. Présenter une seiche dans une cuvette sans la disséquer, demander une lame histologique de feuille d'élodée quand le candidat dispose d'élodée vivante est inacceptable, tout autant que de représenter un schéma théorique de cyanobactéries comme illustration d'une culture ne contenant que des algues vertes !
Mais le jury note avec satisfaction que certains candidats ont utilisé des séquences vidéo choisies fort à propos et illustrant bien certaines leçons.

6.1.6.5 Connaissances scientifiques générales

Comme chaque année, le jury B a été frappé par la difficulté qu'éprouvent de nombreux candidats à exploiter des principes physiques, chimiques et biochimiques de base, indispensables à la compréhension au premier ordre des phénomènes biologiques abordés. Cette méconnaissance s'accompagne également de difficultés à manier les outils mathématiques les plus élémentaires. Par exemple, trop peu de candidats savent calculer une fréquence, une pression, formaliser un concept de base comme l'oxydo-réduction, utiliser des lois élémentaires de la thermodynamique ou développer l'équation de la croissance d'une population.

Par ailleurs, la rigueur ne peut être respectée que si les ordres de grandeurs des objets observés en sciences de la vie et de la terre, ainsi que les unités de mesure sont maîtrisés par le candidat.

D’autre part, le jury tient également à rappeler que les notions d'histoire des sciences font partie du programme et qu'elles sont utiles à la maîtrise de la démarche scientifique

6.1.6.6 Lacunes et insuffisances scientifiques sur le programme de spécialité B

Le jury souligne des lacunes importantes dans des domaines pourtant incontournables.

De façon globale, le jury a constaté une méconnaissance flagrante, voire des lacunes inexplicables dans un concours de recrutement de ce niveau, quant aux plans d’organisation des êtres vivants, quelle que soit la catégorie d’êtres vivants considérée, ou sur le fonctionnement des méristèmes, ou encore sur les grands principes et les méthodes de la classification phylogénétique et les conséquences sur le redécoupage évolutif lié à cette classification.

Un autre domaine fortement touché par cette érosion des connaissances est celui de la physiologie animale, y compris humaine, pour lequel les grandes fonctions sont rarement dominées scientifiquement par les candidats.

En ce qui concerne les neurosciences. Il n’est pas admissible que des candidats soient incapables de décrire l’organisation générale du cerveau humain et ses grands principes fonctionnels (comme par exemple celui du traitement des informations sensorielles), ce qui est très dommageable au regard de l’importance que ce domaine a pris en biologie.

Un autre domaine négligé des candidats est celui de la biologie de la conservation. Un professeur agrégé des SV-STU doit faire preuve d’un minimum de connaissances en la matière étant donné son impact sociétal.

Enfin, les candidats à l’Agrégation des SV-STU doivent avoir reçu une solide formation naturaliste de base. Il est pour le moins étonnant qu’aucun candidat ou presque ne sache reconnaître une cigale, un hanneton ou encore une hirondelle ; c’est encore plus étonnant lorsqu’un candidat affirme n’en avoir jamais vu voler ! Au cours des prochaines sessions, le jury continuera à renforcer l’évaluation des connaissances naturalistes des candidats, en particulier celles concernant les espèces les plus courantes de la faune et de la flore de France.

6.1.7 Commentaire particulier concernant les leçons d’option C

Les leçons d'option C entraînent le même type de remarques que celles des secteurs A et B. Les observations suivantes ne feront que compléter les commentaires ci-dessus.

Construction de la leçon

Les documents proposés sont très variés en contenu et en niveau. Ils peuvent ou non comporter des objets: échantillons, lames minces, cartes... Cette dimension naturaliste est privilégiée dans l'évaluation par le jury et c'est au candidat d'apporter les objets s'ils ne sont pas proposés.
Les documents fournis par le jury n'indiquent pas forcément le fil conducteur de la leçon : un sujet classique se voit par exemple enrichi de documents plus innovants, de résultats expérimentaux récents … Alors qu'un sujet plus pointu sera accompagné de documents plus « éclairants ». L'ordre des documents fournis n'est pas un plan de la leçon.
Les candidats doivent compléter ces documents fournis en rajoutant des faits scientifiques et/ou du matériel leur permettant d’argumenter certains aspects de la leçon. L'exploitation à bon escient de ce « matériel » choisi par le candidat lui-même est jugée positivement, car elle permet au jury d'apprécier sa créativité. Le jury regrette que la contribution du candidat, en termes d’illustration supplémentaire, se résume trop souvent à des transparents de schémas.

Connaissances scientifiques

Le jury déplore un manque de maîtrise des bases scientifiques en général, non seulement en sciences de la Terre mais sur des notions simples de chimie ou de physique. Cela peut se traduire par un vocabulaire inadapté. Un exemple parmi tant d’autres : de nombreux candidats confondent et utilisent indifféremment les termes éléments (chimiques), isotopes, molécules, atomes. Ils peuvent tenir tout un long discours sur la formation du système solaire et de la Terre mais ne connaissent pas la différence entre fer ferreux et fer métallique ou ne font pas de différence entre élément

volatils/réfractaires/lourds/légers/sidérophiles etc. La confusion est fréquente entre ferromagnésien/ferromagnétique et fer métallique/fer ferreux.
L'utilisation des cartes géologiques par les candidats pose problème : la carte de France au millionième reste un mystère pour la moitié d'entre eux, les cartes au 1/50000 ne sont que trop rarement exploitées correctement.....

Présentation de l'exposé

Les candidats lisent souvent leurs notes et ne rentrent pas suffisamment dans leur sujet.
Les leçons collant de trop près aux contenus des livres restent impersonnelles et superficielles : on attend des candidats un investissement, une appropriation des faits géologiques.

Les plans proposés par les candidats sont souvent scolaires et présentent des titres peu démonstratifs ou non homogènes. Le manque d'une problématique définie, posée en introduction, empêche souvent la construction d'une leçon suivant un fil directeur bien identifié : les candidats se contentent d'un empilement de résultats, données ou modèles, sans hiérarchie claire.

On ne conseillera jamais assez aux candidats d'utiliser des exemples concrets (roches, lames minces, photographies, cartes etc…) permettant d'illustrer un processus géologique et accompagnant un modèle qui permet d'accéder à une compréhension des paramètres importants jouant sur le fonctionnement d'un système géologique.
La démarche scientifique n'interdit pas de partir d'un modèle pour en comprendre la construction, ou pour tester ledit modèle et montrer comment les connaissances permettent de l'améliorer : par exemple l'utilisation du modèle PREM dans la connaissance de la structure interne du globe.

Les documents proposés par le jury sont souvent des transparents rapportant des données géophysiques ou géochimiques, des résultats d'expériences ; ce peut être également des cartes géologiques, des échantillons de roches, des lames minces, des photos d'affleurement… Le candidat doit les présenter au jury, les décrire systématiquement (avant même de les interpréter !) en expliquant ce qui a été mesuré et éventuellement comment, les interpréter et les replacer dans le contexte de la leçon pour argumenter sa démonstration. L'exercice de présentation et d'exploitation des documents permet ainsi d'évaluer conjointement les capacités d'analyse scientifique et les qualités pédagogiques.
Les échantillons et lames minces sont inégalement exploités : un exemple à suivre est celui des candidats qui font une présentation très complète des échantillons à différentes échelles et l'accompagnent de schémas et croquis explicatifs soignés..
L'utilisation des documents sur transparents doit être personnalisée c'est-à-dire s'accompagner d'une production personnelle interprétative.
Pour être efficace dans la présentation et l'exploitation de ces documents, il faut à la fois penser à décrire de façon précise et compréhensible le document en question, et en tirer rapidement les résultats principaux. Les candidats doivent absolument donner des indications essentielles (origine et techniques d'acquisition des données, axes du graphique, discussion sur les limites de fiabilité des valeurs, etc.) nécessaires à la compréhension du document. Il ne s'agit pas non plus pour le candidat de passer trop de temps à relire toutes les légendes et à essayer de retrouver ses conclusions. Certains documents sont construits à partir de plusieurs figures, observations ou résultats, sur un ou plusieurs transparents : il est alors attendu des candidats qu'ils mettent en relation ces différentes données ou figures pour parvenir à une conclusion.

Les candidats maîtrisent de mieux en mieux les différents moyens de communication : rétroprojecteur et vidéoprojecteur, cependant cela se fait souvent au détriment de l'utilisation du tableau. Rares sont les leçons où le tableau se construit progressivement et à la fin desquelles le candidat présente un schéma bilan répondant au sujet.

Contenus des entretiens

Au cours du premier entretien, le jury revient sur certaines des points abordés au cours de la leçon pour obtenir des précisions et des explications. Des aspects non abordés pendant la leçon, mais dans la thématique de la leçon, peuvent aussi être discutés.
Dans la deuxième partie de l'entretien, sur d'autres thèmes du secteur C, les questions portent sur différents points du programme général. Les questions ont souvent porté sur des sujets scientifiques largement discutés et pourtant pas toujours maîtrisés ; comme par exemple sur les ressources

énergétiques. Au cours de l'entretien, les candidats peuvent être également amenés à raisonner sur des observations ou résultats qui ne sont pas classiques et qu'ils n'ont pas forcément vus au cours de leur formation.
Le jury est dans ce cas sensible à la réactivité des candidats et à la réflexion menée par ceux-ci.

6.2 ÉPREUVES DE CONTRE OPTION

6.2.1 La leçon de contre option

Cette épreuve porte sur les domaines autres que la spécialité du candidat. Ainsi un candidat d'option A ou B aura une leçon de contre option en Sciences de la Terre et de l'Univers, suivie d'une interrogation en Sciences de la Vie (respectivement en b ou a), alors qu'un candidat d'option C aura une contre option en Sciences de la Vie (secteur a ou b) suivi d'une interrogation dans l'autre secteur des Sciences de la Vie (b ou a).

6.2.1.1 Le déroulement de l'épreuve

Conditions de préparation :
Après avoir pris connaissance du sujet, le candidat dispose de 4h pour préparer sa leçon. Aucun document ne lui est imposé, contrairement à l'épreuve de spécialité. Après une réflexion de 15 minutes, l'accès à la bibliothèque est autorisé. Le candidat remplit une fiche lui permettant d'obtenir les ouvrages, les documents et les matériels dont il estime avoir besoin. Aucun matériel d'expérimentation n'est fourni dans les 30 dernières minutes de la préparation. Il en est de même pour les documents et autres supports dans les 15 dernières minutes.

Durant son temps de préparation, l'étudiant doit construire sa leçon, réaliser les transparents qui lui semblent indispensables et, éventuellement un ou plusieurs montages expérimentaux.

Conditions de présentation et d'entretien :
A l'issue des 4 heures de préparation, le candidat expose pendant 40 minutes devant une commission de 4 personnes.

Dès la fin de l'exposé, l'interrogation a lieu en trois temps :

- Un premier échange de 5 minutes, conduit par le concepteur du sujet, porte sur le contenu de la leçon.
- Une deuxième interrogation de 10 minutes, menée par un autre membre de la commission, mobilise des connaissances dans le même domaine scientifique. Le questionnement s'écarte du thème de la leçon et explore les connaissances dans des champs du même secteur scientifique.
- Enfin, le dernier questionnement de 10 minutes est conduit par un troisième interrogateur et explore les connaissances de la deuxième contre-option.

Lors de la première interrogation, le jury revient sur certains aspects de l'exposé ; cela peut concerner le déroulement d'une expérience, l'explicitation d'un cliché, l'exploitation d'un échantillon présenté, sur un aspect du sujet qui n'a pas été abordé par le candidat ou bien sur certaines erreurs pour déterminer s'il s'agissait d'un lapsus ou non. L'objectif de ce questionnement est de s'assurer que le candidat a acquis une bonne compréhension globale des différents aspects du sujet proposé.
La deuxième interrogation s'écarte de l'exposé et explore d'autres domaines du secteur. L'interrogateur s'efforce généralement de prendre appui sur un ou plusieurs points présentés dans la leçon pour élargir son questionnement. S'agissant d'une contre-option, le jury ne cherche pas à tester des connaissances de détail mais il veut s'assurer d'une bonne vision intégrée des connaissances du secteur exploré.
La troisième interrogation porte sur la deuxième contre option. Il y a donc changement de secteur. L'interrogateur peut prendre appui sur un document (électronographie, résultat d'expérience, photographie) pour amorcer le questionnement. Au cours de la discussion qui s'engage, le membre du jury qui interroge explore différents domaines de la deuxième contre option.

Le questionnement dans les deux contre-options est aussi l'occasion d'aborder les questions d'actualité. Cela permet au jury de s'assurer que le candidat est informé de grandes problématiques de société liées au secteur considéré.

L'oral de contre-option est donc une épreuve qui nécessite une concentration permanente, une bonne réactivité et de solides connaissances générales en lien avec les problématiques sociétales actuelles lies aux Sciences de la Vie et de la Terre, qualités appréciées chez un futur enseignant.

6.2.1.2 Constats et conseils

Le jury a assisté à quelques leçons dogmatiques, très théoriques et sans démarche démonstrative. Ce type d'exposé, qui ne constitue heureusement pas la majorité, doit être proscrit. Les connaissances actuelles en sciences de Vie, de la Terre et de l'Univers reposent sur des faits d'observation, des relevés de mesures, des expériences. Il est donc important que le futur enseignant intègre cette démarche dans la conception de ses leçons. Ainsi, des expériences, des montages ou des manipulations, mêmes simples, sont toujours très appréciés par le jury.
Par ailleurs, le jury invite les candidats à réfléchir au statut des modèles et de la modélisation dans leur raisonnement. Un modèle est une construction intellectuelle qui essaie de rendre compte d'une réalité complexe. Il convient donc de s'interroger sur sa place dans la démonstration, sur sa valeur prédictive ou explicative et sur son dimensionnement. Il est important de ne pas confondre les faits avec les modèles. Ces derniers peuvent apparaître sous forme d'un bilan de la leçon ou bien ils peuvent servir à poser des questions critiques lors de la démonstration.

Au-delà des connaissances pures, le jury attache aussi une grande importance à la perception du sujet par le candidat. Le libellé du titre, l'identification des mots clés, la recherche d'une problématique biologique ou géologique claire doivent conduire les candidats à proposer une progression qui donne du sens. Par exemple, dans le secteur A, un sujet qui traite du rôle du néphron chez l'Homme doit certes décrire les mécanismes cellulaires et moléculaires de la filtration ou de la réabsorption mais aussi s'intéresser à la place de ces phénomènes dans le fonctionnement global du système ou à la signification évolutive de ce fonctionnement dans le contexte de la vie aérienne…
D'autre part, le format de l'épreuve impose un rythme soutenu dans le questionnement qui suit l'exposé. Ainsi, le jury observe souvent une baisse de réactivité très nette au cours des entretiens. Il est donc impératif de garder de l'énergie pour ces derniers.

6.2.1.3 Quelques particularités propres à chaque secteur

Secteur A

Problématiser pour trouver le sens biologique :
Le titre des leçons proposées recouvre généralement une ou plusieurs problématiques que le candidat doit énoncer de façon claire. Il s'agit d'une étape importante et difficile car elle requiert, de la part du candidat, un minimum de connaissances sur le sujet proposé et le recul nécessaire pour les mettre en perspective. Cette problématisation va souvent de pair avec une bonne maîtrise, par le candidat du sens biologique des phénomènes concernés. Par exemple, une leçon sur la différenciation cellulaire nécessitera une mise en perspective de ce phénomène dans le cadre des processus de développement et de régénération tissulaire. C'est aussi sur la base de cette problématique claire que le candidat pourra bâtir la progression de sa leçon.

S'appuyer sur le réel pour construire une démarche explicative pouvant aboutir à des modèles :
Trop souvent, les candidats fondent leur progression sur un modèle théorique préexistant et présenté d'emblée en début de leçon. Les observations sont ensuite utilisées pour être plaquées sur le modèle et le justifier a posteriori. Cette démarche est à l'opposé d'une démarche scientifique qui, sur la base d'un certain nombre d'observations, d'arguments, d'expériences, d'investigations, aboutit à la construction progressive d'une théorie plus tard enrichie ou modifiée par de futurs apports. L'observation du réel, l'expérimentation jouent, dans cette perspective, un rôle prépondérant. Pour les candidats, elles devraient être un passage quasiment obligatoire pour amorcer puis accompagner la démarche explicative. Par exemple, dans le cadre d'une leçon sur la circulation sanguine, proposer une manipulation puis une dissection du cœur.

Ne pas se cantonner à l'échelle cellulaire ou moléculaire :
Le secteur A couvre les champs de la : « biologie et physiologie cellulaires, biologie moléculaire ; leur intégration au niveau des organismes ». Trop de candidats oublient la deuxième partie de cet intitulé en passant sous silence l'intégration des mécanismes moléculaires et cellulaires à l'échelle des organismes : ils se précipitent ainsi sur la description des mécanismes moléculaires en laissant de côté la signification biologique de ces mécanismes et phénomènes dans le cadre des cellules, des tissus et des organismes. Le jury est certes sensible au fait que le candidat maîtrise les aspects moléculaires mais l'intégration biologique nécessite que ces aspects puissent être mis en perspective dans le cadre d'un balayage de toutes les échelles de la molécule à l'organisme.

Hiérarchiser et maîtriser les connaissances :
L'ensemble des conseils précédents ne peut être suivi efficacement qu'à la condition que les candidats aient une maîtrise suffisante des connaissances dans le secteur A et qu'ils sachent, surtout hiérarchiser ces connaissances. Inutile par exemple de maîtriser tous les aspects de la transduction via les récepteurs liés aux protéines G si, par ailleurs, la notion d'hormone ne peut pas être définie de façon simple.

Secteur B

Malgré une hétérogénéité réelle, de nombreux candidats présentent des leçons de bon niveau scientifique, bien illustrées et basées sur une démarche démonstrative. Cependant une constante persiste : la rareté d'utilisation de matériel frais ou de petits montages utilisant du matériel frais. Quand des dissections sont réalisées, elles sont assez souvent présentées à sec et ne sont absolument pas démonstratives. Le jury insiste sur la nécessité de baser ses constats quand cela est possible sur des expériences et manipulations simples utilisant du matériel frais ! De futurs professeurs de biologie ne sauraient se contenter de montrer des schémas de livres ou de simplement illustrer leurs cours de photographies.

Certains candidats témoignent d'une bonne réactivité au cours des entretiens dans la contre-option b. Leur culture naturaliste est correcte, les bases de la physiologie des organismes et les adaptations aux milieux de vie sont maîtrisées et pour certains les concepts en écologie et évolution sont connus et relativement compris. Mais ce n'est pas le cas général, loin s'en faut, et il y a donc lieu de renforcer les acquis des futurs candidats en biologie des organismes et des populations pour réussir correctement cette première partie de l'épreuve de contre-option.

Notamment, les apports de Darwin, la construction de la théorie de l'Évolution ainsi que les bases du fonctionnement des écosystèmes sont en général peu maîtrisés et il est donc important de développer le fond scientifique des candidats dans ces domaines de connaissance.

Secteur C

La liste des sujets posés permet de couvrir le programme de façon homogène. Cette épreuve ne demande que des connaissances classiques et assez générales, permettant de voir si le candidat est capable de soutenir un discours géologique de niveau lycée.
Certains candidats ont parfaitement maîtrisé cette épreuve.

Comme dans toute discipline naturaliste, le jury est sensible à une démarche fondée sur l'observation et l'analyse d'objets réels en priorité. Une introduction posant un problème de sciences de la Terre en montrant un « objet » (une photo de volcan, une carte du monde, un film etc.) est souvent une bonne démarche. Nous avons noté cette année un effort réel dans la présentation d'échantillons, de cartes ou de photographies présentées en accompagnement. Trop peu de candidats s'appuient sur la carte géologique de France au millionième, pourtant utilisable avec la majorité des leçons posées. Les échantillons de roches sont trop souvent montrés du bout du doigt, sans analyse approfondie. Les échantillons classiques et leur minéralogie sont pourtant largement utilisés dans les programmes d'enseignement secondaire. Le microscope polarisant installé dans chaque salle n'est utilisé qu'exceptionnellement.
L'utilisation du vidéoprojecteur et du rétroprojecteur est en revanche correctement intégrée par la plupart des candidats.
Un certain nombre de points du programme sont souvent imparfaitement traités. Les questions sur le principe de l'utilisation de la méthode isochrone pour la datation de roches donnent de très mauvais résultats dans plus de 70% des cas. La définition même d'isotope est rarement satisfaisante.
Les entretiens révèlent souvent des lacunes des candidats sur des notions de base : reconnaissance des structures tectoniques sur les cartes, formules chimiques et structures des minéraux essentiels…

En fin de leçon, il est judicieux de laisser au tableau un schéma bilan, construit si possible au fur et à mesure de l'exposé.

La conclusion devrait servir non pas à lister à nouveau les parties du sujet, mais à prendre du recul sur ce qui a été fait, sur les débats scientifiques en cours et proposer un prolongement en guise

d'ouverture.

6.2.2 Sujets de contre option

6.2.2.1 Sujets de contre option de sciences de la vie pour les candidats de spécialité C

- Acquisition des symétries et polarités au cours du développement des Métazoaires
- *Escherichia coli* : un organisme modèle en biologie moléculaire
- L'évolution : des faits aux théories
- La biodiversité
- La chromatine
- La communication animale
- La construction des arbres phylogénétiques
- La dépense énergétique chez l'Homme
- La détermination du mésoderme chez les amphibiens
- La dynamique du génome des eucaryotes
- La maîtrise de la reproduction humaine
- La nutrition carbonée des autotrophes
- La reproduction chez les embryophytes
- La vie dans la zone intertidale
- Larves et métamorphoses chez les Anoures
- Le brassage génétique chez les procaryotes
- Le cycle cellulaire et sa régulation
- Le flux hydrique chez les Angiospermes
- Le fonctionnement du néphron dans l'espèce humaine
- Le réflexe myotatique
- Les bases cellulaires de la communication nerveuse
- Les outils du génie génétique
- Les potentiels d'action
- Les protéines nucléaires
- Les ribosomes
- Les rôles biologiques des lipides
- Les virus
- Qu'est-ce qu'un gène ?
- Réponse de l'organisme humain à l'exercice musculaire
- Stratégie et comportement reproducteurs chez les Vertébrés

6.2.2.2 Sujets de contre option de sciences de la Terre et de l'univers pour les candidats de spécialité A et B

- Accumulation sédimentaire et géodynamique
- Aléa et risque volcanique
- Cadre géodynamique et évolution des bassins sédimentaires
- Cadres géodynamiques et évolution des bassins sédimentaires
- Chronologie absolue : principes et applications
- Chronologie relative : principes et applications
- Cinématique des plaques lithosphériques
- Circulation atmosphérique et océanique
- Comportement rhéologique des matériaux géologiques et structures associées
- Crise Crétacé-Tertiaire : faits géologiques et discussions
- Croûte océanique et croûte continentale
- Du plancton à la roche

- Du plancton à la roche
- Énergie solaire et bilan énergétique de la Terre
- Érosion et altération des continents
- Évolution de la biosphère et coupure des temps géologiques
- Exploitation et protection des ressources en eau
- extension cénozoïque en France métropolitaine
- Formation des enveloppes terrestres
- Formation et évolution d'une chaîne de collision
- Genèse et évolution des magmas
- Géologie de l'Europe à partir de supports cartographiques au choix du candidat
- Géologie de l'océan Atlantique
- Géologie de l'océan indien
- glacier et sédiments associés
- Influence de la lithologie et du climat sur le modelé des paysages
- L'apparition de la vie
- L'effet de serre
- L'énergie solaire reçue par la Terre : devenir et effets
- L'érosion des continents et la sédimentation terrigène
- L'estimation des conditions de pression et de température dans les roches métamorphiques
- la biostratigraphie
- La biostratigraphie
- La chaleur interne de la Terre
- La collision continentale à partir de l'exemple de l'Himalaya
- La collision continentale à partir de l'exemple des Alpes
- La croûte océanique : structure et mise en place
- La distribution d'énergie solaire à la surface de la Terre et ses conséquences
- La fusion partielle de la croûte continentale
- La genèse des magmas dans leur contexte géodynamique
- La lithosphère océanique
- La mesure du temps en géologie
- La mobilité de la lithosphère
- La Pangée
- La reconstitution d'un paléoenvironnement au choix du candidat
- La reconstitution des paléoenvironnements continentaux
- La rythmicité dans les processus sédimentaires
- La rythmicité dans les processus sédimentaires
- La sédimentation biogène
- La sédimentation en domaine océanique
- La sédimentation sur les marges passives
- La Terre au Précambrien
- La Terre comparée aux autres planètes telluriques
- Le champ magnétique terrestre : origine et évolution
- Le cycle externe de l'eau
- Le magmatisme d'origine mantellique
- Le magmatisme lié à la formation et à l'évolution des chaînes de montagnes
- Le métamorphisme : marqueur géodynamique
- Le métamorphisme lié à la formation des Alpes
- Le noyau terrestre
- le paléomagnétisme : marqueur de la géodynamique océanique et continentale
- Le volcanisme dans le DOM et sa signification géodynamique
- les basaltes
- Les bassins houillers en France
- les bassins sédimentaires observés sur la carte de France au millionième dans leur cadre géodynamique
- Les bioconstructions carbonatées les marges passives
- Les courants océaniques

- Les différents types de métamorphisme et leur signification géodynamique à partir de la carte de France au millionième
- Les dorsales océaniques
- Les dynamismes éruptifs
- Les échanges océan – atmosphère
- Les enregistrements des paléoclimats
- Les glaciations
- Les grandes accumulations sédimentaires détritiques
- Les grandes ligne de l'histoire géologique du Jura à partir de cartes géologiques au choix du candidat
- Les grandes lignes de l'histoire géologique des Alpes à partir de cartes géologiques au choix du candidat
- Les grandes lignes de l'histoire géologique du Massif Armoricain à partir de cartes géologiques au choix du candidat
- Les grands cycles orogéniques à partir de la carte de France au millionième
- Les granitoïdes
- Les marges actives
- Les marges continentales de la France métropolitaine
- Les marqueurs de la cinématique des plaques à différentes échelles de temps
- Les marqueurs de la collision continentale
- Les marqueurs géologiques et géochimiques des glaciations
- Les métamorphismes liés au cycle alpin en France
- Les météorites
- Les modifications anthropiques des enveloppes externes
- Les nappes d'eau souterraines : ressources en eau, sources d'énergie
- Les ophiolites
- Les planètes du système solaire
- Les ressources énergétiques du sous-sol
- Les ressources énergétiques fossiles
- Les rifts continentaux
- Les sédiments chimiques
- Les séries magmatiques
- Les variations climatiques à différentes échelles de temps
- Les variations du niveau marin
- Mobilité horizontale et verticale de la lithosphère océanique
- Originalité de la Terre dans le système solaire
- Origine et évolution des Hominidés
- Origine et genèse des séquences des dépôts
- Paléomagnétisme et cinétique lithosphérique
- Réactif et sédimentation périrécifale
- Réservoirs, flux et processus impliqués dans le cycle de l'eau
- Rifting et ouverture océanique
- Sismologie et structure du globe
- Transferts de matières du continent à l'océan
- Utilisation biostratigraphique et paléoécologique des fossiles
- Utilisation des microfossiles en géologie
- Utilisation des roches dans la construction

6.2.3. Épreuve portant sur la compétence « Agir en fonctionnaire de l'État et de façon éthique et responsable »

- Durée de la présentation : 10 minutes maximum
- Durée de la discussion avec le jury : 10 minutes maximum

Pour cette seconde partie de l'épreuve de contre-option, le candidat est invité à argumenter pendant dix minutes à partir d'une question accompagnant un document d'appel, remis au début de l'épreuve. Il a construit pendant 20 minutes au maximum (durée conseillée) des éléments de discussion durant

le temps de préparation. A la suite de la présentation, les membres du jury s'entretiennent dix minutes avec le candidat.

La question et le document portent sur des registres variés : épistémologie, histoire des sciences, place de la science dans la société à partir de thèmes socialement vifs (alimentation, santé, dopage, génétique, évolution, environnement et développement durable, risques naturels, gestion des ressources, enjeux de l'exploration minière, pétrolière, ou spatiale, expertise scientifique et prise de décision).
Les échanges avec le candidat s'intéressent aux connaissances, aux capacités et aux attitudes attendues dans l'exercice du métier de professeur et définies par le Bulletin officiel n° 29 du 22 juillet 2010 (plus particulièrement mais pas exclusivement les points 1 et 3*).*

Le jury propose ici une explicitation de ce texte officiel dans le contexte précis du concours de l'agrégation externe de SV-STU.

6.2.3.1 Modalités de l'épreuve

Le candidat reçoit, en même temps que le sujet de la leçon de contre-option, une enveloppe contenant une question qui l'incitera à envisager un thème socialement vif, sous l'angle de l'exercice responsable du métier de professeur de sciences de la vie et de la Terre.

A la fin de l'interrogation sur la leçon de contre-option, un temps de transition est aménagé pour aider le candidat à changer de posture pour cette épreuve : il est invité à quitter l'estrade et à s'asseoir en face du jury. Il prend la parole lorsqu'il s'estime prêt, pendant dix minutes au plus.

Une discussion s'engage ensuite avec le jury, durant dix minutes au maximum. Le jury apprécie alors la capacité du candidat à prendre un certain recul critique par rapport aux connaissances scientifiques, en évoquant par exemple, leurs caractéristiques, leur mode de construction, leurs relations avec des problématiques éthiques, leur lien avec l'exercice de la responsabilité individuelle et collective du citoyen (en matière de santé et environnement notamment), ainsi que certaines ouvertures interdisciplinaires (importance de la pensée statistique, relation avec les progrès techniques, rapport de l'homme à la nature et aux croyances, prise en compte des enjeux économiques, sociaux, politiques, médiatiques, culturels,...).

6.2.3.2. Commentaires du jury et orientations pour la session 2012

Le jury a valorisé les candidats capables par exemple :

- d'identifier l'ancrage social du thème proposé, d'en appréhender la complexité et d'évoquer des argumentaires parfois contradictoires portés par différents acteurs sociaux liés à des intérêts, des valeurs et des idéologies divergents ;
- de proposer une vision non dogmatique et dynamique du fonctionnement des sciences, prenant en compte quelques aspects épistémologiques comme les relations entre modèles et observations, la place de l'inventivité, du hasard, de l'erreur, des probabilités dans la démarche scientifique ;
- de présenter des éléments de sociologie des sciences mettant en lumière les relations entre la construction du savoir scientifique et l'environnement socio-économique ;
- d'identifier comment ces différents facettes peuvent être prises en charge dans l'enseignement scientifique, notamment dans le cadre des « éducations à » et afin de contribuer à la construction d'une image des sciences ouvertes sur la société ;
- d'identifier les enjeux et les différents objectifs de l'éducation scientifique citoyenne (en termes de savoir, savoir faire, savoir être) ;
- de caractériser le rôle et la place de l'enseignant de sciences dans le cadre plus général du projet de l'école ;
- de mettre en relation interdisciplinaire et partenariale l'enseignement des sciences ;
- de prendre un recul critique et argumenté, et de se positionner de manière éthique et responsable face aux différentes formes et logiques de médiations scientifiques.

Le jury a constaté les difficultés suivantes lors de la discussion avec les candidats :

- un discours parfois trop formaté, dogmatique ou simpliste, concernant le fonctionnement et la place des sciences dans la société ;
- une représentation des sciences qui n'appréhende pas le raisonnement scientifique comme une articulation de modèles, d'observations et d'expérimentations ;
- une insuffisance de réflexion sur la place des sciences dans la société, notamment autour des questions d'expertise, de gestion des risques et des ressources, de développement durable ;
- des représentations caricaturales et simplistes des enjeux des « éducations à, » des activités à mener, des objectifs à atteindre en tant que futur enseignant de sciences.

Orientation pour 2012

Un enseignant de sciences, doit être capable d'argumenter sur :

- les modalités de construction des savoirs scientifiques et leur évolution au cours du temps ;
- les relations entre sciences et société (dans les contextes d'expertise ou encore dans les comités d'éthique, pour la gestion des risques et des ressources, ou pour l'évaluation des choix scientifiques et techniques) ;
- l'éthique scientifique et l'éthique enseignante, notamment face à des questions socialement vives, controversées, expertisées et médiatisées ;

les différentes missions d'un enseignant de sciences, en relation avec les enseignants d'autres disciplines et d'autres partenaires impliqués dans les « éducations à » : la citoyenneté, aux choix responsables, aux sciences, aux médias, au développement durable, à la santé, à l'alimentation, etc... .

6.2.3.3 Quelques éléments de précisions sur les thèmes et les questions associées, durant la session 2011

Quelques grands thèmes proposés

- Inventivité, créativité, hasard, erreur dans la démarche scientifique
- Modèles et observations dans la démarche scientifique
- Gestion des risques, des ressources et prise de décision
- Éducation aux choix responsables et enseignement scientifique
- Connaissances et croyances dans l'enseignement des sciences
- Médiatisation d'une question scientifique et positionnements éducatifs

Un point doit être souligné : la question posée au candidat a pour but d'amorcer une discussion ; elle ne vise en rien à rechercher des réponses toutes faites et ne limite nullement la discussion qui suivra avec les membres du jury. Il s'agira toujours d'une question très ouverte du type :

«Indiquez comment vous pourriez attirer l'attention des élèves sur les problèmes éthiques liés à cette question socialement vive»
Ou
« Proposez une piste de réflexion qui pourrait être engagée avec les élèves sur la place des données scientifiques sur le thème abordé, dans le cadre d'une éducation aux choix responsables»

La question pourra être un peu plus précise si le thème s'y prête. Par exemple :
« Quelle(s) attitude(s) particulière(s) de votre part au moment d'aborder en classe les débats médiatisés sur la question climatique ?»
Ou
« L'enseignement de l'évolution se heurte parfois à des résistances sociales. Quelle(s)s attitudes adopteriez-vous en tant que professeur de sciences ?».

6.2.3.4. Quelques réflexions générales autour de l'esprit de l'épreuve

Qu'entend-on par « exercice responsable du métier de professeur de sciences de la vie et de la Terre » ?

Chacun s'accorde sur deux points : il est incontestablement indispensable d'avoir un haut niveau de maîtrise disciplinaire pour enseigner les sciences de la vie et de la Terre, mais ce haut niveau ne suffit pas. En particulier, au-delà de la stricte connaissance approfondie du champ scientifique, il convient d'être conscient que l'acte d'enseigner se déroule dans un contexte (social et institutionnel) et que l'on ne peut pas se désintéresser totalement des implications de cet enseignement au-delà du champ scientifique strict.

Pour bien comprendre ce que l'on attend, il convient cependant aussi de prendre conscience que l'agrégation de SV-STU reste – évidemment – une agrégation scientifique et que l'on n'attend pas d'un agrégatif qu'il soit également expert en philosophie, sociologie, psychologie, etc. Tout au plus lui est-il demandé de montrer qu'il a l'esprit ouvert sur au moins une partie de ces questions. Le balayage large conduit au cours de la discussion a pour objectif de permettre au candidat de montrer un exemple de ces qualités dans le champ de réflexion qui l'intéresse le plus.
Il faut insister : cette discussion n'est pas un oral de langue de bois.

Qu'attend-on du candidat lors des 10 minutes maximum à sa disposition pour exposer son analyse ?

Le candidat sera libre de s'organiser comme il veut pour montrer, comme il est dit plus haut, qu'il est capable d'élaborer une analyse réflexive et critique sur ses connaissances. Il n'y a aucun exercice imposé, ni aucune consigne formelle particulière.

Un point doit être souligné : l'exposé du candidat dure 10 minutes au maximum. Il ne peut être plus long sans risquer de rendre impossible la discussion avec le jury. En revanche, il est tout à fait inutile de chercher à « tenir » tout ce temps. Une bonne solution pourrait être de viser entre 5 et 10 minutes.

Quel temps le candidat doit-il passer à préparer cet aspect de l'interrogation pendant les quatre heures de préparation ?

Clairement : le moins possible. C'est d'ailleurs pourquoi le jury s'interdit de fournir un document complémentaire long et complexe dont l'étude serait en elle-même chronophage.

Insistons : l'agrégation de SV-STU recrute des professeurs de sciences. Elle cherche donc à observer un futur professeur mimant autant que possible l'acte d'enseigner. Il est question ici de prendre en compte l'appréciation du contexte de l'acte d'enseigner. La prise en compte de ce contexte n'est d'ailleurs par réellement nouvelle. Elle est simplement plus systématique et rendue plus visible.

Qui interroge les candidats sur ces aspects ?

Le jury. Le jury tout entier. Il n'y a aucun membre du jury spécialisé dans cette interrogation. De même que la totalité des membres du jury sont impliqués dans la partie strictement scientifique de la leçon de contre-option.
Les questions portant sur le recul critique vis-à-vis des savoirs scientifiques sont posées par des scientifiques et non par des spécialistes de l'éthique, des institutions, ou de l'épistémologie. Au cours de la discussion, un ou plusieurs membres du jury participent à la discussion, sans exclusion ni organisation systématisée à l'avance.

L'interrogation est-elle si ouverte qu'il est totalement inutile de s'y préparer ?

Non. Une préparation est possible. Elle consiste, au cours de l'année de préparation, à saisir quelques occasions d'aborder tel ou tel domaine scientifique sous un angle un peu distancié de la stricte fréquentation des savoirs savants. Trois pistes peuvent être proposées.

Les conférences

De sa propre initiative, ou à celle de ses enseignants, le candidat pourrait suivre telle ou telle conférence (il n'en manque pas) proposant une analyse réflexive sur les sciences et leur rôle en société.
Insistons : il ne s'agit pas d'écouter tel ou tel « gourou » qui dirait ce que doit être une bonne vision sociétale des sciences, mais bien d'écouter un point de vue, une analyse argumentée et de la prendre

comme une incitation à la réflexion.

Quelques lectures

C'est naturellement une gageure de proposer une bibliographie sur ces questions. Sauf à être si longue qu'aucun agrégatif ne saurait rien en faire, elle ne peut être que partielle, et donc potentiellement partiale.
Les cinq ouvrages suivants étaient proposés à la réflexion des candidats de la session 2011 :

- Pestre D. 2006. Introduction à l'histoire des sciences. Paris : La Découverte. 122p.
- Bensaude-Vincent B. 2003. La science contre l'opinion. Les Empêcheurs de Penser en rond. 240p.
- Russ J., Legui C. 2008. La pensée éthique contemporaine. Paris : PUF. 127p
- Lecourt D. 2003. Humain, post-humain. Paris : PUF. 192p.

Insistons : ces ouvrages ne sont en rien ceux qu'il faut lire. Ce qui est suggéré, c'est que le candidat, au cours de sa préparation, lise deux ou trois livres de ce genre, ceux-là ou d'autres. Ces titres n'ont pour but que de donner des idées à ceux qui en manqueraient… Il ne s'agit en rien d'une bibliographie qui contiendrait les savoirs à acquérir. A aucun moment l'interrogation du candidat ne cherchera à vérifier s'il sait ou non ce qui se trouve dans un de ces livres. En revanche, dans la discussion, la question pourrait bien venir de lui demander s'il a lu quelque chose, ce qu'il en a tiré, ce qui l'a intéressé, ce qui lui a déplu.

Quelques regards autour de soi

Le jury le sait bien, pendant l'année de l'agrégation, il est fréquent de ne faire un peu « que ça ». Ce qui est proposé, c'est de s'ouvrir à ce qui se passe dans le monde, de s'intéresser aux débats médiatisés qui traversent la société sur des questions scientifiques socialement vives. Ainsi, préparer l'agrégation l'année de la biodiversité ou en même temps que le parlement vote une révision des lois de bioéthique peut inspirer la réflexion.

La rubrique Le grand débat dans le magazine La Recherche, la rubrique sciences d'un certain nombre de quotidien peuvent être des bases de réflexion.

Insistons : le candidat ne sera nullement interrogé sur sa connaissance précise de tel ou tel débat. De même, à propos de l'actualité, le candidat ne devra nullement chercher à exprimer tel ou tel point de vue qu'il supposerait attendu ou partagé par le jury. L'oral de l'agrégation s'intéresse au potentiel de réflexion des candidats, pas à leurs opinons.

AVERTISSEMENT – Le texte qui précède est une première impression directement issue de la session 2011. Un bilan plus approfondi sera tiré dans le courant de l'automne. Le jury définira alors avec précision les modalités de l'épreuve de la prochaine session. Les consignes sur ce sujet seront données par le site internet du concours à une date voisine du 1er novembre 2011. http://pedagogie.ac-limoges.fr/agreg-sv-stu/