



Concours du second degré
Rapport de jury
Session 2014

**CONCOURS EXTERNE DE RECRUTEMENT
DE PROFESSEURS AGREGES**

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

Rapport de jury présenté par François GAUER

Président de jury

1. Présentation du concours

1.1 Composition du jury

Gauer François	Président, Professeur des Universités	Université de Strasbourg
Benzerara Karim	Vice-président, directeur de recherche CNRS	CNRS et Univ. P. et M. Curie, Paris
Pajot Bertrand	Vice-président, inspecteur général de l'éducation générale	Inspection Générale de l'Éducation Nationale, Paris
Bassaglia Yann	Maître de conférences	Université Paris Est-Créteil
Beaux Ghislaine	Professeur Agrégé	Lycée Lakanal, Sceaux
Bonello Jean-François	Professeur Agrégé	Lycée François Premier, Fontainebleau
Caudron Nicolas	Professeur Agrégé	Université Joseph Fourier, Grenoble
Courvoisier Hélène	Maître de conférences	Université Paris Sud, Orsay
Dutruge Patrick	Professeur Agrégé	Lycée du Parc, Lyon
Fortin Corinne	Professeur Agrégé	ENS Cachan
Fournel Sylvie	Professeur des Universités	Université de Strasbourg
Gallezot Magali	Maître de conférences	Université Paris Sud, Orsay
Goisset Céline	Professeur Agrégé	Lycée Chaptal, Paris
Harry Myriam	Professeur des Universités	Université Paris Sud, Orsay
Jubault-Bregler Marc	Professeur Agrégé	Lycée Louis Barthou, Pau
Lallemant Siegfried	Professeur des Universités	Université de Cergy-Pontoise
Larrouy Dominique	Maître de conférences	Université Paul Sabatier, Toulouse
Le bon Jego Morgane	Maître de conférences	Université Bordeaux Segalen
Le Hir Guillaume	Maître de conférences	Institut de Physique du Globe de Paris
Le Jeune Hélène	Maître de conférences	Université de Nantes
Mahéo Gweltaz	Maître de conférences	ENS Lyon
Meunier Cécile	Professeur Agrégé	Université Montpellier 2
Niboyet Audrey	Maître de conférences	AgroParisTech
Noiret Cécile	Professeur Agrégé	Lycée Clemenceau, Reims
Nomade Jérôme	Professeur Agrégé	Université Joseph Fourier, Grenoble
Nussaume Laurent	Directeur de recherche CEA	CEA, Cadarache
Otero Olga	Maître de conférences	Université de Poitiers
Schneider Jean-Luc	Professeur des Universités	Université de Bordeaux
Thomazo Christophe	Maître de conférences	Université de Bourgogne
Vennin Emmanuelle	Professeur des Universités	Université de Bourgogne

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 [HUJ.O. N° 175 du 31 juillet 1999 page 11467UH](#).

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 2014

1.3.1 Le calendrier.

Admissibilité : épreuves écrites

- mardi 25 mars 2014 : épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur A
- mercredi 26 mars 2014 : épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur B
- jeudi 27 mars 2014 : épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur C

Les résultats de l'admissibilité ont été publiés le jeudi 22 mai 2014.

Admission : épreuves pratiques

- Vendredi 13 juin 2014 : accueil des candidats et tirage au sort des sujets d'oral.
- samedi 14 juin 2014 : travaux pratiques portant sur le programme de spécialité (secteur A, ou B, ou C)
- dimanche 15 juin 2014 : travaux pratiques portant sur le programme général des deux autres secteurs.

Admission : épreuves orales

- du jeudi 19 juin 2014 au vendredi 4 juillet 2014.

Les résultats de l'admission ont été publiés le vendredi 4 juillet 2014 au soir.

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 Jean-François Pierre, Mme Virginie Trois Poux et Mme Christine Gouala). Les problèmes financiers et matériels du concours ont été résolus grâce au soutien du Service Inter-Académique des Examens et Concours (Mme Engelbrecht, Mme Rodriguez et 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 l'ensemble des responsables de ces bâtiments (Mr Adrien Six et Mme Claude-Madeleine Gazeau). Il en fut de même au lycée Saint-Louis grâce au soutien de Madame le Proviseur, de Madame le Proviseur adjoint, de Monsieur l'Intendant et de toute l'équipe d'intendance et 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. Des instruments de mesure ont été également prêtés par les établissements Jeulin.

Les épreuves orales se sont déroulées au Lycée Saint-Louis (44 boulevard Saint Michel, 75006 Paris) grâce à l'accueil de toutes les personnes citées plus haut. Le bon fonctionnement des épreuves orales a été permis grâce à l'aide de personnels techniques de loge et d'entretien. Le lycée Louis Le Grand et le lycée Arago ont prêté une partie du matériel utilisé par les candidats pendant leurs épreuves orales. Les équipements EXAO ont été fournis par les établissements Jeulin et Sordalab. 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 épreuves pratiques, cinq personnels du Département d'enseignement de Biologie de l'Université Pierre et Marie Curie (75005 Paris) :

- **BATARD** Séverine : responsable de l'atelier de biotechnologie
- **BROT** Loïc : technicien de laboratoire
- **HORTAULT** Gil : Adjoint Technique de Laboratoire (ADJT)
- **SIRAJ** Rehana : Technicienne de laboratoire

Trois 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
- **BOSIO** Mélinée, professeure agrégée (lycée Pierre Giles de Gennes, Paris)
- **MEMETEAU** Céline, professeure agrégée (lycée Georges Clémenceau – Villemomble)

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)
- **DAHMANE** Djamila, technicienne de laboratoire ; Lycée Saint Louis
- **DUFOUR** Marie-Odile : technicienne de laboratoire de classe supérieure ; lycée Hoche Versailles
- **JOVIC** Margarita : aide technique principal de laboratoire ; lycée d'Arsonval - Saint Maur des Fossés

- **LUCCIN** Marie-Thérèse, adjointe technique, lycée Jean Jaurès à Montreuil
- **MELITON** Jorgelina, Adjointe technique de laboratoire, lycée M Berthelot, Saint-Maur.
- **MERCIER** Richard, technicien de laboratoire, Lycée de Vincennes
- **MORIM Isabel** : adjoint technique de laboratoire, lycée Montesquieu, Herblay
- **PALEZIS** Corine : aide technique de laboratoire ; lycée Lamartine - Paris
- **TREBEAU** Armande : aide technique de laboratoire ; lycée Saint Louis - Paris
- **VERNAY** Nicole : Assistant ingénieur, lycée Chaptal - Paris
- **WELSH** Julien, technicien de laboratoire, lycée Henri IV, Paris

Pour cette session 2014, deux agrégés préparateurs ont apporté leur concours :

- **BOSIO** Mélinée, professeure agrégée (lycée Pierre-Gilles 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 14 juin 2014 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 nécessaire 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 Hanifa BOUZIRI (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 statistiques

2.1 DE LA CANDIDATURE À L'ADMISSION

Les candidats par secteurs

	secteur A		secteur B		secteur C		TOTAL
	<i>nombre</i>	%	<i>nombre</i>	%	<i>nombre</i>	%	<i>nombre</i>
candidats inscrits	523	35.94%	567	40.24%	365	25.08%	1455
candidats présents	216	33.23%	260	40.00%	174	26.76%	650
candidats admissibles	60	31.57%	80	42.10%	50	26.31%	190
candidats admis	32	37.65%	29	34.11%	24	28.23%	85

La totalité des postes mis au concours (85) a été pourvue.

La proportion des candidats A, B et C à l'inscription suit la tendance des dernières années. (Moins de 1% de différence, option par option, avec la session 2013).

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.

Cette année, alors que les proportions par options des candidats admissibles sont très comparables aux proportions par option des candidats présents aux trois épreuves d'admissibilité, une augmentation significative de candidats admis du secteur C a été observée. Le nombre d'admis du secteur A est quasi stable, mais une baisse est observée dans le secteur B. Il apparaît depuis plusieurs années que le secteur B est choisi par certains candidats comme un secteur plus généraliste, et qu'il pourrait constituer pour certains un secteur par défaut pour des candidats qui ne se sentent ni spécialistes de la biologie moléculaire et cellulaire ni spécialiste des Sciences de la terre et de l'univers. Ce constat

explique sans doute cette évolution singulière de la représentation des cohortes des 3 options entre l'admissibilité et l'admission. En revanche, de très bons spécialistes sont trouvés dans chacun des 3 secteurs : parmi les 15 premiers du classement final sont retrouvés 5 candidats du secteur A, 5 candidats du secteur B et 5 candidats du secteur C. Ceci est vérifié jusqu'au trio de tête dans laquelle chacune des 3 options est représentée.

Pour cette session, la barre d'admissibilité est de 44.99/120 soit 7.50/20. La moyenne des candidats à l'issue des épreuves écrites est de 6.13/20 et celle des admissibles est de 10.47/20. Les meilleurs candidats obtiennent comme à l'habitude des résultats spectaculaires ! Il est intéressant de noter que seuls 6 candidats admis au final auront eu une note à l'un des 3 écrits inférieure à la note moyenne des candidats présents à tous les écrits. Les candidats admis sont donc des candidats qui ont démontré des compétences supérieures à la moyenne à l'écrit dans les 3 options du concours. Ce point illustre bien à quel point les lauréats de ce concours sont vraiment des enseignants pluridisciplinaires, et qui au-delà de leur champ de compétences privilégié, sont d'excellents généralistes dans tous les aspects du programme de l'enseignement des SV-STU.

Le concours se décompose en deux phases : l'écrit élimine essentiellement les candidats dont les connaissances sont jugées insuffisantes alors que les épreuves pratiques et orales permettent au jury de sélectionner ceux qui manifestent de la façon la plus évidente des qualités de futur professeur. Il est d'ailleurs très intéressant de noter que si les admis ont en moyenne gagné 14 places entre les deux étapes du concours, les non admis en ont perdu en moyenne 12. Les coefficients élevés des épreuves d'admission expliquent bien évidemment ce résultat.

En particulier il doit être signifié que les épreuves pratiques et orales peuvent avoir un effet reclassant spectaculaire : cette année, un candidat a progressé de 116 places entre l'admissibilité et l'admission, et à l'inverse un candidat a perdu 104 places entre ces deux étapes du concours. Il est donc essentiel de souligner que le concours est un processus long et qu'il ne faut jamais baisser les bras ou se relâcher avant la fin.

Les candidats par sexe

Sexe	Inscrits	Présents à l'écrit	Admissibles	Admis
Femmes	978	455	118	47
hommes	477	239	72	38

La répartition des candidats par sexe est nettement en faveur des femmes, et cette différence persiste tout au long du concours. En effet, les femmes représentent 65% des candidats présents, 62% des admissibles et 55% des admis.

Âges des admis

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. En effet, l'immense majorité des lauréats (71/85) sont soit en M2: (année de naissance entre 1993 et 1991) soit en année de préparation à l'agrégation post master (année de naissance entre 1990 et 1989).

Année de naissance	Inscrits	Présents	Admissibles	Admis
1949	1	0	0	0
1953	1	1	0	0
1954	2	0	0	0
1955	1	0	0	0
1957	2	0	0	0
1958	3	3	0	0
1959	2	0	0	0
1960	3	2	0	0
1961	2	1	0	0
1962	1	0	0	0
1963	1	1	0	0
1964	5	2	0	0
1965	3	0	0	0
1966	6	3	0	0
1967	4	1	0	0
1968	7	2	0	0
1969	9	0	0	0
1970	10	4	0	0
1971	13	2	0	0
1972	13	6	0	0
1973	18	2	0	0
1974	10	2	0	0
1975	26	9	1	0
1976	24	5	0	0
1977	29	6	1	0
1978	42	9	0	0
1979	40	8	1	0
1980	46	10	1	0
1981	32	11	0	0
1982	57	17	5	0
1983	93	35	8	1
1984	70	32	2	0
1985	83	35	7	2
1986	113	51	8	2

1987	146	74	15	4
1988	166	94	27	5
1989	160	97	31	14
1990	136	108	55	35
1991	66	52	22	16
1992	8	8	5	5
1993	1	1	1	1

Répartition des candidats par statuts et/ou professions aux différentes étapes du concours :

Profession	Inscrits	Présents	Admissibles	Admis	Admis en %
ÉLÈVE D'UNE ENS	21	21	21	17	81,0%
ÉTUDIANT	349	250	103	57	16,3%
ARTISANS / COMMERÇANTS	2				
PROFESSIONS LIBÉRALES	3				
CADRES SECT PRIVE CONV COLLECT	21	3			
SALARIES SECTEUR TERTIAIRE	13	4	1		
SALARIES SECTEUR INDUSTRIEL	3	2			
SANS EMPLOI	124	31	3	3	2,4%
FORMATEURS DANS SECTEUR PRIVE	1				
EMPLOI AVENIR PROF.2ND D.PRIVE	2	1			
PERS ADM ET TECH MEN	2				
ENSEIGNANT DU SUPÉRIEUR	8	1	1		
AG NON TITULAIRE FONCT PUBLIQ	9	2			
FONCT STAGIAIRE FONCT PUBLIQUE	3	2			
PERS ENSEIG TIT FONCT PUBLIQUE	14	7	2		
PERS ENSEIG NON TIT FONCT PUB	2				
ENSEIG NON TIT ETAB SCOL.ETR	3				
PERS FONCTION PUBLIQUE	4	2			
AG NON TIT FONCT HOSPITAL	2	1			
MAITRE CONTR.ET AGREE REM TIT	1				
MAITRE CONTR.ET AGREE REM MA	2	1			
CHAIRE SUPERIEURE	1				
AGREGE	1	1			
CERTIFIE	493	185	35	6	1,2%
CPE	1	1			
ADJOINT D'ENSEIGNEMENT	1				
ENS.STAGIAIRE 2E DEG. COL/LYC	124	66	19	2	1,6%

PLP	9	1			
PROFESSEUR ECOLES	12	4			
PROF DES ÉCOLES STAGIAIRE	1	1			
VACATAIRE DU 2ND DEGRE	7	4			
VACATAIRE ENSEIGNANT DU SUP.	3	1			
MAITRE AUXILIAIRE	29	14	1		
PROFESSEUR ASSOCIÉ 2ND DEGRE	2	1			
CONTRACTUEL 2ND DEGRE	140	69	3		
CONTRACTUEL FORMATION CONTINUE	3	1			
CONTRACTUEL APPRENTISSAGE(CFA)	3	1			
ASSISTANT D'EDUCATION	27	13			
CONTRACT MEN ADM OU TECHNIQUE	2	1			
CONTRACT ENSEIGNANT SUPERIEUR	7	2	1		

Si les candidats inscrits appartiennent à des catégories professionnelles variées, cette variété est bien moindre parmi les admis. En effet, 9.4 % des admis sont soit certifiés soit enseignant stagiaire, 3.5 % sont sans emploi, 67% sont étudiants et 20% élèves d'une ENS. Ce constat est en totale adéquation avec l'analyse sur les années de naissances des lauréats.

Répartition géographique des candidats :

Académie	Inscrits	Présents	Admissibles	Admis
AIX-MARSEILLE	77	31	10	7
AMIENS	45	23	2	
BESANÇON	9	3		
BORDEAUX	50	19	12	5
CAEN	11	8		
CLERMONT-FERRAND	21	10	2	1
CORSE	1	1		
DIJON	21	7		
GRENOBLE	47	20	2	
LILLE	84	48	8	1
LIMOGES	4	1		
LYON	103	66	43	30
MONTPELLIER	82	40	10	3
NANCY-METZ	29	12	4	
NANTES	43	14	3	1
NICE	41	19	5	3
ORLEANS-TOURS	37	17	4	
PARIS - VERSAILLES - CRETEIL	369	163	53	23

POITIERS	33	13	1	
REIMS	30	13	3	
RENNES	83	52	8	4
ROUEN	36	17		
STRASBOURG	75	55	12	6
TOULOUSE	56	18	3	
LA REUNION	14	5		
LA MARTINIQUE	16	6	1	
LA GUADELOUPE	17	8	1	
LA GUYANE	6	2	1	
LA NOUVELLE CALEDONIE	3			
LA POLYNESIE FRANCAISE	9	2	1	1
MAYOTTE	3	1	1	

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 31 secteurs géographiques qui présentent des candidats, seules 12 ont des admis. Et encore, le nombre des admis est souvent très faible. Lyon et PCV, avec 30 et 23 admis, sont en tête.

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.

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)	
2012	70	1535	636	155	70	
2013	80	1729	705	180	80	
2014	85	1455	650	190	85	

Évolution des chiffres clés du concours depuis 1993

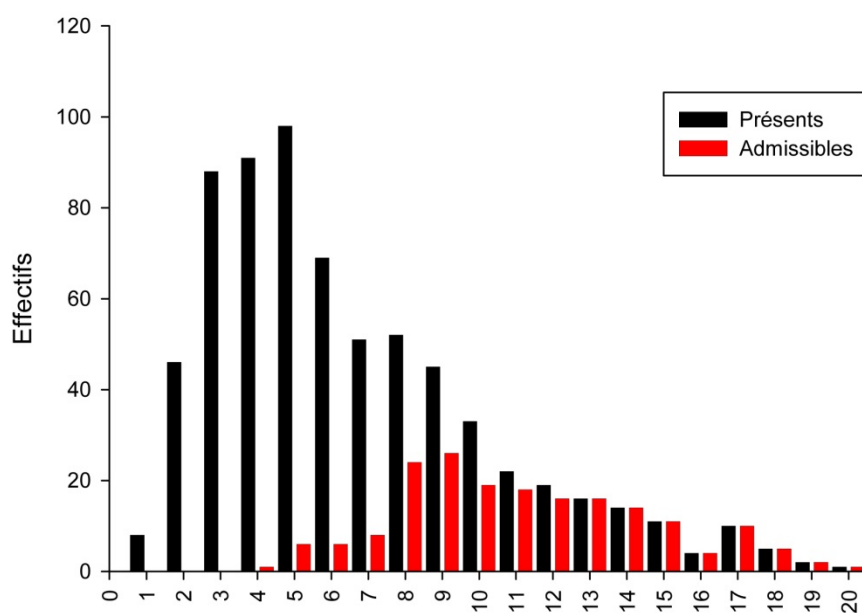
Le concours de cette session est marqué par une stabilisation du nombre de candidats présents à toutes les épreuves écrites, et en particulier par une ré-augmentation du pourcentage des inscrits qui composent aux épreuves d'admissibilité (45 % cette année). Cependant, ce concours demeure très sélectif et la qualité des agrégés recrutés reste excellente.

2.3 QUELQUES DONNÉES STATISTIQUES CONCERNANT L'ÉCRIT

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.

2.3.1 Épreuve écrite de secteur A

Moyenne des présents :	6.29	Moyenne des admissibles	10.62
Écart type des présents :	3.78	Écart type des admissibles	3.62

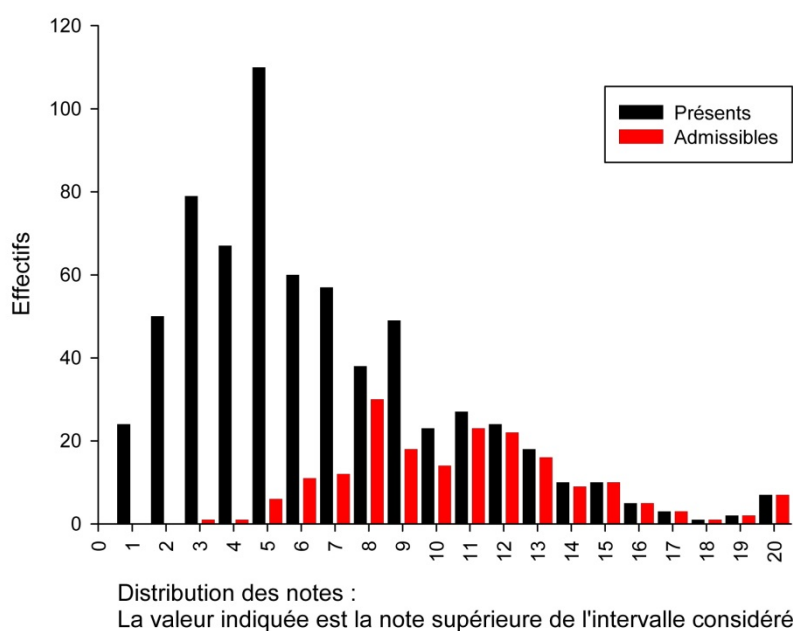


Distribution des notes :
La valeur indiquée est la note supérieure de l'intervalle considéré

Histogramme des notes de l'épreuve écrite de secteur A

2.3.2 Épreuve écrite de secteur B

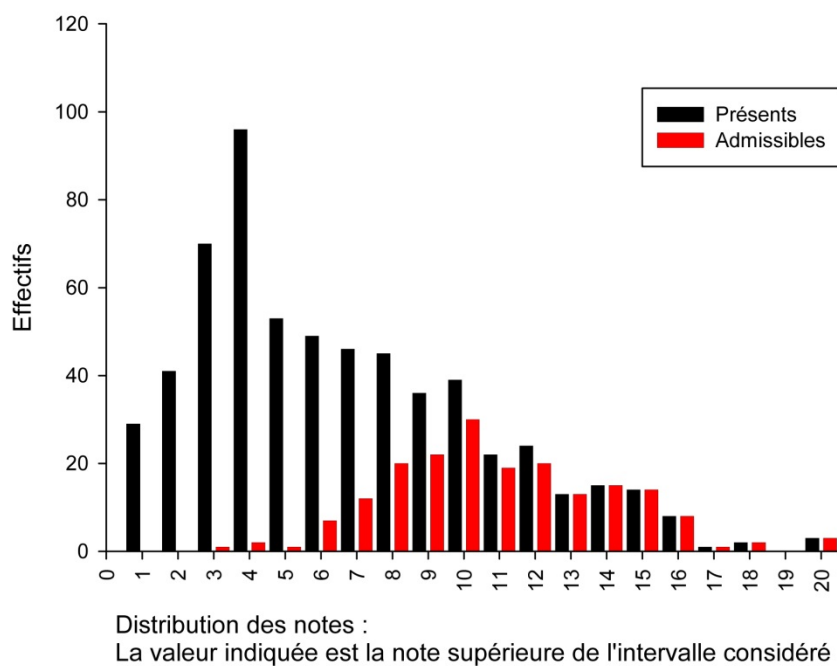
Moyenne des présents :	6.04	Moyenne des admissibles	10.34
Écart type des présents :	3.86	Écart type des admissibles	3.48



Histogramme des notes de l'épreuve écrite de secteur B

2.3.3 Épreuve écrite de secteur C

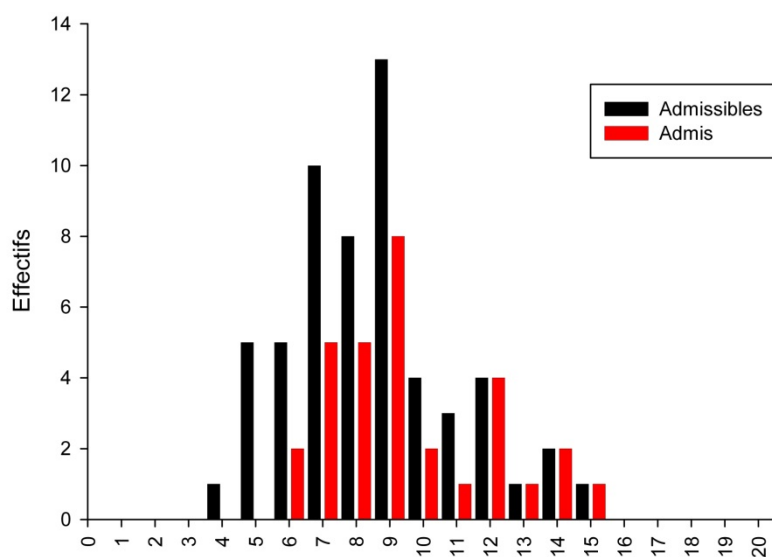
Moyenne des présents :	6.07	Moyenne des admissibles	10.48
Écart type des présents :	3.78	Écart type des admissibles	3.17



Histogramme des notes de l'épreuve écrite de secteur C

2.4 QUELQUES DONNÉES STATISTIQUES CONCERNANT LES ÉPREUVES PRATIQUES

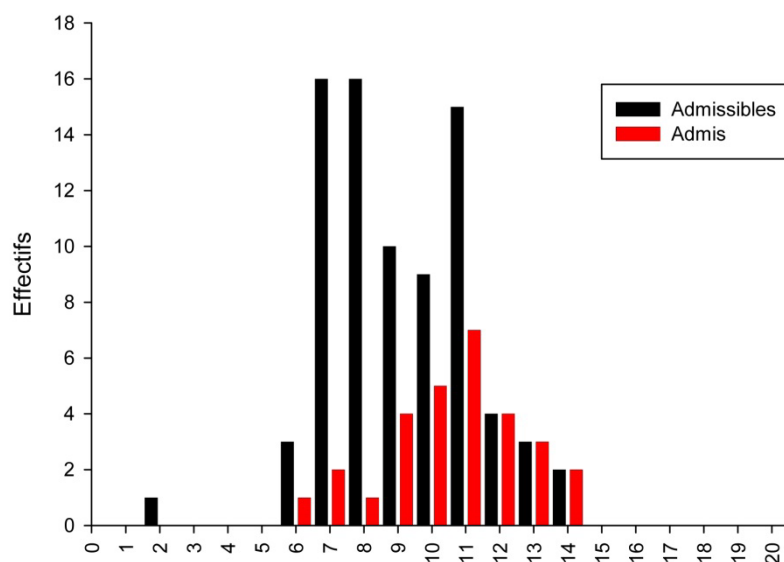
2.4.1 Épreuves pratiques de spécialité du secteur A



Distribution des notes :

La valeur indiquée est la note supérieure de l'intervalle considéré

2.4.1.2 Épreuve pratique de spécialité du secteur B



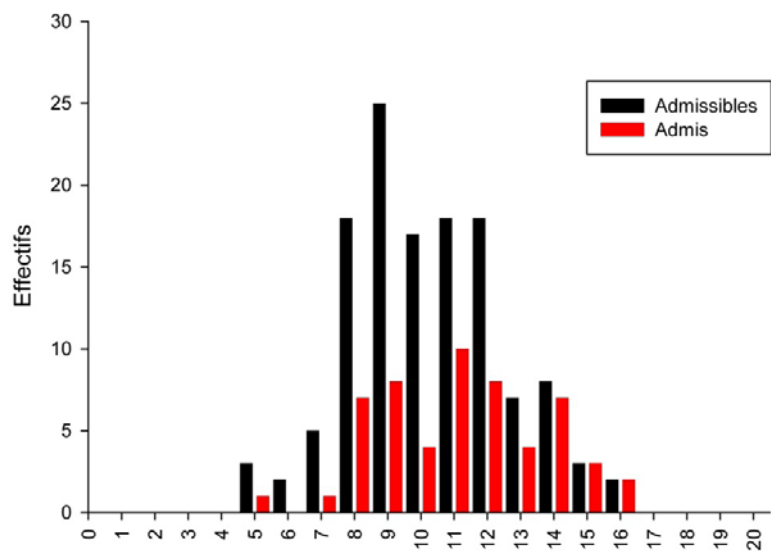
Distribution des notes :

La valeur indiquée est la note supérieure de l'intervalle considéré

2.4.1.2 Épreuve pratique de spécialité du secteur C

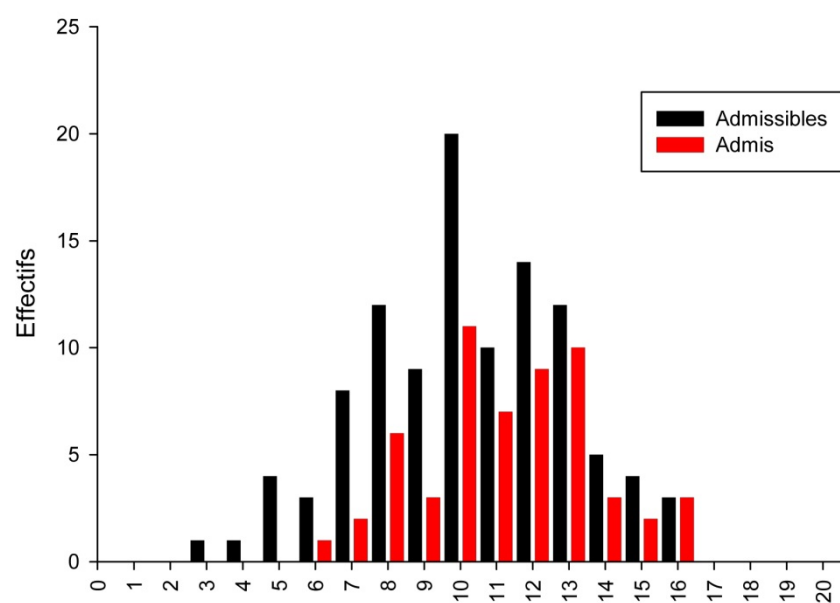
2.4.2 Épreuves pratiques de contre-option

2.4.2.1 Épreuve pratique de contre-option du secteur A (pour les candidats B et C)



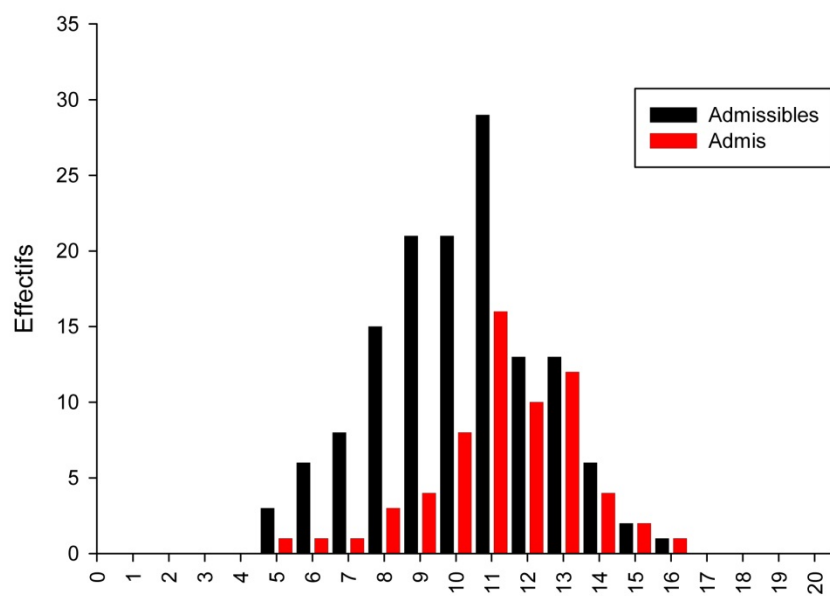
Distribution des notes :
La valeur indiquée est la note supérieure de l'intervalle considéré

2.4.2.2 Épreuve pratique de contre-option du secteur B (pour les candidats A et C)



Distribution des notes :
La valeur indiquée est la note supérieure de l'intervalle considéré

2.4.2.3 Épreuve pratique de contre-option du secteur C (pour les candidats A et B)



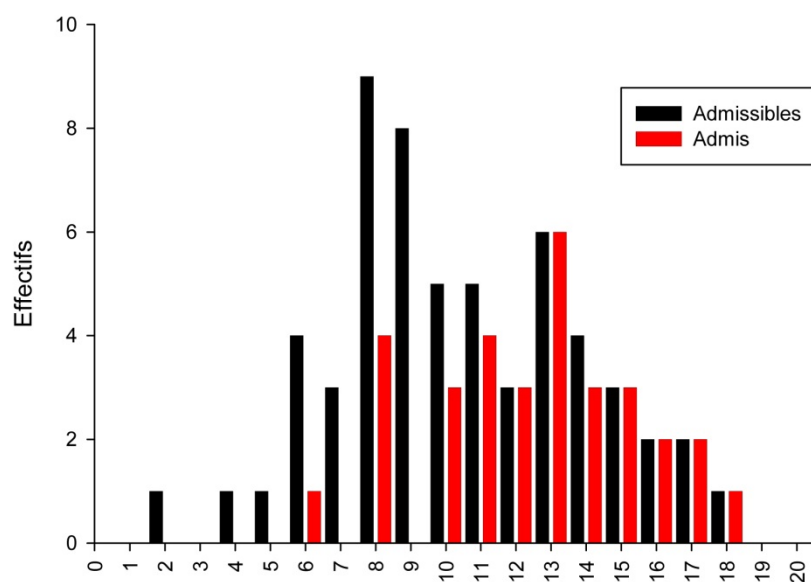
Distribution des notes :

La valeur indiquée est la note supérieure de l'intervalle considéré

2.4 Quelques données statistiques concernant les épreuves orales

2.4.1 Épreuves orales de spécialité

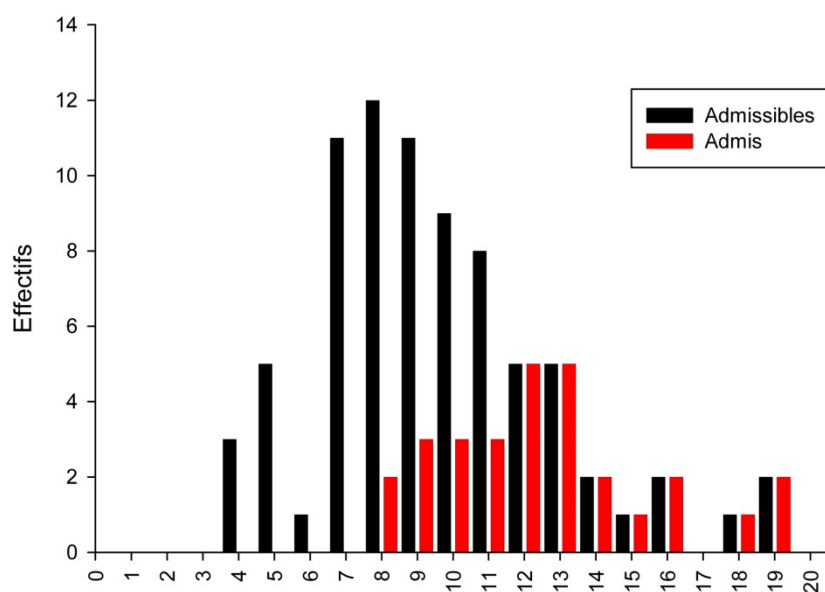
2.4.1.1 Épreuve orale de spécialité de secteur A



Distribution des notes :

La valeur indiquée est la note supérieure de l'intervalle considéré

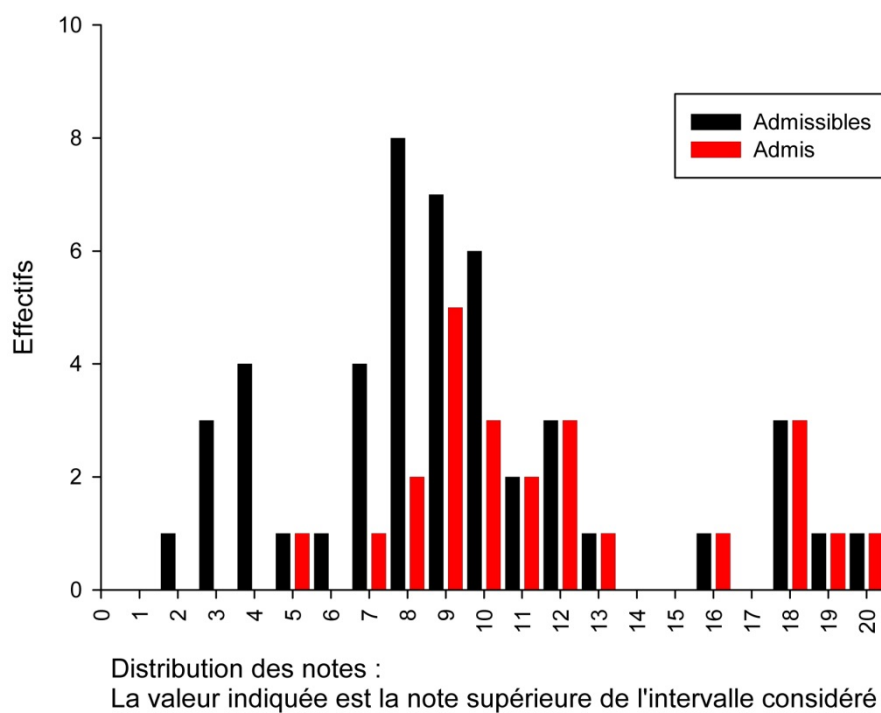
2.4.1.2 Épreuve orale de spécialité de secteur B



Distribution des notes :

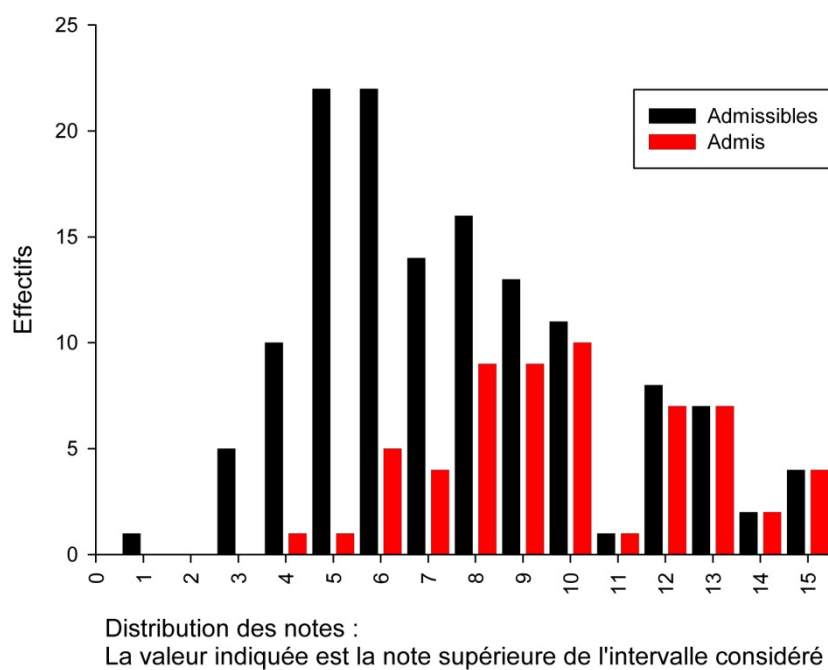
La valeur indiquée est la note supérieure de l'intervalle considéré

2.4.1.3 Épreuve orale de spécialité de secteur C

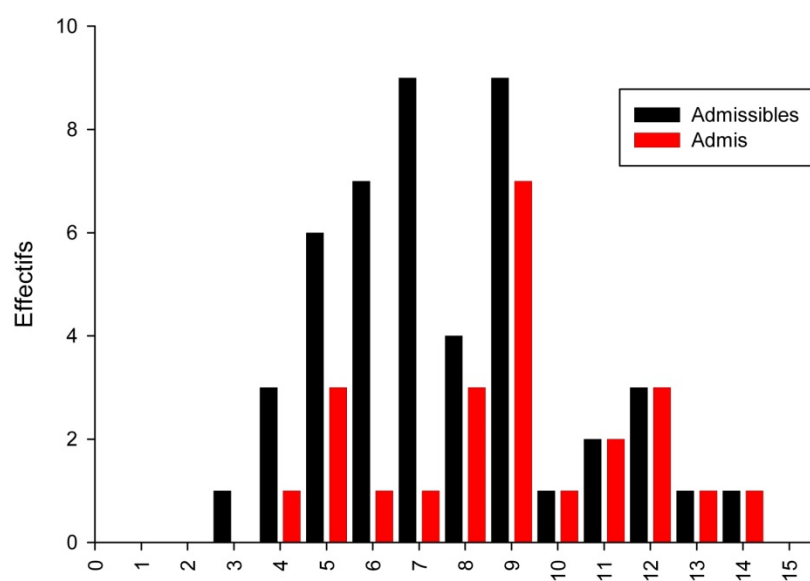


2.4.2 Épreuves orales de contre-option (maintenant notée sur 15)

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

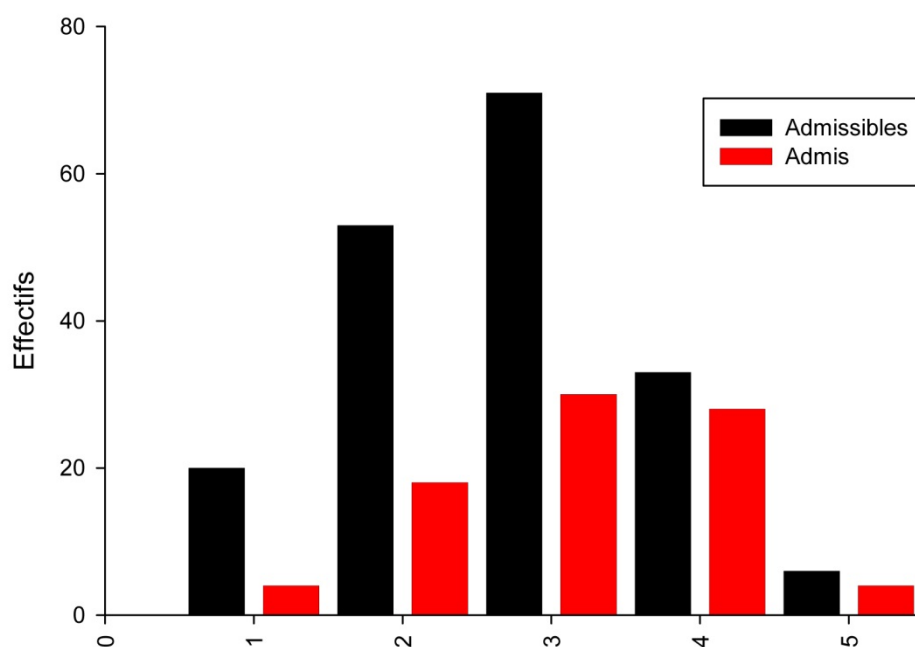


2.4.2.2 Épreuve orale de contre option de biologie pour les candidats de secteur C



Distribution des notes :
La valeur indiquée est la note supérieure de l'intervalle considéré

2.4.3 Épreuve orale « agir en fonctionnaire éthique et responsable » (notée sur 5)



Distribution des notes :
La valeur indiquée est la note supérieure de l'intervalle considéré

3. Programme du concours

Le programme de la session 2013 a été reconduit pour la session 2014 (publié le 25 janvier 2013). Le descriptif est disponible sur le site du ministère de l'éducation nationale à l'adresse suivante :

<http://www.education.gouv.fr/cid58356/programmes-des-concours-de-la-session-2013.html>

Concours externe de l'agrégation du second degré

Section sciences de la vie – sciences de la Terre et de l'univers

Programme de la session 2013

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 1^{ère} et 3^{ème} 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 4^{ème} 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 1.1.2 Principales molécules biologiques - Glucides - Lipides - Acides aminés et protéines, nucléotides et acides nucléiques - Composés hémiques - Notion d'interactions intra et inter-moléculaires 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	Isotopes. Radioactivité. Molécules marquées Covalente, ionique, hydrogène. Énergie Acide, base, alcool, amine ; pH, pK, tampon Équation de Henderson-Hasselbach Glucose, saccharose, amidon, glycogène Acides gras, glycérolipides, noyau stérol Chlorophylles, hémoglobines, cytochromes 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 - Éléments constitutifs - Trafic intracellulaire - Motilité 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	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 Transport axonal. Cyclose Contraction de la fibre musculaire squelettique. Flagelle des Eucaryotes (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), β -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 - 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	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 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, cytotéière - Le contrôle du cycle cellulaire - La mort cellulaire programmée : modalités et déterminisme - Les dérèglements du cycle cellulaire	On se limitera aux cancers
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 répliatif 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, hémolymph, 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 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 : allélisme, dominance et récessivité, épistasie - Réalisation du phénotype sexuel à partir du génotype	Exemples : Vertébrés (Amphibiens, Mammifères), Angiospermes 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)	Exemple des Amphibiens
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	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	
- Principes des méthodes cladistique et phénétique : apport des données moléculaires. - Principes des méthodes cladistique et phénétique : apport des données moléculaires. - Construction des arbres phylogénétiques, difficultés rencontrées et sources d'erreurs. - Le principe 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, <i>Archae</i>. - 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 (<i>Puccinia</i>), <i>Coprinus</i>, <i>Fucus</i>, <i>Ulva</i> Position phylogénétique de quelques unicellulaires hétérotrophes (<i>Paramecium</i>, <i>Plasmodium</i>, foraminifères). Exemple de l'origine des plastides 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. - Arbre phylogénétique incluant les principaux phylums de métazoaires. - Chronologie des grandes étapes de l'évolution des Métazoaires. - Validité du critère morphologique : notions d'homoplasie et d'homologie. - Convergence évolutive et adaptation aux conditions environnementales.	Les organismes suivants pourront être étudiés : éponge calcaire ou démosponge (un exemple), cnidaire (hydre), plathelminthe (planaire), bryzoaire, nématode (<i>Ascaris</i>), annélide (<i>Nereis</i>), 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 coelome. 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 : <i>Chlamydomonas</i>, <i>Ulva</i>, <i>Chara</i>, <i>Trentepohlia</i>, polytrich, polypode, pin, cycas ou ginkgo, une angiosperme. Gènes du développement chez <i>Arabidopsis thaliana</i> ; on se limitera à la structuration des apex 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 CO₂ par les végétaux photosynthétiques ; - les formes de l'azote et leur assimilation par les organismes ; - mycorhizes et nutrition hydrominérale des végétaux.	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 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 hématophages et osmotrophes.	Voir aussi 3.3. Choix judicieux d'exemples pour une étude comparative de différents régimes alimentaires. Voir aussi 7.2.2. On pourra s'appuyer sur quelques exemples (moustique, sangsue, cestodes).

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.	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 et loi de Fick ; - les surfaces d'échanges gazeux (gaz-liquide, liquide-liquide) et leurs caractéristiques générales ; - - 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, 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.	Importance de la surface d'échange, de sa finesse, et du gradient de pression partielle. Notion de conductance et de capacitance. Seuls seront traités le tégument, les branchies (téléostéens, crustacés, lamellibranches), les poumons (mammifères), le système trachéen des insectes et les stomates des plantes. 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 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 ; - tropismes, tactismes et nasties. 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. 4.3.3 Architecture et port des embryophytes.	On étudiera plus particulièrement la vision. Test, squelette hydrostatique, exosquelette et endosquelette seront étudiés à l'aide d'un nombre réduit d'exemples représentatifs. Systèmes nerveux diffus, médullaires, ganglionnaires. 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 ; - 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. 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.	Diœcie, gynodioœcie, gonochorisme, hermaphrodisme. Fécondation externe / fécondation interne. Pollinisation. Autocomptabilité et autoincompatibilité (les mécanismes moléculaires de l'autoincompatibilité seront limités au type <i>Brassica</i>). Déshydratation, vie ralentie, dormances. Voir aussi 3.4. Bourgeonnement. Vie coloniale (cnidaires). Multiplication végétative naturelle (embryophytes et eumycètes). Exemples possibles : <i>Plasmodium</i>, <i>Trypanosoma brucei</i>, <i>Schistosoma</i>, <i>Tænia</i>, <i>Ascaris</i>, rouille (<i>Puccinia</i>), 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). (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 Biologie et écologie des populations – Écologie des communautés	
5.3.1 Biologie et écologie des populations - Effectif des populations – Croissance et dynamique des populations - Répartition spatiale des populations : densité, dispersion. Concept de métapopulation - Polymorphisme et traits d'histoire de vie 5.3.2 Écologie des communautés - Description des communautés (échantillonnage) et caractérisation des communautés (abondance, richesse, diversité) - Interactions entre espèces au sein des communautés : relations interspécifiques (compétition interspécifique, prédation, parasitisme et mutualisme) - Dynamique des communautés : les successions écologiques	Modèle exponentiel – modèle logistique Notion de peuplement Quelques indices descriptifs (Shannon, IBGN). Notion d'étagement Sont attendus les exemples classiques au sein des écosystèmes communs (forêts, ruisseau, océan, etc.) voir 5-6-2 Formalisme de Lotka et Volterra Évolution des étagements, peuplements pionniers, climaciques
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 biogéographie	
5.5.1 Définition, composantes et mesures de la biodiversité - Polymorphisme - Définitions de l'espèce - Écosystèmes (voir 5-6-2) 5.5.2 La spéciation et ses mécanismes - Spéciation allopatrique - Spéciation sympatrique - Cospéciation	Voir 5.2.2 et 5.3.1 Concepts d'espèces biologiques, typologiques, phylogénétiques. Exemple d'espèce en anneau Mécanisme de la spéciation sympatrique hors programme

5.5.3 Distribution spatiale des espèces - Notion de vicariance / d'endémisme - Modèle de la biogéographie insulaire - Grandes aires biogéographiques 5.5.4 Action de l'homme sur la biodiversité.	Notion de barrière biogéographique
5.6 Écologie fonctionnelle – écosystèmes	
5.6.1 Notion d'écosystème et description fonctionnelle - Biomasse, production et productivité - Stocks et flux de matière et d'énergie 5.6.2 Exemples d'écosystèmes Ecosystèmes océaniques et terrestres Comparaison d'un écosystème naturel et d'un agrosystème Transferts de matière et d'énergie entre écosystèmes Grands biomes 5.6.3 - Cycles biogéochimiques de l'eau, du carbone et de l'azote	Approche quantitative, méthodes et unités de mesure. Cette partie s'appuie sur des exemples représentatifs tels que : forêt, prairie, rivière, étang, zone océanique, zone de balancement des marées, montagne et tourbière.

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	Micropropagation : méristèmes, bourgeons Exemples : pomme de terre, orchidées
6.4.2 Induction d'une variabilité génétique par mutagenèse artificielle	
6.4.3 Les biotechnologies de l'embryon	Insémination artificielle chez les animaux Pollinisation artificielle chez les végétaux.
6.4.4 Les transformations génétiques	Androgenèse
- Principe et technique	On se limitera à l'exemple d' <i>Agrobacterium tumefaciens</i> et de son utilisation chez les plantes
- 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	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 - 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	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 aspects moléculaires et expérimentaux approfondis ne sont pas au programme général. Voir aussi 7.5.2

7.2.5 L'excrétion - Fonctionnement du néphron - Participation du rein au maintien de l'équilibre hydro-sodé	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 7.3.3 Relations entre système nerveux et système endocrine : complexe hypothalamo-hypophysaire	Systèmes nerveux central et périphérique : mise en place chez l'embryon, organisation et fonctionnement chez l'adulte (on se limitera au 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 foéto-maternels 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. - Effets de l'entraînement	On pourra aussi s'appuyer sur les exemples rencontrés dans le reste du programme
7.6 Santé et société	
- Diabète - 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, diabète, obésité

Programme de Sciences de la Terre et de l'Univers

Le programme de connaissances générales est fondé sur une bonne connaissance des principaux objets et des processus géologiques à l'échelle mondiale et du territoire national (métropole et outremer). Ainsi, les candidats doivent connaître les grands traits de l'évolution de la planète Terre (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 (6^{ème} édition 1996 et 6^{ème} édition révisée en 2003).

Les candidats doivent, par ailleurs, maîtriser les bases des principales disciplines des sciences de la Terre : géophysique, minéralogie et 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, paléo-environnemental, ou un intérêt pour la reconstitution de l'histoire de la biosphère;
- 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,...) ;
- la lecture de diagrammes de phase associée à une compréhension des trajets suivis par une roche lors de la cristallisation, fusion ou de transformations à l'état solide.
- 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 <i>a priori</i> 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 actuels et anciens et impact sur le fonctionnement géochimique globale de la Terre - 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 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 flux de chaleur aux dorsales et l'hypothèse de l'expansion des fonds océaniques, la répartition des séismes, le paléomagnétisme et les anomalies magnétiques symétriques et la mesure de la vitesse	On précisera les principaux paramètres qui définissent le champ magnétique (dipôle, inclinaison, déclinaison) et les différentes longueurs d'onde de 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.

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 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. 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. Limites de plaques décrochantes et grands décrochements intracontinentaux : exemples continentaux et océaniques. Géométrie, sismicité, thermicité, relief, rôle dans la cinématique. Convergence de plaques, subduction, obduction, collision et phénomènes 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 orogénèse, 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.	Quelques exemples de séismes majeurs doivent être connus 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 principales dorsales, Alpes, Himalaya-Tibet, Faille de San Andreas, Méditerranée, Andes...) doivent être connus. Les méthodes d'étude de la déformation des roches à toutes les échelles, des contraintes pression-température ainsi que les méthodes radiochronologiques sont supposées connues. Les principaux paramètres qui contrôlent la 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 <u>taxon index</u> et de biozone - Approches physiques et chimiques de la <u>stratigraphie</u> : sismostratigraphie et bases de la <u>stratigraphie</u> 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 On présentera le principe de l'enregistrement des inversions magnétiques au sein des roches
2.2 Géochronologie absolue	
- Radiochronologie	On présentera le principe de la datation à l'aide du couple Rb/Sr et de l'isotope cosmogénique ^{14}C. 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. Chronologie et ordre de grandeur des durées pour ces différentes étapes. - 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 présentera les données géochimiques fournissant des contraintes temporelles sur la durée de ces étapes. 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 (par exemple : stromatolites, cherts, gisements de fer rubané), enregistreurs de l'évolution initiale de l'atmosphère et de l'hydrosphère - Apparition et diversification des eucaryotes. Explosion cambrienne. Grandes étapes de la conquête du milieu terrestre et du milieu aérien. Radiations adaptatives et extinctions : 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 - Origine et évolution des Hominidés	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 Secondaire -Tertiaire L'existence des autres crises dans l'histoire géologique du globe ne sera que mentionnée
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 (modifié ci-dessus) et sur les 16 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 globalement les éléments des rubriques 1, 2 et 6 du programme de d'intégration accompagnant le libellé de la définition du secteur.

Le génome, l'épigénome et leur dynamique

- 1- Recombinaison et réparation de l'ADN
- 2- Les éléments génétiques mobiles
- 3- Les virus
- 4- Régulation de l'expression des gènes: méthylation de l'ADN, modification des histones, facteurs de transcription, petits ARNs
- 5- Les modifications post-traductionnelles : phosphorylations, glycosylations et ubiquitinations
- 6- Génomique et évolution des génomes

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)

- 7- Relations entre cellules et matrice extracellulaire
- 8- Interactions dans le tissu nerveux
- 9- Interactions au cours du développement animal
- 10- Les phytohormones
- 11- Interactions mises en jeu dans les défenses immunitaires
- 12- Réception et transduction des signaux de communication cellulaire

Les modifications moléculaires du vivant : bases moléculaires et applications

- 13- Défenses naturelles et thérapies contre les agents pathogènes
- 14- Les organismes génétiquement modifiés
- 15- Les maladies dégénératives : bases moléculaires et approches thérapeutiques
- 16- Greffes et transplantations

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'apparaît que pour des questions d'intégration accompagnant le libellé de la définition du secteur.

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

- 1 - La pression sanguine : variable réglée et système réglant à court, moyen et long terme. L'hypertension, ses conséquences et le principe des thérapies.
- 2 - Modalités et régulation des échanges gazeux, hydriques et minéraux entre l'organisme et son milieu de vie en conditions déshydratantes.
- 3 - La photoperception et son importance biologique : des mécanismes moléculaires aux conséquences écologiques
- 4 - Rythmes biologiques chez les animaux et chez les végétaux : des mécanismes moléculaires aux conséquences écologiques.
- 5 - La locomotion chez les vertèbres : approche intégrée des aspects morpho-anatomiques, bioénergétiques, mécaniques, écologiques et évolutifs.

Plan d'organisation, phylogénie et évolution

- 6 - Morphogénèse végétale : actions des gènes du développement et effets de l'environnement
- 7 - La dynamique des génomes dans les processus évolutifs.
- 8 - Les espèces domestiquées : domestication et apport à la compréhension des mécanismes de l'évolution.
- 9 - Approche expérimentale de l'évolution : des études de terrain aux expériences en laboratoire.
- 10 - L'organisation du milieu intérieur et son évolution.

Ecologie fonctionnelle, comportementale et évolutive

- 11 - Stratégies et comportements reproducteurs chez les animaux : aspects fonctionnels et évolutifs.
- 12 - Biologie de la conservation : biologie des petites populations, outils de conservation (textes fondateurs et structures de protection) ; gestion des populations (exemple de programme de conservation) ; réflexion sur la place de l'homme dans les espaces protégés.
- 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 océanique primaire (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. Méthodes d'étude des informations apportées par les minéraux sur l'histoire des roches
- 2. Les méthodes de la datation absolue : choix des radiochronomètres et limites
- 3. Utilisation des isotopes stables pour les sciences de la Terre et de l'environnement : principe, méthode et applications
- 4. Apport de l'étude des météorites pour la connaissance de l'histoire de la Terre et du système solaire
- 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. Les cycles géochimiques du carbone à différentes échelles de temps
- 10. Ressources de la Terre et leur gestion
- 11. La sédimentation océanique : origine et organisation des dépôts
- 12. La formation de roches par le vivant
- 13. Les provinces magmatiques géantes
- 14. La crise Permien – Trias
- 15. Les gisements métallifères, localisation et origine

4. Epreuves écrites

4.1 Epreuve écrite du secteur A :

4.1.1 Le sujet proposé :

La différenciation cellulaire : des mécanismes moléculaires à l'organisation tissulaire

4.1.2 Commentaires

4.1.2.1. Commentaires généraux sur l'épreuve

L'épreuve écrite du concours de l'agrégation des Sciences de la Vie, Sciences de la Terre et de l'Univers de secteur A a pour objectif d'évaluer la capacité du candidat à faire une synthèse sur un sujet large portant sur des thèmes du programme de connaissances générales (physiologie humaine, biologie cellulaire, biochimie, biologie moléculaire). Cet exercice de synthèse est difficile et oblige le candidat à une profonde réflexion sur le sujet afin d'organiser au mieux, dans le temps imparti, ses connaissances transversales puisées dans différents domaines du secteur A. Le but de l'exercice ne consiste pas pour le candidat à étaler ses connaissances en multipliant les exemples mais au contraire à faire un choix judicieux parmi ceux-ci pour répondre au mieux à la problématique posée par le sujet. Les copies sont jugées sur la qualité du questionnement scientifique, sur la démarche utilisée pour y répondre, sur la justesse des concepts exposés etc... mais en aucun cas sur le nombre de pages. Enfin, le jury rappelle qu'une phase de réflexion au brouillon est indispensable et doit passer systématiquement par le balayage du champ des connaissances du candidat, et notamment de la diversité du vivant...ce qui éviterait par exemple de limiter le sujet aux seuls animaux.

Introduction

L'introduction du devoir ne sert pas uniquement à décrire un plan, mais doit permettre i) de placer le sujet dans le contexte du monde vivant, ii) de définir les termes du sujet, iii) d'annoncer la problématique en montrant en quoi elle découle de la définition des termes du sujet et iv) de préciser la démarche que le candidat va utiliser pour y répondre. Tous les termes du sujet doivent être définis avec soin, les limites du sujet doivent être clairement posées et doivent être justifiées. Le questionnement doit être précisément défini et devra permettre par la suite de guider le candidat tout au long de sa composition en ne perdant de vue ni sa problématique initiale, ni les limites du sujet. Les premières phrases de cette introduction sont difficiles à écrire (le jury en a conscience). Elles doivent cependant rester sobres et scientifiques. Les phrases comme "de tout temps les scientifiques se sont intéressés à..", "Depuis l'apparition de la vie sur Terre.." ou encore les références au cinéma ou à la publicité sont fortement déconseillées.

Développement de la problématique

Dans le développement, les propos doivent être organisés en plusieurs parties qui doivent permettre d'aborder des notions fondamentales dans une démarche démonstrative. La

démarche scientifique doit rester la ligne conductrice du développement et les affirmations doivent dans tous les cas être étayées par des exemples précis et le plus souvent possible par des démonstrations expérimentales à partir d'expériences historiques ou récentes. L'invention par le candidat d'expériences fictives pour étayer son raisonnement part d'un bon sentiment, mais se révèle souvent désastreuse, surtout lorsque le candidat n'a pas d'expérience pratique sur le protocole qu'il décrit. Pour faciliter la compréhension par le lecteur de l'enchaînement des idées du candidat, des transitions logiques et développées doivent être présentes. Tout au long de la rédaction du devoir, le candidat doit toujours veiller à rester « dans le cadre du sujet » et ne pas se laisser aller à des longueurs qui sortent de ce cadre. Un questionnement précisément posé dans l'introduction évite cet écueil.

Conclusion

Une conclusion est nécessaire pour récapituler de façon concise les idées fortes développées dans le devoir et pour proposer une ouverture pertinente. La conclusion est un pendant de l'introduction et doit permettre de répondre au questionnement proposé dans celle-ci. Cette partie cruciale du devoir est souvent courte et bâclée. Pris par le temps, le candidat reprend en vrac les idées de son devoir et invente des ouvertures souvent fantaisistes. Le jury conseille au candidat de rédiger au minimum les idées fortes de sa conclusion au moment de l'établissement du plan de son devoir, c'est-à-dire avant de commencer la rédaction. Un schéma bilan peut accompagner la conclusion mais il ne peut pas constituer à lui seul une conclusion.

Illustrations

L'illustration à l'aide de schémas est cruciale. Ceux-ci doivent cependant être de taille raisonnable (au minimum ½ page A4 par schéma) et être suffisamment détaillés et légendés pour apporter des informations de nature structurale et fonctionnelle. L'utilisation d'un code couleur est souvent indispensable. Le jury tient à rappeler ici qu'un schéma qui n'est pas accompagné par une explication même courte dans le texte du devoir n'a que peu d'intérêt. Certaines copies ressemblent plus à des "bandes dessinées" où les bulles auraient été oubliées qu'à des devoirs scientifiques.

Forme de la copie

Un plan doit apparaître clairement dans la copie, l'utilisation de couleur pour écrire ou souligner les titres et sous-titres permet au lecteur de le visualiser plus facilement. La rédaction par le candidat d'un sommaire au début de sa copie facilite beaucoup le travail du lecteur. Le candidat doit s'exprimer de façon claire, précise et concise en ayant toujours le souci d'utiliser un vocabulaire adéquat (l'agrégation recrute de futurs enseignants et le jury évalue aussi le didactisme du candidat).

Dans le même ordre d'idée, la syntaxe doit être adaptée pour éviter une description trop "déterministe" de la biologie. Par exemple, on ne dit pas qu'une cellule se différencie "pour" assurer une fonction, ce qui sous-entendrait que la fonction préexiste.

Enfin, il est aussi primordial de s'efforcer d'écrire de manière lisible. Il semble aussi utile de rappeler que la langue française comporte des accents, des accords, une ponctuation et que les majuscules ne doivent être utilisées qu'en début de phrase et non au milieu de mots ou

de phrases. L'orthographe doit être soignée car un enseignant se doit de maîtriser la langue qu'il utilise pour son enseignement !

4.1.2.2. Commentaires spécifiques au sujet de 2014

Le sujet s'intitulait «**La différenciation cellulaire : des mécanisme moléculaires à l'organisation tissulaire** », il s'agissait donc d'un vrai sujet de synthèse nécessitant d'aller puiser des connaissances dans de nombreuses parties du programme et de faire une synthèse (ce qui est attendu dans ce type d'épreuve !), mais de nombreux candidats semblent avoir été déstabilisés par le sujet. Il en a résulté des plans souvent peu travaillés et de nombreuses copies où seule une partie du sujet avait été traitée. Une version modifiée de la grille de notation, qui tente de regrouper de manière non exhaustive les différents points qu'il était possible d'aborder, est disponible dans le paragraphe 4.1.2.3.

Le jury tient à insister sur deux points primordiaux déjà largement développés dans le paragraphe général ci-dessus à savoir i) qu'il est inutile de multiplier les exemples pour illustrer un même concept et ii) que la démarche doit être scientifique et démonstrative et toujours partir de faits pour aller vers des concepts et non l'inverse.

Plusieurs problèmes plus spécifiques au sujet 2014 observés dans les copies sont développés ci-dessous.

Définition des termes et délimitation du sujet

Le terme de "différenciation" a très rarement été défini correctement. On pouvait par exemple dire : "La différenciation est l'acquisition par une cellule de caractéristiques structurales et moléculaires lui permettant d'assurer une ou des fonctions spécialisées." ou encore "La différenciation est une restriction du potentiel de développement d'une cellule." Des définitions comme "la différenciation est le passage d'un état indifférencié à un état différencié : c'est donc le fait de devenir différent" n'étaient pas fausses mais très peu utiles pour le développement du sujet !

De nombreux candidats ont ainsi mal cerné le sujet et ont donné une définition beaucoup trop large en traitant par exemple tout ce qui permettait le développement d'un organisme. De plus le sujet précisait "des mécanismes moléculaires à l'organisation tissulaire", le développement des organismes (embryologie) *per se* était donc en dehors du sujet, même si des exemples au niveau moléculaire ou tissulaire pouvaient être pris dans ce domaine.

Les termes de totipotence, pluripotentence et multipotence ont très souvent été mal définis entraînant ainsi des erreurs de raisonnement. De même les notions de détermination, de spécification et d'induction permissive n'ont soit pas été citées, soit citées de manière inadéquate.

Absence de description des cellules différenciées

Le jury a été très surpris par l'absence dans plus de la moitié des copies, d'une description comparée entre une cellule avant et après différenciation. Les caractéristiques structurales ou moléculaires des cellules différenciées n'étaient souvent même pas évoquées. Lorsqu'un schéma de cellule différenciée était fait, il était souvent trop imprécis et inadapté au niveau scientifique requis dans un concours comme l'agrégation. Des erreurs graves comme par

exemple des ovocytes humains "visibles à l'œil nu" ont été vues dans un trop grand nombre de copies.

Les mécanismes permettant de passer d'une cellule indifférenciée à une cellule différenciée ont aussi souvent été oubliés ou traités de manière succincte et/ou fausse.

Méconnaissance des mécanismes de l'expression génétique et de l'épigénétique

Le mécanisme moléculaire de base de la différenciation tissulaire, à savoir une expression différentielle des gènes, n'a été que très rarement indiqué clairement. La description parfois exhaustive de la transcription et des facteurs la régulant sous-entendait que certains candidats le connaissaient. Cependant, les exemples pris pour étayer cette description n'avaient souvent aucun rapport avec la différenciation. La notion de "facteur de transcription" est très mal comprise des candidats. Le jury a souvent vu des facteurs de transcription "solubles" qui passaient d'une cellule à l'autre et très rarement des domaines de liaison à l'ADN sur ces mêmes facteurs. De nombreux candidats ont confondu les facteurs de transcription et les facteurs de croissance. Des affirmations surprenantes ont été vues comme par exemple: "la différenciation cellulaire est contrôlée par l'absence ou la présence de gènes" ou encore "la différenciation cellulaire est due à des mutations au cours de la mitose". Dans le même ordre d'idée, de nombreux candidats ont présenté la recombinaison VDJ des récepteurs des lymphocytes comme un épissage alternatif.

L'épigénétique, un concept moderne, impliqué dans la différenciation a été très peu décrit et lorsque les descriptions étaient présentes, elles étaient souvent simplistes et inexactes.

Connaissances en embryologie et en développement des organismes parcellaires et inexactes

L'embryologie n'était pas à traiter en soi mais de nombreux candidats ont, avec raison, utilisé des exemples dans ce domaine pour traiter les mécanismes inducteurs de la différenciation cellulaire. Le jury a observé de très nombreuses erreurs graves dans ces descriptions, erreurs relevant de l'embryologie de base. Par exemple, les axes embryonnaires étaient souvent inversés, les expériences de Spemann et de Nieuwkoop souvent confondues et/ou mal interprétées. Un candidat affirme même que « l'oursin est un cnidaire (triblastique) avec une cavité coeliale dans sa blastula »... Comme nous l'avons déjà indiqué dans le paragraphe précédent, les facteurs inducteurs solubles ont souvent été confondus avec des facteurs de transcription.

Peu d'exemples chez les plantes

Comme chaque année, le jury déplore l'absence d'exemple pris dans le domaine végétal. Les méristèmes lorsqu'ils ont été décrits, l'étaient souvent de manière simpliste et rarement exacte.

Quelques points positifs

Le jury tient à noter que dans l'ensemble les copies étaient propres, bien rédigées, dans un français correct avec peu de fautes d'orthographe ou de grammaire. Lorsqu'elles étaient présentes, la qualité des illustrations était souvent bonne. Des exemples non attendus mais judicieusement placés et exploités (par exemple les mécanismes d'induction par la matrice extracellulaire dans l'embryon de fucus, le contrôle tissu spécifique de l'épissage alternatif,

l'ARN interférence etc..) ont été trouvés dans plusieurs copies pour le plus grand plaisir du jury.

4.1.2.3. Grille de notation

Une version modifiée de la grille d'items utilisés pour la notation des copies est présentée ci-dessous. Elle ne constitue en aucun cas un plan type ou un corrigé, mais elle balaye avec quelques exemples non exhaustifs les notions pouvant être abordées.

Agrégation externe		n° de copie
Épreuve du secteur : A		
Introduction		Contexte : il doit servir d'ancrage clair à l'introduction La cellule qui constitue un être unicellulaire assure seule toutes les fonctions indispensables à la vie de cette organisme. Chez les êtres pluricellulaires, chaque cellule se spécialise ce qui lui permet d'assurer une fonction particulière. Cette spécialisation se fait à partir de la cellule oeuf issue de la fécondation. Le phénomène qui permet d'obtenir à partir de cette unique cellule oeuf toutes les cellules spécialisées indispensables à la vie de l'organisme s'appelle la différenciation cellulaire
		Analyse des termes du sujet à partir du contexte La différenciation est l'acquisition par une cellule de caractéristiques structurales et moléculaires lui permettant d'assurer une ou des fonctions spécialisées. La différenciation est une restriction du potentiel de développement d'une cellule. Les cellules différenciées peuvent donner naissance à des tissus avec des structures ou des fonctions spécialisées. Les cellules totipotentes sont des cellules capables de se différencier en tout type cellulaire. Les cellules pluripotentes peuvent se différencier en quelques types cellulaires. Les cellules unipotentes ne peuvent donner naissance qu'à un seul type cellulaire différencié.
		Problématique clairement posée et justifiée par l'analyse du sujet Comment reconnaît-on les cellules spécialisées? Où et quand se produit la différenciation cellulaire? quels sont les mécanismes qui permettent à partir d'une seule cellule oeuf d'obenir des multitudes de cellules snécialisées?
		Axe directeur de la composition explicité et bien justifié
		<u>Pour tous les items abordés dans le barème et notés sur 3 (ou des multiples , soit nx3 pts) :</u> aucune information : 0 ; Connaissances parcellaires : de 1 à nx1 point(s) ; Connaissances précises, mais partiellement analysées : de 2 à nx2 points ; Connaissances analysées et remise en perspective dans une démarche globale : de 3 à nx3 points .
Caractéristiques des cellules différenciées		Tous les items qui vont être traités dans les parties ci-dessous devront reposés sur des exemples précis chez les animaux et/ou les végétaux. Ils devront à partir de ces exemples comparer une cellule non différenciée et une cellule différenciée pour en tirer une conclusion sur les caractéristiques des cellules différenciées et sur comment la cellule se modifie structurellement et moléculairement pour devenir différenciée. Pour cela, ils pourront soit utiliser un seul exemple qu'ils analyseront complètement pour arriver à la conclusion soit utiliser plusieurs exemples, chacun appuyant une affirmation différente. Par contre, la multitudes des exemples pour une seule affirmation ne leur apportera pas plus de points. Ci-dessous, quelques exemples des cellules qu'ils pourraient utiliser. <i>Exemples attendus chez les animaux</i> : myocytes striés squelettiques, spermatozoïdes, entérocytes, cellules acineuses pancréatiques, neurones <i>Exemples attendus chez les végétaux</i> : vaisseau vrai du xylème, tube criblé du phloème, poil racinaire, trichome, apex racinaire
	Caractéristique s structurales des cellules différenciées	Description de la structure de cellules différenciées en comparaison avec des cellules non différenciées à partir d'exemples précis en mettant en évidence les caractéristiques structurales qui les définissent: <i>Par exemple</i> : Taille, forme, structures spécialisées comme les microvilosités, les stéréocils, les cils, le nombre de noyaux, la répartition de l'eu et de l'hétérochromatine, la différence dans les rapports nucléocytoplasmiques, les plastides des végétaux etc... Schéma indispensable (sinon -3)
	Caractéristique s moléculaires des cellules différenciées	Description de la structure de cellules différenciées en comparaison avec des cellules non différenciées à partir d'exemples précis en mettant en évidence les caractéristiques moléculaires qui les définissent: potentiels transmembranaires, activité métabolique, réponses aux signaux, organisation des molécules du cytosquelette, formation d'une paroi II +/- épaisse, avec parfois lignification, subérification, structures de réserves, organites particuliers Schéma indispensable
		Description des mécanismes permettant de passer d'une cellule indifférenciée à une cellule différenciée (processus de différenciation) <i>Exemples possibles</i> : Spermatogénèse, Myogénèse, xylogénèse

Les caractéristiques

En conclusion: Les cellules différenciées ont des caractéristiques structurales et moléculaires particulières. Cellule différenciée = cellule chez laquelle l'une des fonctions cellulaires ubiquistes est privilégiée La différenciation nécessite une suite d'étapes ordonnées.	
Caractéristiques des tissus à base de cellules différenciées	Description des épithéliums et des conjonctifs des animaux <i>Exemples possibles :</i> i) la peau et de son organisation ii) les muscles iii) tout autre tissu qui serait bien décrit
	Relation entre les cellules et leur environnement. <i>Exemples possibles :</i> i) Matrices extra-cellulaires +/- spécialisées en particulier chez les végétaux ii) jonctions cellulaires différentes dans la mise en place des tissus chez les animaux iii) plasmodesme chez végétaux, voies apoplasmique et symplasmique liée au cadre de Caspary
	Conséquence de la "différenciation extrême" : la mort cellulaire programmée et intégrité du tissu (vaisseau vrai et fibres du xylème, cellules du sclérenchyme, kératinocytes etc)

Localisation spatio-temporelle de la différenciation

Au cours du développement embryonnaire et post-embryonnaire	Au cours du développement embryonnaire, la différenciation cellulaire s'établit de manière progressive. Les cellules passent par 2 ou 3 étapes différentes: l'engagement, la spécification, la détermination Engagement: une cellule indifférenciée commence à acquérir des caractères nouveaux, preuve d'un début de différenciation; processus réversible ou non Spécification: Lorsqu'une cellule n'a plus besoin d'influences externes pour parvenir à sa différenciation finale, on dit qu'elle est "spécifiée". Elle reste sensible à l'environnement qui peut forcer sa différenciation vers une autre voie. Détermination: cellule engagée de façon irréversible dans une voie de différenciation et dont les influences externes ne peuvent modifier le devenir. Concepts très bien décrits mais sans que les termes soient utilisés: 4 Mots: 2
	Mise en évidence des notions de spécification et de détermination (description correcte d'une des expériences) Expériences de Spemann Expériences de Nieuwkoop (centre inducteur encore plus précoce que Spemann), Expériences de Dale & Slack (réassociations de blastomères montrant la régionalisation progressive de l'induction mésodermisante) Autres exemples: Disques imaginaux des insectes Schéma indispensable
Chez l'adulte au niveau des cellules souches ou méristématiques	Chez l'adulte, la différenciation se produit dans des cellules particulières qui ont conservé un état indifférencié: les cellules souches des animaux, les cellules méristématiques des végétaux. Différence cellules souches (prolifération très lente)/ progéniteurs (taux élevé de division...) Distinction chez les plantes entre méristèmes primaires (élongation)/méristèmes secondaires
	Caractéristiques structurales des cellules souches et des cellules méristématiques Diversité des types de cellules souches: embryonnaires, tissulaires, pluripotente, oligopotente.. <i>Exemples :</i> i) cellules souches hématopoïétique, ii) cellules souche des follicules pileux Schéma indispensable
	Caractéristiques génétiques : des facteurs épigénétiques sont importants pour maintenir la pluripotence des cellules souches (OCT4, SOX2 et NANOG, méthylation maintenue par PcG par exemple..)

Les mécanismes moléculaires de la différenciation

		Localisation de ces cellules: cellules souches intestinales dans les cryptes intestinales, cellules souches hématopoïétiques dans la moelle osseuse, cellules des apex racinaires et caulinaires (Zonation des apex avec des mitoses au niveau du méristème apical racinaire (MAR) et du méristème apical caulinaire (MAC), puis auxèse et différenciation au-dessus du MAR, en –dessous du MAC)
	Au cours de la vie de l'individu	Cellules du système immunitaire adaptatif qui se différencient après la rencontre avec l'antigène
	En conclusion: La différenciation peut se produire lors du développement embryonnaire à partir d'un ovocyte fécondé, à partir de cellules indifférenciées présnetes chez l'adulte (les cellules souches) ou à partir de cellules adultes déjà différenciées qui continuent leur différenciation suite à un stimulus extérieur	
	La différenciation cellulaire n'est généralement pas due à une perte d'ADN mais à une expression différentielle des gènes. L'entrée en différenciation est liée à un arrêt de la prolifération et donc à une sortie du cycle cellulaire.	
	Expression différentielle des gènes	Expériences de mise en évidence: transfert d'un noyau d'une cellule de grenouille dans un ovocyte enucléé, section de carotte qui redonne une plante totale, « Dolly »
		Les exceptions: les lymphocytes lors de l'acquisition de leurs récepteurs, Perte des telomeres chez les cellules différenciées donc destinées à mourir, les hématies, xylème et cellules des tubes criblés etc..
		Contrôle combinatoire des gènes avec plusieurs facteurs qui agissent ensemble pour contrôler un gène mais un des facteurs peut être déterminant. <i>Exemples possibles :</i> i) mutations dans le facteur de transcription CTIIA qui induit un défaut d'expression des molécules du CMH de classe I, « syndrome du lymphocyte nu », ii) mutation dans MyoD et Myf5 pour le développement du muscle iii)PAX6 sur le développement de l'oeil Les éléments de contrôle peuvent être loin du promoteur du gène (mise en évidence des régulations spatiales avec les "enhancer trap").
		Notion de facteurs dérégulation génique. Description du mode de fonctionnement d'un facteur de transcription idéalement à l'aide d'exemples <i>Exemples possibles :</i> i)Tdf1 codé par la région SRY et responsable de la formation de testicules, ii) les gènes Hox, ii) MyoD et Myf 5 pour le développement du muscle
		Modification « physique » de l'ADN (épigénétique): Information génétique qui n'est poté par la séquence des bases de l'ADN Exemple de la méthylation de l'ADN, rôle des facteurs Oct4, Sox 2, Nanog, polycomb repressive complex. Exemple de la modifications des histones (acétylations, méthylations, phosphorylations, complexe de remodelage de la chromatine, code histone).
	Balance entre maintien de l'état différencié et engagement dans la différenciation	Contrôle du méristème apical caulinaire avec les gènes WUS et CLV qui contrôlent la balance entre maintien de l'état indifférencié (stock de cellules méristématiques maintenus par WUS) et l'engagement vers la différenciation (rôle de CLV))
	L'induction de la différenciation cellulaire se fait soit de manière intrinsèque par la mise en place de mitoses asymétriques soit par des signaux provenant d'autres cellules ou de l'environnement cellulaire comme la matrice: tout ceci fournit des signaux de position au sein d'un tissu	

Les mécanismes inducteurs de la différenciation

Intrinsèque par la mise en place de mitoses asymétriques	Les mitoses asymétriques induisent une répartition asymétrique de déterminants cytoplasmiques maternels ou de molécules de signalisation. <i>Exemples possibles :</i> i) Chez les Amphibiens, rotation corticale (juste après la fécondation et avant la 1ère mitose) qui décale des déterminants cytoplasmiques maternels (Vg1, Dsh) et finalement qui met en place le centre organisateur de Nieuwkoop sur la face dorsale. ii) Mise en place de l'axe du corps chez la drosophile (répartition des ARNm et des protéines sous formes de gradients : le gradient bicoid antérieur et nanos postérieur, la localisation des ARNm nanos + bcd permettent l'établissement du gradient de protéine Hunchback.) iii) Algues vertes de type Volvox Carteri (la taille de la cellule à la fin des divisions détermine si c'est une cellule somatique ou germinale) iv) Cellules souches hématopoïétiques, cellules satellites dans la régénération du muscle chez les vertébrés (répartition asymétrique de Numb) v) myoplasme des ascidies (Styela, Halocynthia), lié à la présence d'ARN maternel (macho-1) vi) Chez les plantes pour les cellules à l'origine d'une racine secondaire	
L'induction	L'induction peut être instructive (signal qui conduit à la synthèse de nouvelles molécules nécessaires pour la différenciation) ou permissive (signal qui permet à une cellule déjà engagée dans une voie de différenciation de recevoir un signal de survie qui lui permet de progresser dans la différenciation)	
	Interactions ligands solubles-récepteurs <i>Exemples possibles :</i> Facteurs de croissance et hormones i) le développement des cellules hématopoïétiques avec les CSF, ii) phytohormones comme la balance auxine/cytokinine iii) BMP, iv)TGFβ, v) la voie Wnt Les facteurs sont i) hydrophiles récepteurs membranaires (type récepteurs kinase, liées aux tyrosine kinase, couplés aux protéines G) ii) lipophile (récepteurs intracellulaires comme les récepteurs aux stéroïdes, acide rétinoïque par exemple). □	
	Interaction cellule-cellule (sélectines, cadhérines, intégrines etc..) <i>Exemple possible: lignée hématopietique, œil de la drosophile</i>	
	Interaction cellule-matrice (intégrines-laminines, fibronectines etc..) Exemple possible: le contrôle de la différenciation par la rigidité du substrat, tube séminifère, cellules des crêtes neurales	
	Contacts cytoplasmiques: via les plasmodesmes chez les végétaux <i>Exemples possibles :</i> SHR, facteur de transcription synthétisé dans la stèle qui migre vers les cellules adjacentes où il participe à la spéfication de l'identité endodermique en activant scr qui code un autre facteur de transcription	
	Influence des facteurs environnementaux: Par exemple lumière pour les végétaux	
Le différenciation est un phénomène qui chez les animaux est généralement irréversible in vivo. Ce n'est pas le cas chez les végétaux où la dédifférenciation est un phénome physiologique		
Chez les plantes	Chez Zinnia elegans, dédifférenciation in vitro de cellules de parenchyme foliaire et redifférenciation en vaisseau de xylème Mise en culture de cals, bouturages/marcottages artificiels qui conduisent à une dédifférenciation/reprogrammation vers des tissus caulinaires ou racinaires, application au clonage des végétaux	
	In vitro: Découverte de procédés permettant de générer des cellules souches pluripotentes induites, les IPSC (prix nobel Yamanaka 2012) à partir de cellules somatiques différenciées prélevées chez l'adulte. In vivo: Dolly et autres « Copy cat »	

Qualité générale de la construction de la copie	La différencier	Chez les animaux	La régénération chez les amphibiens : des cellules partiellement différenciées « révertent » vers un phénotype de cellules embryonnaires
			Le cancer: acquisition d'une capacité accrue de prolifération, réexpression de molécules caractéristiques de cellules indifférenciées, perte de contact avec les cellules voisines (exemple d'application: Acide rétinoïque qui dans la leucémie promyélocytaire induit la
	Conclusion		Quelques idées clés qui permettent de dégager des réponses concrètes aux questions posées en intro Ouverture pertinente
	Plan	logique, cohérence, titres informatifs, adéquation entre titres et contenus des paragraphes	
	Transitions	Les transitions sont globalement : absentes (0), artificielles (1) , logiques (2) , logiques et bien justifiées (3)	
	Approches expérimentales et observations	à apprécier par rapport à la richesse de la copie - Microscopies diverses et variées - Immunohistochimie, immunofluorescence - hybridation in situ, protéomique (recherche de protéines particulières et de leur modifications en gel 2D et spectrométrie de masse) - Transferts de cellules dans les embryons - Techniques de biologie moléculaire pour analyser l'expression des gènes - Hybridations soustractives	
	Illustrations	Pertinence, qualité : à apprécier par rapport à la richesse de la copie	
	Total du fond		
	Bonus		
Forme	Rédaction		Clarté, concision
			Orthographe, syntaxe
	Présentation		Présentation et soin

4.2 Epreuve écrite du secteur B:

4.2.1 Le sujet proposé :

La coévolution

4.2.2 Commentaires

4.2.2.1. Commentaires généraux sur l'épreuve

Il est à noter que le sujet « La coévolution » a été brillamment traité dans quelques copies avec une problématique clairement dégagée et des exemples pertinents. Dans l'ensemble, un effort de présentation (titres soulignés, couleurs, plan énoncé ...) est constaté dans les copies. Cependant, il existe une certaine pauvreté des illustrations (schémas légendés explicatifs, schémas ou tableaux bilan).

Dans une grande proportion de copies, la coévolution a été mal définie et traitée superficiellement et partiellement. L'élargissement de la coévolution au niveau de la guilda ou au niveau intra-spécifique est très rarement mentionné, et les conséquences évolutives de la coévolution sont rarement abordées. Le thème traité dans un nombre non négligeable de copies a été la notion d'évolution. L'action des différentes forces évolutives, hormis la sélection, était hors sujet. Dans un grand nombre de copies, les relations interspécifiques et leur diversité ont été traitées, mais sans être directement reliées à la notion de coévolution, et donc au sujet.

On peut également noter d'une façon générale la faiblesse du contenu de l'introduction et plus encore de la conclusion. Nous rappelons que le devoir doit s'appuyer sur une démarche scientifique et s'attacher à répondre à une problématique qui doit être formulée dès l'introduction.

Le niveau scientifique général reste insuffisant. Le jury souligne la pauvreté des connaissances des candidats sur la coévolution et les processus évolutifs sous-jacents et attire l'attention des candidats sur le niveau scientifique attendu dans ce concours.

Un exemple de plan commenté est présenté ci-après. Il ne constitue en aucun cas un corrigé ou plan type mais, présente avec quelques exemples non exhaustifs, les notions pouvant être abordées. Plusieurs plans étaient possibles dont la cohérence de la construction a été appréciée.

Introduction

Remarque : Nous rappelons que l'introduction ne doit pas uniquement décrire un plan, mais doit en justifier l'intérêt en s'appuyant éventuellement sur un exemple, définir le sujet, annoncer un questionnement et des idées dans un cadre clairement défini. Ce questionnement doit guider le candidat tout au long de son devoir.

Un exemple pouvait être utilisé comme ancrage à la problématique (exemple de relations plantes-insectes où il existe des insectes spécialistes de certaines plantes, qu'ils soient phytophages ou pollinisateurs ; exemple de parasites exclusivement inféodés à certains hôtes...).

Le questionnement général pouvait être : Ces espèces en interaction présentent des coadaptations mais résultent-elles pour autant d'un processus coévolutif ?

Une définition de la coévolution pouvait ensuite être donnée. Selon la définition d'Ehrlich et Raven (1964), il y a coévolution si l'action de la sélection conduit, par des modifications génétiques, à des modifications sinon conjointes tout au moins réciproques, des patrimoines héréditaires de deux espèces qui interagissent. Chaque espèce agit par rapport à l'autre comme agent et objet de sélection. Une espèce évolue en fonction du changement de son milieu représenté par l'évolution d'une autre espèce. La sélection constitue donc la force évolutive moteur du système. La mise en place d'interactions fortes ou durables entre deux populations dépend de la pression de sélection et de la variabilité génétique de chacune des populations. Si les interactions sont fortes entre les deux populations, leurs histoires évolutives vont se rencontrer.

Les problématiques spécifiques de ce devoir pouvaient être : A quelle échelle s'observe la coévolution, (couples d'espèces, guildes, génomes) ? Quelles sont les conséquences de ces interactions en termes de valeur sélective (coûts/gains) ? Quelles sont les adaptations/ associées à ces interactions ? Comment démontrer qu'il y a bien coévolution (modifications génétiques conjointes ou réciproques) ? Quelles sont les conséquences évolutives de telles interactions durables ?

En suivant cette problématique, un plan possible pouvait suivre la coévolution au sein de la diversité des interactions à l'échelle des relations interspécifiques et intra-spécifiques. La coévolution interspécifique pouvait être traitée en deux parties selon l'intensité de l'interaction (étroite ou diffuse) et son impact sur les valeurs sélectives des populations. Ainsi, une première partie pouvait être consacrée à la coévolution par paire impliquant des couples d'espèces, antagoniste (prédation, herbivorie, parasitisme) ou mutualiste (mutualisme/symbiose). Dans une seconde partie, le candidat pouvait traiter de la coévolution diffuse qu'elle soit antagoniste ou mutualiste au sens de Janzen (1980) impliquant un cortège d'espèces ou de coévolution par guildes au sens de Thompson (1994). Enfin, la coévolution intra-spécifique pouvait être envisagée au niveau des sexes ou des génomes. Une partie de synthèse devait traiter des conséquences évolutives de telles interactions durables.

Remarque : La définition de la coévolution, ses contours et ses limites pouvait être traités dans l'introduction ou faire l'objet d'une première partie à part entière visant à définir la coévolution et à expliquer comment il est possible de la démontrer. La démonstration de la coévolution est d'autant plus facile que le nombre de gènes impliqués est faible. Un exemple de coévolution simple, bien analysé, était attendu

(parmi les exemples possibles : relations entre le Lin (*Linum usitatissimum*) et la rouille (*Melampsora lini*) expliquées par le modèle gène-pour-gène). Lorsque la situation est plus complexe, la récurrence du même type d'interactions durables entre espèces des mêmes genres, ou de phylogénies congruentes (phylogénie en miroir) sont autant d'indices de coévolution.

Récapitulatif des items importants et remarques spécifiques

Remarque : Pour chaque item, un exemple bien traité était attendu déroulant la problématique : quelle est l'intensité de l'interaction ? Quelles sont les adaptations des espèces ? Sont-elles de simples coadaptations ou y a-t-il bien des interactions réciproques ?

1. Coévolution interspécifique

1.1. Coévolution par paire

1.1.1. Interactions antagonistes

Une définition de ce qu'est une relation antagoniste était attendue ainsi qu'une idée de la diversité de ces relations et de leurs conséquences sur la valeur sélective des populations en interaction.

- Relations coévolutives hôtes-parasites : la valeur sélective du parasite est avantagée ; l'exemple du couple lapin/myxomatose avec augmentation de la résistance de l'hôte et baisse de la virulence du parasite pouvait être traité et s'appuyer sur une démonstration expérimentale et conduire à une généralisation de la coévolution dans les systèmes hôtes-parasites.

- Relations coévolutives proies-prédateurs : la valeur sélective du prédateur est avantagée ; l'exemple de l'augmentation de l'épaisseur de la coquille des mollusques en fonction des aptitudes des prédateurs à les briser (épaisseur des pinces des crabes) pouvait être traité et conduire à une généralisation de la coévolution dans les systèmes proies-prédateurs.

Remarque : l'évolution conjointe des effectifs des deux populations proies-prédateurs était hors sujet. Il faut dans le contexte du sujet montrer l'existence d'adaptations conjointes de la proie pour échapper au prédateur et du prédateur pour attraper sa proie.

- Relations coévolutives faisant intervenir la compétition entre espèces : les valeurs sélectives des deux espèces en compétition sont diminuées ; parmi les exemples possibles la coévolution dans le cadre de compétition interspécifique entre plantes natives et plantes invasives.

- Relations coévolutives dans le cadre des relations plantes-herbivores/phytophages : un exemple bien détaillé avec présentation des espèces en présence et des interactions entre les deux espèces était attendu. Les adaptations par l'herbivore à contourner les métabolites secondaires des plantes (inactivation, dégradation,

excrétion des molécules) au niveau moléculaire étaient attendues. A titre d'exemples : production de glucosinolates par des Brassicales. La toxicité est due à l'hydrolyse de ces molécules par la myrosinase lors de la destruction des cellules végétales au cours de leur ingestion. Les Pierinae (Lépidoptères) sont spécialisés sur des hôtes à glucosinolates (présence dans leur tube digestif d'une protéine détoxifiante, Nitrile-specifier protein, qui modifie l'action de la myrosinase et empêche la formation de toxine). Un autre exemple de mécanisme moléculaire de détoxification se rencontre chez le Coléoptère bruchide *Caryedes brasiliensis* qui possède une Arginyl-t-RNA synthétase capable de reconnaître la canavanine (AA non protéique produit par la plante hôte *Dioclea megacarpa*). La canavanine est transformée en canaline et en urée, puis par une uréase donnant de l'ammonium. D'autres exemples d'adaptation pouvaient être traités chez les vertébrés où il peut exister une détoxification via le foie ou les bactéries du rumen (ruminants), ou une neutralisation de l'effet des tannins via des protéines salivaires (cervidés). La notion de palatabilité associée aux tanins des feuilles pour les ruminants de la savane africaine pouvait être mentionnée alors que les antilopes *Cephalopus* consomment des feuilles mortes riches en tannins.

Dans ces différents exemples, l'avantage évolutif (valeur sélective) est pour l'herbivore ou le phytophage. Dans d'autres relations coévolutives, « un pas évolutif » supplémentaire a été franchi. L'avantage évolutif est de nouveau pour la plante. A titre d'exemples : les *Heliconius* (Lépidoptères) dont les larves se nourrissent sur les Passiflores sont capables de détoxifier les glucosides cyanogénétiques produits par les espèces du genre *Passiflora*. La production de leurres ressemblant à des œufs d'*Heliconius* et dissuadant les femelles *Heliconius* de pondre, est apparue de façon indépendante dans des lignées évolutives différentes de passiflores à partir de tissus végétaux différents ce qui témoigne de la réponse de sélection exercée par le phytophage. Autre exemple : l'émission de composés volatiles de *Nicotiana attenuata* attirant des parasitoïdes du Sphinx du tabac (*Manduca sexta*) qui a développé une résistance à la nicotine (alcaloïde produit par la plante) permettant aux chenilles de dévorer ses feuilles.

1.1.2. Interactions mutualistes

Une définition de ce type de relation était attendue ainsi qu'une idée de la diversité de ces relations et de leurs conséquences sur la valeur sélective des populations en interaction. Ces interactions décrivent la rencontre de deux histoires évolutives "égoïstes". La diversité des relations mutualistes pouvaient être envisagées sous plusieurs angles – mutualisme stable/instable, ou mutualisme/symbiose. Parmi les exemples possibles de coévolution dans le cadre d'interactions mutualistes : le cas des figuiers dioïques *Ficus carica*, et son pollinisateur *Blastophaga psenes* (mutualisme instable) : 95% de la population de blastophages est éliminée chaque année dans les figues des pieds femelles, les pieds mâles permettent la reproduction des blastophages et la production du pollen véhiculé par les femelles pollinisatrices. Les adaptations (morphologiques, comportementales ...) ainsi que l'avantage sélectif

(avantage sélectif immédiat pour la descendance de la femelle pollinisatrice pendant dans les fleurs femelles car il y a pollinisation de ces fleurs ce qui amorce le développement des tissus végétaux qui serviront de ressources trophiques aux larves) liées à cette relation coévolutive étaient attendues. Parmi d'autres exemples possibles : le cas des symbioses Fabacées/Rhizobiacées (gènes Nod codant les enzymes synthétisant les signaux de reconnaissance par la plante hôte ; la LegHb, le fonctionnement de la Nitrogénase). Dans ces deux exemples, il existe de nombreuses relations inter-spécifiques entre espèces du même genre témoignant de la nature coévolutive de la relation. D'autres exemples pouvaient être traités notamment l'exemple historique de la prédiction de Darwin lorsqu'on lui présenta, en 1862, « l'étoile de Madagascar », une orchidée (*Agraecum sesquipedale*) qui possède un nectaire pouvant atteindre plus de 30 cm de profondeur, de l'existence d'un papillon possédant une trompe de la même taille (découverte en 1903 d'un grand papillon nocturne doté d'une trompe de 22 centimètres et nommé *Xanthopan morgani praedicta* en hommage à la prédiction de Darwin).

Remarque : Dans beaucoup de copies, des exemples d'interaction sont cités mais non replacés dans un contexte coévolutif. Les exemples traités doivent être précis et les noms scientifiques des espèces doivent être systématiquement cités. En règle générale, un seul exemple par item était suffisant. Il est très étonnant de constater que les relations coévolutives plantes-insectes phytophages soient absentes dans de nombreuses copies. De plus, les relations coévolutives plantes-insectes pollinisateurs sont trop souvent présentées de façon superficielle.

1.2. Coévolution diffuse

Une définition était attendue (coévolution qui s'opère à l'échelle de plus de deux espèces, la sélection d'un trait influence celle d'autres traits importants pour les relations interspécifiques, corrélations génétiques).

1.2.1. Coévolution antagoniste diffuse

Un exemple détaillé (ensembles plantes/herbivores,) était attendu ainsi que la justification du processus coévolutif.

1.2.2. Coévolution mutualiste diffuse

Un exemple détaillé (ensembles plantes à fleurs/pollinisateurs, ensembles plantes à fruits/oiseaux granivores) ainsi que la justification du processus coévolutif.

2. Coévolution intraspécifique

2.1. Entre sexes. La notion de coévolution entre sexes d'une même espèce et le lien avec la sélection sexuelle était attendue avec un exemple à l'appui. Un des exemples possibles était celui de la coévolution des appareils génitaux des canards (*Ana* sp.) mâles et femelles et la justification du processus coévolutif (la complexité de l'appareil génital des femelles *résulte d'un conflit entre les sexes pour le contrôle de la fertilisation*).

2.2 Entre génomes. La notion de coévolution entre génomes pouvait être illustrée avec les conflits génomiques entre les gènes mitochondriaux/plastidiaux et les gènes nucléaires (exemple : gènes mitochondriaux de stérilité mâle qui suppriment la production de pollen et les gènes nucléaires qui eux sont restaurateurs de cette synthèse de pollen).

2.3. Entre chromosomes sexuels. Ce type de coévolution pouvait être illustré avec des exemples de biais de sex ratio par distorsion de la ségrégation des chromosomes X et Y (système distorateurs/ supprimeurs). Exemples chez les drosophiles (*Drosophila simulans*) ou chez la mouche malaise (*Cyrtodiopsis dalmanni*).

3. Les conséquences évolutives de la coévolution

3.1. Maintien du polymorphisme

A partir d'un exemple, des notions générales pouvaient être dégagées. A titre d'exemples : chez *Arabidopsis thaliana*, diversité des composés toxiques produits (variabilité au locus GS-Elong des gènes responsables de l'élongation des molécules de glucosinolates) en lien avec la coévolution plante-phytophages ; polymorphisme du système HLA, diversité qui résulterait d'une coévolution entre l'homme et divers agents pathogènes ; polymorphisme des gènes de résistance, d'avirulence et coévolution hôte-parasite ...

3.2. Spéciation/radiation évolutive

Une définition de la spéciation et/ou de la radiation évolutive était attendue. La démonstration d'une spéciation ou d'une radiation évolutive liée à la coévolution peut être faite par l'existence d'une corrélation entre la présence d'un partenaire (ou d'un caractère chez un partenaire) et l'augmentation du taux de spéciation chez l'autre. Par exemple, l'apparition d'une nouvelle toxine dans un clade de végétaux peut engendrer une radiation évolutive chez ce groupe. Autre exemple, le caractère plantes à latex et/ou résine, est apparu au moins 40 fois de façon indépendante dans différentes familles non apparentées (*Asclepias*, *Euphorbia*, *Papaver*, *Chelidonium*). Les clades possédant ce caractère sont plus diversifiés que groupes frères sans ce caractère. L'exemple du grand nombre de couples figuiers-pollinisateurs pouvait également être traité.

3.3. Cospéciation

Une définition de la cospéciation était attendue Une cospéciation est possible dans le cas de coévolution par paire (relations antagonistes ou mutualistes). Les événements de spéciation pour les deux partenaires doivent être concomitants. Les arbres phylogénétiques des deux partenaires doivent être congruents dans leur topologie et dans leurs nœuds profonds. Souvent, il est observé une congruence partielle due à des transferts horizontaux ou d'événements de spéciation secondaires. A titre d'exemples : Mallophages *Geomydocus* /Rongeurs *Geomyidae*, termites champignonnistes *Macrotermes*/ *Termitomyces*, *Rhizobium*/legumineuses...

3.4. Taux d'évolution

La notion d'une accélération évolutive liée à la coévolution était à discuter. L'exemple de l'apparente accélération évolutive chez *Omphalina* (champignon) liée à une symbiose lichénique récente avec des algues pouvait être traité. Les espèces symbiotiques ont des taux de substitutions d'ADN plus élevés que les espèces non-lichénisées parentes saprophytes. (Hypothèse alternative : la symbiose pourrait relâcher les pressions de sélection, et donc l'accélération évolutive serait plutôt due à une augmentation des taux de substitutions faiblement délétères).

3.5. Taux d'extinction

3.5.1. Modèle de la Reine Rouge

La théorie de la Reine rouge a été introduite par Van Valen, en 1973, suite à ses travaux sur le taux d'extinction des espèces (référence à "Alice de l'autre côté du miroir" de Lewis Carroll : l'idée de courir pour rester à la même place). Les probabilités d'extinction des espèces sont indépendantes de leurs âges. La coévolution antagoniste aboutit à un équilibre dynamique entre espèces. Le risque d'extinction provient de la déplétion des ressources et dépend de l'action des espèces antagonistes.

3.5.2. Evolution du sexe

Les relations hôte-parasite pourraient expliquer le maintien du sexe dans les populations. En effet l'existence de la reproduction sexuée est un paradoxe évolutif car très coûteuse par rapport à des modes asexuées. Les avantages sélectifs de la recombinaison liée au sexe pourraient expliquer ce maintien.

Remarque : Les conséquences évolutives ont été rarement traitées dans les copies, ou alors de manière très parcellaire. Il est à souligner que la notion de cospéciation est très souvent mal comprise. Pour qu'il y ait cospéciation, il faut démontrer que tous les nœuds de la phylogénie de chacune des deux espèces concernées sont compatibles dans le temps. Une cospéciation n'est pas seulement une coadaptation, une adaptation mutuelle de deux organismes ; il faut démontrer que les ancêtres des ces formes ont évolué de manière coordonnée sous le contrôle d'une sélection mutuelle. De même, la théorie de « la Reine Rouge » et les hypothèses associées sont mal maîtrisées, et de très nombreuses formulations erronées de cette théorie figurent dans les copies..

Conclusion

Remarque : D'une manière générale, la conclusion est nécessaire pour récapituler de façon concise les idées fortes développées dans le devoir, répondre à la problématique posée en introduction et formuler de nouvelles questions qui ouvrent les perspectives du sujet. Par ailleurs, le jury rappelle que, outre d'être pertinente, l'ouverture formulée en fin de conclusion doit être suffisamment explicitée et qu'un mot clef ne peut en aucun cas suffire à ouvrir le sujet.

Une ouverture possible : peut-on échapper à la coévolution ? Oui, selon S. J. Gould (1982), en mettant tous ses œufs dans le même panier à condition d'en posséder

beaucoup et de ne pas s'y risquer trop souvent (événement rare, non prévisible, abondance de la ressource, exemples du bambou *Phyllostachys bambusoides* qui fleurit régulièrement tous les ... 120 ans, et celui de certaines espèces de cigales nord américaines (*Magicalada*) qui renouvellent leur génération tous les 13 ou 17 ans selon les espèces).

4.2.2.2. Grille de notation

Une version modifiée de la grille d'items utilisés pour la notation des copies est présentée ci-dessous. Elle ne constitue en aucun cas un plan type ou un corrigé, mais elle balaye avec quelques exemples non exhaustifs les notions pouvant être abordées.

Agrégation externe			
Épreuve du secteur B			
Fond	Introduction	Contexte, il doit servir d'ancrage clair à l'introduction : un exemple de coévolution biologique au choix pour introduire le sujet (j'imagine que nous aurons l'analogie virus antivirus informatique) par Darwin (1862) longueur des éperons nectarifères de certaines orchidées et trompe des pollinisateurs associés ou autre approche introductive	
		Analyse des termes du sujet à partir du contexte : A partir de l'exemple définir la coévolution (n'importe quel exemple, exemple cité Dans le cas des relations inter-spécifiques la coévolution concerne un couple de populations d'organismes, n'échangeant pas de gènes. Les processus co-éolutifs concernent également des relations intra-spécifique (sélection sexuelle, conflits génomiques). Moteur du système = sélection, pressions sélectives réciproques. Pas facile à montrer. Evolution conjointe	
		Problématique clairement posée et justifiée par l'analyse du sujet :	
Axe directeur de la composition explicité et bien justifié : . Justification du plan dans une démarche logique			
	Pour tous les items abordés dans le barème et notés sur 3 (ou des multiples , soit nx3 pts) : aucune information : 0 ; Connaissances parcellaires : de 1 à nx1 point(s) ; Connaissances précises, mais partiellement analysées : de 2 à nx2 points ; Connaissances analysées et remise en perspective dans une démarche globale : de 3 à nx3 points .		
Comment définir la coévolution	Définitions : contours et limites	Définition par Ehrlich et Raven en 1964. Il y a coévolution si par des modifications génétiques, l'action de la sélection conduit à des modifications sinon conjointes tout au moins réciproques des patrimoines héréditaires des deux espèces. La coévolution est définie de façon génétique. Définition à l'origine pour un modèle plante insectes : interactions interspécifiques, Influence réciproque, chaque espèce agit par rapport à l'autre, à la fois comme agent d'une sélection et comme objet d'une autre, évolution coordonnée. Une espèce évolue en fonction du changement de son milieu qui est ici l'évolution d'une autre espèce. Nota pas de points pour la reine rouge ici	
		Différentes échelles (Extension de la définition aux relations intraspécifiques, sélection sexuelle, conflits génomiques...). Sur 3 points	
	démonstration de la coévolution	pas facile à démontrer. Chaque population est soumise à ses propres contraintes (Densité, génétiques, comportementales). Résulte interactions fortes entre les deux populations, dépend de la pression de sélection et de la variabilité génétique de chacune des populations. Moteur du système = sélection. Chaque population doit maintenir sa valeur sélective (doit être mesurée). Notion d'interactions durables. Si les interactions sont fortes entre les deux populations, leurs histoires évolutives vont se rencontrer. Certains auteurs admettent que les co-adaptations inter-spécifiques sont le résultat d'une co-évolution (sauf si hypothèse alternative) mais dans ce devoir, il faut explicitement démontrer ou formuler des hypothèses en faveur de la co-évolution (chaque espèce agit par rapport à l'autre, à la fois comme agent d'une sélection et comme objet d'une autre). Comment démontrer la co-évolution : comparaison avec espèces proches, pas cas isolé, nombreuses relations du même type entre espèces du même genre, phylogénies congruentes (hôte, parasites ...). Co-spéciation. Pas que co-adaptation = adaptation mutuelle de deux organismes, il faut démontrer que les ancêtres des formes co-adaptées ont évolués de manière coordonnée sous le contrôle d'une sélection mutuelle. En effet si on constate des coadaptations entre 2 espèces, elles peuvent être dues à une coévolution passée ou alternativement, évolution séparée pendant un temps puis "par hasard" les 2 espèces se rencontrent et ont des adaptations compatibles. Difficulté : certains auteurs voient de la coévolution partout et inversement	
	exemple irréfutable	Prendre un exemple d'un modèle gène pour gène Exemple : Rouille / lin (Melampsora lini / Linum usitatissimum), résistance/ sensibilité virulence/avirulence (27 allèles) Modalité : R gène de résistance => récepteurs aux molécules avr codées par le gène d'avirulence du pathogène, Schéma ou tableau Notion : Ici un seul "gène" (s'adapter ou disparaître pour la plante) vs animaux où un second "gène" interagit (comportement)	
	total partie		
	Introduction	Définition interactions inter-spécifiques antagonistes. Ce type d'interaction est en défaveur de l'un des deux partenaires (en termes de fitness). Plan de cette partie	
		Hote_parasite	Documenter un exemple Hôte-parasite : A titre d'exemple : Lapin Myxomatose (Oryctolagus cuniculus/ virus Myxomatose) 1950 continent Australien (à partir souche Sud Am) Observation : baisse de la mortalité des Lapins Modalité : augmentation de la résistance de l'hôte et baisse de la virulence du parasite Notion : virulence dépend du mode de transmission du parasite et si infestation individuelle ou non
	Adaptations (hôte et parasites) Justification du processus co-éolutif : la virulence des virus prélevés sur le terrain au cours du temps doit être testée tjs sur une souche référencée de lapin ; inversement, la résistance des lapins sauvages doit se tester sur les souches de virus initiales conservées en laboratoire- sinon on ne peut pas savoir si c'est le lapin qui résiste mieux ou le virus qui infecte moins bien (ici les 2).		

Interactions inter-spécifiques antagonistes	prédateur-proies	Documenter un exemple et interprétation : épaisseur et résistance structurelle de la coquille de mollusques en fn de l'aptitude aux prédateurs de les broyer. Coquilles avec le temps de plus en plus épaisses et longues et possibilité d'ouverture de plus en plus difficiles (fréquence de coquilles endommangées diminue dans les séries fossiles). Plusieurs lignées indépendantes ayant ce renforcement progressif de caractère et corrélation avec la taille des pinces chez les crabes. Type de relation peu documentée. (2 pts exemple, 2 pts adaptations, 2 pts justification)
	compétition	Documenter un exemple (il peut être théorique) et interprétation : Dans les modèles de dynamique de populations (Lotka-Volterra, compétition) on peut montrer que si on a deux espèces en compétition ayant les mêmes paramètres démographiques (et en particulier les mêmes capacités de charge K), elles auront les mêmes valeurs d'effectifs à l'équilibre, mais que si l'une des deux espèces évolue et augmente sa valeur de K (et donc sa capacité à exploiter les ressources du milieu), l'espèce compétitrice voit son effectif à l'équilibre diminuer , et doit évoluer à son tour (i.e. augmenter sa valeur de K en augmentant sa capacité à exploiter les ressources du milieu) pour revenir au même niveau que l'autre espèce (i.e. à un effectif à l'équilibre identique à celui de l'autre espèce) – (2 pts exemple, 2 pts adaptations, 2 pts justification)
	modèle Plantes-herbivores ou phytophages (ici j'attends différentes intensités d'interaction *)	Documenter un exemple de spécialisation sur une plante , détournement de toxines. Donner un exemple biologique (on attend les noms des espèces, et la présentation des interactions).
		Adaptations des deux partenaires : A titre d'exemples : production de glucosinolates par Brassicales/ Pierides toxicité si hydrolyse par la myrosinase (quand destruction des cellules végétales lors de leur ingestion) . Caractère apparu il y a 90 Ma chez ancêtre des Brassicales. Adaptation à contourner les métabolites secondaires des plantes (Inactivation, dégradation, excrétion des molécules). Dans cet exemple les Pierinae (Lépidoptères) sont spécialisés sur des hôtes à glucosinates (état ancestral) grâce à une protéine détoxifiante (Nitrile-spécifier protein, NSP) présente dans le TD. Modifie l'action de la myrosinase et empêche la formation de toxine. Autre exemple de mécanisme moléculaire de détoxification Coléoptère bruchide Caryedes brasiliensis possède une Arginyle-t-RNA synthétase capable de reconnaître la Canavanine (AA non protéique produit par la plante hôte Dioclea megacarpa), Canavanine transformée en canaline + urée, puis par une uréase donnant de l'ammonium. Adaptation chez les vertébrés via détoxification (foie) , bactéries du rumen (ruminants), protéines salivaires neutralisant l'effet des tannins (cervidés); Notion de palatabilité associée aux tanins des feuilles pour les ruminants de la savane africaine alors que les antilopes Cephalopus consomment des feuilles mortes riches en tannins.
		Justification du processus co-évolutif (à adapter selon l'exemple choisi): Toutes les plantes présentent des toxines ou moyens de défenses (chiliques, morphologiques ...). Ici pour le caractère "production de toxines, défenses" ce caractère a été sélectionné au cours de l'évolution car il procurait un avantage évolutif aux individus qui les portaient. Mais pas de preuve d'une réponse à la pression de phytophagie exercée par les insectes (évolution parallèle). En revanche, adaptation des insectes et détournement des toxines et augmentation de fitness. Ici l'avantage évolutif est en faveur du phytophage. Radiation évolutive de certains genre d'herbivores/phytophages sur certaines familles ou genres de plantes présentant des composés toxiques . Exemple mécanisme de détoxification apparu une seule fois chez l'ancêtre des Pierinae 10 millions d'années après l'apparition du glucosinate chez les Brassicales et aurait permis la diversification de ce groupe. Rôle dans les processus de mimétisme batésien (les chenilles stockent ces molécules détoxifiées dans leur corps gras, persistance dans l'abdomen du papillon lui conférant un goût amer). Choix alimentaire des mammifères en fonction de stimuli sensoriels et sélection en fn de leurs conséquences post-ingestives sur les récepteurs viscéraux (chémo, osmo, mécano -récepteurs). Choix alimentaire en conséquence est un continuum qui va de la préférence à l'aversion. Aversion : diminution de la préférence pour une nourriture qui vient d'être mangée ou mangée trop souvent ou en trop grande quantité ; Incitation pour les herbivores à consommer une grande variété de plantes. D'autant plus vrai si présence de toxines (ou manque de nutriments spécifiques). Processus d'apprentissage résultent des conséquences post-ingestives négatives. Pour la plante signal doit être associé à une conséquence post-négative pour ne pas être mangée
		Documenter un exemple de l'adaptation de la plante en réponse aux phytophages . A titre d'exemple : Heliconius Passiflores. Production de leurres à partir de tissus végétaux ressemblant à des œufs d'héliconius. Sphinx du tabac (Manduca sexta) et Nicotiana attenuata émettant des composés volatiles attirant des parasitoïdes (ici exemple tripartite). Le sphinx a développé une résistance à la nicotine (alcaloïde produit par la plante) et ses chenilles dévorent ses feuilles. réponse de la plante : détecte la présence des chenilles du sphinx (AG + AA dégagés par l'insecte), en conséquence : ralentit sa synthèse de nicotine et synthétise à la place des molécules volatiles attirant les prédateurs du sphinx, en même temps, ralentit la synthèse de la sous-unité de l'enzyme gal3 dans ses feuilles, mise en réserve dans les racines. Quand disparition des chenilles, réutilisation de la réserve de carbone pour refabriquer tiges et feuilles.
		Justification du processus co-évolutif : Ici l'avantage adaptatif est à la plante. pour le premier exemple les Heliconus sont spécialisé sur les passiflores (détoxification) mais réponse de la plante. Preuves : Présence de leurres apparus de façon indépendante dans lignées évolutives différentes de passiflores à partir de tissus végétaux différents . Pour le tabac : Défense indirecte de la plante. Dans certains cas, synthèse de novo (ex terpènes) suite à l'attaque du phytophage (donc pas seulement libérées par destruction des cellules). Emission systématique. Exploitation par prédateurs et parasitoïdes. Indice fiable de la présence de leur proie. Effets des substances volatiles sur les herbivores potentiels : localisation de la plante hôte, plante affaiblie moins de défense ou indique présence de compétiteurs et potentiellement de prédateurs/parasitoïdes. Hypothèse à l'origine, rôle de défense de ces composés (anti-microbiens ou répulsifs), a permis leur sélection et leur maintien, puis utilisation par les prédateurs, puis co-évolution des deux partenaires, mélange de composés de plus en plus complexes et spécifiques et capacités de détection par les prédateurs de plus en plus efficaces . Protection des plantes voisines par l'émission des composés volatiles d'une autre plante attaquée.
	introduction	Définition du mutualisme dans une relation co-évolutive : Rencontre de deux histoires évolutives "égoïstes". Peut être instable (côut) et stable (augmentation de la fitness des deux partenaires). relation spécifique, cas non isolé (nombreuses relations du même type inter-spécifiques entre espèces du même genre), radiation adaptative.
	interactions mutualistes deux exemples sont attendus soit mutualisme stable/ instable ou	Documenter un exemple Cas des figuiers dioïques Ficus carica, Blastophaga Mécanisme : piège évolutif, 95% de la population de blastophaga éliminée chaque année dans les figues des pieds femelles, les pieds males de ficus servent à reproduire les blastophages et à produire du pollen véhiculé par les femelles pollinisatrices. Autre exemple Rhizobium.
		Adaptations des deux partenaires : morphologiques, comportementales Justification de la co-évolution : pourquoi les pollinisateurs pollinisent : avantage sélectif immédiat pour la descendance de la femelle pollinisatrice car pollinisation des fleurs femelles = garde manger pour les larves par développement des tissus végétaux. rdaiton évolutive pollinisateurs-figuiers. Cas des symbioses Rhizobium-Légumineuses cospéciation gène Nod codant enzymes synthétisant les signaux de reconnaissance par la plante hôte. le les gènes Nod et reconnaissance par la plante, la LegHb et le fonctionnement de la Nitrogénase

	mutualisme/ "symbiose")		Documenter un exemple : Cas des figuiers monoïques Ficus sur, Ceratosolen autres exemples : chenilles miellat/fourmis, orchidées/pollinisateurs.
		Mutualisme (stable)	Adaptations des deux partenaires : morphologiques (longueur des éperons nectarifères de certaines orchidées), comportementales ...
			Justification du processus co-évolutif : par exemple pour les figuiers, relation intraspécifique étroite 'une espèce de pollinisateur pour une espèce de figuier, peu d'exceptions) Mais pas co-spéciation car pas de congruence dans les noeuds profonds des phylogénies pollinisateurs et figuiers. Radiation adaptative des insectes sur les espèces de figuiers déjà existantes.
		Total partie	
Coévolution diffuse (cortège d'espèces)	Définition		Définition : Le terme de « coévolution diffuse » a été proposé par Janzen (1980). Thompson (1989; 1994) la nomme coévolution par guild. La sélection d'un trait influence des traits importants pour d'autres interactions (corrélation génétique). La présence ou l'absence d'un membre de la communauté influence l'interaction avec les autres. Les effets des multiples acteurs ne sont pas additifs (il ne s'agit pas d'une somme d'effet mais d'un effet englobant tous les acteurs) (d'après Straus, S.Y. and Irwin, R.E., 2004). Demonstration au niveau génétique pas évidente
	coévolution antagoniste Prédateur/Proie ou phytophage/plante :		Documenter un exemple : Exemple Gentiane, Gentianella campestris. Plantes mourant après reproduction (semelpares). Autre exemple Ipomopsis aggregata, plante d'Amérique du Nord. Dans ces exemples, plantes avantagée (augmentation de la valeur sélective) par la pression de sélection exercée par l'herbivorie. Exemple mimétisme müllériens avec un cortège d'espèces avec le même patron de couleurs aposématiques procurant un avantage sélectif vis à vis de prédateurs communs.
			Justification du processus co-évolutif : Valeur sélective mesurée (expérimentalement) par nombre de graines produites, taille des graines et pourcentage de germination. Si coupe de la première pousse (herbivorie) production de tiges plus nombreuses et plus de graines que les plantes non coupées (pas herbivorie). Si pop adaptée à l'herbivorie et pas d'herbivore : pas de production maximale de graines. Mécanisme : perte de la dominance apical. Modèle plantes grands herbivores La plupart des plantes sont susceptibles d'être mangées par plusieurs espèces d'herbivores et la plupart des herbivores mangent de nombreuses espèces de plantes : notion de co-évolution diffuse selon Janzen 1980. Notion de dépendance évolutive. Exemple mimétisme müllériens : mimétisme entre espèces du même genre ou de genre voisins, démonstration au niveau moléculaire (attention aux formulations finalistes : toujours l'action de la sélection sur un polymorphisme aléatoire)
	coévolution mutualiste		Documenter un exemple et les coévolutions diffuses entre plantes à fruits et oiseaux granivores, entre plantes à fleurs et insectes pollinisateurs
			Justification du processus co-évolutif
		Total partie	
Coevolution intraspécifique	Définition		Définition
	Entre sexes		Documenter un exemple :Entre mâles/femelles, en lien avec la sélection sexuelle Exemple appareil génital chez les canards; Autres exemples de sélection sexuelle si cascade évolutive
			Justification du processus co-évolutif :
	Entre génomes		Documenter un exemple : le cas des endo-symbioses – mitochondries/plastes et des conflits génomiques entre gènes mitochondriaux/plastidiaux et gène nucléaires associés à cette coévolution entre les deux génomes (cf. par exemple les gènes mitochondriaux de stérilité mâle qui suppriment la synthèse de pollen et les gènes nucléaires qui eux sont restaurateurs de cette synthèse de pollen). Explication de pourquoi les genes de stérilité male sont mito et le sgenes restaurateurs sont nucléaires : bonus?
			Justification du processus co-évolutif : Correspondance entre type de restaurateur et type de gene de stérilité male; nombreux genes restaurateurs et genes de stérilité male différents dans les pops, et spécificité des relations entre genes
	Entre chromosomes sexuels		Documenter un exemple et Justification du processus co-évolutif : sex ratio et distorsion de la ségrégation X et Y accumulation des distorateur et supprimeurs de distorsion : ex de la mouche malaise avec allèle Xk => dégénérescence du Y et mise en place du Y résistant transmission de gène égoïste modèle "course aux armements"
		Total partie	
	Maintien du polymorphisme		A partir d'un exemple, dégager des notions générales : A titre d'exemples : chez Arabidopsis thaliana diversité des composés toxiques produits, variabilité au locus GS-Elong ; gènes responsables de l'élongation des molécules de glucosinolates. Trois gènes paralogues MAM (structure et quantité de glucosinolates). Un locus avec sélection balancée MAM2. Différents allèles produisant tous des molécules en C3 et grande quantité. Efficace contre généralistes mais attire les spécialistes et stimule oviposition et reproduction. Donc sélection balancée. Gènes HLA , diversité résulterait d'une coévolution entre l'homme et divers agents pathogènes. Evolution de certains parasites se « faisant passer » pour des antigènes humains. Si variabilité des locus HLA = avantage supplémentaire (hétérozygote// homozygote pour déceler « envahisseur ». sélection diversifiante sur genes vir/avri et genes R/r. Coévolution : maintien du polymorphisme
			Donner un exemple de spéciation ou de radiation adaptative : A titre d'exemples : Pollinisateurs/figuiers, plantes à latex et ou résine/ phytophages. Donner une définition claire de la spéciation ou de la radiation évolutive

Conséquences évolutives	spéciation / radiation adaptative		Démonstration de la spéciation ou d'une radiation évolutive : Corrélation présence d'un un partenaire (ou d'un caractère chez un partenaire) et augmentation du taux de spéciation chez l'autre. Exemple existence de toxines ou de défenses (chimiques ou mécaniques). Une arme contre les phytophages ? il faudrait le démontrer de façon génétique. Souvent évolution parallèle. Mais sélection du trait procurant un avantage sélectif. Si apparition d'une nouvelle toxine, dans un clade peut engendrer une radiation évolutive chez ce groupe. Autre exemple relâchement de la pression d'herbivorie permet des tailles de pop plus importantes donc diminution des probabilités d'extinction et facilite la diversification. Autre exemple plantes à latex et/ou résine, caractère apparu au moins 40 fois de façon indépendante dans différentes familles non apparentées (Asclepias, Euphorbia, Papaver, Chelidonium). Clades possédant ce caractère sont plus diversifiés que groupes frères sans ce caractère. L'exemple qu'on aura le plus souvent est la diversification angio/insectes à mon avis. Cet exemple est controversé, dans le ridley il y a les arguments pour et contre. Arguments contre : à première vue, on note une accélération de l'accroissement du nb d'espèces d'Angiospermes au Crétacé, sans que l'on retrouve ce résultat pour les insectes (accroissement régulier des espèces) Arguments Pour : Construction de phylogénies d'angiospermes où le mode de pollinisation est connu : à un nœud, comparaison possible, en termes de diversité d'espèces, de la branche où la pollinisation est abiotique avec celle où elle est médiée par les insectes. Des auteurs ont montré que les branches où la pollinisation est biotique donnent lieu à une plus grande diversification (cf Ridley).
	Cospéciation		Donner un exemple de cospéciation : A titre d'exemples : Mallophages/Rongeurs, termites champignonnistes/ Termitomyces ..., Rhizobium/legumineuses. Démonstration de la co-spéciation : possible que dans le cas de coévolution par paire (relations antagonistes ou mutualistes). événements de spéciation pour les 2 partenaires sont concomitants Arbres phylogénétiques des deux partenaires congruences dans leur topologie et noeuds (sinon fausse congruence, "transilience" de Templeton). Congruence partielles due à des transferts horizontaux ou spéciation secondaire
	taux d'évolution		Aumentation des taux de substitution : Accélération évolutive liée à la symbiose. Chez Omphalina (champignon) symbiose lichénique récente avec des algues. Les espèces symbiotiques ont des taux de substitutions d'ADN plus élevés que les espèces non-lichénisées parentes saprophytes Il est possible d'avoir uen hypothèse alternative (une au moins): la symbiose pourrait relacher les pressions de sélection, et donc l'accélération évolutive " n'en serait pas vraiment une, mais plutot une augmentation des taux de substitutions faiblement délétères
	Taux d'extinction Modèle de la reine rouge	Hypothèse de Van Valen	La théorie de la reine rouge a été introduite par Van Valen, un paléontologue, en 1973, suite à ses travaux sur le taux d'extinction des espèces. Référence à" Alice au delà du miroir" (Lewis Carrol). Les courbes de survie d'espèces sont log lineaires: ie la proba d'extinction, pour une espèce, est indépendante de son "âge". Cela voudrait dire qu'une espèce ne devient pas plus apte (ou moins apte) à éviter l'extinction au cours du temps. Comment expliquer ce résultat? La coévolution antagoniste aboutissant à un équilibre dynamique entre espèces (reine rouge) pourrait expliquer les probas d'extinction constantes au cours du temps. Le risque d'extinction proviendrait ici de la détérioration des ressources d'une espèce sous l'effet de ses parasites, ou de ses compétiteurs, prédateurs, etc. ayant évolué des adaptations nouvelles. Le taux de déplétion des ressources devrait être à peu près constant au cours du temps, si l'espèce en question a des capacités adaptatives pour rester "ds la roue" de ses espèces antagonistes.
		Evolution du sexe	La forme de sélection imposée par les relations hôte-parasite semble être de nature à pouvoir expliquer le maintien du sexe dans les populations. En effet l'existence de la sexualité est un « mystère évolutif », car très coûteuse par rapport à des modes asexuées. Il faut donc trouver des avantages sélectifs à la sexualité, et donc à la recombinaison qui lui est associée. Dans le cas des interactions hôtes-parasites, on s'attend à une oscillation des génotypes hôte et parasite au fur et à mesure de leur sélection et contre sélection. En effet, si un génotype hôte H1 est capable de résiter à un génotype parasite P1, ce génotype augmente en fréquence lorsque P1 est abondant. Par conséquent, P1 en retour dimune en fréquence: il est contre sélectionné car bcp d'hôtes lui sont résistants. Au contraire, le génotype P2, capable d'infecter H1, est sélectionné et augmente en fréquence. Par conséquent, le génotype H1 est contre sélectionné, et sa fréquence diminue! et ainsi de suite... Si maintenant on remplace P1, P2, H1, H2 par des génotypes multilocus, on voit comment la recombinaison apporte un avantage aux reproductions sexuées. Dans des populations asexuées, une telle oscillation entre génotypes peut amener la perte de génotypes contre sélectionnés à un moment (si la courbe rencontre la fréquence 0..), mais qui auraient pu être avantageux plus tard. Au contraire, dans une population sexuée, la recombinaison permet de créer des associations génotypiques rares et avantageuses à un moment donné, ainsi que de casser les associations génotypiques désavantageuses à un moment donné. C'est face aux parasites, dans le cas où le caractère avantageux ou désavantageux d'une combinaison génotypique peut changer rapidement, que la recombinaison peut particulièrement être intéressante et être sélectionnée à court terme. Peu de vérifications empiriques . On s'attend par exemple, à ce que dans une population parasitée dans laquelle coexistent des individus sexués et asexués les individus sexués soient moins parasités. Une étude a montré cela (ex des escargots du genre <i>Potamopyrgus</i> , parasités par un trématode).
	Total partie		
Conclusion	Quelques idées clés ...	non hiérarchisées 1pt	
	... qui permettent de dégager des réponses concrètes aux questions posées en intro		
	Ouverture pertinente	Peut-on échapper à la "fatalité" co-évolutive. Oui si alice devient la bllle au bois dormant (exemple bambou et cigales nord américaine Selon Gould : on peut échapper à la fatalité coévolutive ne mettant tous ses eoufs dans le même panier à condition d'en posséder beaucoup et de ne pas s'y risquer trop souvent l'événement rare, non prévisible, abondance de la ressource)	
	Total conclusion		

		Total " fond de la copie"
Qualité générale de la construction de la copie		
	Plan	Logique, cohérence, titres informatifs, adéquation entre titres et contenus des paragraphes
	Transitions	Les transitions sont globalement : absentes (0), artificielles (1) , logiques (2) , logiques et bien justifiées (3)
	Approches expérimentales et observations	à apprécier par rapport à la richesse de la copie
	Illustrations	Pertinence, qualité : à apprécier par rapport à la richesse de la copie
		Total construction copie
	Bonus	
Forme	Rédaction	Clarté, concision
		Orthographe, syntaxe
	Présentation	Présentation et soin

4.3 Epreuve écrite du secteur C:

4.3.1 Le sujet proposé :

Transferts de matière des continents vers les domaines marins et la sédimentation associée

4.3.2 Commentaires

4.3.2.1. Commentaires généraux sur l'épreuve

Le sujet d'écrit du secteur C de la session 2014 de l'Agrégation de SV-STU concernait la problématique des transferts de matière des continents vers les domaines marins et la sédimentation associée. Il s'agit d'un sujet vaste qui permet d'explorer divers facteurs géologiques, tels que l'altération (mécanique et chimique)¹, l'érosion et le transport sédimentaire sous ses différentes formes, les modalités de la sédimentation, la morphologie (reliefs et dépressions), l'évolution climatique au cours du temps (et ses rétroactions) et l'évolution géodynamique. La notion de domaine marin se réfère ici à l'ensemble des zones occupées par des eaux en connexion avec l'océan mondial. Elle permet d'intégrer l'ensemble des mers épicontinentales sur croûte continentale, d'épaisseur normale ou amincie, qui sont le siège d'importants processus de sédimentation.

La notion de *transfert de matière* implique le déplacement au niveau d'une surface d'une quantité de matière (particulaire et/ou dissoute) pendant une durée variable selon les processus mis en jeu. La définition est relativement complexe selon que l'on se place sous l'angle du géomorphologue ou du sédimentologiste. Pour le géomorphologue, le transfert de matière s'apparente au *flux sédimentaire* (Q_s), déterminé à l'embouchure des rivières actuelles, et qui correspond au volume de sédiments érodés par unité de temps, c'est-à-dire au taux de dénudation des reliefs sources (mm/an). En revanche, le sédimentologiste considère l'*apport sédimentaire* (S) qui correspond à une *quantité* de sédiments déposés. Cette quantité est exprimée comme un *taux* sous la forme d'un volume ou d'une masse par unité de temps. L'apport sédimentaire est une notion locale que l'on compare à un volume total disponible pour accumuler les sédiments localement et qui correspond à la zone de sédimentation, l'*accommodation* (A), pour accumuler les sédiments.

¹ Pour certains auteurs, l'*altération* correspond à l'ensemble des processus chimiques et l'*érosion* à l'ensemble des processus physiques qui dégradent une roche en surface. Dans la mesure où elles étaient expliquées, les diverses définitions étaient acceptées.

L'eau étant l'un des *vecteurs de transport* des matières solides (en suspension) ou dissoutes des continents vers les domaines marins et il n'est point besoin de s'étendre plus avant sur la notion des *transferts d'eau* (ce transfert d'eau fait partie intégrante du cycle externe de l'eau qui est équilibré sur une courte échelle de temps).

Le libellé du sujet demandait aux candidats de traiter de la sédimentation associée aux transferts de matière des continents vers les domaines marins. L'objectif était de conduire une réflexion sur le continuum du transit depuis les sources jusqu'aux réceptacles ultimes, et de faire apparaître les différentes conditions susceptibles d'interrompre les transferts (sédimentation). Dès lors, il importait de montrer l'existence d'une sorte de « chromatographie » des matières sédimentaires au cours de leur transfert et ses conséquences sur les caractéristiques des dépôts et des processus dans les différentes zones de sédimentation.

Il importait également de discuter au préalable de la nécessité de conditions essentielles aux transferts des matières, à savoir, l'existence obligatoire (1) d'un *relief* dont les roches à l'affleurement seront dégradées par les agents atmosphériques et les effets de la gravité, (2) d'un *gradient de pente* favorable à l'exportation de ces matériaux et (3) d'un *réceptacle* (dépression topographique ou bassin sédimentaires à plus grande échelle) pour leur dépôt ou leur précipitation chimique.

En définitive, le sujet conduisait à s'intéresser à diverses questions importantes dont les principales sont listées ici :

- Quels sont les *facteurs nécessaires à la production et aux transferts de matières* des continents vers les domaines marins ?
- Comment s'interrompent ces transferts ?
- Comment *quantifier* ces transferts dans l'Actuel et au cours des temps géologiques, et qu'elles sont leurs possibles conséquences ?

Le corrigé proposé ici ne s'appuie certainement pas sur le seul plan possible pour traiter les principales questions soulevées par le sujet.

Bien qu'une introduction soit généralement présentée dans les copies, elle se limite souvent à une présentation rapide du plan avec une discussion insuffisante du contexte du sujet et de ses limites qui ne permet pas de dégager un axe directeur pertinent. De plus, il convient d'éviter les introductions stéréotypées parfois sans connexion avec le sujet.

I. Les transferts de matière : conditions nécessaires et contrôle

Pour que des transferts de matière puissent se produire, des conditions indispensables doivent être réunies : (1) la *production de matières mobilisables* et (2) l'existence de *mécanismes de transport*. La production des matières susceptibles de transiter, sous forme solide ou dissoute des continents vers les domaines marins, nécessite une dégradation de roches préexistantes par les agents atmosphériques, les effets de la gravité et par l'activité biologique. Les *facteurs de contrôle* des transferts de matière sont conditionnés principalement par le gradient de pente et le climat pour l'écoulement fluvial, par les caractéristiques et la dynamique de la colonne d'eau en domaine marin et, exclusivement, par le climat pour le transport éolien.

A. La production des matières mobilisables

Il était attendu une présentation des processus d'*altération* (ou météorisation), physique et chimique, qui libèrent des particules solides et des matières en solution. Pour l'*altération mécanique*, divers mécanismes permettent la libération des particules détritiques (fragmentation). Il s'agit des effets thermiques (dilatation thermique), de la cristallisation (cryoclastie, haloclastie) et de la déformation (fracturation, décompression). La gravité joue également un rôle central dans la fragmentation. Le ruissellement de l'eau et l'abrasion (glace, vent) contribuent à la libération des particules mais conduisent également, en parallèle, à l'entraînement des particules (érosion²). Des exemples précis étaient attendus.

Pour l'*altération chimique*, les processus de dissolution (e.g. carbonates) et d'hydrolyse (e.g. silicates), en fonction de la sensibilité des minéraux (diagramme de Goldich) et des roches mères, devaient être présentés en s'appuyant sur des exemples de réactions, et leurs conséquences sur la pression partielle de CO₂ atmosphérique ainsi que la mobilité des ions produits (diagramme de Goldschmidt) discutés. L'ensemble de ces processus provoque également des modifications de la composition des roches mères et interviennent dans la formation des sols.

Les *facteurs de contrôle* essentiels de l'altération sont le climat (température et ses variations, précipitation, ruissellement, force des vents), le relief (surrection et subsidence) et la lithologie des terrains à l'affleurement et, dans une moindre mesure, l'activité

² L'*érosion s.s.* correspond à l'ensemble des processus d'entraînement des matières (particules et ions). Pour certains auteurs, l'érosion est synonyme d'altération mécanique. Les candidats n'ont pas été pénalisés si ce point n'était pas discuté et le terme d'érosion mécanique considéré comme synonyme d'altération mécanique a été accepté.

biologique (croissance des racines, rhizosphère, acides organiques) et humaine (érosion des sols, fracturation minière, mesures anti-érosion, pollutions associées). Une discussion de la vitesse relative des processus était également attendue.

En définitive, un bilan permettait de mettre en évidence la production de deux types de matières susceptibles d'être mobilisées : (1) les particules solides de taille variable allant des argiles ($\sim 2 \mu\text{m}$) à des blocs de plusieurs mètres qui seront transportés en suspension (MES = matières en suspension) et (2) des éléments en solution dans l'eau (ions et matière organique dissoute). L'importance relative de ces deux types de matériaux dépend de la nature des roches affectées (contrôle lithologique), du processus d'altération dominant et des facteurs de contrôle.

Cette partie a été traitée de manière satisfaisante par la plupart des candidats. Cependant, l'impact de l'altération chimique sur le bilan de CO_2 (et corrélativement ses conséquences sur le climat) a généralement été omis. Quelques candidats se sont limités à l'altération mécanique et n'ont pas traité de l'altération chimique, d'autres ont évoqué cette dernière en négligeant de parler de la libération des ions en solution. Enfin, quelques candidats confondent altération et métamorphisme. Les mécanismes de production des matières mobilisables sont effectivement présentés mais les produits d'altération sont rarement décrits.

B. Le transport des matières produites

Après la présentation des processus de libération des matières transportables, il importait de discuter des *conditions et les mécanismes du transport sédimentaire*. La mobilisation (érosion) des matières dépend d'une force d'entraînement (contrainte de cisaillement exercée par un fluide dépassant un seuil critique) pour les particules solides mais pas dans le cas des ions dissous. Les caractéristiques exoscopiques des particules détritiques apportent des informations sur le mode de transport (émoussé des grains) qui, quel qu'il soit, conduit à une réduction de la granularité avec la distance à la source au cours de leur mobilisation (érosion) et de leur transport.

Divers *vecteurs de transport* assurent le transfert des matières. La force de pesanteur est le moteur essentiel du déplacement des fluides et associe potentiellement une désagrégation dynamique des matériaux (réduction granulométrique) durant le transport. *L'eau liquide* (ruissellement et écoulement souterrain dans une moindre mesure) est un vecteur majeur de transport des particules solides (charriage des particules les plus

grossières et suspension des fines) et le principal médium pour le transfert des matières en solution. La capacité de transport de la charge solide par un écoulement (*compétence*) dépend de sa vitesse et varie pour une même rivière en fonction des périodes de *crues* et d'*étiage*. Les conditions de l'érosion, du transport et du dépôt des particules solides dépendent de la vitesse de l'écoulement et de la granularité des particules (diagramme d'Hjulström), et varient selon le comportement granulaire ou cohésif (forces électrochimiques liant les particules argileuses) du matériel sédimentaire.

La *glace*, quant à elle, s'écoule au niveau des glaciers de vallée, mais également au niveau des calottes des hautes latitudes, et transporte des particules dans sa masse (fluide de viscosité élevée), à son sommet ou à sa base (moraines) ainsi que des ions en solution. Au littoral, le vêlage libre des icebergs. Lors de l'effondrement des grandes calottes glaciaires au Pléistocène (Groenland, Scandinavie), la fonte en mer de grandes quantités d'icebergs a libéré des particules détritiques qui se sont accumulées sur le fond marin en formant des niveaux à IRD (*Ice Rafted Debris, dropstones* ; sédimentation glacielle) qui ont enregistré les épisodes de débâcles en fin de stade glaciaire (événements de Heinrich).

Le transport des particules solides de très petite taille (silts et argiles) en *suspension dans l'air* (et saltation sur le substratum) contribue de manière importante aux transferts des continents vers les domaines marins. Il s'effectue depuis des zones de déflation (*regs* dans les régions désertiques, environnements périglaciaires, zones littorales) par l'action des vents et parfois sur de grandes distances pour atteindre parfois directement les domaines marins. Les dépôts se font principalement au niveau des continents (dunes éoliennes des ergs et en zones littorales, manteaux de loess en contexte périglaciaire).

Diverses *structures sédimentaires* (rides, dunes...) témoignent des conditions du transport sédimentaire et sont fonction des conditions de transport (vitesse des écoulements) et de la granularité des sédiments.

Les *facteurs de contrôle* des transferts sont principalement le gradient de pente pour le transport fluvial (relation avec le relief, tri granulométrique) et le niveau de base conditionné par le niveau de la mer dont les variations (eustatisme) conditionnent le profil d'équilibre d'érosion. Selon les situations, l'érosion et/ou la sédimentation sont favorisées le long des réseaux fluviaux. De plus, la biosphère influence les transferts, la végétation jouant un rôle tampon sur l'érosion. Ce contrôle est variable au cours du temps en fonction des évolutions tectoniques et/ou climatiques (biostasie et rhexistasie). Au cours des périodes instables favorables à l'érosion, le flux du carbone organique vers les domaines marins modifie le cycle du carbone avec une influence corrélative sur le climat. Les barrages naturels (et artificiels) exercent également un contrôle sur les flux ; leur rupture pouvant s'accompagner de transferts importants et instantanés de matière (*jökulhlaups*) et leur présence réduire les apports vers les océans (ex. : barrage des Trois Gorges).

En corollaire, les vecteurs de transport ont une action contrastée sur les matières en fonction de leur nature. Le transport s'effectue en suspension (particules solides) ou en solution (matières dissoutes) et conduit *in fine* à une chromatographie granulométrique et chimique des matières des continents vers les domaines marins. Les eaux marines accueillent les ions exportés des continents par les fleuves comme en témoigne la *salinité* (35 ‰) qui témoigne cependant principalement de l'activité volcanique océanique et qui est tamponnée par la précipitation d'évaporites marines et par l'hydrothermalisme qui contribue au refroidissement de la croûte océanique.

De nombreux candidats ont traité cette partie de manière satisfaisante, en particulier les mécanismes de transport, mais certains ont oublié le transport des matières dissoutes. On note cependant une présentation inutile des circulations atmosphériques et du cycle de l'eau. Le diagramme de Hjulström est présenté par une grande proportion de candidats, souvent sans échelles et avec des erreurs de légende pour les axes. De plus, si le diagramme est présenté, il n'est que rarement exploité convenablement. Certains ont présenté et discuté l'intérêt du diagramme de Shield. Cependant les facteurs de contrôle ont été négligés, en particulier la notion fondamentale de niveau de base qui n'est évoquée que par peu de candidats. Parfois, un gradient de pente est cité mais les processus qui le contrôlent ne sont pas discutés. L'intérêt des structures sédimentaires dans la compréhension des mécanismes de transport a rarement été abordé.

II. La sédimentation interrompt les transferts de matière

A. Les facteurs de contrôle de la sédimentation

Dans les conditions actuelles, la sédimentation interrompt les transferts de matière. La *décantation des particules en suspension* dans l'eau dépendra de la taille des particules, les plus grossières décantant plus vite que les plus fines. Elle dépend également du gradient de pente, de la granularité des produits transportés et des propriétés du fluide (loi de Stokes). La mise en contact de l'eau douce avec l'eau de mer (solution salée), provoque la formation d'agrégats des particules en suspension (floculation).

La *précipitation chimique* résulte quant à elle de la sursaturation des solutions. Les conditions de température, de salinité, de pH, d'Eh et d'oxygénation influencent la sursaturation. Ce mécanisme conduit à la formation des sels, des dépôts évaporitiques et

des oxy-hydroxydes (fer, uranium et gisements sur discordances par exemple). Les carbonates peuvent précipiter par des processus biotiques ou abiotiques qui conduisent à la sursaturation et au déplacement de l'équilibre des carbonates (les équations d'équilibre des carbonates étaient attendues). L'action des êtres vivants participe à la bioprécipitation (biominéralisation, organominéralisation) des carbonates et de la silice en solution pour former des sédiments et des roches siliceuses. La formation des roches sédimentaires chimiques et biochimiques se produit préférentiellement dans le domaine marin, mais également dans les environnements continentaux. Les profondeurs de compensation des carbonates et de la silice déterminent la préservation des particules sédimentaires. Enfin, les éléments chimiques peuvent être remobilisés et transformés au cours de la diagenèse.

Les éléments nutritifs amenés par les fleuves favorisent la productivité biologique et la formation de *matière organique*. Son accumulation participe au piégeage du carbone. Cette sédimentation interrompt le transfert du carbone et favorise des conditions particulières de sédimentation (anoxie). De plus, le phosphore issu de l'altération de l'apatite est un élément bio-limitant essentiel de la productivité primaire dans les domaines marins (rapport de Redfield).

Peu de candidats ont présenté les facteurs de contrôle de la sédimentation de manière précise. Ces derniers, lorsqu'ils ont été abordés, l'ont été de manière très vague et incomplète. La formation et le devenir de la matière organique ont été généralement oubliés. L'équilibre de précipitation-dissolution des carbonates est trop souvent présenté de manière erronée.

B. La sédimentation continentale

L'essentiel des matières en suspension (en particulier les plus grossières) transitant vers les domaines marins est piégé dans des réceptacles au niveau des continents. Il s'agit du lit des rivières, de leurs terrasses latérales et des plaines d'inondation (réseaux fluviaux dont la dynamique est contrôlée par l'évolution du niveau de base), puis des dépressions topographiques (lacs = varves et lacs salés = dépôts d'évaporites ; vallées sous-glaciaires), les dépôts laissés par le passage de la glace (moraines, diamictites) et, enfin, des champs de dunes éoliennes en domaine désertique. Dès lors, *une part importante des sédiments est soustraite lors du transfert vers les domaines marins*.

À de plus grandes échelles d'espace et de temps, les transferts de matière vers les domaines marins sont interrompus au niveau des *bassins sédimentaires intracontinentaux*

(domaines subsidents ; rifts intracontinentaux, bassins intra-montagneux, sur décrochements). Lorsque les bilans hydrologiques sont négatifs (évaporation > précipitations), et les échanges d'eau avec l'océan mondial réduits, des *évaporites* précipitent (carbonates et sels) ce qui réduit également les apports de matières en solution vers les mers. Les modifications des *conditions d'oxydo-réduction* favorisent la formation de gisements de minerais sédimentaires (fer, uranium) qui interrompent les transferts d'éléments dissous vers l'océan.

Les caractéristiques de la sédimentation fluviale sont généralement bien traitées. La sédimentation lacustre a été oubliée par la plupart des candidats. L'existence et le rôle de piégeage des bassins sédimentaires ont parfois été évoqués. En revanche, l'interruption des transferts de matière au niveau des environnements de dépôt et des bassins continentaux n'a presque jamais été discutée. Il s'agissait pourtant d'un point important du sujet.

C. L'interface terre-mer : une barrière majeure

La frange littorale dresse une barrière majeure aux transferts de matière en raison de l'inertie des masses d'eau marine et de leur densité. La houle, les courants de marées et la dérive littorale limitent le mélange des eaux (et donc le transfert de matière). La salinité de l'eau de mer favorise la floculation des minéraux argileux et leur sédimentation dans des zones proches du littoral. Par conséquent, *l'essentiel des particules détritiques est séquestré dans la zone littorale et les petits fonds.*

Depuis la stabilisation du niveau marin il y a environ 7000 ans à la suite de la fin du dernier épisode glaciaire, divers *systèmes sédimentaires littoraux* se sont développés. Il s'agit d'une part des estuaires qui se sont développés au niveau des vallées incisées et des deltas au débouché des grands fleuves. Il s'agit de systèmes côtiers partiellement fermés parfois soumis à l'action de la marée dans lesquels les eaux marines et fluviales se mélangent (salinité intermédiaire ; floculation des argiles). Le long du domaine estuarien, des barres tidales sableuses sont présentes. D'autre part, les deltas correspondent à des prismes sédimentaires côtiers en forme d'éventail progradants (forts apports depuis les fleuves) où les sédiments s'accumulent selon un gradient de granularité décroissante vers le large, de la plaine au front deltaïque. Leur morphologie est conditionnée par l'action dominante et souvent associée à des apports fluviaux, de la houle et de la marée et leur préservation résulte des effets de la subsidence. Les volumes sédimentaires importants

préservés au niveau des deltas sont favorables à la formation de gisements d'hydrocarbures (Niger, Mississippi) et de charbons. Les *cordons littoraux* (flèches, barrières, tombolos, dunes, lagons, marais côtiers) se développent quant à eux le long du trait de côte et sont alimentés par les courants de dérive littorale et par les vents. Enfin, en contexte de forte aridité, les interfaces terre-mer sont le lieu de développement d'environnements évaporitiques (sebkha, lagunes) ; dans des contextes climatiques tropicaux, les systèmes récifaux et lagons se développent, favorisant une intense précipitation des carbonates.

Au niveau du littoral, une fraction des sédiments amenés à la mer peuvent « retourner au continent » à la faveur de processus particuliers (submersions de tempêtes, tsunamis, embruns) dont l'enregistrement sédimentaire est privilégié en contexte transgressif. Ces processus contribuent à l'évolution morphologique de la surface de ravinement transgressive côtière et au recul du trait de côte.

L'impact de la barrière littorale sur les transferts de matière a été négligé. Les caractéristiques des environnements littoraux sont très mal connues, alors qu'ils sont divers et très développés le long des côtes françaises.

D. Les marges passives continentales

Les marges passives situées en bordure des continents sont des domaines privilégiés de sédimentation terrigène et carbonatée. Elles se développent sur une croûte continentale fortement amincie (failles listriques et blocs basculés) et subsidente (subsidence thermique post-rift, amplifiée par la surcharge sédimentaire). On connaît également des plates-formes au niveau des marges actives mais les sédiments y transitent généralement rapidement vers les fosses.

Les marges passives présentent une *morphologie caractéristique*. Le plateau continental s'étend du littoral à environ 200 m (profondeur conditionnée à l'action de la houle, des tempêtes et des marées et aux variations glacio-eustatiques récentes). Au-delà du plateau, la pente continentale (2-5°) est incisée par des canyons sous-marins situés généralement au large de l'embouchure des fleuves (et paléo-fleuves). Cette pente aboutit aux plaines abyssales, réceptacles ultimes de la sédimentation détritique.

Les marges passives sont le principal piège sédimentaire en domaine marin (silicoclastique et carbonatée), abstraction faite des marges passives. Sur le *plateau continental*, la sédimentation grossière domine (graviers et sables). Sous l'influence de la

marée, de la dérive littorale et des tempêtes, les matériaux détritiques construisent des corps variés, principalement des dunes hydrauliques, des rubans et des bancs sableux. En outre, le plateau continental est une zone de forte biodiversité, le lieu privilégié de la production des carbonates (zone néritique) et du développement des *plates-formes carbonatées*, principalement pendant les périodes de climat chaud et dans la zone intertropicale. Lorsque les conditions le permettent des formations coloniales bioconstruites (récifs coralliens, herbiers) se développent. Dans les zones de forte énergie hydrodynamique, des barres hydrauliques oolitiques et bioclastiques se développent. L'essor des plates-formes carbonatées et la nature de leurs constituants dominants sont variables selon les époques géologiques. Enfin, au niveau des *marges actives*, les prismes d'accrétion sont des pièges pour les sédiments en provenance du continent et le volcanisme contribue également à la sédimentation (sédimentation volcanoclastique).

Les marges passives sont généralement citées, mais l'origine de leurs caractéristiques morphologiques est méconnue, tout comme la dynamique sédimentaire sur le plateau continental. Certaines copies présentent des profils bathymétriques de marges avec des valeurs de profondeur irréalistes.

E. Le réceptacle ultime : l'océan profond

Une *continuité des transferts terre-mer* peut se réaliser sans interruption. C'est le cas de l'essentiel des matières en solution qui vont transiter directement vers le domaine marin ouvert avec l'eau qui aura perdu l'essentiel de sa charge détritique. Lorsque la charge détritique est élevée, des panaches néphéloïdes (argiles dominantes) et des courants hyperpycniaux (période de crues des fleuves) peuvent se propager au-delà de l'embouchure et les particules vont ensuite décanter à travers la colonne d'eau jusqu'au fond marin. L'alimentation détritique directe est également réalisée par le biais des icebergs et des apports éoliens (en provenance des grandes ceintures désertiques). Les matériaux pyroclastiques rejoignent le plancher océanique par des mécanismes similaires.

D'importantes *remobilisations sédimentaires* concernent les sédiments préalablement accumulés sur le plateau continental. Ils sont alors transférés vers les domaines profonds par des écoulements plus denses que l'eau de mer (courants de turbidité) provoqués par des séismes (le plus souvent), des tempêtes ou par la surcharge sédimentaire (facteur de facilitation). Ils franchissent la bordure du plateau continental et le talus par de profonds canyons (zones de *by-pass*). Les dépôts mis en place par ces écoulements sont les turbidites

(intervalle de dépôt granoclassé caractéristique). Les particules les plus fines qui accompagnent les écoulements (nuage néphéloïde) décantent lentement (sédimentation hémipélagique) tout en étant entraînés par la circulation océanique géostrophique (courants de contour) et alimentent les rides contouritiques. Au pied du talus, les courants de turbidités alimentent les systèmes gravitaires sous-marins profonds (cônes détritiques, systèmes chenal-levées, lobes sableux ; potentiel de réservoir à hydrocarbures). Ces écoulements gravitaires sont les mécanismes principaux de la redistribution des sédiments vers les domaines marins profonds (jusqu'aux plaines abyssales).

Les éléments dissouts atteignent plus facilement les domaines marins que les matières en suspension et alimentent la *sédimentation chimique et biochimique océanique*. Incorporées dans les eaux marines, les solutés (ions, carbone dissout) sont pris en charge par les circulations océaniques et dispersées dans l'océan mondial. Leur devenir est variable mais ils constituent des apports essentiels à l'activité biologique du phyto- et du zooplancton. Extraits des eaux de surface (zone photique) par l'activité biologique (bioproduktivité), ces matières peuvent alors s'accumuler, à la mort des organismes, sur le fond marin. Ils deviennent des constituants essentiels des sédiments pélagiques (boues à foraminifères, à coccolithophores, à diatomées, à radiolaires... selon une zonation climatique) qui alimente des drapages continus (dépôts de faible énergie). L'activité biologique agit ici comme une pompe biologique qui soustrait une fraction du carbone à son cycle court pour le faire entrer dans un réservoir sédimentaire contrôlé par le cycle long. Pour autant, les carbonates représentent 75 % des sédiments pélagiques. Le reste correspond à la fraction siliceuse, détritique (terrigène) et, dans une moindre mesure, volcanoclastique.

Souvent le traitement de cette partie s'est limité à la présentation des courants de turbidité et de leurs dépôts avec parfois la seule mention de la séquence de Bouma. Cependant, leurs facteurs de déclenchement et les caractéristiques des systèmes turbiditiques n'ont été que très rarement décrits. La présence de gisements d'hydrocarbures a été rarement évoquée et de longs développements hors sujet sur la diagenèse de la matière organique ont parfois été proposés. Cependant, les caractéristiques de la sédimentation chimique et biochimique océanique a souvent été évoquée, mais peu détaillée.

III. L'évolution des transferts au cours des temps géologiques

Pour identifier l'évolution des transferts au cours du temps, il importe en premier lieu d'en établir une quantification dans l'Actuel, qui fait appel à plusieurs outils. Pour déterminer l'évolution de transferts au cours des temps géologiques, il convient de s'appuyer sur d'autres approches. Enfin, il est important de déterminer l'importance relative des facteurs de contrôle au cours du temps.

A. Quantification des transferts

La détermination du bilan des transferts actuels est réalisée avec des fortunes diverses par des approches souvent imprécises qui constituent une tâche cyclopéenne à l'échelle planétaire. La quantification de l'altération physique et de l'érosion des particules solides est basée en première approche sur la mesure des charges solides transportées en suspension (pièges à sédiments, mesures de turbidité, filtration de la fraction solide) et par des mesures de profondeur optique (transport éolien). L'analyse chimique des eaux fluviales le long des bassins-versants permet de meilleures quantifications des processus d'altération chimique (dosages des anions, des cations, du carbone dissout ; Sr issu de l'hydrolyse des roches silicatées et carbonatées) et également des transferts car elles tiennent compte du débit. Les mesures isotopiques sont particulièrement bien adaptées pour l'Actuel et l'étude des transferts anciens. Les rapports isotopiques du $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ des eaux fluviales permettent de retracer les sources (nature des roches altérées) à l'échelle des continents.. De grandes disparités existent entre les différents fleuves et les apports depuis l'Himalaya semblent être actuellement les plus importants (fleuves Jaune et Brahmapoutre par exemple), cependant de nombreuses imprécisions demeurent pour une estimation précise des bilans sédimentaires. L'analyse des dépôts sédimentaires révèle des variations temporelles (à l'échelle de quelques dizaines de milliers d'années) du rapport isotopique du Sr qui ont pu être corrélées, dans le cas de la région himalayenne, aux variations climatiques du Pléistocène, mettant ainsi en lumière le rôle du climat sur l'altération chimique. Ainsi, l'ensemble de ces données isotopiques est important pour estimer l'ampleur de l'altération chimique des roches silicatées mais aussi pour quantifier la consommation de CO_2 atmosphérique par l'altération sur de longues périodes de temps. D'autres études, basées sur les rapports isotopiques du néodyme apportent des renseignements similaires. Les concentrations du ^{232}Th (concentré dans la croûte continentale) permettent également de quantifier les apports éoliens.

La détermination des *vitesse de sédimentation* apporte des informations sur les variations des apports sédimentaires au cours du temps. Elle est basée sur la datation des dépôts en fonction de leur épaisseur dans la colonne sédimentaire. Les vitesses de sédimentation sont exprimées épaisseur de dépôt / unité de temps (ex. : m/Ma). Elles permettent d'établir des comparaisons selon les zones géographiques. De manière indirecte,

l'évolution des transferts au cours du temps peut également être appréhendée par l'analyse des *séquences sédimentaires* à différentes échelles.

Des *bilans de transferts de matière* ont été proposés. La masse de matière exportée est proportionnelle à la surface du bassin versant drainé et dépend de la nature lithologique de ce dernier, ainsi que de son altitude moyenne et du ruissellement (précipitations moins évaporation). On estime qu'actuellement *le flux de matière global des continents vers les océans est de l'ordre de $15 \text{ à } 19.10^9 \text{ tonnes/an}$* , avec d'importantes disparités régionales, car les fleuves de l'Asie du Sud-Est contribuent majoritairement à ce flux. En Asie, toujours, 30 à 50 % des particules détritiques transportées sont retenues au niveau des plaines deltaïques. Actuellement, la chaîne himalayenne, à elle seule, fournit 30 % des apports globaux. Ce flux ne rend compte que de la masse détritique qui parvient au domaine marin. Une grande partie des sédiments mobilisés ne parviennent pas à la mer mais demeurent sur les continents et leur proportion reste largement méconnue. L'estimation du flux actuel des poussières éoliennes à l'échelle globale est de l'ordre de 1.10^9 tonnes/an (soit environ 6 % du flux total de matière).

Le flux de particules détritiques (70 %) est environ 3 fois supérieur à celui des matières dissoutes (24 %), ce qui apporte des informations sur la dénudation des continents. Divers paramètres (géologiques, climatiques, anthropiques et glaciologiques) agissent sur les flux. L'image que nous avons des transferts de matière actuels reflète une période particulière, le Quaternaire, marqué par des variations climatiques rapides et par l'activité intense du cycle orogénique alpin. En dépit des difficultés méthodologiques que rencontre la quantification des transferts, une dualité fondamentale est mise en évidence : (1) *seule une faible fraction des matériaux détritiques érodés parvient au domaine marin, l'essentiel demeurant piégé en domaine continental* ; (2) *en revanche, la majeure partie des matières en solution parvient au domaine marin*. Les transferts agissent sur les cycles biogéochimiques (Ca, Na, Si, C).

Si les caractéristiques générales des transferts ont été discutées dans la plupart des copies, trop peu de candidats ont discuté de leur quantification. Les méthodes de quantification sont méconnues et très peu de candidats ont donné des valeurs chiffrées réalistes des flux actuels. Enfin, les disparités régionales des flux à l'échelle planétaire ne sont presque jamais évoquées.

B. Mise en évidence des transferts passés

La *quantification des transferts passés* est délicate. Elle s'appuie sur des approches indirectes. Elles tiennent compte d'une part de l'estimation de la dénudation des reliefs (^{10}Be et méthodes thermochronologiques, traces de fission par exemple ; vitesses d'exhumation de l'ordre de quelques mm/an dans les chaînes de montagnes). D'autre part, l'étude des sédiments accumulés dans les environnements de dépôts, du lit des rivières au plancher océanique, en passant par les lacs, permet d'appréhender les variations des transferts de matière sur de grandes échelles de temps en fonction des proportions relatives des différentes fractions (carbonatée, siliceuse, terrigène, volcanoclastique).

La connaissance des transferts de matière au cours des temps phanérozoïques dépend en premier lieu de la préservation des formations sédimentaires qui connaissent des processus de recyclage lors des cycles orogéniques. L'étude de ces transferts anciens est basée d'une part sur l'analyse des colonnes sédimentaires de l'océan profond et, d'autre part, sur l'évolution du rapport isotopique $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ des carbonates marins à l'échelle des temps phanérozoïques. En effet, les roches de la croûte continentale (ex. : granites et pélites) sont riches en Rb. Par conséquent, les apports de matières issues de l'altération de la croûte continentale à l'océan enrichissent l'eau de mer en Rb et, corrélativement, le rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ est un marqueur des transferts de matière des continents vers les domaines marins. Il est influencé par l'hydrothermalisme océanique qui conduit à une décroissance générale de la valeur du rapport au cours du temps.

Les méthodes de quantification des flux passés sont presque totalement méconnues des candidats. Cette partie n'a presque jamais été traitée.

C. L'importance relative des facteurs de contrôle à différentes échelles de temps

Il est possible d'identifier les principaux facteurs de contrôle des transferts de matière des continents vers les domaines marins et ce à différentes échelles de temps. Les variations de ces facteurs de contrôle sont liées à des événements majeurs de l'histoire de la Terre.

Le *contexte géodynamique* est un facteur de contrôle important. La succession des cycles orogéniques (en lien avec les cycles de Wilson) s'enregistre d'une part dans l'importance des apports détritiques vers les domaines marins et, d'autre part, dans les signatures isotopiques des sédiments. Dès lors, il apparaît évident que les orogénèses, et donc la tectonique des plaques, est un facteur de contrôle majeur des transferts de matière des continents vers les domaines marins sur de grandes échelles de temps. Ainsi, au cours des 100 derniers millions d'années, les valeurs du rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ augmentent progressivement avec une

accélération particulièrement bien marquée pour les 40 derniers millions d'années. Il s'agit d'une signature de l'augmentation de l'altération des continents en réponse au cycle orogénique alpin, important à l'échelle globale (chaînes issues de la Téthys, Andes). De la même manière, l'augmentation rapide du rapport entre le Carbonifère et la fin du Permien témoigne des effets de l'orogénèse varisque. De plus, le contexte géodynamique influence la répartition, la taille et la morphologie des bassins sédimentaires susceptibles d'accueillir la sédimentation (marges passives, marges actives, plates-formes épicontinentales) et exerce un contrôle important sur l'accommodation et les variations du niveau de base. Il est important de noter également que dans les premiers temps de l'histoire de la Terre, les continents se sont progressivement accrétés ; avant leur existence, il n'y avait pas de transferts de matières possibles entre les continents et les domaines marins.

Les *variations du niveau de la mer* sont d'une part relatives et liées à la surrection (orogénèses) ou à la subsidence (distension, surcharge glaciaire) des masses continentales et, d'autre part, absolues et alors en relation avec les variations eustatiques globales (tectono-eustatisme et glacio-eustatisme). Ces variations du niveau de la mer ont des conséquences majeures sur les apports de matière (flux sédimentaire) qui sont alors contrôlées par les évolutions du niveau de base. En période de haut niveau marin, les transferts de matière aux domaines marins sont réduits par sédimentation sur les continents et les sédiments sont piégés sur les plateaux continentaux en réponse à une augmentation de l'espace disponible (accommodation). À l'inverse, en période de bas niveau marin, le plateau continental s'exonde et est érodé ; les sédiments sont remobilisés vers des domaines marins plus profonds.

Outre le rôle de l'activité biologique dans la formation des squelettes minéralisés dans les domaines marins depuis le Cambrien, *l'influence de la biosphère* ne sera prépondérante sur le contrôle des transferts de matière que lorsque le couvert végétal sera important sur les continents. Il ne peut se développer qu'à partir du moment où les *plantes vasculaires* évoluent rapidement et conquièrent les continents (bio-rhexistasie). Le développement de cet important réservoir de carbone organique continental aura des conséquences climatiques. Ainsi, tous processus favorables à la préservation de la matière organique sur les continents pourra s'accompagner d'une baisse du CO₂ atmosphérique. De plus, avant le développement possible du couvert végétal continu (anté-Ordovicien), les systèmes fluviaux étaient dominés par une architecture en tresses. Lors de l'apparition des premières plantes vasculaires (Silurien supérieur), la pédogenèse s'amplifie et, par conséquent, l'altération chimique. À partir du Dévonien, le couvert végétal peut stabiliser les plaines alluviales et favorise le développement des systèmes méandriques tout en réduisant les apports vers les domaines marins. Il s'agit là d'un *changement environnemental et géomorphologique majeur dans l'histoire de la Terre*. Parallèlement, l'altération chimique renforcée par les plantes vasculaires s'accompagne d'une altérabilité accrue des continents (système racinaire...).

Les *variations climatiques* déterminent l'ampleur de l'altération des continents (variations de la pluviométrie et de la température), mais également les transferts de matière vers la mer (écoulement fluvial). L'évolution du climat est liée en premier lieu aux teneurs atmosphériques en gaz à effet de serre, le CO₂ jouant un rôle de premier plan. L'altération des roches continentales silicatées utilise du CO₂ et contribue à sa séquestration lors de la précipitation des carbonates. Dès lors, tout processus géologique qui facilite l'altération chimique (configuration paléogéographique avec des continents concentrés vers l'équateur, surrection d'une chaîne de montagnes, altération des produits basaltiques des grandes provinces basaltiques continentales) a pour effet de réduire les teneurs en CO₂ atmosphérique et contribue au refroidissement du climat. En période d'orogénèse, la baisse de la pression partielle du CO₂ atmosphérique est préférentiellement mise en relation avec la séquestration de la matière organique associée à de forts taux de sédimentation. Sur de grandes échelles de temps (> quelques millions d'années), les modifications de l'altérabilité chimique des continents (proportion de masses continentales situées sous climat chaud et humide, proportion de roches basaltiques à l'affleurement) et du flux volcanique modulent la pression partielle du CO₂ atmosphérique. En revanche, au Crétacé par exemple, les températures moyennes à la surface de la Terre (~25°C) sont à mettre en relation avec les apports en CO₂ induits par l'accélération de l'accrétion océanique et la mise en place de provinces magmatiques géantes (ex. : plateau océanique d'Ontong Java). Cette augmentation de la pression partielle du CO₂ provoque en écho un accroissement de l'altération des continents, hors de tout contexte orogénique majeur. En témoignent les importants dépôts carbonatés contemporains dans les domaines marins.

Une faible proportion de candidats a évoqué les transferts de matières et leur évolution au cours des temps géologiques. Le lien avec les périodes orogéniques est alors traité. Cependant, l'impact de la biosphère (bio-rhexistasie) et du climat sur les transferts passés a trop souvent été omis.

D. Bilan

Les études des impacts respectifs de la tectonique et du climat sur l'altération des surfaces continentales montrent une dualité dans les contrôles. En effet, les *processus orogéniques* favorisent l'altération par la présence de reliefs et de leur impact sur les gradients de pente. Il s'agit du *facteur majeur* agissant sur les transferts de matière mais *sur de longues périodes de temps*. L'orogénèse est directement liée à la géodynamique interne, tout comme le tectono-eustatisme (activité des dorsales océaniques). Le *climat*, quant à lui,

montre des variations sur des *échelles de temps variables*. Son influence joue également sur l'eustatisme pendant les périodes glaciaires (glacio-eustatisme). *L'impact climatique sur l'altération et l'érosion agit sur une courte échelle de temps* en induisant une destruction rapide des reliefs et une évacuation efficace des matières.

L'ensemble des processus agissant et contrôlant les transferts de matière des continents vers les domaines marins peut, enfin, être résumé sur le diagramme suivant :

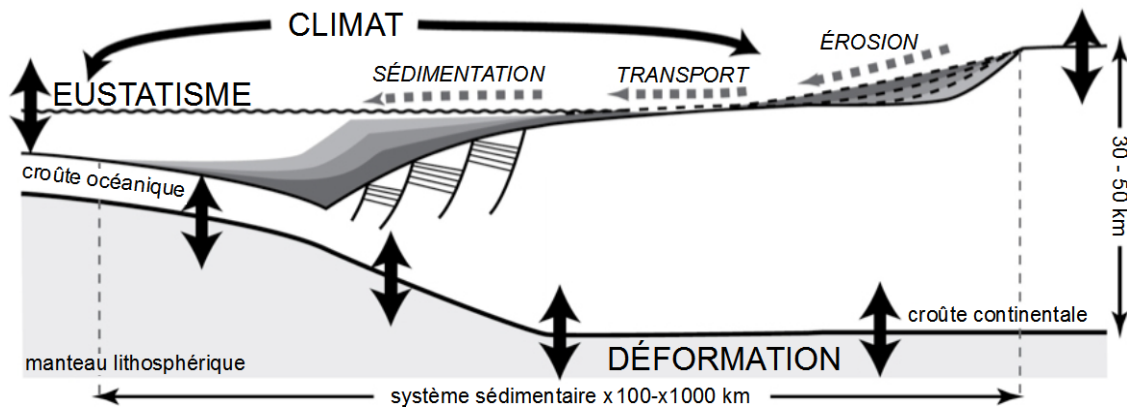


Schéma bilan : les facteurs de contrôle de la sédimentation sur une marge continentale passive (Rouby *et al.*, 2009).

Très peu de schémas-bilans informatifs ont été construits dans les copies.

Conclusions

À l'issue de ce devoir, quelques leçons peuvent être tirées :

- Les transferts de matière font intervenir un grand nombre de processus : *altération* (physique et chimique), *érosion* et *transport sédimentaire* et *sédimentation* avec des étapes intermédiaires de piégeage de la matière. L'eau est le vecteur majeur des transferts.
- Ces processus provoquent une *chromatographie physique* (gradient granulométrique amont-aval) et *chimique* (les solutés sont transportés plus loin que les particules solides et atteignent dans leur majorité le domaine marin).
- L'essentiel des *matières détritiques* sont piégées sur les continents et les marges continentales, seule une faible proportion atteint les domaines océaniques profonds.

- Les *éléments en solution* atteignent préférentiellement les domaines marins et l'océan mondial où ils sont utilisés comme nutriments et entrent dans la composition des tests minéralisés des êtres vivants marins (sédimentation benthique et pélagique biogène).
- *La tectonique joue un rôle plus important que le climat sur de grandes échelles de temps dans le contrôle des transferts.* La tectonique agit dans la formation des reliefs et des dépressions (pièges sédimentaires) et contrôle l'évolution des niveaux de base. En revanche, le climat a un impact fort à courte échelle de temps car il agit sur l'altération, l'érosion et la vigueur du transport sédimentaire. En écho, *le climat est influencé par l'intensité de l'altération des surfaces continentales* (rétroaction par séquestration du carbone). Enfin, l'eustatisme est modulé par la tectonique et le climat et contrôle également l'évolution des niveaux de base et les capacités de piégeage des matériaux détritiques sur les continents et au niveau des marges.
- *L'homme modifie les transferts* de manière non négligeable (barrages, érosion des sols, agriculture, extraction des granulats), et ses activités ont des impacts problématiques : érosion des côtes, réduction des ressources halieutiques par baisse des apports en nutriments.

Les transferts de matière des continents vers les océans sont un maillon majeur de l'évolution des continents. Seule une partie des sédiments mobilisés depuis la surface des continents peut disparaître dans les zones de subduction et est intégrée au manteau. Le magmatisme, autre conséquence de la tectonique des plaques, favorisera par de nouveaux apports (plutons, volcanisme) la pérennité du volume des continents qui est stable depuis l'Archéen. Enfin, une partie des sédiments déposés dans les domaines marins (et océaniques) peuvent être à nouveau directement accrétés aux continents par le biais de l'évolution des prismes d'accrétion. *En définitive, la matière dont les transferts sont discutés dans le cadre de ce devoir ne participe que peu au cycle des roches et reste, pour l'essentiel et de diverses manières, très « liée » aux continents qui en ont été la source.*

Certains candidats sont parvenus à dégager les leçons essentielles du sujet. Cependant, la plupart des candidats ne sont pas parvenus à discuter de l'importance du piégeage des matières au niveau des continents avant qu'elles ne parviennent aux domaines marins. Certains candidats cherchent trop à présenter des points de détails (souvent mal maîtrisés et abordés de manière confuse) et en oublient les notions de premier ordre qu'ils auraient pu présenter de façon simple.

4.3.2.2. Grille de notation

Une version modifiée de la grille d'items utilisés pour la notation des copies est présentée ci-dessous. Elle ne constitue en aucun cas un plan type ou un corrigé, mais elle balaye avec quelques exemples non exhaustifs les notions pouvant être abordées.

Agrégation externe		n° de copie	
Épreuve du secteur :			
Fond	Introduction	Contexte : il doit servir d'ancrage clair à l'introduction	
		Analyse des termes du sujet à partir du contexte	
		Problématique clairement posée et justifiée par l'analyse du sujet	
		Axe directeur de la composition explicité et bien justifié	
		Pour tous les items abordés dans le barème et notés sur 3 (ou des multiples, soit nx3 pts) : aucune information : 0 ; Connaissances parcellaires : de 1 à nx1 point(s) ; Connaissances précises, mais partiellement analysées : de 2 à nx2 points ; Connaissances analysées et remise en perspective dans une démarche globale : de 3 à nx3 points .	
	I - Les transferts de matière : conditions nécessaires et contrôles - 63 pts	Production des matières mobilisables	L'altération mécanique <i>Définition</i> <i>Processus</i> : gravité, ruissellement et abrasion (glace, vent), température (dilatation thermique), cristallisation (haloclastie, cryoclastie), fracturation tectonique, décompression (sheeting) <i>Produits</i> , exemples
			L'altération chimique <i>Définition</i> <i>Processus</i> : altération des silicates (réaction, sensibilité des minéraux = Goldich) et des carbonates (réaction, karstification), hydrolyse, dissolution, Ph, oxydo-réduction, impacts sur la pCO ₂ , mobilité des ions (Goldschmidt) <i>Produits</i> , exemples
			Facteurs de contrôle de l'altération Climat : températures (extrema, variations journalières et saisonnières, GES), précipitation, ruissellement, force des vents Tectonique : reliefs positifs, dépressions, lithologie des terrains à l'affleurement (sol pré-existant) Activités biologique (croissance racine, rhizosphère, acides organiques) et humaine (érosion sols, fracturation minière, mesures anti-érosion, pollutions associées) Vitesse relative des processus
		Transport	Condition du transport Particules : vitesse d'entraînement, déclenchement mouvement (accélération) Ions : pas de vitesse d'entraînement nécessaire Exoscopie des grains (information sur les conditions du transport des particules)
			Vecteurs de transport Gravité : moteur du déplacement des fluides, désagrégation dynamique, mouvements de terrain Eau liquide : Hjulström, comportements granulaire et cohésif, crues, charge et compétence Mécanismes : charriage, suspension Glace : glaciers, icebergs, particules en suspension, ions dissous moraines, Ice Rafted Debris (événements de Heinrich) Air : suspension, saltation déflation (regs), dunes éoliennes (ergs, dunes côtières) Particules fines, environnements périglaciaires (loess)
			Facteurs de contrôle Structures sédimentaires : témoins du transport, relations granularité-vitesse de l'écoulement (ex. : rides)
			Gradient de pente et niveau de base, profil d'équilibre d'érosion (influences tectonique, climat, eustatisme) Biosphère : biostasie/rhexistasie, anoxie
			Bilan Contraste particules solides vs. charge en solution, chromatographie granulométrique et chimique
	II - La sédimentation interrompt les transferts - 69 pts	Contrôle de la sédimentation	Décantation Loi de Stokes, contraste densité/viscosité, forces visqueuses et inertielles, floculation des argiles, hydrodynamisme
			Précipitation chimique sursaturation, température, salinité (aridité), pH, Eh, oxygénation, précipitation et expression (évaporites, carbonates, bioprécipitations), profondeur de compensation des carbonates
			Matière organique Facteurs de contrôle de la minéralisation de la MO et son enfouissement, pompe biologique, éléments bio-limitants
		La sédimentation continentale <i>Dépôts transitoires</i> : systèmes fluviaux, dépressions (lacs et vallées sous-glaciaires, bassins intracontinentaux), moraines, dunes éoliennes, impact barrages naturels et artificiels (blocage flux) Variations spatio-temporelles selon les cas	
		L'interface terre-mer <i>Caractéristiques</i> : inertie masses d'eau, courants (fluvial, houle, marée, dérive littorale), salinité <i>Systèmes sédimentaires littoraux</i> : estuaires (floculation, marée, barres tidales) ; deltas (architecture, progradation, gradient de granularité, hydrocarbures) ; cordons littoraux (flèches, barrières, dunes, lagons, marais côtiers), carbonates, évaporites (sebkha, lagunes) <i>Retour vers le continent</i> : contexte transgressif, surface de ravinement, recul du trait de côte, submersions côtières (tempêtes et tsunamis), aérosols	
		Les marges continentales <i>Morphologie</i> : plateau (200 m), équilibre hydrodynamique (tempêtes, glacio-eustatisme), pente, canyons sous-marins (embouchure des fleuves) <i>Sédimentation sur le plateau</i> : dunes hydrauliques, rubans et bancs sableux (tempêtes, marées, dérive littorale), plates-formes carbonatées (zone néritique, climat chaud, bioconstructions, barres hydrauliques), périodes géologiques favorables (Crétacé) <i>Marges actives</i> : prismes d'accrétion, impact du volcanisme (sédimentation volcanoclastique)	
		Le réceptacle ultime : l'océan profond <i>Continuité des transferts terre-mer</i> : panaches néphéloïdes, courants hyperpycniaux (débouché des fleuves), icebergs, apports éoliens <i>Remobilisations sédimentaires</i> : écoulements gravitaires (source = bordure plateau, talus), courants de turbidité et turbidites, rides contouritiques, systèmes profonds <i>Sédimentation chimique et biochimique</i> : solutés d'origine continentale (Si, Ca, Fe des BIF) et bioproduktivité (plancton carbonatés et siliceux), sédiments pélagiques (boues), pompe biologique (hydrothermalisme océanique exclu)	
	III - L'évolution des transferts au cours des temps géologiques - 57 pts	Quantification des transferts <i>Mesures</i> : charge solide, chimie des eaux fluviales, données isotopiques (⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr...), volumes dépôts sédimentaires, vitesses de sédimentation <i>Bilan</i> : flux de matière (15-19.10 ⁹ t/an), proportions relatives (solide, dissous, éolien), disparités régionales, paramètres, conséquences <i>Transferts et cycles biogéochimiques</i> : flux, tailles réservoirs, temps de résidence ; Ca, Na, Si, C	
		Mise en évidence volumes et données isotopiques (⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr) des sédiments marins (signal également influencé par l'hydrothermalisme océanique - baisse du rapport isotopique)	
		Importance relative des facteurs de contrôle <i>Contexte géodynamique</i> : orogénèses (sources de sédiment). Effets des orogénèses varisque et alpine. Bassins sédimentaires (marges passives et plates-formes épicontinentales) <i>Eustatisme</i> : relatif et absolu, impact sur niveau de base, haut niveau et bas niveau, accommodation (eustatisme + subsidence) <i>Biosphère</i> : sédimentation biogène (squelettes), plantes vasculaires (biostasie), pédogénèse, modification des réseaux fluviaux	

	III - Quantifical cours des		Climat et rétroactions : teneurs atmosphériques GES, altération chimique silicates lithologie et altérabilité),contrôle du climat par l'orogénèse (mousson), variabilité et augmentation des apports
		Evénements majeurs	témoins de l'évolution des transferts au cours des temps géologiques
		Bilan	Schméa bilan : impact de l'orogénèse sur de longues périodes ; impact variable du climat (courtes périodes pour l'altération et l'érosion), sources et puits
Qualité générale de la construction de la copie	Conclusion		Quelques idées clés ...
			... qui permettent de dégager des réponses concrètes aux questions posées en intro
			Ouverture pertinente
	Plan		Logique, cohérence, titres informatifs, adéquation entre titres et contenus des paragraphes
	Transitions		Les transitions sont globalement : absentes (0), artificielles (1) , logiques (2) , logiques et bien justifiées (3)
	Approches expérimentales et observations		à apprécier par rapport à la richesse de la copie
	Illustrations		Pertinence, qualité : à apprécier par rapport à la richesse de la copie
	Total du fond		
	Bonus (exemples)		Activite volcanique (pyroclastes, nux, apports aux domaines marins) Transport par les eaux souterraines Diagramme de Shield Néof ormation des argiles Maladie de la pierre, polluants (aérosols, polluants métalliques, agriculture) Phosphore bio-limitant (rapport de Redfield) Dénudation des reliefs (¹⁰ Be, thermochronologie) Ressources : roches carbonées, gisements minéraux (MVT : sulfures BT dans carbonates ; U) Début des transferts au Précambrien (zircons hadéens), signature isotopique (⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr) Calcul âge de la Terre (J. Joly) Transferts océans vers continents (précipitations, obduction, régression)
Forme	Rédaction		Clarté, concision
			Orthographe, syntaxe
	Présentation		Présentation et soin

5. Les épreuves pratiques

Les sujets présents dans ce rapport peuvent présenter une mise en page un peu différente de celle utilisée lors des épreuves car ils contiennent des éléments de réponse aux questions.

5.1 Epreuve de travaux pratiques de spécialité du secteur A : Sujet et commentaires

NOM :

Prénom :

Salle :

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2014

TRAVAUX PRATIQUES DE SPÉCIALITÉ DU SECTEUR A

Durée totale : 6 heures

Partie I :

page 3

durée conseillée : 2h00 - barème indicatif : 30 points sur 100

Partie II :

page 13

durée conseillée : 2h30 – barème indicatif : 45 points sur 100

Partie III :

page 30

durée conseillée : 1h30 - barème indicatif : 25 points sur 100

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.

NOM :

Prénom :

Salle :

Préambule :

L'épreuve se décompose en trois parties :

- Étude de quelques propriétés des protoplastes de mésophylle de mâche (*Valerianella locusta*)
- Étude de la chaîne de transfert d'électrons sur des thylakoïdes d'épinard (*Spinacia oleracea*)
- Étude de mutants de l'arabette des dames (*Arabidopsis thaliana*) pour la photosynthèse

Ces trois parties sont totalement indépendantes. Cependant, il est **FORTEMENT CONSEILLÉ** de débiter par la première partie car elle comprend un temps d'incubation important.

NOM :

Prénom :

Salle :

I- Etude de la photosynthèse sur des protoplastes de mésophylle de mâche

L'objectif de cette partie est de préparer des protoplastes de mésophylle de mâche puis de mettre en évidence leur activité photosynthétique.

Données :

Constante des gaz parfaits $R = 8,31 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$

Masse molaire du mannitol $M = 182 \text{ g.mol}^{-1}$

A- Isolement des protoplastes

1- Incubation enzymatique

Les protoplastes sont obtenus par incubation dans une solution enzymatique contenant des cellulases, des pectinases et du mannitol 10% p : v dans un tampon phosphate $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$ / $\text{pH} = 6$.

a- Expliquez le rôle des constituants de cette solution.

Réponse à la question I-A-1-a

Le mannitol est un polyol qui contrôle la pression osmotique et limite le risque d'éclatement des cellules par choc hypotonique une fois la paroi éliminée ; le tampon phosphate maintient le pH à une valeur proche du pH pariétal. La concentration du tampon phosphate ($0,01 \text{ mol.L}^{-1}$) est négligeable devant celle du mannitol ($0,55 \text{ mol.L}^{-1}$).

Les cellulases et pectinases hydrolisent respectivement la cellulose et les composés pectiques, principaux constituants de la paroi.

b- Peut-on remplacer le mannitol par du glucose ou du saccharose ?

Réponse à la question I-A-1-b

Mannitol et saccharose sont très proches structuralement mais :

- le mannitol est moins réactif (pas de groupement carbonyle)
- le mannitol n'est pas métabolisable ;

Pour des incubations courtes, le saccharose peut donc remplacer le mannitol, pas sur des temps d'expériences de plusieurs heures.

c- En négligeant les enzymes et les ions du tampon phosphate, calculez le potentiel osmotique de cette solution à une température de 20°C . Sachant que le potentiel hydrique des cellules de mésophylle est d'environ -1 MPa , quel intérêt cette valeur de potentiel osmotique présente-t-elle ?

NOM :	Prénom :	Salle :
-------	----------	---------

Réponse à la question I-A-1-c

On utilise l'approximation : $\pi = RT_{c_M} \times 1\,000$, résultat en MPa, le facteur 1000 permettant de passer des L aux m³ du système international. Ici : -1,338 MPa. La solution est donc légèrement hypertonique ce qui garantit qu'il n'y aura pas éclatement des protoplastes et facilite la rupture des ponts cytoplasmiques entre cellules au niveau des plasmodesmes.

d- Prélevez et observez au microscope des cellules de mésophylle montées dans de la solution enzymatique. Représentez vos observations par un dessin. Appelez un examinateur pour vérification. Vos observations confirment-elles la réponse à la question précédente ?

Réponse à la question I-A-1-d

Observation de cellules légèrement plasmolysées.

Titre : Cellules mésophylle de mâche (*V. locusta*) observées au microscope optique (x 100) dans la solution enzymatique.

Légendes : paroi, membrane plasmique, chloroplaste, emplacement de la vacuole centrale, cytoplasme, (plasmodesmes) ; barre d'échelle.

Commentaire : l'observation confirme que les cellules sont légèrement plasmolysées. Le décollement de la membrane facilite la dissociation des cellules de leur paroi et donc l'isolement des protoplastes.

Pipetez et placez dans deux boîtes de Petri 5 mL d'une solution enzymatique déjà prête.

Pelez délicatement, à l'aide d'une pince à pointes fines, l'épiderme inférieur de feuilles de mâche, et découpez le mésophylle en carrés de 1 cm² environ de façon à éliminer les principales nervures. Travaillez sur un papier absorbant humide, pour éviter le dessèchement. Préparez environ 3 g de mésophylle.

NOM :	Prénom :	Salle :
-------	----------	---------

e- Notez la masse exacte obtenue.

Réponse à la question I-A-1-e m = g

Déposez les fragments de feuilles (face pelée vers le bas) à la surface de la solution enzymatique dans les deux boîtes de Petri.

Enveloppez les boîtes de Petri d'une feuille d'aluminium et inscrivez vos nom et prénom. Notez l'heure de préparation sur les boîtes et incubez-les à 25°C durant 2 h sur un agitateur orbital à 50 rpm (tours par minutes) - appelez un examinateur.

B- Purification

Filtrez la suspension de protoplastes à travers un filtre nylon (chinois) dans une nouvelle boîte de Petri, pour éliminer les restes de feuilles non digérées.

A l'aide des pipettes automatiques, évaluez le volume de la suspension et répartissez-la en totalité dans 4 à 6 microtubes de 2 mL. Centrifugez la suspension de protoplastes (microtubes de 2 mL, 500 rpm, 5 minutes, utilisez éventuellement des microtubes contenant de l'eau pour équilibrer le rotor).

Avec une propipette automatique, éliminez le surnageant. Resuspendez les culots de protoplastes dans un total de 4 mL de solution d'observation dans une boîte de Petri (Mannitol 10% ; tampon Tris pH 6,2 0,05 mol.L⁻¹).

Placez une feuille d'aluminium autour de votre boîte et inscrivez vos nom et prénom. Conservez cette suspension de protoplastes sous agitation modérée (25°C, 50 rpm).

C- Observation

Prélevez 6 µL de suspension de protoplastes pour réaliser un comptage des protoplastes dans un puits de lame KOVA® (caractéristiques et mode d'emploi fournis en annexe I, page 11).

1- Déterminez le nombre de protoplastes isolés et leur concentration (protoplastes.mL⁻¹). Eventuellement, réalisez les dilutions adéquates avec la solution d'observation et précisez quel type de carrés vous avez utilisé pour le dénombrement. Calculez le rendement de la préparation en nombre de protoplastes par g de tissu.

Réponse à la question I-C-1 Concentration : avec les grands carrés, on obtient le nombre de protoplastes par 0,1 µL. S'il y en a vraiment trop peu on le détermine sur l'ensemble de la zone de comptage ce qui le donne par µL. S'il y en a trop, on utilise une dilution 10 x.

NOM :

Prénom :

Salle :

Suite de la réponse à la question I-C-1

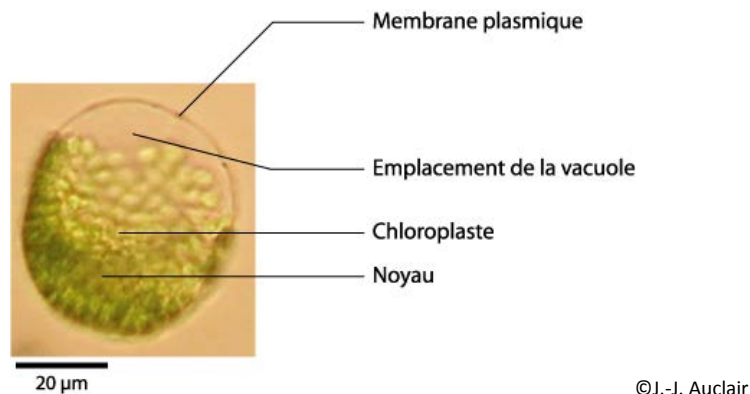
Calcul du nombre de protoplastes isolés : concentration en protoplastes par mL x volume total en mL

Calcul du rendement : nombre total de protoplastes isolés / masse de mésophylle en g.

2- Observez alors, à un grossissement de 400 x, les détails morphologiques des protoplastes : réalisez un dessin d'observation puis appelez un examinateur pour vérification.

Réponse à la question I-C-2

Titre : Protoplaste isolé par digestion enzymatique à partir de mésophylle de mâche (*V. locusta*) observé au microscope optique (x 400)



Commentaire : absence de paroi, forme sphérique (vs. parallélipédique dans le parenchyme palissadique)

D- Quelques propriétés des protoplastes

Préparez deux chambres humides (voir explication en annexe II, page 12) et déposez 50 μL de suspension de protoplastes dans chacune.

- 1- Observez la première et ajoutez 200 μL d'eau distillée qui pénétreront par capillarité. Qu'observe-t-on alors ?

NOM :

Prénom :

Salle :

Réponse à la question I-D-1

Eclatement très rapide des cellules : lyse par choc hypotonique. On ne repère même plus les chloroplastes qui subissent également le choc hypotonique.

2- De la même façon, observez la seconde et ajoutez 200 μ L de mannitol 15%. Qu'observe-t-on alors ?

Réponse à la question I-D-2

Plasmolyse forte, parfois aspect crénelé des protoplastes.

Placez 2 mL de suspension dans une boîte de Petri neuve et disposez celle-ci sous agitation à température ambiante sous éclairage intense pendant 30 minutes. Préparez une boîte témoin entourée d'aluminium.

3- Observez ces protoplastes au microscope en préparant deux chambres humides sur la même lame : comparez les tailles des protoplastes des deux suspensions. Appelez un examinateur pour vérification. Comment pouvez-vous expliquer les différences ?

Réponse à la question I-D-3

Les protoplastes exposés à la lumière sont de plus grande taille que ceux restés à l'obscurité. L'hypothèse la plus simple est qu'une entrée d'eau explique l'augmentation de volume. Cela implique que leur potentiel hydrique s'est abaissé.

Puisque cet abaissement est causé par la lumière, on peut proposer qu'il soit causé par l'accumulation de photosynthétats osmotiquement actifs : trioses, saccharose.

On peut également envisager un effet inducteur de la lumière comme c'est le cas de la lumière bleue dans les cellules de garde des stomates.

4- Des protoplastes de cellules de garde de feuilles de plusieurs espèces ont été analysés pour leurs propriétés osmométriques (figure I-1).

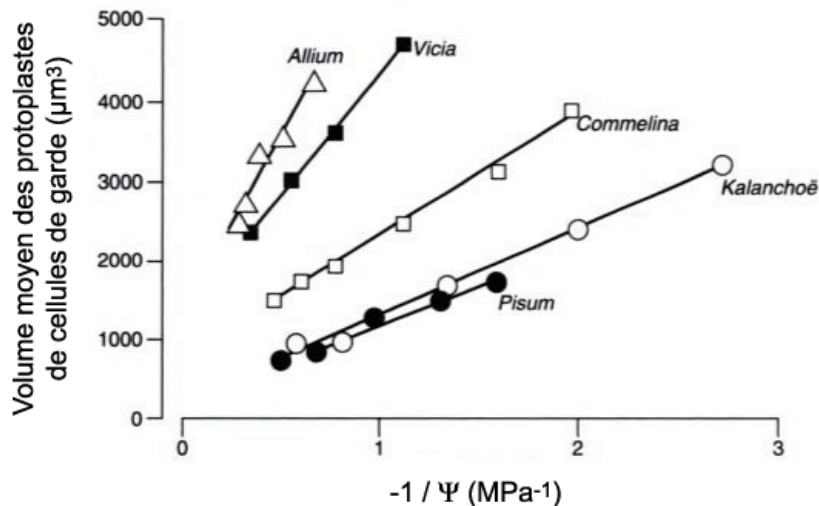


Figure I-1 : Analyse de Boyle-van't Hoff de protoplastes de cellules de garde de différentes espèces : *Allium porrum* (Δ), *Vicia faba* ($\blacksquare$), *Commelina communis* ($\square$), *Kalanchoë daigremontiana* ($\circ$), *Pisum sativum* ($\bullet$). Le volume moyen de protoplastes de cellules de garde a été déterminé dans des solutions de potentiel osmotique contrôlé (Ψ). La droite correspond à une régression linéaire (méthode des moindres carrés). Le coefficient de régression linéaire (r^2) est dans tous les cas supérieur à 0,99 (d'après Wilmer, 1996).

a- Analysez la figure I-1 et à l'aide de vos connaissances, reliez ce comportement au rôle biologique des cellules de garde. Comparez le comportement des cellules d'*Allium porrum* (cliché I-2A) et celle des cellules de *Kalanchoë daigremontiana* (cliché I-2B) : quel lien peut-on établir avec leur écophysiologie ?



Cliché A : culture d'*Allium porrum*



Cliché B : culture de *Kalanchoë daigremontiana*

Figure I-2

Réponse à la question I-D-4-a

Quelle que soit l'espèce, le volume des cellules de garde est proportionnel à l'opposé de l'inverse du potentiel osmotique du milieu. Quand le potentiel osmotique du milieu augmente, le volume des cellules

NOM :	Prénom :	Salle :
-------	----------	---------

Suite de la réponse à la question I-D-4-a

de garde augmente (pas linéairement, mais de façon hyperbolique). L'eau se déplaçant vers les zones de potentiel les plus faibles, cette réponse suit qualitativement les lois thermodynamiques.

Les variations de volume des cellules de garde permettent de prévoir l'ouverture ou la fermeture des stomates et donc la gestion de l'économie hydrique de la plante par le contrôle de la transpiration foliaire. Une augmentation du volume correspond à une turgescence et donc une ouverture des stomates.

Toutefois, toutes les espèces ne présentent pas exactement le même comportement puisque la pente est différente avec deux cas extrêmes : *A. porrum* dont la courbe présente une forte pente, et *K. daigremontiana* dont la pente est la plus faible présentée ici. Les cellules de garde d'*A. porrum* sont donc plus sensibles aux variations de potentiel hydrique que celles de *K. daigremontiana*.

A. porrum, le poireau est une plante maraîchère, domestiquée et dépendante d'une irrigation par l'Homme. *K. daigremontiana* est une espèce que l'on trouve à l'état sauvage et vivant dans des climats chauds et secs comme en témoignent ses feuilles grasses. Le poireau tolère mal la sécheresse et répond fortement à toute variation de la disponibilité en eau ; *K. daigremontiana* supporte mieux la sécheresse et y répond plus modérément.

On fait l'hypothèse que les cellules de mésophylle de mâche présentent le même comportement que les cellules de garde et que leur volume suit la loi de Boyle-van't Hoff dans les conditions expérimentales utilisées ici selon l'équation :

$$V = 12830 - 1\,740 / \Psi$$

où V est le volume de la cellule en μm^3 et Ψ le potentiel osmotique en MPa.

Dans ces mêmes conditions, on considère que les protoplastes isolés ont un diamètre de 30 μm en moyenne qui varie d'un facteur 1,5 après exposition à la lumière pendant 30 minutes et que les cellules conservées à l'obscurité restent inchangées.

b- Calculez la variation de potentiel osmotique des cellules de mésophylle induite par la lumière.

Réponse à la question I-D-4-b

Le volume est obtenu à partir de la formule du volume de la sphère : $V = 4\pi r^3/3$ en utilisant $r = 15\ \mu\text{m}$ pour le volume initial et $r = 22,5\ \mu\text{m}$ pour le volume final.

On obtenait alors $V_0 = 14\,130\ \mu\text{m}^3$ et $V_f = 47\,689\ \mu\text{m}^3$. En inversant la formule de l'énoncé on calculait alors les potentiels hydriques et donc sa variation qui vaut -1,289 MPa.

NOM :	Prénom :	Salle :
-------	----------	---------

Dans le cas des protoplastes de mésophylle, la variation de potentiel osmotique est essentiellement due à l'accumulation de composés osmotiquement actifs synthétisés à la lumière.

c- Précisez quel est probablement le composé accumulé lors de cette expérience. Déduisez-en la quantité de composé osmotiquement actif synthétisée en mole.heure⁻¹ par protoplaste.

Réponse à la question I-D-4-c

Le composé accumulé est probablement le saccharose. On néglige l'accumulation de trioses et d'hexoses, ainsi que la formation d'amidon.

La variation de sa concentration molaire CM est obtenue à partir de $\Delta C_M = \Delta \Psi / (1000 \cdot RT)$.

En multipliant par le volume du protoplaste converti en litres et par deux pour se ramener à une heure :
 $\Delta n = 2,5 \cdot 10^{-17}$ moles.heure⁻¹ pour un protoplaste.

d- Calculez la quantité de CO₂ assimilé en mole.heure⁻¹ par protoplaste.

Réponse à la question I-D-4-d

Le saccharose comportant 12 carbones, on arrive à $2,98 \cdot 10^{-16}$ mole.heure⁻¹ de CO₂ incorporé par un protoplaste.

Cette valeur est très faible et permettrait par comparaison avec la mesure de l'intensité photosynthétique de feuilles entières d'estimer un rendement de purification des protoplastes.

NOM :

Prénom :

Salle :

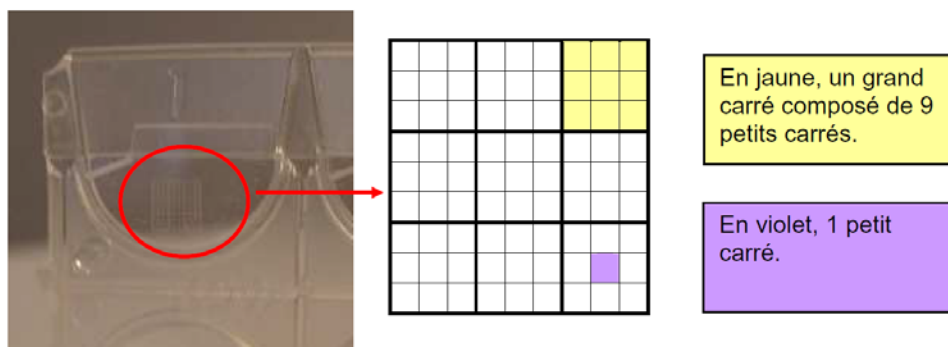
ANNEXE I : CARACTÉRISTIQUES ET UTILISATION DES LAMES KOVA®



Une lame KOVA®

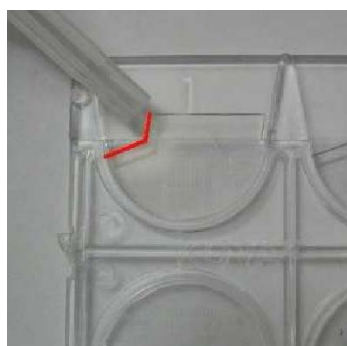
Les lames KOVA® comportent chacune 10 puits de comptage à usage unique. Chaque puits a une capacité de 6,6 μL et porte une grille comportant 9 grands carrés, chacun découpé en 9 petits carrés :

- les 9 grands carrés contiennent au total 1 μL ;
- 1 grand carré formé de 9 petits carrés contient 0,1 μL ;
- 1 petit carré contient 0,01 μL .



Chaque petit carré mesure 330 μm de côté. La profondeur du puits de comptage sous la grille est de 100 μm .

Remplir le puits avec une suspension au préalable homogénéisée en appliquant le cône dans l'encoche :



Après comptage, il est recommandé de barrer au feutre le puits pour éviter toute réutilisation.

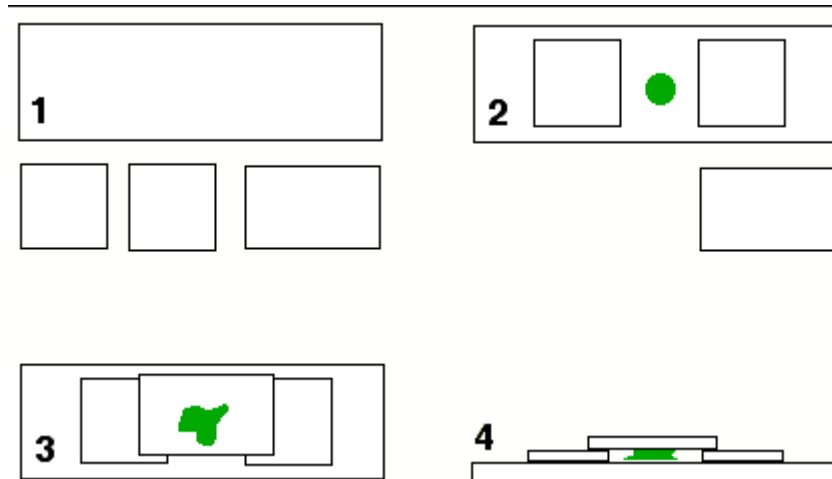
NOM :

Prénom :

Salle :

ANNEXE II : PRÉPARATION DE CHAMBRES HUMIDES

Les protoplastes seraient écrasés entre lame et lamelle : on les observe donc dans des chambres humides dont un mode de préparation utilisant une lame et trois lamelles, est schématisé ci-dessous :



NOM :

Prénom :

Salle :

II- Etude de la chaîne de transfert d'électrons à partir de thylakoïdes isolés

A- Etude des transferts d'électrons au niveau du photosystème II

Le physiologiste anglais Robert Hill démontra le premier en 1936 que des thylakoïdes isolés sont capables de dégager de l'oxygène lorsqu'ils sont éclairés. Il observa ce dégagement d'oxygène en présence de différents composés, appelés depuis réactifs de Hill. Pour cette partie de l'épreuve, on étudiera le dégagement de dioxygène par des thylakoïdes d'épinard en utilisant ici le 2,6 dichlorophénol indophénol (DCIP), composé bleu à l'état oxydé et incolore à l'état réduit.

Les thylakoïdes isolés nécessaires à la réalisation de ces expériences ont été purifiés et conservés dans des conditions qui permettent de préserver leur fonctionnalité. L'échantillon de thylakoïdes vous sera fourni à la demande. Il devra être conservé sur la glace pendant toute la durée des manipulations.

1- Étapes nécessaires à l'obtention de thylakoïdes purifiés : décrivez les principales étapes ; pour chacune d'entre elles, ne détaillez pas les techniques mais indiquez un exemple de méthode permettant de la réaliser.

Réponse à la question II-A-1

A partir de feuilles d'épinards :

- réaliser un homogénat par broyage (*blender*) dans une solution tampon hyperosmotique pour séparer les cellules de leur paroi (env. 5000 g)
- éliminer les gros débris par filtration
- collecter les organites par centrifugation. Le culot (vert) contient l'essentiel des chloroplastes
- reprendre le culot dans un tampon assurant la lyse cellulaire et la lyse des chloroplastes (et aussi notamment des noyaux) pour libérer les thylakoïdes (qui se fragmentent). Le protocole classique de Basham préconise une lyse à haute force ionique.
- centrifuger pour sédimenter les thylakoïdes (env. 10 000 g)
- reprendre le culot (vert) dans un tampon adéquat (conservation, milieu réactionnel...)

2- Préparation d'une suspension diluée de thylakoïdes

A partir de l'échantillon de suspension de thylakoïdes fournie, dans un tube conique de 15 mL, préparez 5 mL de suspension diluée de thylakoïdes à 100 $\mu\text{g.mL}^{-1}$ de chlorophylles dans du tampon de Hill. La concentration en chlorophylles de l'échantillon de départ est fournie par les membres du jury. La suspension diluée de thylakoïdes est conservée dans la glace et doit être homogénéisée par inversion du tube avant chaque prélèvement.

a- Indiquez comment vous avez réalisé cette dilution.

NOM :

Prénom :

Salle :

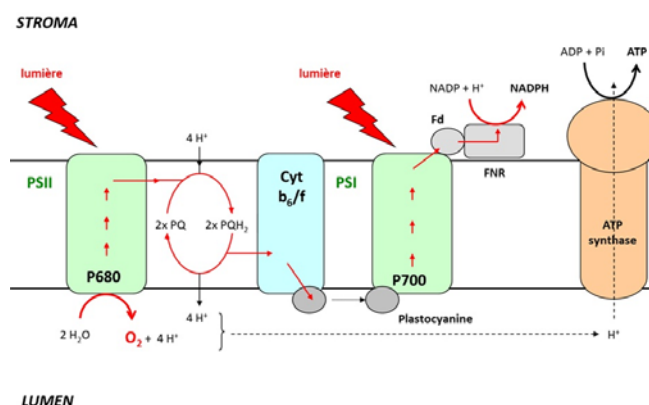
Réponse à la question II-A-2-a

Pour obtenir 5 mL à $100 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ à partir d'une solution à $4 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$, il suffit de réaliser une dilution d'un facteur 40 et donc de diluer 125 μL de la solution fournie dans un volume finale de 5 mL.

3- La réaction de Hill a-t-elle lieu en présence de réactifs de Hill à l'état oxydé ou réduit ? Vous justifierez votre réponse avec un schéma de la chaîne photosynthétique chloroplastique.

Réponse à la question II-A-3

La réaction de Hill transfère les électrons de l'eau vers un accepteur qui se trouvera donc réduit. L'accepteur, ici le réactif de Hill doit donc être initialement à l'état oxydé puis sera réduit lors de la réaction.



4- Le potentiel standard du couple d'oxydoréduction du DCIP est $E'_0(\text{DCIP}) = 0,217 \text{ V}$; la réaction nécessite deux électrons par molécule de DCIP.

a- Compte tenu des potentiels d'oxydoréduction standards des couples impliqués (Cf. tableau II-1, page 24), justifiez le trajet des électrons lors de la réaction de Hill.

Réponse à la question II-A-4-a

Le transfert d'électrons entre deux molécules est une réaction d'oxydo-réduction. Plus le potentiel redox est bas, plus le réducteur du couple est fort, c'est-à-dire susceptible de céder un e^- . Les électrons vont donc circuler des composés aux potentiels les plus négatifs vers les composés aux potentiels les plus positifs. On a donc : $\text{P680}^* \rightarrow \text{Phéophytine} \rightarrow \text{plastoquinones} \rightarrow \text{cytf} \rightarrow \text{plastocyanine} \rightarrow \text{P700}$.

On peut remarquer que le potentiel standard du couple $\text{H}_2\text{O} / \text{O}_2 = +0,81 \text{ V}$; le PSI ne peut pas assurer seul la photosynthèse oxygénique car le PSI excité ne peut pas être directement réduit par l'eau. Pour produire du NADPH, H^+ il faut donc le PSI et le PSII.

Par ailleurs, du point de vue redox, l'excitation de la chl_a des centres réactionnels P680 et P700 se traduit par une diminution très importante de leur potentiel redox.

NOM :	Prénom :	Salle :
-------	----------	---------

Suite de la réponse à la question II-A-4-a

b- Quelle sera la couleur du mélange réactionnel avant réaction ? Après réaction ? Justifiez.

Réponse à la question II-A-4-b

Le DCIP est fourni à l'état oxydé donc absorbe à 600 nm. La solution sera bleue au départ. Avec la réaction de Hill, le DCIP accepte les électrons issus du PSII et donc se trouve réduit, n'absorbant plus à 600 nm. Après réaction, la solution doit donc se décolorer et sera incolore à jaune/vert selon la concentration en chlorophylle.

5- Réalisation de la réaction de Hill

La réaction de Hill s'effectue dans des cuves de spectrophotométrie qui permettent de mesurer directement l'absorbance du DCIP à 600 nm. Le trajet optique (l) est de 1 cm. La solution de DCIP vous est fournie à la concentration de $0,3 \text{ mmol.L}^{-1}$.

Dans un tube en verre, préparez 6 mL d'un mélange contenant 0,5 mL de suspension de thylakoïdes diluée et du DCIP à la concentration de $50 \text{ } \mu\text{mol.L}^{-1}$ dans du tampon de Hill. Mélangez par inversion.

Ajoutez alors quelques cristaux d'hydrosulfite de sodium et mélangez par inversion du tube.

Vous conserverez ce tube jusqu'à la fin des manipulations.

a- D'après ce que vous avez observé, que pouvez-vous dire du potentiel standard d'oxydoréduction du couple hydrosulfite ($\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$) / thiosulfate ($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$) par rapport à celui du DCIP ?

Réponse à la question II-A-5-a

Le DCIP est instantanément décoloré par l'hydrosulfite. L'hydrosulfite est donc un composé fortement réducteur par rapport au DCIP. Son potentiel standard est donc très inférieur ($-0,660 \text{ V}$) à celui du DCIP ($+0,217 \text{ V}$).

NOM :	Prénom :	Salle :
-------	----------	---------

La cinétique de la réaction de Hill sera suivie dans quatre conditions comme indiqué dans le tableau ci-dessous.

Les cinétiques des tubes 1 à 3 sont réalisées en parallèle en respectant un décalage de 30 secondes avant de démarrer la cinétique suivante.

Tube n°	Tampon de Hill	Suspension diluée de thylakoïdes	Ajout	Incubation
1	4,50 mL	0,50 mL	-	Lumière
2*	4,50 mL	0,50 mL	-	Obscurité
3**	4,50 mL	0,50 mL	+ 10 µL DCMU	Lumière

Pour chacune des conditions testées :

- Préparez le mélange tampon de Hill + thylakoïdes.
- Au temps 0, ajoutez 1 mL de DCIP.
- Agitez rapidement par inversion, transférez 1 mL du mélange dans une cuve de spectrophotométrie et mesurez immédiatement l'absorbance à 600 nm.
- Placez le tube à 15 cm de la lampe.
- Mesurez ensuite l'absorbance après 0, 2, 5, 8 et 12 minutes.

* Ce tube sera protégé de la lumière (cache de papier aluminium) pendant toute la manipulation.

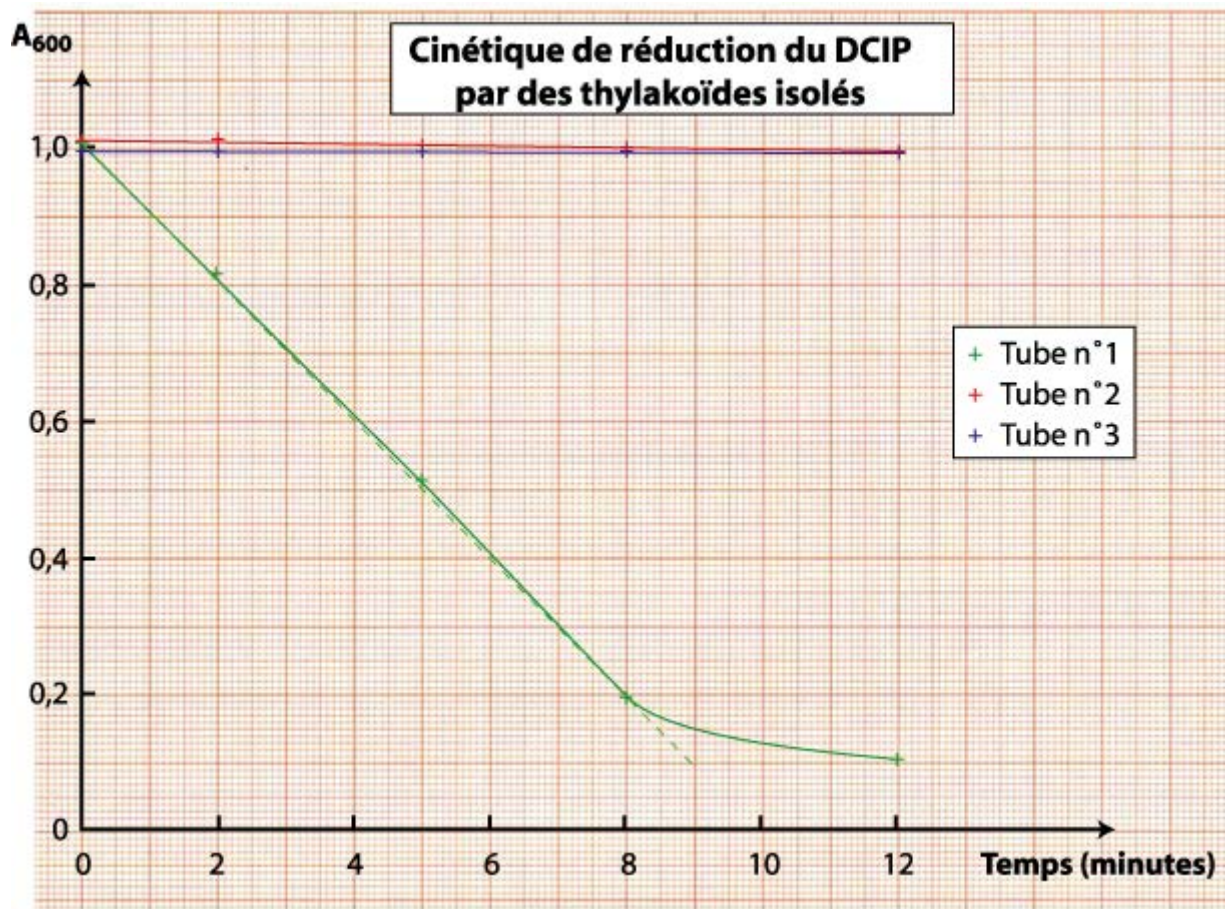
** Après l'addition de DCMU (dichlorophényldiméthylurée, solution mère à 1 mM) dans le milieu réactionnel, attendre 1 minute avant d'initier la réaction par ajout du DCIP. Le DCMU interrompt le transfert des électrons entre le photosystème II et les plastoquinones.

b- Reportez les résultats dans le tableau ci-dessous et appelez un examinateur avant de tracer la courbe.

Temps Tube	0	2	5	8	12
1	1,050	0,816	0,511	0,194	0,106
2	1,010	1,011	1,005	1,000	0,997
3	0,995	0,997	0,997	0,984	0,991

c- Tracez sur un même graphique la variation de l'absorbance des tubes 1 à 3 en fonction du temps.

Réponse à la question II-A-5-c



d- Calculez la vitesse maximale de dégagement de dioxygène en micromoles.heure⁻¹.mg⁻¹ de chlorophylles.

Réponse à la question II-A-5-d

- Calcul du coefficient d'extinction molaire du DCIP :

La solution de départ de DCIP est de concentration connue (0,3 mmol.L⁻¹). On a dilué 1 mL de cette solution dans un volume final de 6 mL de milieu réactionnel. La concentration du DCIP dans le mélange réactionnel est donc de 5.10⁻⁵ mol.L⁻¹.

$$-\varepsilon_{600} = \frac{A_{600}^{t=0}}{l.c} \text{ soit ici : } \varepsilon_{600} = 1 / (1 \times 5.10^{-5}) = 20\,000 \text{ mol}^{-1}.\text{L}.\text{cm}^{-1}$$

Le bilan de la réaction de Hill ici est : 2 H₂O + 2 DCIP ox → O₂ + 2 DCIP red. D'où :

$$\Delta n_{O_2} / \Delta t = (\Delta A_{600} \times V_{\text{réact}}) / (\Delta t \times \varepsilon_{600} \times l \times 2)$$

$$\text{Ici : } \Delta n_{O_2} / \Delta t = [(A_{600}^{t=4} - A_{600}^{t=0}) \times 6.10^{-3}] / [(4-0) \times 20\,000 \times 1 \times 2] \text{ résultat en mol.min}^{-1}.50 \mu\text{g}^{-1} \text{ chlorophylle}$$

Pour passer en μmol : x10⁶ ; h⁻¹ : x60, en mg⁻¹ de chlorophylle : x 20.

e- Interprétez les résultats dans les différentes conditions expérimentales.

NOM :	Prénom :	Salle :
-------	----------	---------

Réponse à la question II-A-5-e

Il n'y a dégagement d'O₂ qu'en présence de lumière et absence de DCMU. Le dégagement d'O₂ nécessite un transfert d'électrons (empêché par le DCMU) à la lumière.

L'expérience de réaction de Hill effectuée en absence de « lumière » démontre l'incapacité d'effectuer la photo-oxydation de l'H₂O dans cette condition : en effet à l'obscurité la vitesse de dégagement d'O₂ est nulle. En condition d'éclairement les thylakoïdes isolés peuvent collecter l'énergie lumineuse des photons à l'aide de molécules de pigments (chlorophylle-antenne) présentes au sein du photosystème II. L'énergie des photons qui sont collectés circule par résonnance jusqu'au centre réactionnel où cette énergie lumineuse est transformée en énergie chimique.

Le DCMU bloque entre PSII et PQ. Le DCIP est accepteur artificiel d'électrons dans l'expérience. Il remplace le NADP⁺ qui est l'accepteur final des électrons dans la chaîne photosynthétique.

La présence de DCMU montre que les thylakoïdes isolés éclairés sont incapables d'effectuer la réduction du DCIP comme le montre la vitesse de dégagement d'O₂ quasi-nulle calculée pour le tube 4. Le dégagement d'O₂ et donc la photo-oxydation de l'eau ne peut donc pas avoir lieu si le transfert d'électrons est bloqué entre le photosystème II et les plastoquinones. En bloquant ce transfert, on empêche le DCIP d'assurer son rôle d'accepteur final d'électrons ce qui interrompt la photo-oxydation des molécules d'eau, malgré la présence d'énergie lumineuse. La réduction du DCIP observée est donc liée au fonctionnement de la chaîne de transfert d'électrons du thylakoïde.

6- Les molécules de chlorophylle sont caractérisées par différents niveaux d'énergie (états singulets ¹S et ²S et triplets) représentés dans la figure II-1. Le passage de l'état fondamental à l'état excité se fait par l'absorption de photons apportant l'énergie nécessaire à la transition entre états. Soit un photon de longueur d'onde λ_1 permettant le passage de l'état fondamental au premier état singulet ¹S et un photon de longueur d'onde λ_2 permettant le passage de l'état fondamental au deuxième état singulet ²S. Pour la chlorophylle a les différences d'énergie entre le niveau fondamental et les niveaux ¹S et ²S sont respectivement de 1,88 eV et 2,89 eV.

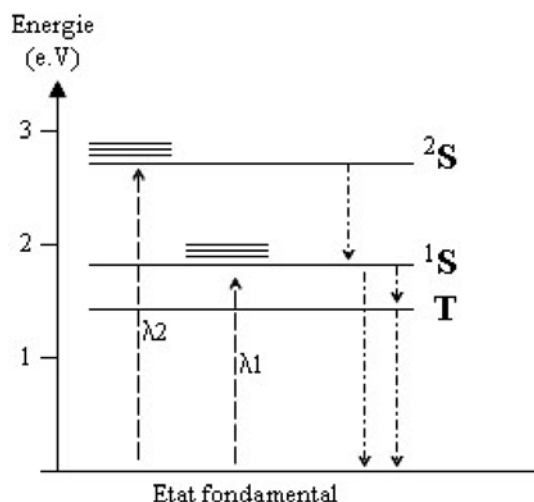


Figure II-1 : Transitions électroniques possibles dans une molécule de chlorophylle.
 1S : premier état singulet ; 2S : deuxième état singulet ; T : état triplet métastable (d'après Jupin, 1999)

Données :

Constante de Planck : $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$

Vitesse de la lumière : $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

a- Calculez λ_1 et λ_2 . Que pouvez-vous en déduire quant à l'aspect du spectre d'absorption des chlorophylles en solution ?

Réponse à la question II-A-6-a

L'énergie nécessaire est plus grande pour passer au 2^{ème} état singulet par rapport au 1^{er} ($W_2 > W_1$). Or l'énergie apportée par un photon est $W = h\nu = h.c / \lambda$ avec ν = fréquence de radiation, h = constante de Planck et c = vitesse de la lumière, soit $h.c / \lambda_2 > h.c / \lambda_1$, soit $\lambda_1 > \lambda_2$.

Calcul de λ : $\lambda = h.c / W$ avec W en Joules (pas en eV).

Niveau 1S : $W = 1,88 \text{ eV} = 3,01 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

$\lambda_1 = 6,63 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8 / 3,01 \cdot 10^{-19} = 6,61 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 661 \text{ nm}$ (rouge)

Niveau 2S : $W = 2,89 \text{ eV} = 4,62 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

$\lambda_2 = 6,63 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8 / 4,62 \cdot 10^{-19} = 4,30 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 430 \text{ nm}$ (bleu)

Le spectre présentera donc deux pics d'absorption majeurs : un dans le bleu vers 430 nm permettant le passage vers les niveaux d'énergie les plus élevés, et un pic dans le rouge vers 660 nm permettant le passage vers les niveaux d'énergie moins élevés (1^{er} état singulet).

Après excitation par un photon, les molécules de chlorophylle reviennent à leur état fondamental.

NOM :

Prénom :

Salle :

b- Quels sont les phénomènes qui peuvent être mis en jeu lors du retour à l'état fondamental ? Les chlorophylles sont capables d'émettre de la lumière par fluorescence qui correspond au passage de l'état 1S vers l'état fondamental. Quelle est la couleur de cette fluorescence ? Justifiez.

Réponse à la question II-A-6-b

- émission de chaleur ;
- transfert d'énergie à une molécule voisine (FRET), c'est le cas dans les antennes collectrices ;
- émission de photons (= fluorescence ou phosphorescence) ;
- émission d'un électron, c'est le cas de la chl_a des centres réactionnels : la séparation de charges par émission d'un électron permet l'alimentation de la chaîne photosynthétique. Il y a dans ce cas modification de la charge globale de la molécule de la chl_a qui devient chl_a⁺. Le retour à l'état initial passe par la réduction de chl_a⁺.

La lumière émise par fluorescence est rouge : la désexcitation se fait par émission d'un photon moins énergétique que celui ayant servi à l'excitation (du fait des pertes par émission de chaleur), c'est-à-dire de longueur d'onde plus grande, *i.e.* supérieure à 660 nm. De fait, les chlorophylles présentent un maximum d'émission de fluorescence vers 720 nm.

On appelle rendement quantique la quantité d'O₂ dégagé par photon absorbé. La figure II-2A présente le rendement quantique d'une part et la vitesse relative de photosynthèse d'autre part en fonction de la longueur d'onde d'illumination (spectres d'action).

c- Décrivez la courbe de rendement quantique et interprétez son allure en vous référant à l'effet des photons sur les molécules de chlorophylles. Une chlorophylle excitée à l'état 2S alimente-t-elle mieux la photosynthèse qu'une chlorophylle excitée à l'état 1S ? Justifiez. Précisez ce que devient la différence d'énergie entre ces deux états quantiques.

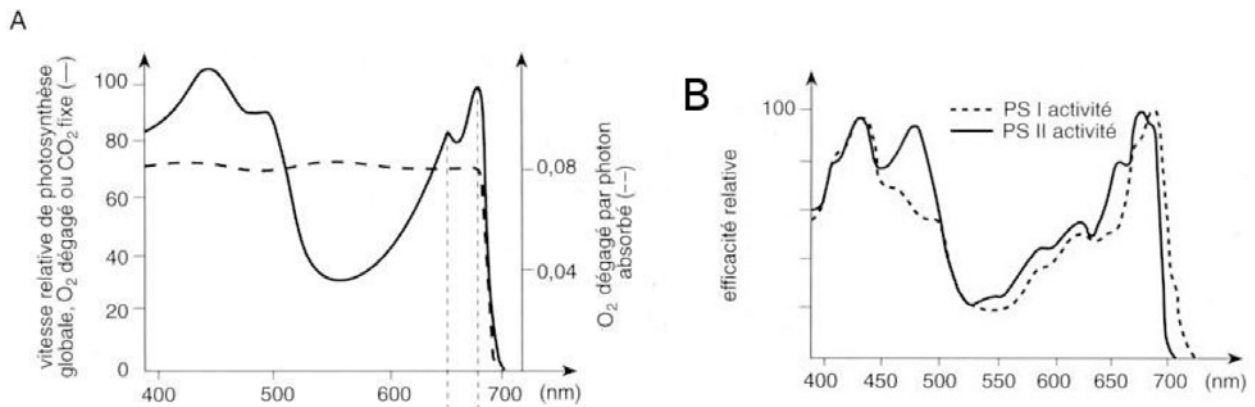


Figure II-2 : Activité photosynthétique en fonction de la longueur d'onde d'éclairement. A : vitesse relative de la photosynthèse (trait continu) et rendement quantique (trait pointillé). B : Activité des deux photosystèmes, PSI en trait pointillé et PSII en trait continu. (D'après Jupin, 1999)

Réponse à la question II-A-6-c

La vitesse relative de photosynthèse est constante pour $400 \text{ nm} < \lambda < 680 \text{ nm}$ ce qui signifie que tous les photons (de $\lambda < 680 \text{ nm}$) permettent un même fonctionnement de la chaîne photosynthétique quelle que soit l'énergie intrinsèque dont ils sont porteurs. Une chlorophylle excitée à l'état 2S (i.e. dans le bleu) n'est donc pas plus efficace qu'à l'état 1S (excitée dans le rouge). En effet, c'est uniquement la transition de l'état 1S vers l'état fondamental qui est efficace pour émettre un électron qui alimente la chaîne photosynthétique.

Le supplément d'énergie apporté par les photons les plus énergétiques est dissipé en chaleur, soit directement par la chl_a du centre réactionnel, soit lors des excitations en cascade des pigments de l'antenne.

La courbe d'efficacité relative de la photosynthèse donne une vision à une autre échelle. Elle intègre en effet tous les effets individuels des photons. Sachant qu'un photon visible capté a toujours la même efficacité pour faire de la photosynthèse quelle que soit sa longueur d'onde, c'est donc l'efficacité de capture qui est indirectement représentée ici. Elle peut en partie être interprétée comme l'addition des courbes d'absorption des différents pigments de l'antenne. Le creux dans le vert (vers 550 nm) rend compte de la moindre probabilité d'absorption des photons de cette gamme de longueur d'onde par les pigments photosynthétiques.

NOM :

Prénom :

Salle :

d- La figure II-2B représente le spectre des efficacités relatives des PSI et PSII. Au vu de ces courbes expliquez pourquoi le spectre d'action global (courbe en A) présente une chute brutale à partir de 680 nm. Pour compléter votre explication, on vous rappelle que le potentiel redox standard de la réduction de du couple O_2/H_2O est $E_0' = + 0,82 \text{ V}$.

Réponse à la question II-A-6-d

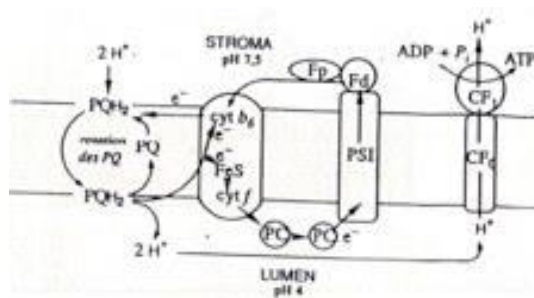
Un photon de $\lambda = 700 \text{ nm}$ est capable d'exciter le PSI mais pas le PSII : pour qu'il y ait photosynthèse, il faut que les deux PS puissent être mis en œuvre, *i.e.* $\lambda > 680 \text{ nm}$. La nécessité d'avoir deux photosystèmes est illustrée par le fait que le PSI excité ($E_0' = +490 \text{ mV}$) ne peut pas être directement réduit par l'eau.

B- Etude des transferts d'électrons au niveau du photosystème I

1- Cette manipulation se propose de mettre en évidence une photophosphorylation cyclique de l'ADP par une suspension de thylakoïdes isolés. Le dosage de l'ADP consommé ou celui de l'ATP produit est délicat. Pratiquement la manipulation permettra cette mise en évidence par la mesure de la disparition du phosphate inorganique (P_i). Le phénazine méthosulfate (PMS) est un composé dont le potentiel standard d'oxydoréduction est $E_0' = + 0,08 \text{ V}$ et qui diffuse librement à travers les bicouches lipidiques.

a- Schématisez les processus mis en jeu dans la photophosphorylation cyclique au niveau de la membrane du thylakoïde.

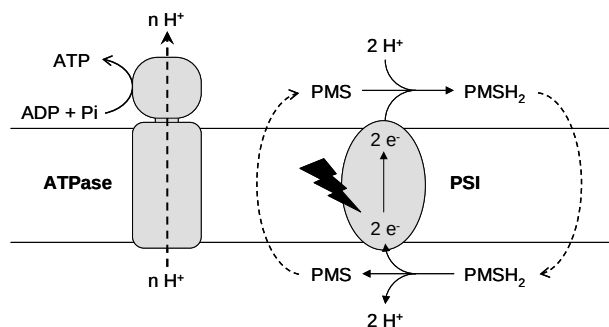
Réponse à la question II-B-1-a



b- A l'aide des potentiels standards d'oxydoréduction fournis (tableau II-1), quel composé le PMS peut-il remplacer dans la chaîne de photophosphorylation cyclique ? Justifiez.

Réponse à la question II-B-1-b

Le PMS présente un potentiel standard intermédiaire entre celui du PSI et du PSI excité et peut donc servir à la fois de donneur et d'accepteur d'électrons pour le PSI. De plus, le PMS peut traverser la bicouche lipidique, comme la plastoquinone. Le PMS remplace donc la plastoquinone.



NOM :	Prénom :	Salle :
-------	----------	---------

Photosystème II	+ 1,100 V	Cytochrome f	+ 0,350 V
Photosystème II excité	- 0,750 V	Phéophytine	- 0,600 V
Photosystème I	+ 0,490 V	Plastocyanine	+ 0,400 V
Photosystème I excité	- 1,200 V	Plastoquinones	0,000 V
Ferredoxine	- 0,432 V	NADP ⁺ /NADPH,H ⁺	- 0,324 V

*Tableau II-1 : potentiels standards d'oxydoréduction des constituants de la chaîne photosynthétique
(D'après Jupin, 1999)*

2 - Dosage du phosphate inorganique : gamme étalon

Le phosphate inorganique, incolore, donne en présence du fer et du molybdate présents dans la solution C fournie, un complexe bleu que l'on dose au spectrophotomètre.

Une gamme étalon de phosphate inorganique (P_i) a été préparée, comportant 6 points dans un volume de 1 mL pour chaque tube. Après avoir effectué la dilution appropriée à partir d'une solution mère, on a ajouté à chaque tube 1 mL d'acide trichloroacétique 20% (TCA) et 1 mL de solution C. Après 10 minutes à température ambiante pour que la coloration se développe, l'absorbance à 740 nm a été mesurée. Chaque mesure a été réalisée en triplicata dont la moyenne a été calculée.

La courbe d'étalonnage est fournie dans la figure II-3. L'équation de la courbe de régression linéaire (méthode des moindres carrés) est indiquée sur le graphique avec la concentration exprimée en $\mu\text{mol.L}^{-1}$.

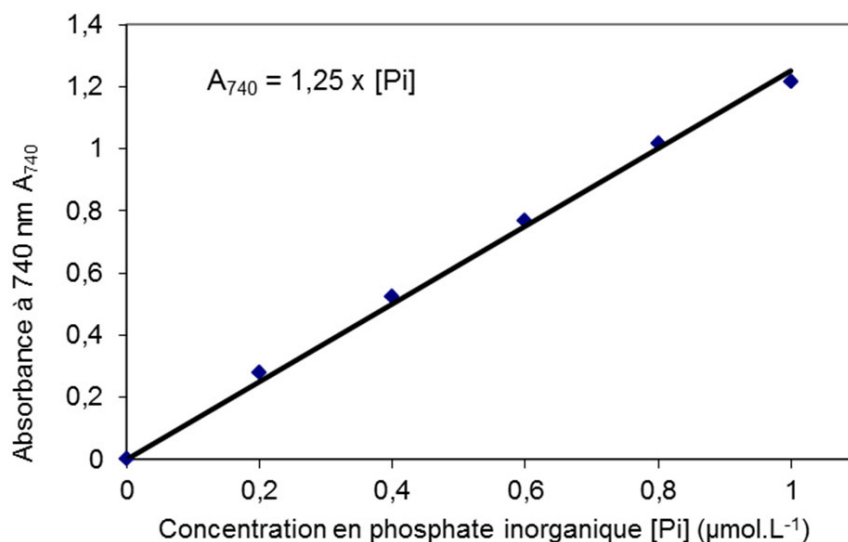


Figure II-3 : Courbe étalon du dosage du phosphate inorganique.

3- Préparation de la suspension diluée de thylakoïdes

La mise en évidence de la photophosphorylation nécessite 1,5 mL de suspension de thylakoïdes contenant 1 mg.mL⁻¹ de chlorophylles. Dans un microtube, préparer la suspension diluée de thylakoïdes dans du

NOM :	Prénom :	Salle :
-------	----------	---------

tampon de phosphorylation en utilisant les informations fournies sur la teneur en chlorophylles de la suspension concentrée de thylakoïdes. Conservez les thylakoïdes dans un bac de glace.

a- Indiquez comment vous avez préparé la suspension diluée de thylakoïdes.

Réponse à la question II-B-3-a Pour obtenir 1,5 mL de chlorophylles à 1 mg.mL^{-1}, il faut diluer 375 μL dans un volume final de 1,5 mL.
--

4- Mise en évidence de la photophosphorylation

Les mélanges réactionnels sont préparés dans des microtubes transparents de 2 mL, en prenant soin de conserver les solutions d'ADP, de PMS et de suspension de thylakoïdes sur de la glace (4°C). Suivez l'ordre d'addition des constituants du tableau ci-dessous.

	1	2	3	4
Eau distillée	0,6	0,5	0,5	0,5
Tampon de phosphorylation	0,1	0,1	0,1	0,1
Phosphate 10 mmol.L^{-1} , pH 7,8	-	0,1	0,1	0,1
ADP 10 mM	0,1	0,1	0,1	0,1
PMS 1 mM	0,1	0,1	0,1	0,1
Suspension de thylakoïdes	0,1	0,1	0,1	0,1

Les volumes indiqués sont en mL.

La réaction de photophosphorylation est initiée par l'addition de la suspension de thylakoïdes, homogénéisation du mélange réactionnel par inversion du tube à 2-3 reprises, et exposition du tube à la lumière pendant 5 minutes. Pour cela, disposez les tubes verticalement, à environ 15 cm d'une lampe de forte puissance.

Pour arrêter la réaction, ajoutez 1 mL de TCA 20% dans chacun des tubes et agitez par inversion à 2 ou 3 reprises. Centrifugez les tubes 3 minutes à 14 000 g. Collectez intégralement le surnageant de chaque microtube dans un tube à hémolyse, ajoutez 1 mL de solution C et attendez 10 minutes avant de mesurer l'absorbance à 740 nm.

a- Reportez vos mesures dans le tableau ci-dessous et appelez un examinateur.

Tube n°	1	2	3	4
Absorbance à 740 nm	0	0,723	0,684	0,693

NOM :

Prénom :

Salle :

b- Déduisez-en la vitesse de photophosphorylation (en micromoles d'ATP formé heure⁻¹.mg⁻¹ de chlorophylles). Justifiez vos calculs.

Réponse à la question II-B-4-b

La phosphorylation consomme de l'ADP et du P_i. On dose ici le P_i restant.

$$V = -\Delta[P_i] / \Delta t$$

D'après la courbe d'étalonnage, une absorbance de 0,7 correspond à 0,56 mmol.L⁻¹ de P_i restant.

Soit et pour obtenir le résultat dans les unités demandées (passage des mmol aux μmol, des minutes aux heures et de 0,1 mg à 1 mg de chlorophylle) :

$$V = -\{([P_i]_{\text{restant}} - [P_i]_{\text{initial}}) \times V_{\text{réactionnel}} \times 10^3 \times 60 \times 10\} / \Delta t$$

$$V = -[(0,56 - 1) \times 10^{-3} \times 10^3 \times 60 \times 10] / (5-0) = 52,8 \mu\text{mol.h}^{-1}.\text{mg}^{-1} \text{ ATP.}$$

5 - Mise en évidence des paramètres influençant la photophosphorylation

On cherche maintenant à analyser les couplages énergétiques mis en jeu dans la photophosphorylation cyclique mise en évidence à la question précédente. Vous disposez des solutions et matériels utilisés précédemment ainsi que d'une solution de CCCP (carbonyl cyanide 3-chlorophénylhydrazone), un agent protonophore à la concentration de 0,5 mmol.L⁻¹. Le CCCP s'utilise à la concentration finale de 4 μmol.L⁻¹.

a- En adaptant le protocole de la question II-B-4, proposez un plan d'expérience pour montrer quels couplages énergétiques sont mis en jeu lors de la photophosphorylation cyclique.

Réponse à la question II-B-5-a

Témoins envisageables (les tubes 1 et 4 sont indispensables) :

- (1) la consommation de P_i nécessite des thylakoïdes et peut donc être reliée à l'activité de la chaîne photosynthétique : même tube que précédemment, mais sans suspension de thylakoïdes ;
- (2) l'absorbance mesurée correspond à du P_i : même tube que précédemment mais sans P_i ;
- (3) la consommation de P_i nécessite de l'ADP et correspond donc bien à une phosphorylation : même tube que précédemment mais sans ADP ;
- (4) témoin positif de photophosphorylation ;
- (5) la consommation de P_i ne fait intervenir que des transferts d'électrons autour du PSI : ajout de DCMU (selon les conditions du IIA, 1,7 μL que l'on peut arrondir à 2 μL) qui bloque le transfert des électrons en aval du PSII.

NOM :	Prénom :	Salle :
-------	----------	---------

Suite de la réponse à la question II-B-5-a

Les couplages qui peuvent être étudiés :

- (6) transfert d'électrons / synthèse d'ATP : même tube que précédemment mais sans PMS
- (7) gradient de protons / synthèse d'ATP : même tube que précédemment + CCCP qui abolit le gradient de protons. Puisqu'il est fourni à $0,5 \text{ mmol.L}^{-1}$ et s'utilise à $4 \text{ } \mu\text{mol.L}^{-1}$, il faut en introduire 8 μL .
- (8) capture de l'énergie lumineuse / synthèse d'ATP : même tube que précédemment mais conservé à l'obscurité

	1	2	3	4	5	6	7	8
Eau distillée	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5
Tampon phosphorylation	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Phosphate 10 mM, pH 7,8	0,1	-	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
ADP 10 mM	0,1	0,1	-	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
PMS 1 mM	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-	0,1	0,1
DCMU	-	-	-	-	2 μL	-	-	-
CCCP 0,5 mM	-	-	-	-	-	-	8 μL	-
Suspension de thylakoïdes	-	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Mettez en œuvre votre protocole en réalisant les mélanges dans le même ordre que précédemment. N'oubliez pas de (re)faire les différents témoins.

A partir des mesures d'absorbance, calculez la vitesse de photophosphorylation (en micromoles d'ATP formé $\text{heure}^{-1} \text{ mg}^{-1}$ de chlorophylles) dans les différentes conditions.

b- Présentez les résultats (absorbance à 740 nm et vitesse de photophosphorylation) dans un tableau.

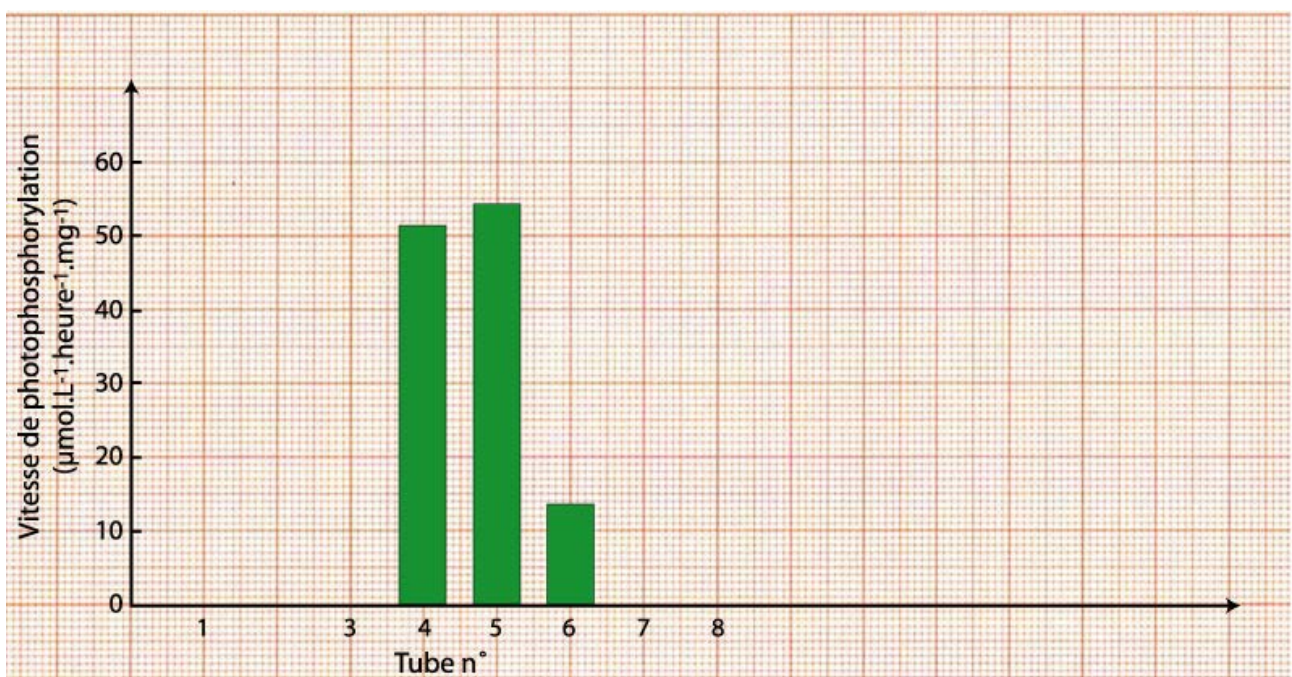
Réponse à la question II-B-5-b

NOM :	Prénom :	Salle :
-------	----------	---------

Tube n°	1	2	3	4	5	6	7	8
A_{740}	1,251	0 (Réf.)	1,241	0,705	0,683	1,106	1,200	1,198
Vitesse photophosphorylation ($\mu\text{mol.L}^{-1}.\text{heure}^{-1}.\text{mg}^{-1}$)	0	-	0	52,3	54,4	13,8	0	0

c- Présentez ces résultats sous forme d'un diagramme en bâtons.

Réponse à la question II-B-5-c



d- Analysez les résultats obtenus.

Réponse à la question II-B-5-d

Les témoins sont conformes aux attentes :

- pas de consommation de Pi sans lumière, sans ADP, sans transfert d'électrons, sans thylakoïdes : c'est une photophosphorylation ;
- pas d'effet du DCMU : les électrons transférés ne proviennent pas du PSII : il s'agit de la photophosphorylation cyclique autour du PSI.

NOM :

Prénom :

Salle :

Suite de la réponse à la question II-B-5-d

Les couplages suivants sont démontrés :

- la photophosphorylation nécessite de la lumière : couplage photochimique ;
- la photophosphorylation nécessite un transporteur d'électrons du PSI excité vers le PSI : couplage chimiochimique ; [on peut observer comme présenté ici une activité résiduelle selon l'état de préservation des différents transporteurs d'électrons.]
- la photophosphorylation nécessite un gradient de protons : couplage osmochimique ;

NOM :

Prénom :

Salle :

III- Rôle du cytochrome c6 dans la photosynthèse

A- La chaîne photosynthétique des Angiospermes assure le transfert d'électrons prélevés sur l'eau jusqu'au NADP^+ à travers des complexes de la membrane des thylakoïdes et grâce à des transporteurs mobiles membranaires ou périphériques. Ces transferts d'électrons peuvent être étudiés sur des thylakoïdes isolés *in vitro* (Cf. Partie II) notamment en mesurant le dégagement de dioxygène pendant l'exposition à la lumière.

Les chaînes photosynthétiques oxygéniques présentent des différences, malgré une certaine unité dans l'ensemble du vivant. Les cyanobactéries et certains organismes eucaryotes (qui seront appelés « algues » par la suite, en accord avec les publications d'origine et par souci de simplification) utilisent par exemple le cytochrome c6 et la plastocyanine comme donneurs d'électrons au photosystème I, alors que les Embryophytes utiliseraient exclusivement la plastocyanine. Des chercheurs ont identifié un gène nucléaire d'*Arabidopsis thaliana* présentant une certaine homologie avec celui du cytochrome c6 des cyanobactéries et des algues : le gène Atc6A.

1- En quoi *Arabidopsis thaliana* constitue-t-il un organisme modèle pour les biologistes et en particulier les généticiens ?

Réponse à la question III-A-1

Petite taille, cycle court, génome entièrement séquencé, banque de mutants disponibles, autofécondation possible, phénotypage facile.

La fonction de la protéine Atc6A a été étudiée *in vitro* sur des thylakoïdes isolés à partir d'épinards, soit intacts soit dont la membrane a été retournée par un traitement mécanique (thylakoïdes « *inside-out* »).

2- Les chercheurs ont comparé la vitesse de dégagement de dioxygène à la lumière par des thylakoïdes isolés à partir d'épinard, à celle de thylakoïdes dont la membrane a été retournée (thylakoïdes « *inside-out* », tableau III-1). Les chercheurs ont produit des souches de la cyanobactérie *Synechocystis sp.* modifiées : la séquence codante du gène du cytochrome c6 a été remplacée par l'ADNc du gène Atc6A. Le cytochrome c6 de *Synechocystis sp.* ou la protéine Atc6A ont ensuite été purifiés et étudiés à partir de cultures de souches sauvages de *Synechocystis sp.* ou à partir de souches modifiées respectivement.

NOM :	Prénom :	Salle :
-------	----------	---------

a- Quelles informations sur les transporteurs d'électrons de la chaîne photosynthétique les différences entre les lignes 1 et 2 du tableau III-1 apportent-elles ?

Réponse à la question III-A-2-a

Le dégagement d'O₂ est divisé par 5 lorsque les thylakoïdes sont retournés. Le retournement induit la perte/dilution de substances lumiiales dont on déduit qu'elles participent au transport des électrons (transporteurs d'électrons extrinsèques associés à la face luminale de la membrane des thylakoïdes).

L'ajout à concentration identique de différents constituants des chaînes photosynthétiques a également été testé (tableau III-1, lignes 2 à 6).

		Ajout		Dégagement d'O ₂ ($\mu\text{mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ de chlorophylle)
		Protéine	Codée par le gène de	
Thylakoïdes	1	-	-	228,3 ± 23
	2	-	-	44,5 ± 10
Thylakoïdes inside-out	3	Cytochrome c6	<i>Synechocystis sp.</i>	166,8 ± 22
	4	Atc6A	<i>A. thaliana</i>	169,0 ± 16
	5	Plastocyanine	<i>Synechocystis sp.</i>	165,9 ± 15
	6	Plastocyanine	<i>A. thaliana</i>	202,0 ± 11

Tableau III-1 : vitesses de dégagement de dioxygène (en $\mu\text{mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ chlorophylle) par des thylakoïdes isolés et des thylakoïdes isolés et inversés placés sous illumination dans un tampon adéquat contenant du methyl viologène qui remplace l'accepteur final de la chaîne de transfert d'électrons, avec ajout ou non de cytochrome c6 ou de plastocyanine (d'après Gupta, 2002).

b- Analysez les résultats obtenus après ajout. Quel(s) rôle(s) suggèrent-ils pour la protéine Atc6A ?

Réponse à la question III-A-2-b

L'ajout de plastocyanine à des thylakoïdes retournés restaure le dégagement d'O₂ observé dans les thylakoïdes témoins : c'était le transporteur extrinsèque luminal qui manquait dans les thylakoïdes retournés.

En présence de cytochrome c6 ou de plastocyanine le dégagement d'O₂ est plus élevé que dans les thylakoïdes retournés seuls. Ils peuvent donc jouer le rôle de transporteur d'électrons dans la chaîne photosynthétique. Mais seule la plastocyanine codée par le gène d'*A. thaliana* restaure complètement le dégagement d'O₂.

NOM :	Prénom :	Salle :
-------	----------	---------

Suite de la réponse à la question III-A-2-b

L'ajout d'Atc6A n'a pas d'effet significativement différent de celui du cytochrome c6 ou de plastocyanine de cyanobactérie sur le dégagement d'O₂ : cela confirme que le cytochrome c6 peut remplacer la plastocyanine de la cyanobactérie, et suggère qu'Atc6A peut jouer le même rôle.

L'expression d'Atc6A a été étudiée sur des plants sauvages d'*A. thaliana* ou sur des plants transgéniques surexprimant Atc6A. L'analyse a été réalisée sur des organes entiers (figure III-1A) ou sur des fractions de chloroplastes purifiés (Figure III-1B).

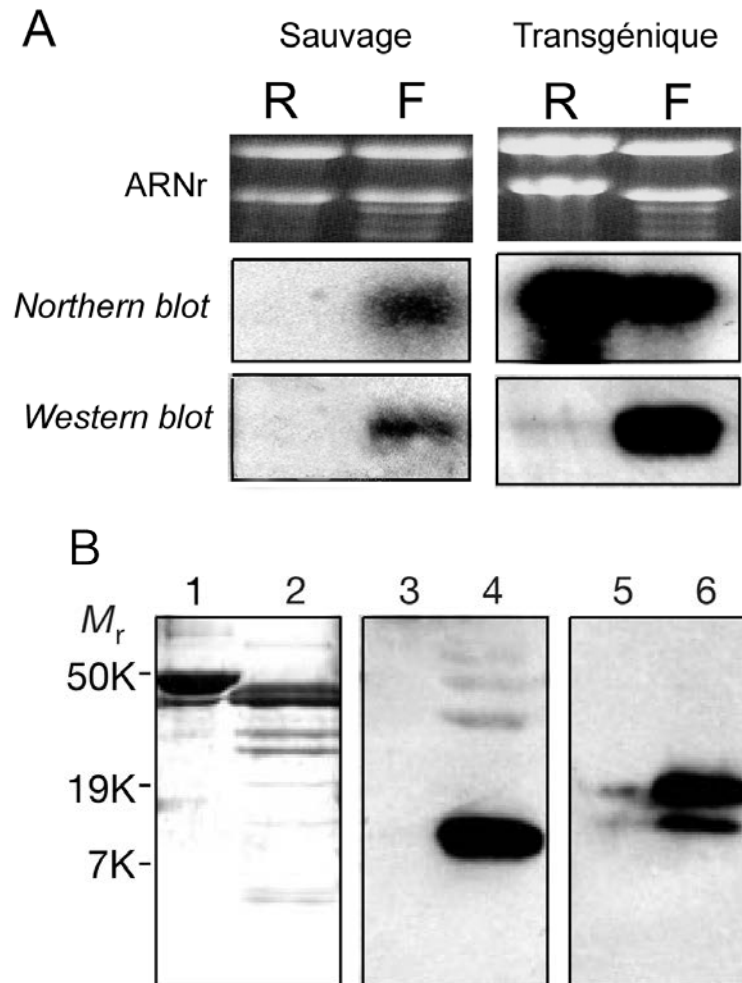


Figure III-1. A : analyse par northern blot et western blot de l'expression d'Atc6A dans les feuilles (F) et les racines (R) d'*A. thaliana*, sur des plants sauvages (sauvage) ou transgéniques surexprimant Atc6A (transgénique). Les ARN ribosomiaux (ARNr) ont été analysés par coloration au bromure d'éthidium après électrophorèse en gel d'agarose. B : analyse par électrophorèse SDS-PAGE et coloration au bleu de Coomassie des protéines du stroma (1) ou de la lumière des thylakoïdes (2) puis western blot avec un anticorps anti-Atc6A (3 protéines du stroma, 4 protéines de la lumière des thylakoïdes) ou avec un anticorps anti-plastocyanine (5 protéines du stroma, 6 protéines de la lumière des thylakoïdes) à partir de chloroplastes provenant de plants sauvages d'*A. thaliana*. M_r : masse moléculaire relative, en kilodaltons (d'après Gupta, 2002)

NOM :

Prénom :

Salle :

c- Décrivez le profil d'expression d'Atc6A : est-il compatible avec la fonction suggérée précédemment ? Quelle(s) information(s) tire-t-on des résultats obtenus avec les plants transgéniques ?

Réponse à la question III-A-2-c

Chez les plants sauvages, le gène ATc6A est transcrit dans les cellules foliaires, et non racinaires.

Chez les plants transgéniques surexprimant ATc6A, le gène est transcrit dans les racines et les feuilles, mais la traduction a lieu uniquement dans les cellules de feuilles, ce qui suggère qu'il existe un contrôle post-transcriptionnel.

Le *western blot* montre que la protéine Atc6A est une protéine de la lumière des thylakoïdes, tout comme la plastocyanine, ce qui est cohérent avec sa fonction supposée de donneur d'électrons au PSI.

Chez les algues vertes et les cyanobactéries, la plastocyanine est exprimée et utilisée préférentiellement au cytochrome c6. En cas de carence en cuivre qui entre dans la constitution de la plastocyanine, l'expression du cytochrome c6 augmente et celui-ci remplace alors la plastocyanine.

Les chercheurs ont produit des plants transgéniques d'*A. thaliana* dont le gène Atc6A a été invalidé par insertion du plasmide T dans la séquence codante. De plus, certains plants sauvages ou dont Atc6A a été invalidé ont subi une transgénèse pour exprimer une construction d'ARN interférant avec l'expression des deux gènes codant la plastocyanine (*PETE1* et *PETE2*).

Les différents plants ont été analysés par *western-blot* avec des anticorps anti-plastocyanine ou anti-Atc6A. Les individus dont le gène Atc6A a été invalidé et qui expriment la construction d'ARN interférent ne sont pas viables. Les phénotypes des trois autres types de plants sont présentés dans la figure III-2.

NOM :

Prénom :

Salle :



Figure III-2 : clichés des plants d'*A. thaliana*. 1 : plant sauvage ; 2 : plant dont le gène *Atc6A* a été invalidé ; 3 : plant exprimant l'ARN interférent (d'après Gupta, 2002).

d- Qu'est-ce qu'un ARN interférent ? Quel(s) avantage(s) cette technique présente-t-elle par rapport à une invalidation génique ?

Réponse à la question III-A-2-d

ARN double brin permettant d'inactiver l'expression d'un gène par dégradation de l'ARN cible. Un avantage est que l'inactivation est potentiellement inducible.

e- Interprétez ces résultats. Quelle(s) information(s) supplémentaire(s) apportent-ils par rapport aux expériences précédentes ?

Réponse à la question III-A-2-e

Les phénotypes du plant dont le gène *Atc6A* a été invalidé et du plant sauvage sont identiques : la protéine *Atc6A* n'est pas nécessaire à la croissance (donc à la photosynthèse) dans les conditions normales.

Suite de la réponse à la question III-A-2-e

Alors que les plants dépourvus de plastocyanine ne sont pas viables s'ils n'expriment pas Atc6A, ils le sont s'ils expriment Atc6A, bien qu'ils soient moins développés que les plants sauvages.

La plastocyanine est donc nécessaire à un développement optimal, et son absence rend la présence d'Atc6A nécessaire au développement du végétal, ce qui suggère que la protéine Atc6A est capable d'assurer partiellement le rôle de la plastocyanine.

3- La séquence de la protéine Atc6A a été comparée à celles de plusieurs cytochromes c6 ainsi qu'à celles d'homologues possibles d'Atc6A identifiés chez d'autres Angiospermes. Les alignements de séquence sont présentés dans la figure III-3.

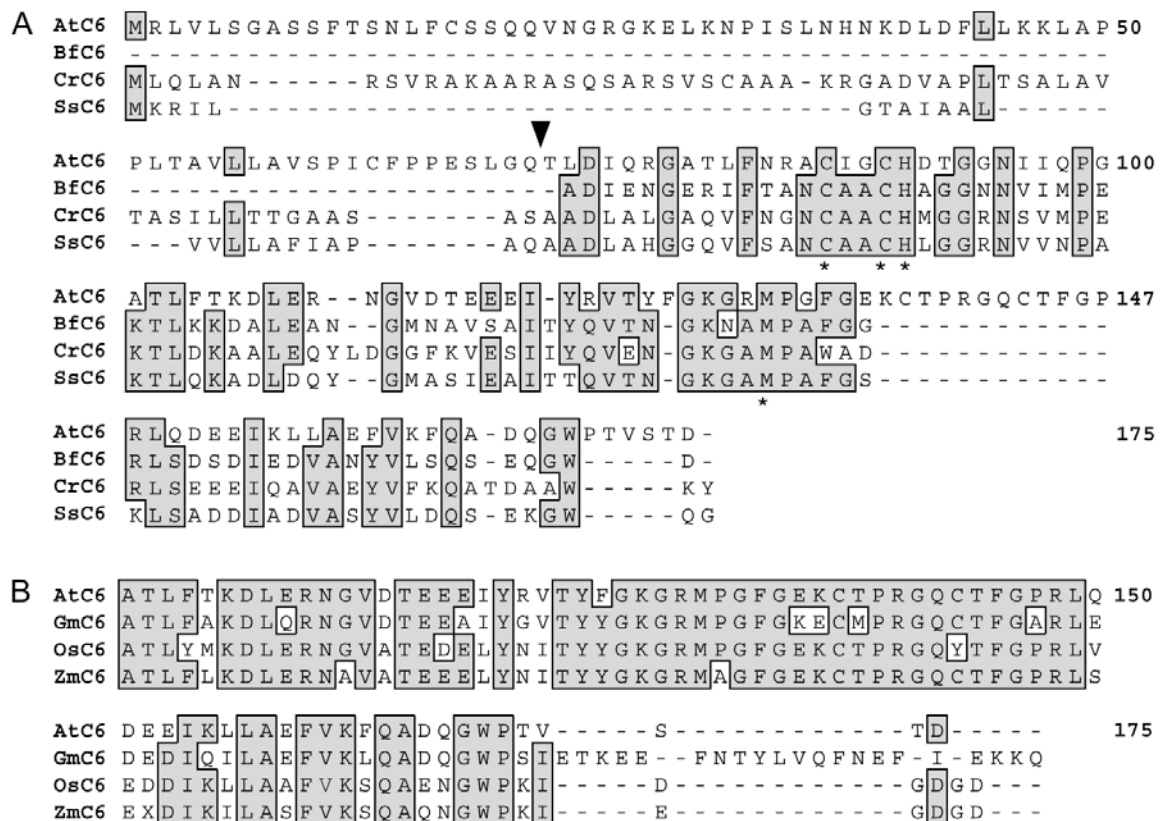


Figure III-3 : A : Alignements des séquences peptidiques des cytochromes c₆ de deux algues (*Bumilleriopsis filiformis*, BfC6 et *Chlamydomonas reinhardtii*, CrC6) ainsi que d'une cyanobactérie (*Synechocystis* sp., SsC6) avec la protéine Atc6A. Les tirets représentent les intervalles introduits pour optimiser l'alignement, la flèche noire indique le début de la protéine Atc6A mature, l'astérisque indique le site de fixation de l'hème et les zones grisées délimitent les positions présentant des acides aminés identiques. B : Alignements de séquences peptidiques d'homologues possibles de la protéine Atc6A avec les acides aminés 101 à 175 de la protéine Atc6A ; Gm : soja ; Os : riz ; Zm : maïs (d'après Gupta, 2002).

NOM :

Prénom :

Salle :

À l'aide de la figure III-3, caractérisez Atc6A et ses homologues eucaryotes par rapport aux cytochromes c6 des cyanobactéries et des algues.

Réponse à la question III-A-3

La protéine Atc6A d'*A. thaliana* mature présente un pourcentage d'homologie important avec le cytochrome c6 des algues et des cyanobactéries. Elle présente cependant une séquence de 12 acides aminés absente des cytochromes c6 et présente en même position au sein des séquences des protéines homologues à Atc6A chez les autres Angiospermes étudiées.

Ceci suggère que les gènes codant le cytochrome c6 et Atc6A proviennent d'un gène ancestral, qui aurait subi duplication et insertion.

4- Les structures atomiques d'Atc6A, du cytochrome c6 de l'algue verte *Monoraphidium braunii* et de la plastocyanine d'*A. thaliana* ont été obtenues et les potentiels électrostatiques de surface calculés (figure III-4). L'interaction entre le cytochrome c6 ou la plastocyanine et le photosystème I a été étudiée par cristallographie. Les modèles structuraux du cytochrome c6 de *M. braunii* et de la plastocyanine de la figure III-4 les présentent positionnés pour transférer les électrons avec un photosystème qui serait disposé au-dessus et avec la poche de l'hème ouverte vers le photosystème I. Le modèle d'Atc6A est construit par remplacement moléculaire dans celui du cytochrome c6 et orienté de la même façon. Par ailleurs, de nombreuses études ont montré que l'interaction entre le cytochrome c6 ou la plastocyanine et le photosystème I était affaiblie quand la force ionique du milieu augmentait.

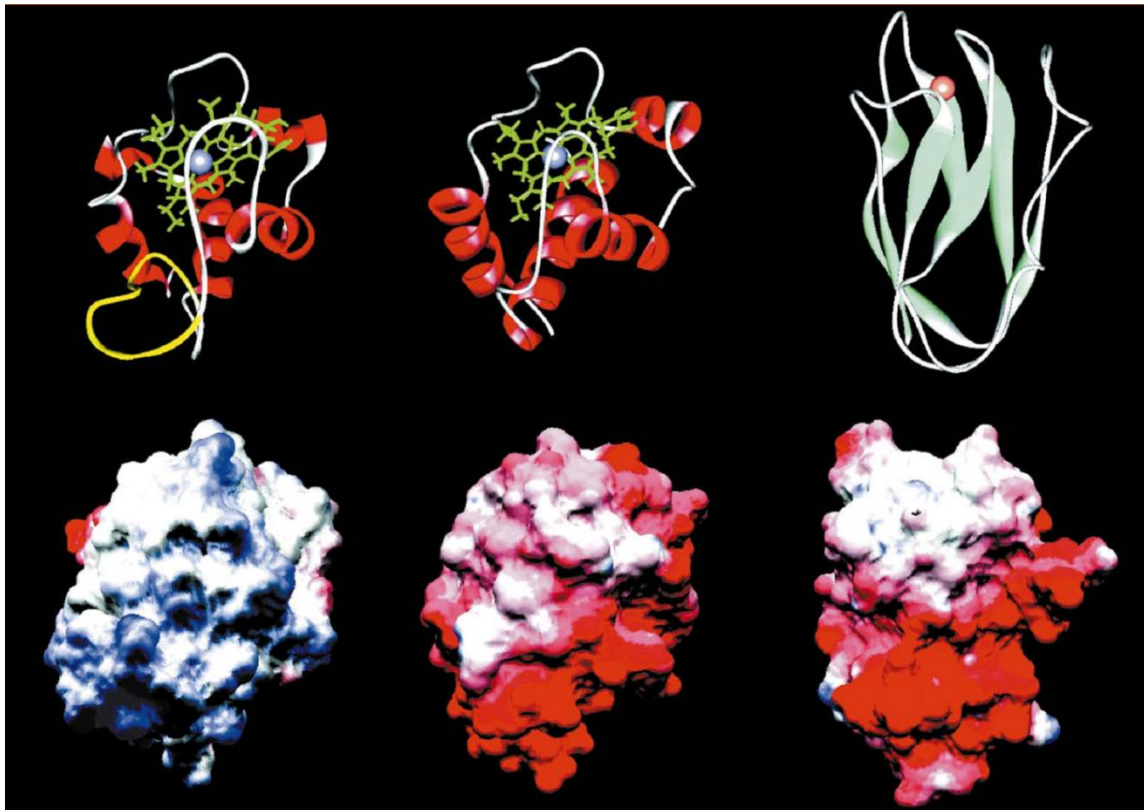


Figure III-4 : Modèles moléculaires (de gauche à droite) d'Atc6A, du cytochrome c6 de *M. braunii* et de la plastocyanine d'*A. thaliana*. Ligne du haut : modèle en ruban disposé avec l'ion métallique vers le haut (poche de l'hème pour Atc6A et le cytochrome c6 ou ion cuivre pour la plastocyanine), en position pour échanger des électrons avec un photosystème disposé au-dessus. Sphères grises, ion fer, sphère rouge, ion cuivre. Ligne du bas : potentiels électrostatiques de surface des mêmes molécules, dans la même disposition, calculés à $\text{pH} = 7,4$ et pour une force ionique de 40 mmol.L^{-1} . Les régions chargées négativement sont présentées en rouge, celles chargées positivement en bleu (d'après Molina-Heredia, 2003).

a- Comparez les structures globales de ces trois protéines (figure III-4, ligne du haut) : ces résultats confortent-ils votre hypothèse formulée quant au rôle de la protéine Atc6A ?

Réponse à la question III-A-4-a

La structure d'Atc6A diffère de celle du cytochrome c6 par la présence notamment d'une boucle plus longue (en jaune) correspondant à la séquence de 12 acides aminés spécifique à cette protéine. Ces deux protéines diffèrent totalement de la plastocyanine, constituée de feuillets bêta ce qui suggère une fonction différente. Cependant dans les deux cas, un ion métallique permet la réalisation de réactions d'oxydo-réduction.

b- Rappelez les informations apportées par le potentiel électrostatique de surface des protéines. Comparez-les entre les trois protéines (figure III-4, ligne du bas) : que peut-on prévoir pour la capacité d'interaction d'Atc6A avec le photosystème I par rapport aux deux autres protéines ?

NOM :	Prénom :	Salle :
-------	----------	---------

Réponse à la question III-A-4-b

Le potentiel électrostatique de surface est déterminé par la nature des radicaux des acides aminés en périphérie de la protéine (chargés ou non). Il conditionne les liaisons électrostatiques qu'est capable d'établir la protéine avec d'éventuels ligands.

L'altération de l'interaction entre les protéines et le PSI en réponse à une modification de la force ionique suggère que des interactions faibles électrostatiques participent à l'association moléculaire. Alors que la plastocyanine et le cytochrome c6 montrent un potentiel électrostatique de surface semblable (globalement chargées positivement), La surface d'ATc6A est chargée surtout négativement, ce qui conduit à penser qu'elle interagirait plus difficilement avec le photosystème I.

Les chercheurs ont analysé *in vitro* la capacité de trois protéines à réduire le photosystème I d'*A. thaliana* préalablement placé à l'obscurité après irradiation par un flash laser : Atc6A, le cytochrome c6 de l'algue verte *Monoraphidium braunii* et la plastocyanine d'*A. thaliana*. Les protéines testées sont obtenues à partir de cultures d'*E. coli* génétiquement modifiées pour exprimer en grandes quantités la protéine désirée. *E. coli* ne possède ni cytochrome c6 ni plastocyanine. Les résultats sont présentés dans la figure III-5. Les courbes enregistrées sont fortement dépendantes de force ionique pour le cytochrome c6 de *M. braunii* et la plastocyanine d'*A. thaliana*, au contraire d'Atc6A. De plus, ces expériences ont permis de déterminer que le potentiel standard d'oxydoréduction d'Atc6A est $E'_0 = + 0,140 \text{ V}$ alors que celui du cytochrome c6 de *M. braunii* est $E'_0 = + 0,360 \text{ V}$.

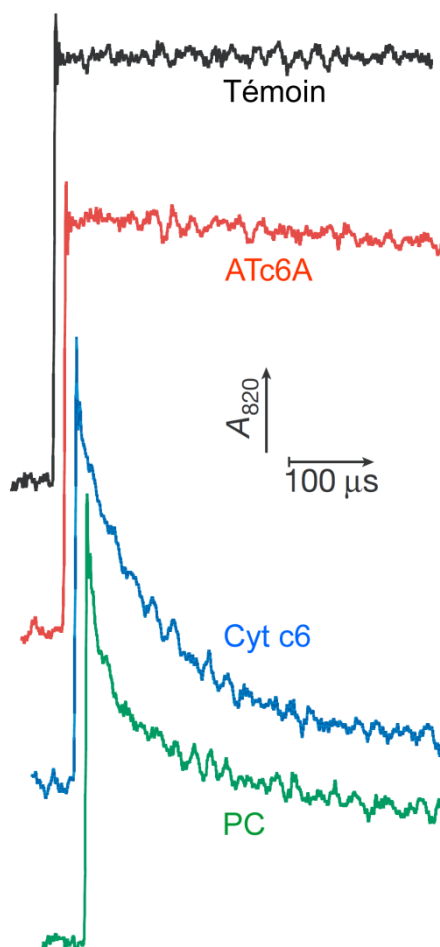


Figure III-5 : cinétiques de réduction in vitro du photosystème I par Atc6A, le cytochrome c6 de *M. braunii* ou la plastocyanine d'*A. thaliana*. Des thylakoïdes purifiés et insés ont préalablement placés à l'obscurité ont été exposés à un flash laser pour exciter le photosystème I, en présence soit de tampon soit de tampon additionné de $150 \mu\text{mol.L}^{-1}$ de l'une de protéines testées. L'absorbance du photosystème oxydé ($\lambda_{\text{max}} = 820 \text{ nm}$) est alors suivie au cours du temps. Les mesures sont effectuées à $\text{pH} = 7,4$ et pour une force ionique de 40 mmol.L^{-1} (d'après Molina-Heredia, 2003).

c- Interprétez ces résultats et concluez quant à la capacité de la protéine Atc6A à participer au transfert d'électrons dans la chaîne photosynthétique d'*A. thaliana* (les potentiels standards d'oxydoréduction des constituants de la chaîne photosynthétique sont donnés dans le tableau II-1 page 24).

Réponse à la question III-A-4-c

A la différence de la plastocyanine et du cytochrome c6, Atc6A est incapable de réduire le photosystème I excité, et ce quelle que soit la force ionique. D'un point de vue thermodynamique, Atc6A sous forme réduite peut réduire le PSI excité puisque son potentiel d'oxydoréduction est plus faible que celui du PSI, mais comme il est également inférieur à celui du complexe b6f, Atc6A ne peut spontanément accepter les électrons venant de ce complexe dans les conditions standard. Ces données, associées au potentiel électrique de surface indiquent que Atc6A ne joue pas le rôle de donneur d'électrons au photosystème I.

NOM :	Prénom :	Salle :
-------	----------	---------

Suite de la réponse à la question III-A-4-c

d- Comparez les modalités d'obtention des protéines testées ici et dans le tableau III-1: comment pouvez-vous expliquer les résultats du tableau III-1?

Réponse à la question III-A-4-d

Un système d'expression hétérologue est ici utilisé : *E. coli* n'exprimant ni plastocyanine, ni cytochrome c6A, il ne risque pas d'y avoir, lors de la purification d'Atc6A, contamination avec une de ces protéines. Dans le cas des expériences précédentes, la protéine Atc6A était obtenue à partir d'une cyanobactérie. Une contamination avec une protéine homologue a pu être possible.

B- Plus récemment, une autre équipe a analysé plus précisément les phénotypes de mutants pour les deux gènes codant les plastocyanines d'*A. thaliana*.

1- Pour cela, des mutants ont été produits par insertion ciblée du transposon *En-1* dans chacun des gènes *PETE1* et *PETE2* d'*A. thaliana*. Après insertion, le transposon s'excise spontanément chez certains plants. Parmi les clones ayant subi l'excision de l'insert, deux mutants ont été sélectionnés et ont permis d'établir

NOM :

Prénom :

Salle :

des lignées viables d'*A. thaliana* (figure III-6). Les doubles mutants obtenus par croisement ne sont viables que sur un milieu contenant du saccharose.



Figure III-6: Séquence des gènes *PETE1* (A) et *PETE2* (B) : première ligne, séquence normale du gène avec en gras le site d'insertion ; deuxième ligne, séquence présentant le site d'insertion (pointe de flèche) et l'empreinte laissée après excision (caractères gras minuscules) ; troisième ligne, séquence du gène après excision chez le clone retenu. Entre parenthèses, nombre de paires de bases du gène perdues lors de l'excision chez le clone *pete1-1.1*. Points : nucléotides absents chez le mutant *pete2-1.1* (d'après Weigel, 2003).

a- Définissez le terme « transposon ».

Réponse à la question III-B-1-a

C'est un élément génétique mobile capable de se déplacer dans le génome par mécanisme d'excision-transposition ou de réplication-transposition.

b- Pour quelle raison les auteurs ont-ils choisi les mutants *pete1-1.1* et *pete2-1.1* plutôt que les mutants *pete1-1* et *pete2-1* ?

Réponse à la question III-B-1-b

pete1-1.1 et *pete2-1.1* présentent suite à l'excision une délétion avec décalage du cadre de lecture, et ne produisent pas, par conséquent, de plastocyanine fonctionnelle.

NOM :

Prénom :

Salle :

Par ailleurs, une autre équipe a étudié des simples mutants d'*A. thaliana* : *pete1*, *pete2*, *atc6a* et des doubles mutants. Cette équipe confirme que le double mutant *pete1 pete2* n'est pas viable en culture sur sol. Ces mutants peuvent néanmoins être cultivés sur un sol enrichi en saccharose. Les phénotypes des autres mutants sont présentés dans la figure III-7.

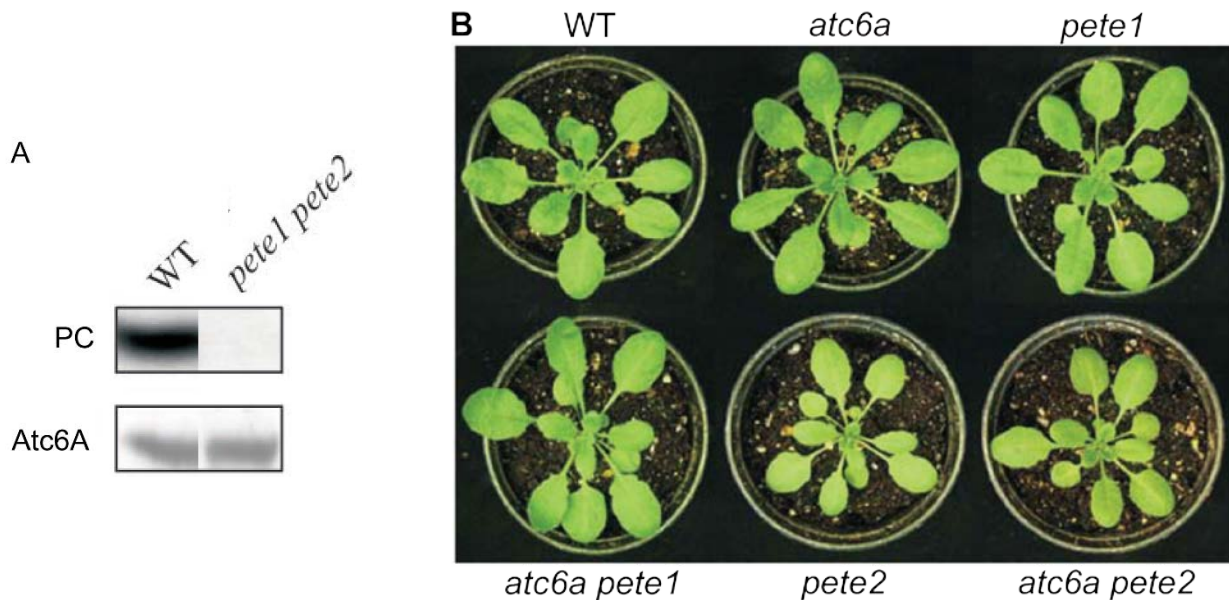


Figure III-7: Phénotype de plants d'*A. thaliana* mutants pour les gènes de la plastocyanine. A : analyse par western blot de plants sauvages (WT) ou doubles mutants (*pete1-1.1 pete2-1.1*), avec des anticorps dirigés contre les plastocyanines (PC) ou Atc6A (la même quantité totale de protéine a été déposée à chaque fois) (d'après Weigel, 2003). B : phénotypes de mutants obtenus par recombinaison homologue et des doubles mutants obtenus par croisements ; les plants sont observés après 4 semaines de culture en conditions de jour long (d'après Pesaresi, 2009).

c- À partir de l'analyse des phénotypes et des résultats du *western blot*, commentez l'importance des protéines étudiées et leurs éventuelles relations fonctionnelles.

Réponse à la question III-B-1-c

Les doubles mutants n'exprimant pas la plastocyanine ne sont pas viables sans saccharose dans le milieu : PC est nécessaire à la photosynthèse.

Les mutants *pete 1* ont un phénotype identique à celui des plants sauvages, chez les mutants *pete2* le développement ne semble que très peu altéré. Il y a complémentation.

Les simples mutants pour les gènes codant les plastocyanines ont un phénotype identique aux plants qui présentent, en outre, un gène AtC6A muté. De plus l'absence de plastocyanine ne modifie pas le taux de transcription d'AtC6A. Ceci confirme que la protéine Atc6A ne remplace pas la plastocyanine dans la photosynthèse, et n'est pas nécessaire au développement.

Les chlorophylles isolées présentent une fluorescence naturelle. Cette fluorescence a été mesurée en réponse à un éclaircissement par de la lumière sur des feuilles entières de plants sauvages, traités ou non au

DCMU (qui interrompt le transfert des électrons entre le photosystème II et les plastoquinones, cf. II-A) ou de doubles mutants *pete1-1.1 pete2-1.1* (Figure III-8).

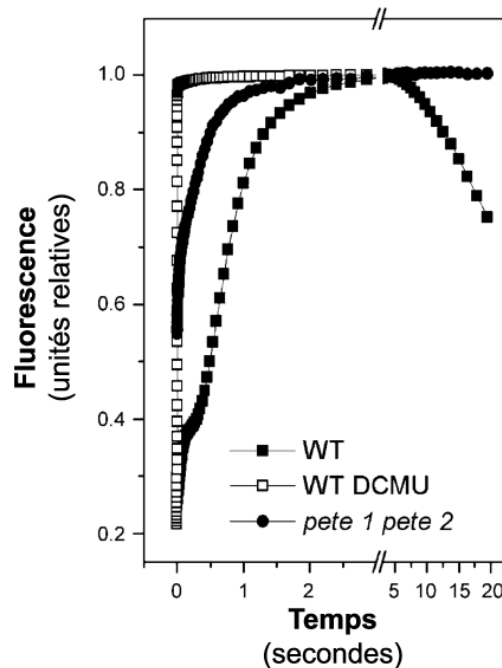


Figure III-8 : Cinétique d'émission de fluorescence par des feuilles d'*A. thaliana* éclairées, sur des plants sauvages (■ WT), des plants sauvages traités par du DCMU (□ WT DCMU) ou des plants doubles mutants (● *pete1 pete2*). La fluorescence est exprimée en unités relatives du maximum de fluorescence de chaque plant considéré (d'après Weigel, 2003).

d- En analysant l'effet du DCMU, expliquez quel(s) processus est(sont) à l'origine de l'émission de fluorescence. Comment expliquer la décroissance de fluorescence au-delà de cinq secondes dans le cas des feuilles de plants sauvages non traités ?

Réponse à la question III-B-1-d

L'émission de la fluorescence est une forme de dissipation de l'énergie associée à l'absorption de photons par l'antenne collectrice des photosystèmes. L'émission est instantanément maximale en présence de DCMU, qui bloque le transfert d'électrons entre PSII et plastoquinones. Très rapidement, le PSII n'a plus d'accepteurs d'électrons et l'énergie est dissipée en partie sous forme de fluorescence. Cela prend plus de temps chez les plants sauvages, le temps que tous les accepteurs d'électrons soient réduits.

Après 5 secondes la fluorescence décroît suite à la réoxydation des coenzymes grâce au cycle de Calvin.

NOM :

Prénom :

Salle :

Suite de la réponse à la question III-B-1-d

e- Quel(s) rôle(s) de la plastocyanine ces résultats démontrent-ils ? En les confrontant à votre analyse des mutants à la question précédente, que peut-on conclure quant à la protéine Atc6A ?

Réponse à la question III-B-1-e

Chez les doubles mutants, le premier palier n'est pas observé ; le maximum de fluorescence est atteint plus rapidement que chez les plants sauvages, et plus lentement qu'en présence de DCMU : il y a également blocage du transfert d'électrons, mais plus en aval.

L'effet des mutations des gènes codant les plastocyanines et d'Atc6A sur le transcriptome a été analysé (figure III-9).

NOM :

Prénom :

Salle :

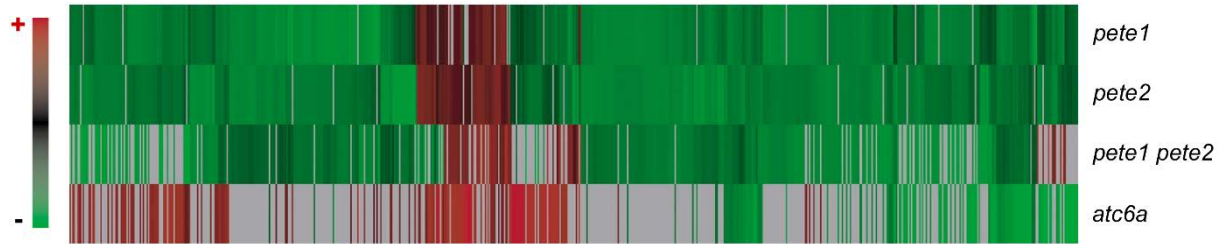


Figure III-9 : Analyse du transcriptome de plants mutants *pete1*, *pete2*, *atc6a* et doubles mutants *pete1 pete2*. La quantité des ARNm analysés a été déterminée pour un plant sauvage puis comparée à celle d'un plant mutant. Parmi l'ensemble des gènes nucléaires d'*A. thaliana*, ceux codant des protéines chloroplastiques ont été analysés. Seuls ceux dont la transcription est significativement modifiée chez au moins un des mutants sont présentés ici. Les gènes dont la quantité d'ARNm est augmentée par rapport au plant sauvage apparaissent en rouge, ceux dont la quantité d'ARNm diminue en vert, et ceux dont la quantité ne varie pas en gris (d'après Weigel, 2003).

f- Par quelle technique ces résultats peuvent-ils être obtenus ?

Réponse à la question III-B-1-f

Puce à ADN

g- Analysez ces résultats.

Réponse à la question III-B-1-g

Les mutants *pete1* et *pete2* ont un transcriptome semblable. Les mutations induisent l'augmentation de la transcription de mêmes gènes entre les deux mutants, et la répression de l'expression de gènes identiques aussi : les plastocyanines exercent la même fonction.

En revanche, le transcriptome des mutants *Atc6A* est très différent : certains des gènes réprimés chez les mutants *pete1* et *pete2* sont activés chez ces mutants. La perte de fonction d'*Atc6A* a bien des conséquences sur l'expression des gènes nucléaires codant des protéines chloroplastiques, mais ce ne sont pas les mêmes que celles d'un déficit en plastocyanine ce qui est un nouvel argument en faveur d'une fonction différente pour les protéines *Atc6A* et plastocyanine.

2- Atc6A présente deux cystéines très proches en positions 137 et 143 (Cf. figure III-3). Elles pourraient servir de relais pour une signalisation via une oxydo-réduction permettant par exemple de contrôler le flux d'électrons dans la chaîne photosynthétique.

Les séquences des cytochromes de la famille c6 ont été alignées et comparées dans de nombreuses espèces. Chez *Chlamydomonas reinhardtii*, deux cytochromes c6 ont été identifiés : l'un est très proche d'Atc6A, l'autre ressemble plus aux cytochromes c6 des cyanobactéries.

Un modèle retraçant l'histoire évolutive d'Atc6A est présenté figure III-10.

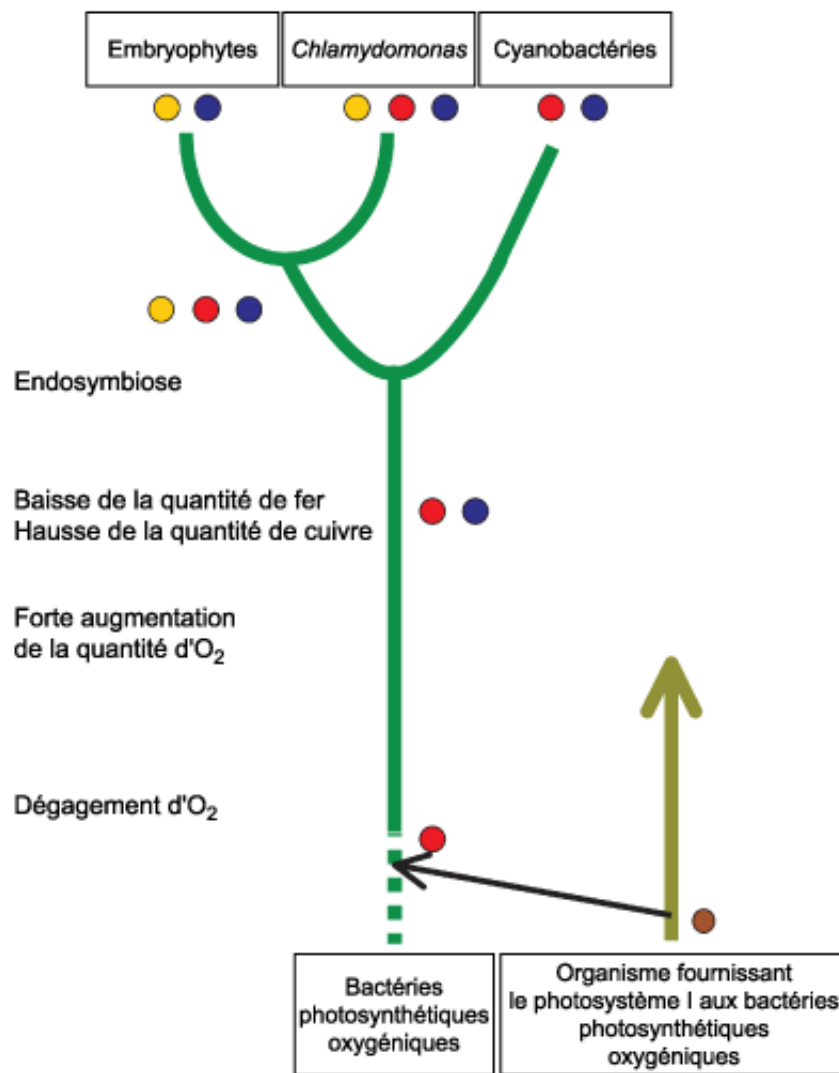


Figure III-10: Modèle de l'histoire évolutive des cytochromes c6 et de la plastocyanine (un seul gène codant la plastocyanine est figuré), en lien avec quelques événements de l'histoire de la Terre (d'après Howe, 2006).

Attribuez à chaque disque coloré (rouge, jaune, bleu) une légende : cytochrome c6A, plastocyanine, ou cytochrome c6. Décrivez le scénario évolutif proposé par ce modèle pour expliquer les relations entre les trois protéines.

NOM :

Prénom :

Salle :

Réponse à la question III-B-2

Disque rouge = cytc5, bleu = plastocyanine, jaune = Atc6A

Le modèle propose que le cytochrome c6 soit le donneur primitif d'électrons au photosystème I. L'augmentation de la quantité de cuivre favorise son utilisation à la place du fer, ce qui aurait conduit à la sélection de la plastocyanine.

Le modèle propose l'apparition, chez un ancêtre commun à Chlamydomonas et aux Embryophytes de la plastocyanine par duplication à partir d'un gène ancestral, chaque copie de gène ayant évolué indépendamment. Une perte secondaire du cytochrome c6 aurait eu lieu dans la lignée à l'origine des Embryophytes.

On pouvait critiquer ce modèle et mentionner la possibilité de transferts de gènes.

5.2 Epreuve de travaux pratiques de spécialité du secteur B : Sujet et commentaires

Le thème du TP d'option B portait sur « La reproduction ». De nombreuses manipulations sur des échantillons réels de différents organismes (escargot, algues, fruits et graines) ont été proposées, ainsi qu'une analyse comportementale sur vidéo et des reconnaissances d'échantillons. Des exercices d'analyse de données et des questions d'interprétation venaient aussi compléter les manipulations. Le contenu diversifié de l'épreuve visait à aborder différents thèmes autour de la reproduction et à évaluer des compétences variées chez les candidats. La plupart des supports et exercices choisis étaient classiques et ne devaient pas poser de problèmes particuliers aux candidats.

La moyenne à l'épreuve est de 8,7/20 avec une note maximale de 14,61/20. Toutes les questions ont permis d'attribuer des points au moins une fois sur l'ensemble des candidats et nous félicitons un certain nombre de candidats qui ont su terminer le sujet.

Nous rappelons que la maîtrise technique de manipulations classiques, la qualité d'observation et de restitution (incluant un vocabulaire rigoureux), ainsi que la gestion du temps de travail sont des qualités clés pour réussir cette épreuve de 6h. De plus, nous souhaitons souligner qu'une bonne exploitation des observations et une démarche scientifique adaptée et rigoureuse sont toujours valorisées, et peuvent éventuellement compenser des gestes techniques imparfaits.

Nous regrettons le niveau toujours trop faible des connaissances en zoologie et en botanique, pourtant indispensables en spécialité B et pour la carrière d'enseignant, et nous encourageons les futurs candidats à améliorer grandement leurs connaissances naturalistes de terrain.

Commentaires spécifiques

Partie I : Etude de la parade nuptiale de l'araignée paon *Maratus sarahae* à partir d'une vidéo de 2min30.

Nous félicitons les candidats qui ont su réellement analyser la vidéo mise à leur disposition en n'hésitant pas à la visionner plusieurs fois, en faisant des arrêts sur image et en prenant des notes simultanées et pertinentes. L'analyse de l'exercice associé sur les signaux acoustiques s'est révélée plus problématique. En particulier, les millimètres mesurés ont été très souvent interprétés comme des déplacements de l'araignée alors que l'utilisation d'un vibromètre laser pour mesurer les signaux acoustiques était clairement spécifiée dans l'énoncé.

Partie II : Etude de la reproduction chez l'escargot petit-gris *Helix aspersa*.

Cette partie a globalement été bien traitée, en particulier les exercices sur l'utilisation du dard. Nous avons apprécié qu'une majorité des candidats s'applique à disséquer l'escargot. Certaines dissections étaient très bien faites et très bien présentées. Cependant, la qualité des dissections a été globalement très variable et nous regrettons qu'un trop grand nombre de candidats n'effectue toujours pas leur dissection sous l'eau. Les légendes des dissections et schémas révèlent également des lacunes inacceptables. De même, il est regrettable que

de nombreux candidats aient confondu la radula interne (apomorphie des Mollusques) et la « mâchoire » externe de la lèvre supérieure de l'escargot.

Globalement, nous encourageons aussi les futurs candidats à observer et à savoir restituer avec précision leurs observations, plutôt que de donner des informations théoriques inappropriées.

Partie III : Les modes de reproduction chez les algues et étude des conceptacles de fucus vésiculeux.

L'étude des conceptacles de fucus est classique et simple à réaliser. Nous avons été surpris de la qualité globalement médiocre des coupes réalisées, ainsi que de l'absence d'observations au microscope.

Cette partie a révélé des lacunes dans les connaissances de base sur les algues communes (reconnaissance, cycle de vie, vocabulaire des légendes). Les identifications d'échantillons ont parfois été surprenantes (Ulve, Laminaires à la place des Fucus ou Pelvetia ...). La réflexion sur l'origine des différents modes de reproduction, quand elle a été traitée, l'a été correctement, en particulier pour les données phylogénétiques. Nous félicitons les candidats (trop rares) qui ont su expliquer le phénomène des marées et les facteurs influençant le peuplement de l'estran. Il est indispensable d'acquérir ces connaissances sur la zone intertidale, et plus globalement sur la structuration et le fonctionnement des écosystèmes.

Partie IV : Etude de fruits et de graines

Cette partie avait comme objectif de revisiter le domaine des fruits et des graines en argumentant les réponses en s'aidant de mises en évidence simples sous forme de descriptions morphologiques, de coupes et de colorations.

Une première partie portant sur un échantillon, le fruit de fusain, permettait de mener une analyse du fruit et de la graine.

Une deuxième partie permettait, à partir des fruits de nigelle, de noix et de maïs, de travailler sur la diversité des fruits, des graines et des réserves.

Cette partie a été très discriminante. Les résultats mettent en valeur quelques trop rares candidats qui montrent une bonne maîtrise de ces notions extrêmement classiques. Certains maîtrisent aussi les différents plans de coupe et les différentes colorations permettant d'argumenter en particulier la diversité des réserves.

Mais malheureusement, une majeure partie des candidats montre un manque absolu de maîtrise du vocabulaire et des connaissances de base. Les confusions de niveaux (confusion fruit-graine, graine-ovule, ovule-ovaire) témoignent d'un manque cruel de rigueur dans l'emploi du vocabulaire et donc dans les connaissances. La réalisation de coupes minces colorées prenant deux minutes à réaliser n'est pas plus maîtrisée. La connaissance des trois types de réserves de molécules organiques est correcte en ce qui concerne l'amidon et les lipides, mais les grains d'aleurones sont souvent méconnus.

Nom :	Prénom :	salle n° :
-------	----------	------------

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2014

TRAVAUX PRATIQUES DE SPECIALITÉ DU SECTEUR B

Durée totale : 6 heures

La reproduction

Les cinq parties sont indépendantes. Certaines nécessitent des manipulations, prévoyez donc votre organisation en conséquence.

Partie I : Etude comportementale	page 2
<i>Cette partie sera traitée au poste « étude comportementale » selon un planning imposé.</i>	
<i>Durée maximale : 0h 30 – barème : 1,5/20</i>	
Partie II : L'appareil reproducteur d'un animal	page 6
<i>Durée conseillée : 2h00 – barème : 6,5/20</i>	
Partie III : La reproduction chez les algues	page 19
<i>Durée conseillée : 1h50 – barème : 5/20</i>	
Partie IV : Les fruits et les graines	page 34
<i>Durée conseillée : 1h10 – barème : 4/20</i>	
Partie V : Exercice de reconnaissance	page 47
<i>Cette partie sera traitée au poste « exercice de reconnaissance » selon un planning imposé.</i>	
<i>Durée maximale : 0h 30 – barème : 3/20</i>	

**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.**

Nom :	Prénom :	salle n° :
-------	----------	------------

➤ **Partie I – Etude comportementale**

Poste « étude comportementale ». Durée maximale : 30 min.

o **A – Etude d'une séquence comportementale**

Vous devrez analyser une séquence comportementale en visionnant autant de fois que vous le souhaitez une vidéo à votre disposition.

- **A – 1 Identifiez le plus précisément possible les individus en présence dans le taxon des Arthropodes et précisez sur quels critères morphologiques vous vous appuyez pour cette identification.**

Réponse(s) à la question I – A – 1

Araignée paon *Maratus sarahae*.

Arthropode Chélicériforme Chélicérate, Arachnide, Aranéide, Salticide

2 tagmes (prosoma/opisthosome), 4p. de pattes locomotrices, 1p. de pédipalpes, 1p. de chélicères, bouclier sur le prosome, perte/régression des appendices de l'opisthosome.

- **A – 2 Décrivez précisément les différentes étapes de la séquence comportementale et les comportements observés**

Réponse(s) à la question I – A – 2

1) Cour du mâle (à moyenne et courte distance) : mouvements des pédipalpes seuls puis 3^{ème} paire de pattes et opisthosome à la verticale. Mouvements latéraux et vibrations de la 3^{ème} paire de pattes et opisthosome. Déplacements latéraux de l'animal.

2) Avant de rentrer en contact : 1^{ère} et 3^{ème} paires de pattes du mâle sur le dos de la femelle.

3) Copulation : mâle sur le dos de la femelle. Il la maintient, retourne son opisthosome et l'insémine avec ses pédipalpes.

- **A – 3 Dans quel contexte se déroule cette séquence comportementale ?**

Réponse(s) à la question I – A – 3

Reproduction / parade nuptiale

o **B – Etude des canaux de communication**

- **B – 1 Précisez quel canal de communication principal est utilisé dans cette vidéo. Quelles catégories de signaux sont émises ?**

Réponse(s) à la question I – B – 1

Canal visuel. Couleurs, postures, mouvements

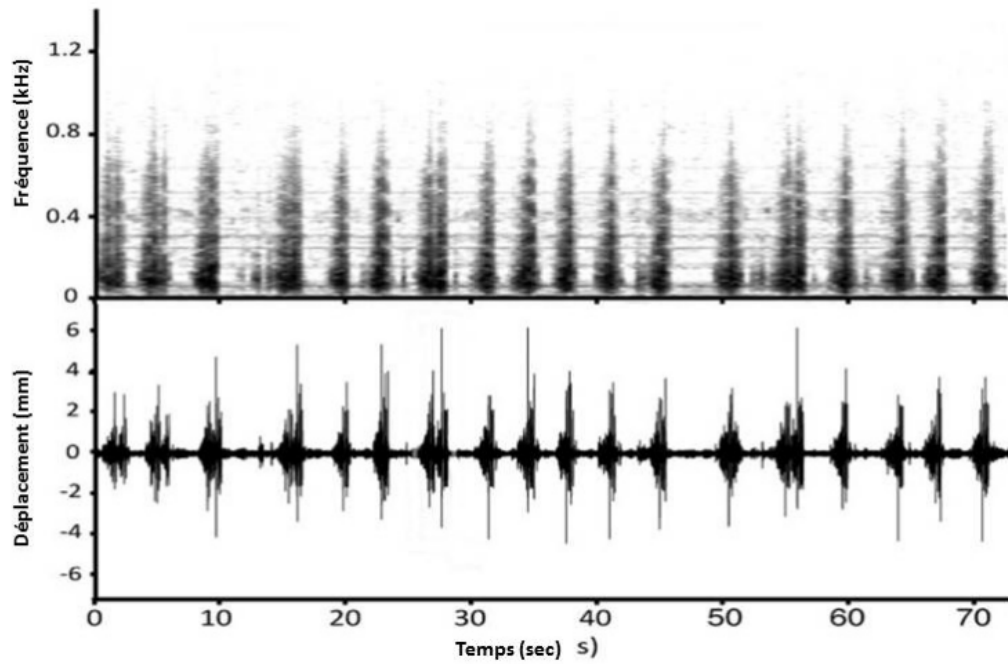
- **B – 2 Autre canal de communication.**

Chez une espèce proche et lors de séquences comportementales comparables, des signaux, représentés ci-dessous, sont enregistrés avec un vibromètre laser.

Nom :

Prénom :

salle n° :



➤ **B-2-1** Précisez de quels types de signaux il s'agit et décrivez-les.

Réponse(s) à la question I – B – 2- 1

[Signaux acoustiques vibratoires + description](#)

➤ **B-2-2** Comment ces animaux produisent-ils de tels signaux ?

Réponse(s) à la question I – B – 2- 2

[Vibrations de l'opisthosome \(visibles sur la vidéo\), transmises au substrat par les pattes.](#)

Nom :

Prénom :

salle n° :

➤ **Partie II – L'appareil reproducteur d'un animal**

o **A – Etude de l'échantillon A**

▪ **A – 1 Identification de l'échantillon A**

Identifiez le plus précisément possible l'échantillon A.

Réponse(s) à la question II – A – 1

Mollusque gastéropode pulmoné (stylommatophore), Escargot petit-gris *Helix aspersa*

▪ **A – 2 Position phylogénétique de l'échantillon A**

Sélectionnez 2 caractères morphologiques et indiquez, pour chacun, quel taxon ils permettent d'identifier.

Réponse(s) à la question II – A – 2

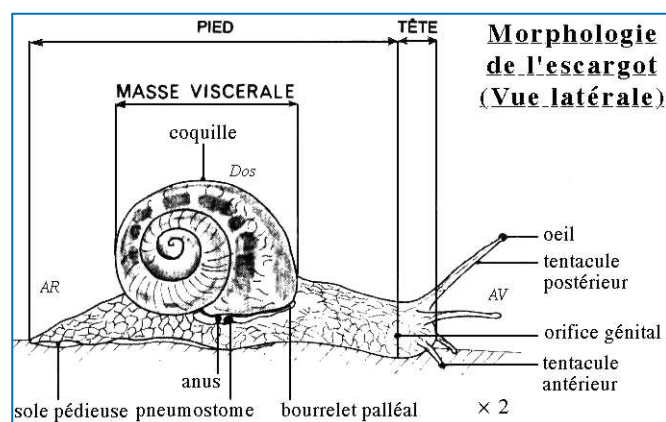
Au choix (classification classique) :

- Pied en sole pédieuse (Eumollusques)
- pli palléal = repli du manteau (Eumollusques)
- coquille d'une seule pièce (Conchifères)
- tête distincte bien développée (Viscéroconques)
- manteau/coquille n'entourant que la masse viscérale (viscéroconques)
- torsion de la masse viscérale (gastéropodes)
- 2 paires de tentacules (stylommatophores)

o **B – Etude morphologique de l'échantillon A**

- **B – 1 Faites un dessin titré et légendé de l'échantillon A entier en vue latérale droite.**

Réponse(s) à la question II – B – 1



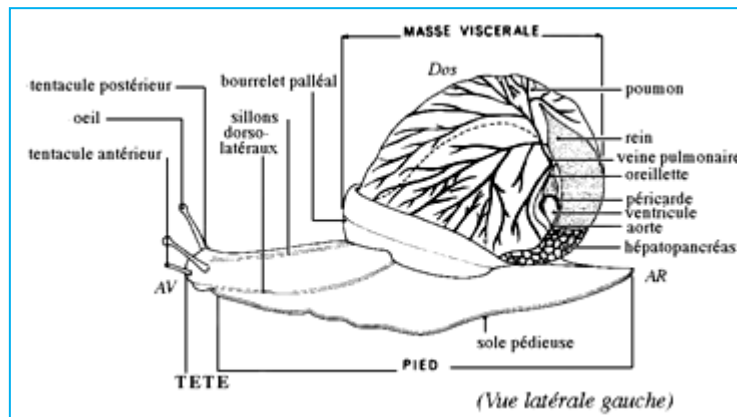
- **B – 2 Faites un dessin titré et légendé de l'échantillon A dégagé de sa coquille en vue latérale gauche. Conserver au moins une partie de la coquille pour la suite de l'épreuve.**

Nom :

Prénom :

salle n° :

Réponse(s) à la question II – B – 2

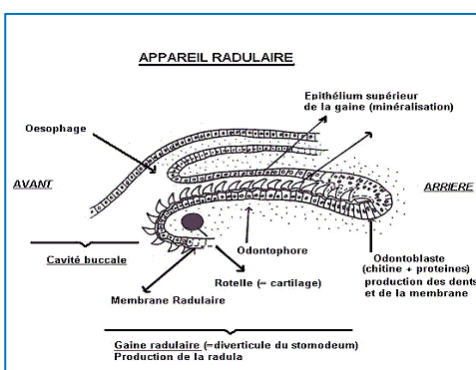
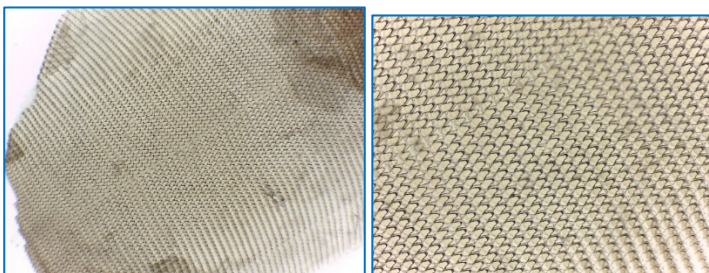


- B – 3 Isolez la radula de votre échantillon. Montez-la sur lame et observez-la au microscope. Faites un schéma interprétatif titré et légendé de la radula en place dans l'échantillon en choisissant l'orientation la plus adaptée.

(NB : en cas de difficultés, vous pouvez revenir à cette manipulation lorsque l'ensemble de la question C aura été traitée et évaluée par l'examineur)

Appelez l'examineur pour faire valider votre travail. Conserver la radula pour la suite de l'épreuve.

Réponse(s) à la question II – B – 3



attention : ne pas confondre la radula avec la « mâchoire » sur la lèvre supérieure (dernière photo en bas à droite)

- B – 4 Décrivez la radula et commentez le lien entre sa structure et sa fonction

Réponse(s) à la question II – B – 4

Râpe constituée de multiples petites dents identiques permettant de râper/déchiqeter la nourriture végétale peu rigide.

- B – 5 Comment respire l'échantillon A ?

Nom :	Prénom :	salle n° :
<i>Réponse(s) à la question II – B – 5</i> Paroi de la cavité palléale richement vascularisée = « poumon ».Respiration aérienne, entrée de l'air dans la cavité palléale par le pneumostome.		

o **C – Etude anatomique de l'échantillon A**

Au cours de la dissection, vous devrez mettre en évidence le système nerveux central, l'appareil digestif et l'appareil reproducteur.

▪ **C-1 Mise en évidence du système nerveux central et de l'appareil digestif**

Mettez en évidence le système nerveux central et l'appareil digestif de votre échantillon. Vous disposez d'un jeu d'étiquettes numérotées que vous découperez et que vous positionnerez de manière pertinente dans la cuvette grâce aux épingles. Vous mettrez à disposition du correcteur une feuille où vous aurez noté le numéro de l'étiquette et la légende correspondante.

Appelez l'examineur pour faire valider votre travail.

▪ **C-2 Décrivez l'organisation du système nerveux central**

<i>Réponse(s) à la question II – C – 2</i> SNC euthyneure détorsion et condensation. Le système nerveux central est situé dans la région céphalique. Il est formé d'une chaîne de ganglions formant un collier péri-oesophagien. De ces ganglions partent des nerfs. Le système nerveux central est notamment relié aux différents organes des sens tels que les tentacules oculaires et tactiles.

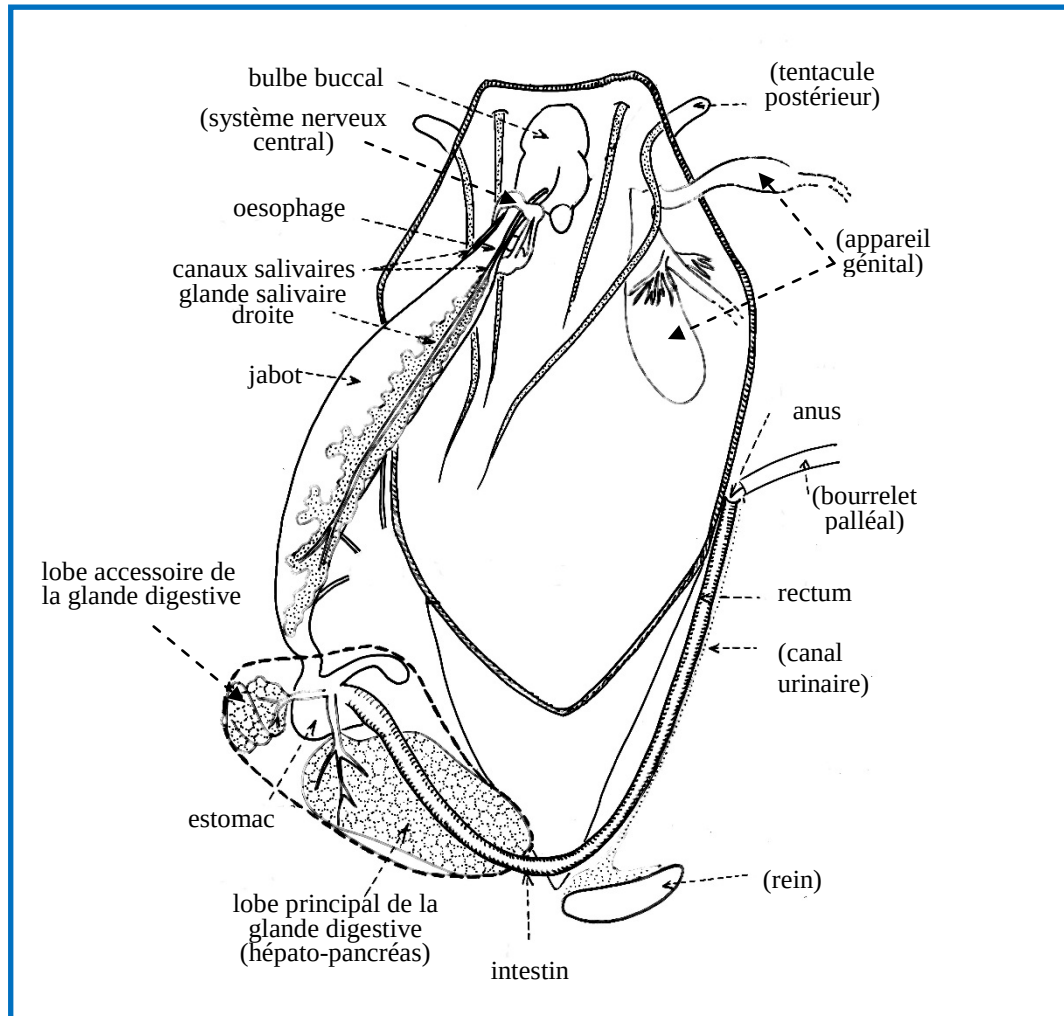
Nom :

Prénom :

salle n° :

- C-3 Décrivez l'organisation de l'appareil digestif et précisez les fonctions de chaque partie.

Réponse à la question II – C – 3



salle n° :

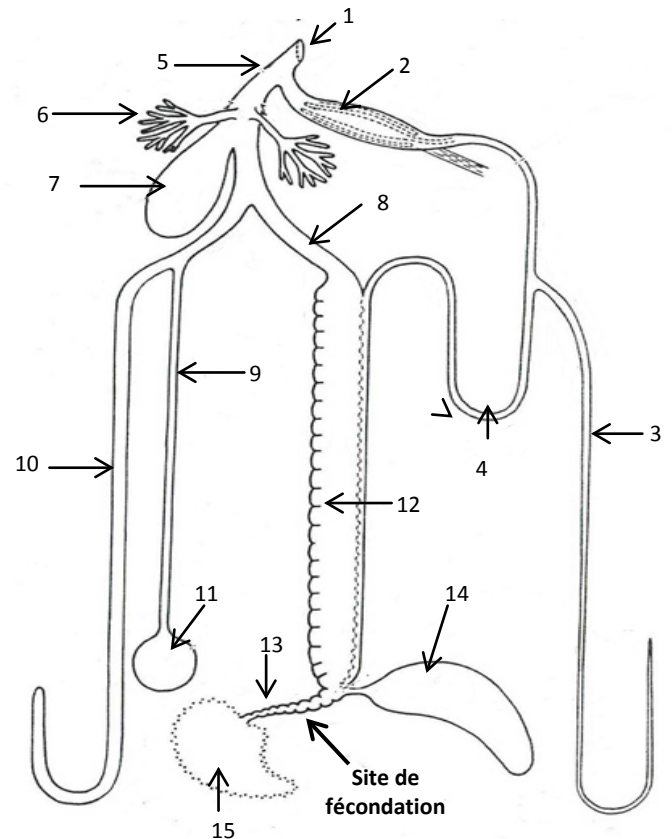
- **C – 4 Dissection de l'appareil génital**

Mettez en évidence l'appareil génital en vous aidant au besoin du schéma ci-dessous.

Vous disposez d'un jeu d'étiquettes numérotées que vous découperez. Positionnez-les sur votre dissection conformément au schéma et notez les légendes ci-dessous.

Appelez l'examineur pour faire valider votre travail.

- 1 : orifice génital (hermaphrodite)
- 2 : gaine pénienne/pénis (mâle)
- 3 : vésicule séminale (mâle)
- 4 : spermiducte (mâle)
- 5 : vagin (femelle)
- 6 : glandes multifides (hermaphrodite)
- 7 : poche du dard (mâle)
- 8 : oviducte (femelle)
- 9 : canal de la bourse copulatrice (femelle)
- 10 : diverticule de la bourse copulatrice (femelle)
(anciennement diverticule de la spermathèque)
- 11 : bourse copulatrice (femelle)
(anciennement considérée comme la spermathèque)
- 12 : canal godronné (canal mâle+ canal femelle)
- 13 : canal hermaphrodite
- 14 : glande à albumine (femelle)
- 15 : ovotestis (gonade) (hermaphrodite)



Autres légendes ou commentaires :

Nom :

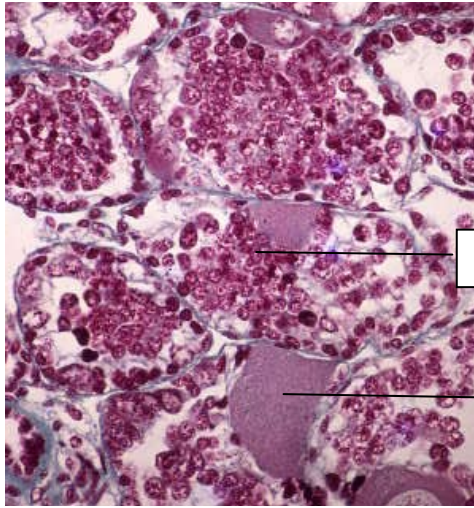
Prénom :

salle n° :

o D – Etude de la partie 15 de l'échantillon A

- D-1 Légendez la photographie d'une coupe faite dans la partie 15

Réponse(s) à la question II – D – 1



Gamète mâle

Gamète femelle

- D-2 Que pouvez-vous conclure sur l'identité et la fonction de la partie 15 de l'échantillon A ?

Réponse(s) à la question II – D – 2

Gonade hermaphrodite = ovotestis produisant les gamètes mâles et femelles

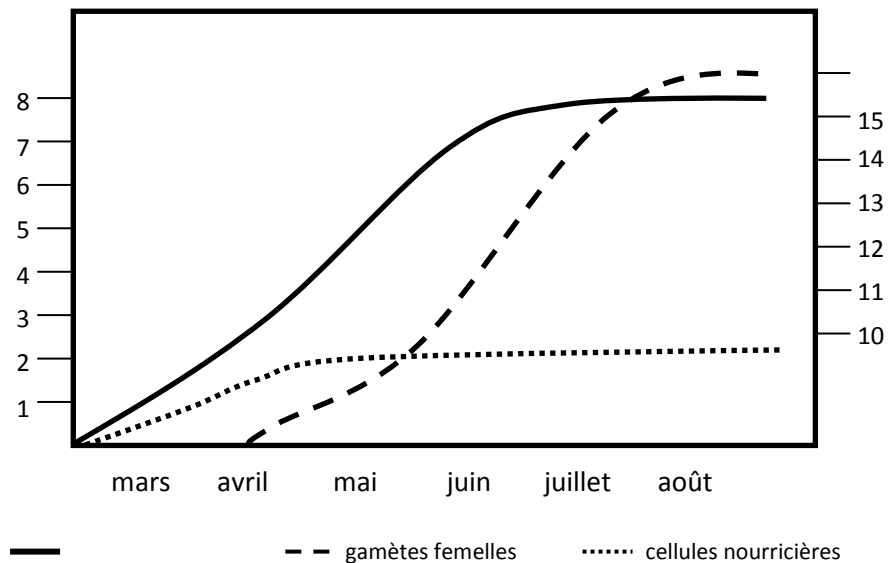
- D-3 Gamétogénèse

Nom :

Prénom :

salle n° :

Le graphique ci-dessous représente les stades de maturation des gamètes et des cellules nourricières entre mars et août chez un individu.



Stades de maturation.

1: protogonies, 2: grandes spermatogonies, 3: petites spermatogonies, 4 et 5: spermatocytes I, 6: spermatocytes II, 7: spermatides, 8: spermatozoïdes,
10: cellules nourricières différenciées,
11: ovocytes préméiotiques, 12: ovocytes prévitellogénétiques, 13: ovocytes vitellogénétiques, 14: ovocytes II, 15: ovotides, 16: ovules mûrs

Décrivez et interprétez ces résultats.

Réponse(s) à la question II – D – 3

Maturation des gamètes au printemps. Protandrie (gamètes mâles matures avant les gamètes femelles).
Attention : il s'agit d'une description qualitative et non quantitative.

- **D-4 Conclusion : quel type d'appareil génital possède l'échantillon A ?**

Réponse (s) à la question II – D – 4

Appareil génital hermaphrodite protandre avec une seule gonade.

o **E – Etude du dard**

Lors de l'accouplement, chacun des partenaires éjecte et plante un dard recouvert de mucus dans le derme de l'autre, comme illustré sur la photographie ci-dessous.



Nom :

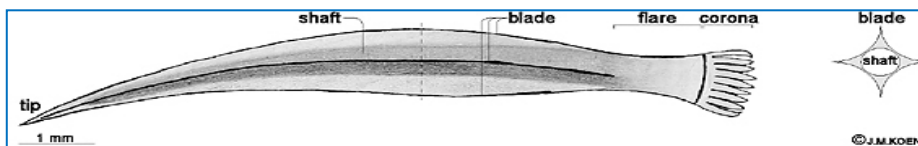
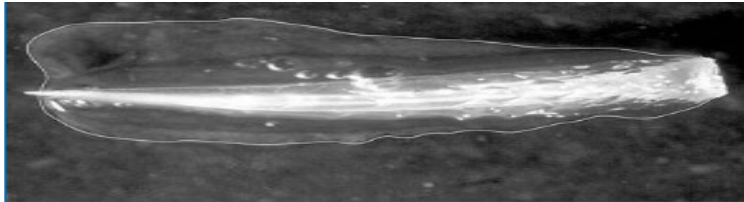
Prénom :

salle n° :

- **E-1 Isolez le dard de votre échantillon. Décrivez-le précisément, en vous aidant de schémas si besoin.**

Réponse(s) à la question II – E – 1

Dard recouvert de mucus



Dard sans mucus

Tip : extrémité ; shaft : axe ; blade : lame ; corona : couronne

- **E-2 Composition chimique du dard.**

Avec le matériel à votre disposition, réalisez une expérience visant à identifier la composition chimique du dard. Réaliser la même expérience sur la radula et la coquille. Décrivez l'expérience et les résultats obtenus.

Réponse(s) à la question II – E – 2

Utilisation d'HCl. Résultat attendu : effervescence pour dard (sans mucus) et coquille, pas d'effervescence pour radula. Une démarche bien explicitée est valorisée

- **E-3 Que pouvez-vous en conclure sur la composition chimique de ces trois structures ?**

Réponse(s) à la question II – E – 3

Dard (sans mucus) et coquille = carbonate de calcium
radula = pas calcaire (chitine)

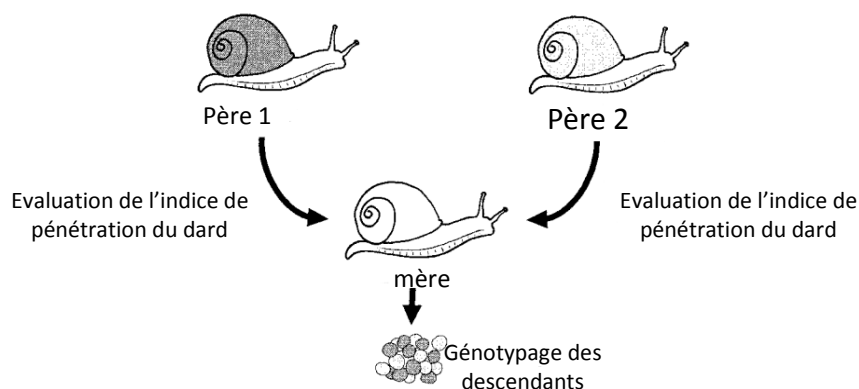
- **E-4 Effets du dard sur le succès reproducteur**

Une expérience, impliquant des triades d'échantillons A tous différents, vous est présentée ci-dessous. Au sein de chaque triade, un individu « mère » s'accouple d'abord avec un individu « père 1 » puis, quelques jours plus tard, avec un individu « père 2 ». Lors de ces accouplements, un indice de pénétration du dard est calculé en prenant en compte la profondeur et la durée de pénétration du dard dans l'individu « mère ». L'individu « mère » pond des œufs qui sont génotypés afin d'en déterminer la paternité. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Nom :

Prénom :

salle n° :



Mère	Père 1		Père 2	
	indice de pénétration dard	% de descendants	indice de pénétration dard	% de descendants
1	245	0	1640	100
2	1260	99	0	1
3	2100	100	1800	0
4	120	95	133	5
5	144	78	0	22
6	6840	100	0	0
7	0	78	0,75	22
8	2	32	66	68
9	0	100	0,4	0
10	0,1	13	80	87
11	0,25	0	56	100
12	2160	7	11340	93
13	180	71	16	29
14	472	79	75	21

➤ **Analysez de manière quantitative et interprétez ces résultats**

Réponse(s) à la question II – E – 4

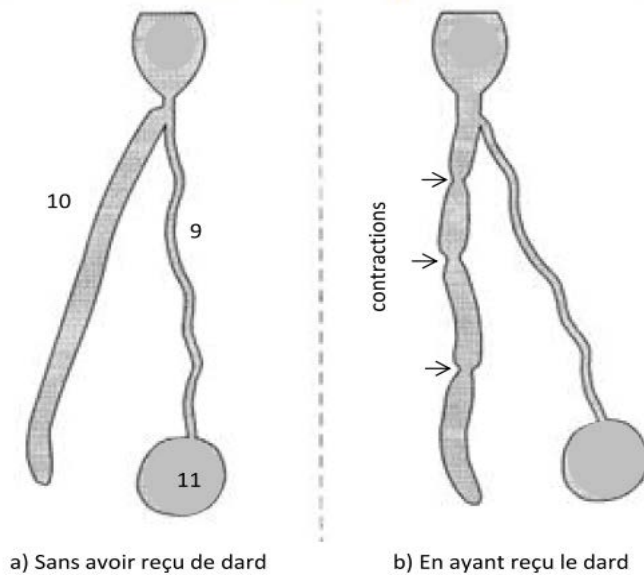
Pas d'effet d'ordre global sur l'indice de pénétration du dard (indice moyen d'environ 1000 pour les 2 pères).
 Effet d'ordre global sur le succès reproducteur : 60% des descendants du père 1 et 40% du père 2.
 Effet de la pénétration du dard sur le succès reproducteur : celui qui a un plus grand indice de pénétration (que ce soit le 1^{er} ou le 2^{ème}) a un meilleur succès reproducteur que l'autre. Par contre, quand l'indice de pénétration est comparable, le père 1 a un meilleur succès reproducteur.
 Démarche et formulation valorisées.

- **E-5 Effets du dard sur les parties 9, 10 et 11 de l'échantillon A** (que vous avez légendées à la question II-C-4)

Nom :

Prénom :

salle n° :



Les schémas ci-dessus décrivent les parties 9, 10 et 11 du receveur lorsqu'il y eu utilisation du dard (b) ou non (a) lors de l'accouplement. Comparez les deux situations et concluez sur les effets de l'utilisation du dard lors de la reproduction de l'échantillon A et sur le rôle des parties 9, 10 et 11.

Réponse(s) à la question II – E – 5

L'utilisation du dard modifie l'appareil génital du receveur et favorise le trajet des spermatophores vers le diverticule (10) et non la bourse copulatrice (11). Cela suggère que les parties 9, 10 et 11 réceptionnent les spermatophores et, en lien avec la question précédente sur le succès reproducteur, que la bourse copulatrice (11) a un effet délétère (digestion des gamètes mâles).

La pénétration du dard augmente le succès reproducteur en modifiant la structure de l'appareil génital du receveur. Cela dirige les gamètes vers les structures de stockage et évite leur dégradation.

Toute autre hypothèse logique et cohérente avec les questions précédentes peut être valorisée.

- **E-6 Sachant que l'injection intradermique du mucus recouvrant normalement le dard est suffisante pour mimer l'effet de la pénétration du dard, quel est le mécanisme en jeu ?**

Réponse(s) à la question II – E – 6

Effet hormonal dû à une molécule contenue dans le mucus. Le dard n'est qu'un moyen d'administration (seringue).

- **F – Conclusion sur la reproduction de l'échantillon A**

- **F-1 Expliquez l'accouplement**

Réponse(s) à la question II – F – 1

Rencontre de deux partenaires hermaphrodites. Utilisation du dard et fécondations croisées réciproques successives.

- **F-2 Expliquez le trajet des gamètes dans le tractus génital**

Réponse(s) à la question II – F – 2

Chez le donneur « père » : production des spermatozoïdes par l'ovotestis qui remontent le canal godronné et le spermiducte, passent dans vésicule séminale (spermatophores) puis au niveau du pénis.

Nom :	Prénom :	salle n° :
Chez le receveur « mère » : les spermatophores sont reçus au niveau du vagin, puis dans la vésicule de la bourse copulatrice où spermatozoïdes sortent des spermatophores pour descendre le canal godronné jusqu'aux réceptacles séminaux (spermathèque) où ils restent jusqu'à la maturation des ovocytes. Les ovocytes sont produits dans l'ovotestis, passent dans le canal hermaphrodite. La fécondation a lieu au carrefour de fécondation. Schéma possible.		

▪ **F-3 Que deviennent les œufs après la fécondation ?**

<i>Réponse(s) à la question II – F – 3</i> Les œufs sont recouverts de réserves par la glande à albumine et remontent le canal godronné. Ils sont pondus par l'orifice génital dans un trou creusé dans le sol. A l'éclosion, de jeunes escargots sortent des œufs (développement direct).
--

Nom :

Prénom :

salle n° :

➤ **Partie III La reproduction chez les algues**

o **A – Etude de l'échantillon B**

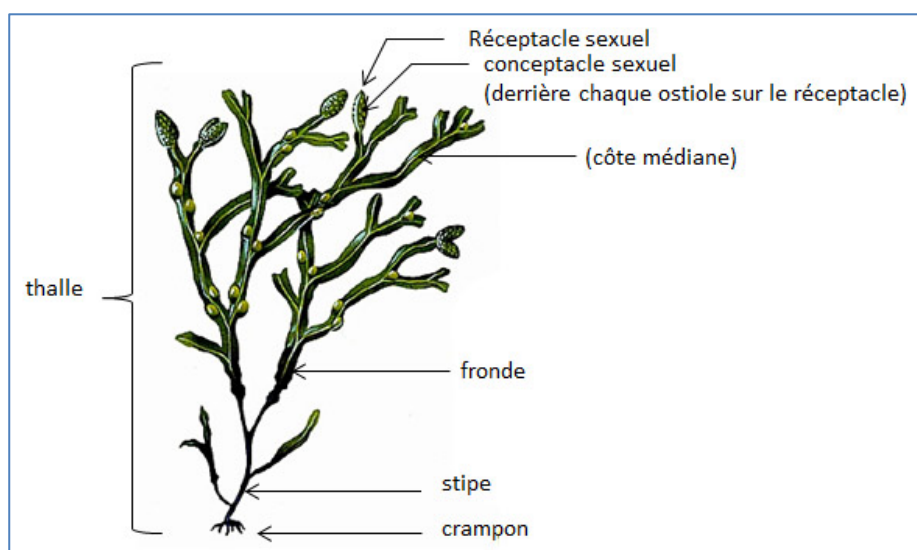
- **A – 1 Identifiez le plus précisément possible l'échantillon B**

Réponse(s) à la question III – A – 1

Algue brune *Fucus vesiculosus* (ou fucus vésiculeux)

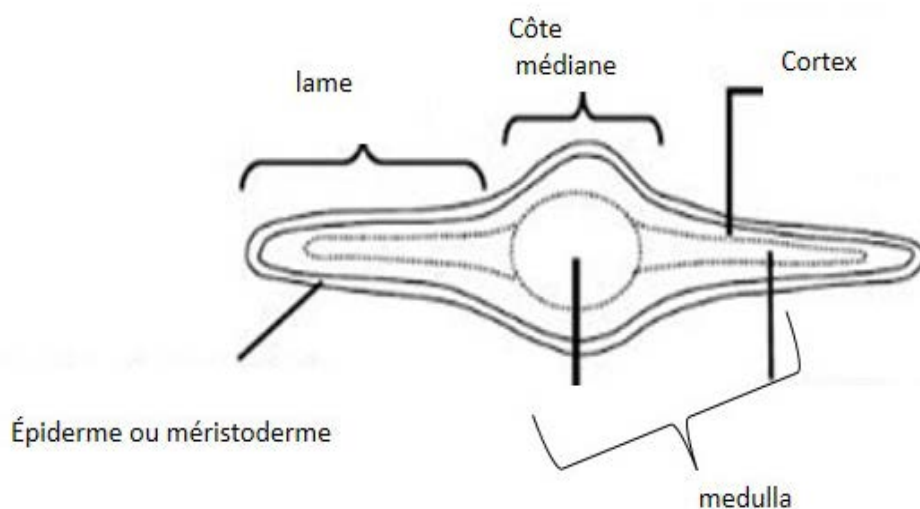
- **A – 2 Réalisez un dessin titré et légendé de l'échantillon B en entier**

Réponse(s) à la question III – A – 2



- **A – 3 Réalisez une coupe au niveau de la partie végétative et faites-en un schéma interprétatif titré et légendé.**

Réponse(s) à la question III – A – 3



Nom :

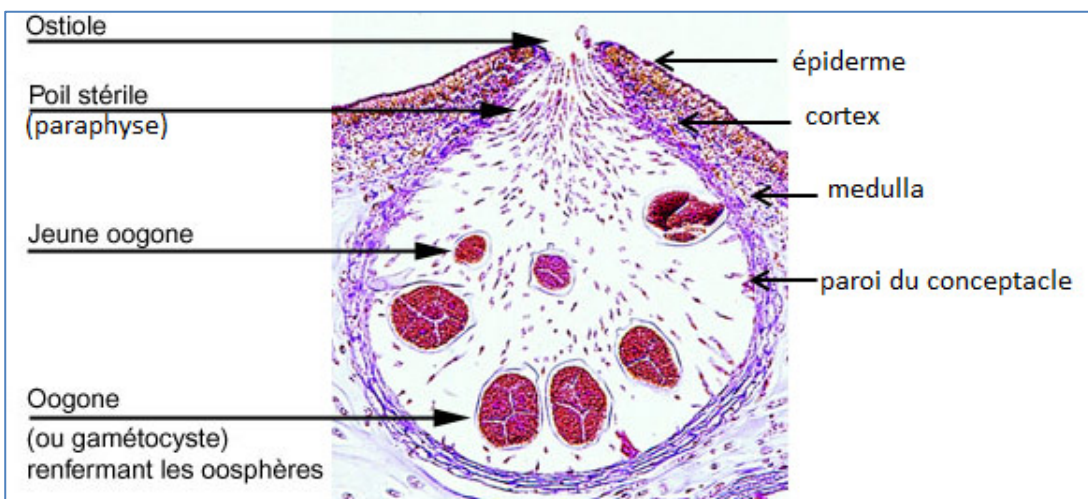
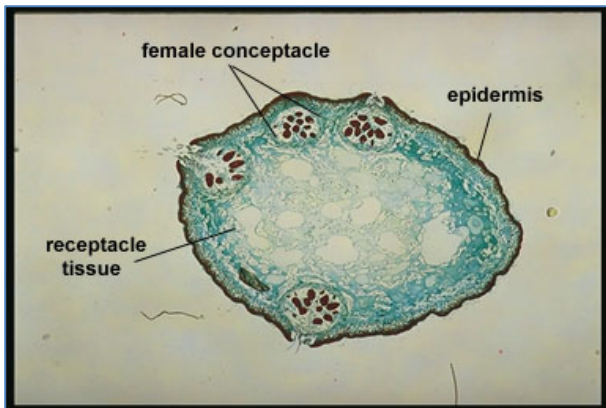
Prénom :

salle n° :

Appelez l'examineur pour faire valider votre travail.

- A – 4 Etude de la partie reproductrice
 - A – 4 – 1 Vous disposez d'une lame fournie. Faites deux schémas interprétatifs titrés et légendés : un d'ensemble et un de détail.

Réponse(s) à la question III – A – 4 – 1



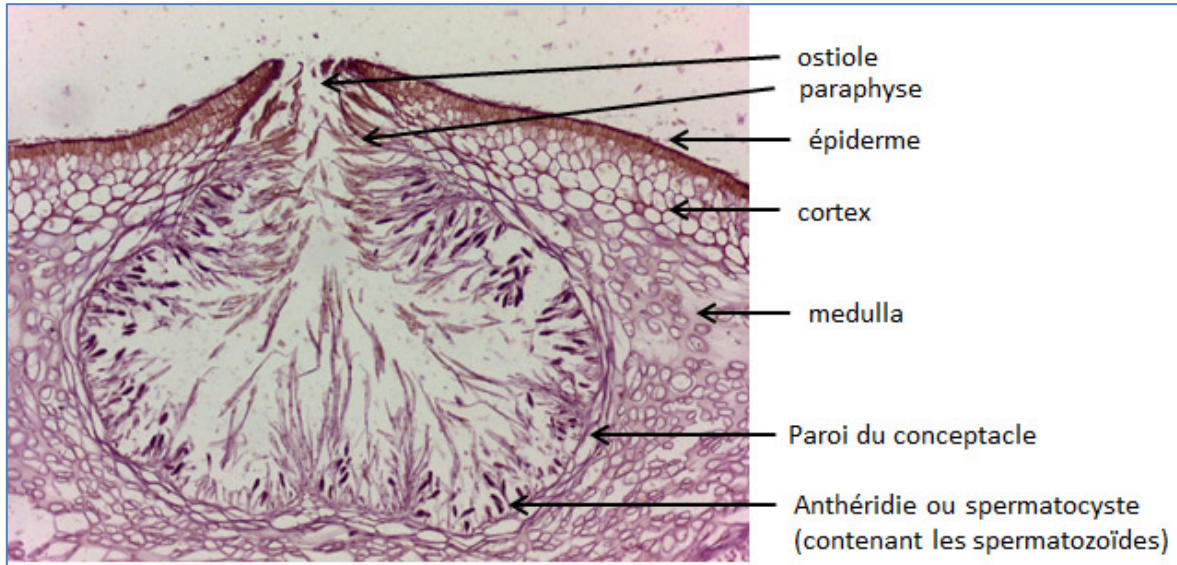
- A – 4 – 2 Légendez et titrez la photographie ci-dessous prise sur un autre individu de la même espèce.

Réponse(s) à la question III – A – 4 – 2

Nom :

Prénom :

salle n° :



▪ A – 5 Sexage de l'individu B

En utilisant la méthode de votre choix que vous explicitez, vous déterminerez le sexe de votre échantillon.

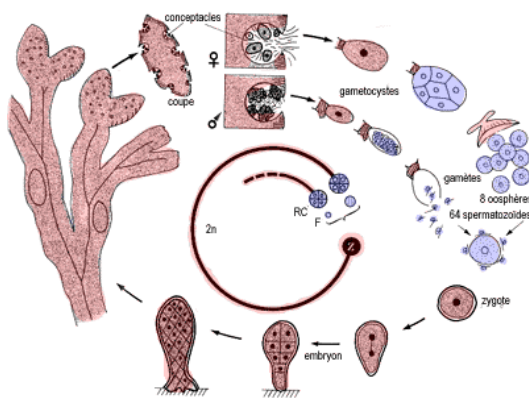
Appeler l'examineur pour faire valider votre travail.

Réponse(s) à la question III – A – 5

Méthode : Coupe et examen des conceptacles. Mâle ou femelle selon les échantillons.

▪ A – 6 Faites un schéma titré et légendé du cycle vital de l'échantillon B

Réponse(s) à la question III – A – 6



o B – Rencontre des gamètes.

Les gamètes de l'échantillon B se rencontrent par chimiotactisme.

▪ B – 1 Définir le chimiotactisme

Nom :	Prénom :	salle n° :
Réponse(s) à la question III – B – 1 Effet d'attraction ou de répulsion exercé par certaines substances sur une cellule vivante capable de nager ou de ramper pour se rapprocher ou s'éloigner du point d'où diffuse cette substance. (Le même phénomène est appelé <u>chimiotropisme</u> par les éthologistes lorsque c'est un être pluricellulaire qui est attiré ou repoussé.)		

- **B – 2** Quel protocole proposeriez-vous pour mettre en évidence de façon simple ce chimiotactisme? Expliquez l'(les) expérience(s) proposée(s) et les résultats attendus.

Réponse(s) à la question III – B – 2 Réceptacles mâle et femelle à deux extrémités d'une cuvette remplie d'eau de mer. On observe la migration des gamètes (mâles) vers l'autre réceptacle. Contrôle : réceptacle mâle sans réceptacle femelle et inverse.	<i>prise en compte de la démarche et la formulation</i>
--	--

- **B – 3** Où se trouve(nt) la(les) molécule(s) impliquées dans le chimiotactisme? Présentez le protocole que vous utiliseriez pour répondre à cette question et les résultats attendus.

Réponse(s) à la question III – B – 3 Sur le modèle de la cuvette ci-dessus, on peut proposer de tester si ces molécules sont sur le thalle, au niveau du réceptacle ou sur les gamètes eux-mêmes.	<i>prise en compte de la démarche et la formulation</i>
---	--

o **C – Evolution des systèmes de reproduction chez les algues**

- **C – 1** Identifiez les échantillons C à F



Echantillon C

Echantillon D

Echantillon E

Echantillon F

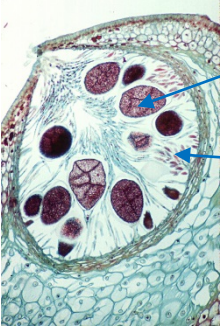
Réponse(s) à la question III – C – 1 Echantillon C= <i>Fucus spiralis</i> ; Echantillon D= <i>Pelvetia canaliculata</i>, Echantillon E= <i>Ascophyllum nodosum</i>, Echantillon F= <i>Fucus serratus</i>
--

- **C – 2** Etude de l'échantillon C

La photographie ci-dessous a été réalisée sur une coupe des structures reproductrices de l'échantillon C

Indiquez l'emplacement des gamètes sur la photographie et concluez sur le sexe de l'individu photographié.

Nom :	Prénom :	salle n° :
Réponse(s) à la question III – C – 2 <i>Individu monoïque/ hermaphrodite</i>		



oogone

anthéridie

▪ **C – 3 Fertilité**

Le tableau ci-dessous présente les densités moyennes (moyennes $\pm$ écart type) d'anthéridies (ou gamétocystes mâles) et d'oogones obtenues sur 20 individus B et C.

	Anthéridies/mm ²	Oogones/mm ²
Echantillons B	1677 $\pm$ 42 (n=20)	47,32 $\pm$ 1,73 (n=20)
Echantillons C	162 $\pm$ 13 (n=20)	36,41 $\pm$ 2,13 (n=20)

Commentez ces résultats et faites un lien entre ces résultats et le mode de reproduction des deux espèces.

Réponse(s) à la question III – C – 3 Densité d'oogones identiques mais densité d'anthéridies 10 fois plus élevée chez <i>F. vesiculosus</i> (B). Les anthérozoïdes sont les cellules mobiles qui vont rejoindre par chimiotactisme les gamètes femelles immobiles. Ces résultats suggèrent : -une fécondation croisée avec libération dans l'eau de mer des gamètes chez <i>F. vesiculosus</i> (B) (mâles et femelles sont des individus différents, donc à une certaine distance) entraînant une probabilité de rencontre faible des gamètes (d'où plus de gamètes mâles produits) -une auto-fécondation chez <i>F. spiralis</i> (C) hermaphrodite soit par rencontre des gamètes d'un même individu après libération dans l'eau (plus de proximité donc probabilité de rencontre plus élevée), soit par auto-fécondation dans les conceptacles.
--

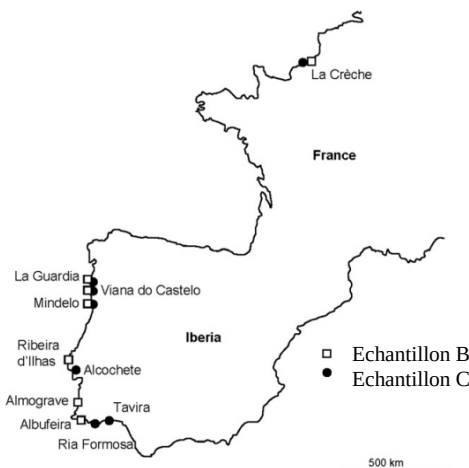
▪ **C – 4 Structure génétique des populations**

Différentes populations de l'échantillon B et l'échantillon C, prélevées en France, en Espagne et au Portugal, ont été génotypées avec 8 microsatellites. Les résultats des analyses génétiques sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Nom :

Prénom :

salle n° :



	site	n	A	P	f
Echantillons B	La Crèche	24	7	1,0	0,10
	La Guardia	24	4,8	1,0	0,10
	Mindelo	24	3,8	1,0	0,01
	Alcochete	24	3,1	1,0	0,03
	Tavira	24	2,8	1,0	0,21
Echantillon C	La Crèche	24	1,5	0,3	0,78
	La Guardia	21	3	1,0	0,57
	Mindelo	24	2,3	0,9	0,53
	Ribeira d'Ilhas	24	1,6	0,5	0,40
	Albufeira	24	1,8	0,4	0,58

n= effectifs; A= nombre moyen d'allèles par locus; P= nombre de loci polymorphes; f= estimation du coefficient de consanguinité

- **C – 4 – 1 Expliquez ce que sont les microsatellites et le principe du génotypage.**

Réponse(s) à la question III – C – 4 – 1

Un microsatellite est une séquence particulière d'ADN formée par la répétition de motifs de 2 à 10 nucléotides. Le nombre de répétitions est variable et caractérise des allèles. Cela permet d'utiliser les microsatellites comme marqueurs génétiques. L'amplification par PCR puis migration sur gel des fragments amplifiés (afin de déterminer leur taille) permet d'identifier les allèles d'un individu, c'est le génotypage.

- **C – 4 – 2 Analysez et interprétez les résultats du tableau.**

Réponse(s) à la question III – C – 4 – 2

Les 3 paramètres indiquent une structure génétique plus homogène de la population C : moins de loci polymorphes, et quand ils le sont, moins d'allèles différents, ainsi qu'un coefficient de consanguinité plus élevé.

- **C – 4 – 3 Faites un lien entre ces résultats et le mode de reproduction des espèces B et C.**

Réponse(s) à la question III – C – 4 – 3

Cohérent avec l'hypothèse d'auto-fécondation chez *F. spiralis* qui entraîne un brassage génétique moindre.

Nom :

Prénom :

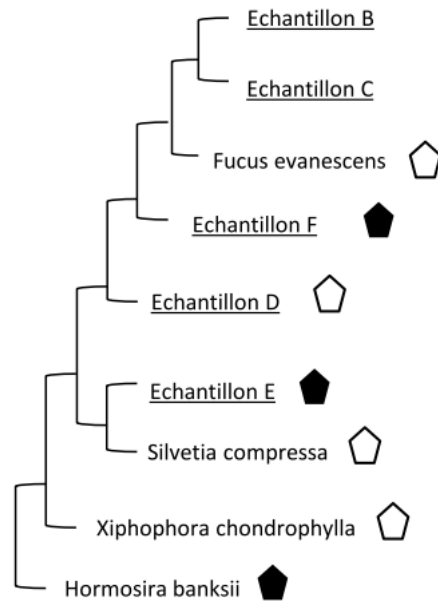
salle n° :

▪ C – 5 Phylogénie

Représentation schématique des relations phylogénétiques entre différentes espèces d'algues. Le mode de reproduction de chaque espèce est indiqué.

● = dioïque

◡ = hermaphrodite



Commentez les relations entre cet arbre phylogénétique et les modes de reproduction des algues

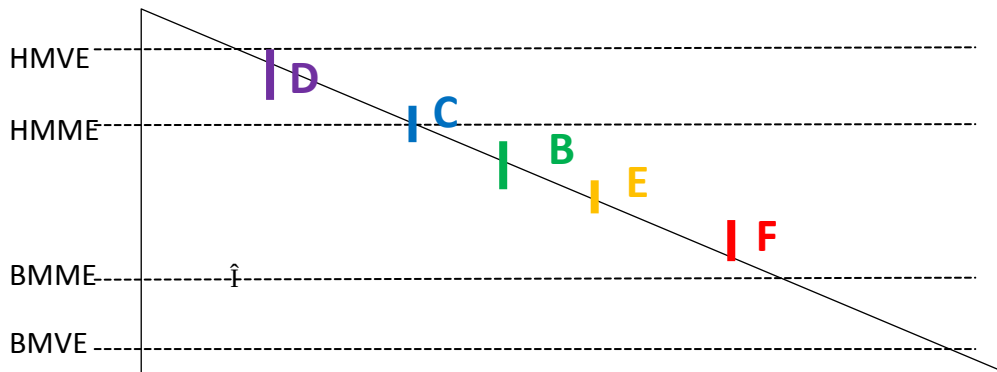
Réponse(s) à la question III – C – 5

Pas d'origine monophylétique

Nom :	Prénom :	salle n° :
--------------	-----------------	-------------------

o D – Etagement des algues

La figure ci-dessous représente la position des échantillons B à F sur l'estran.



HMVE=Hautes mers de vives-eaux; HMME=Hautes mers de mortes-eaux
BMME=Basses mers de mortes-eaux; BMVE=Basses mers de vives-eaux

- **D – 1 Expliquez à quoi correspondent les niveaux de mer indiqués, en précisant les phénomènes astronomiques qui les sous-tendent.**

Réponse(s) à la question III – D – 1

BMVE et HMVE : marnage maximum lorsque Terre, Lune et Soleil sont alignés
BMME et HMME : marnage minimum lorsque Lune et Soleil sont à la perpendiculaire par rapport à la Terre.
2 marées de vives-eaux et 2 marées de mortes-eaux par mois liées à la rotation de la Lune autour de la Terre. Différent des marées d'équinoxe.

- **D – 2 Quelle espèce est exondée le plus longtemps ?**

Réponse(s) à la question III – D – 2

Echantillon D

- **D – 3 Quelle(s) contrainte(s) détermine(nt) la limite supérieure du positionnement des espèces sur l'estran ?**

Réponse(s) à la question III – D – 3

Essentiellement la résistance à l'exondation (déshydratation, UV, température...)

- **D – 4 Proposez une expérience permettant de la(les) mettre en évidence**

Réponse(s) à la question III – D – 4

Transplantation d'espèces sur site ou exondation artificielle en laboratoire. Mesure des taux de survie.

- **D – 5 Quelle(s) contrainte(s) détermine(nt) la limite inférieure du positionnement des espèces sur l'estran ?**

Réponse(s) à la question III – D – 5

Compétition intra- et surtout interspécifiques

- **D – 6 Proposez une expérience permettant de le mettre en évidence**

Nom :	Prénom :	salle n° :
<i>Réponse(s) à la question III – D – 6</i> Elimination expérimentale d'un compétiteur/prédateur (ex : brouteur d'algues)		

- **D – 7 Quel lien faites-vous entre la position des espèces sur l'estran et leur mode de reproduction ? Commentez.**

<i>Réponse(s) à la question III – D – 7</i> En haut de l'estran, espèces hermaphrodites (C et D) et plus bas, espèces dioïques. En haut de l'estran, les espèces passent plus de temps exondées, donc peu de temps pour une rencontre des gamètes libérées dans l'eau. L'hermaphrodisme confère un avantage dans cette situation.
--

o **E – Conclusion**

Concluez sur la diversité des modes de reproduction des algues étudiées.

<i>Réponse(s) à la question III-E</i> Convergence évolutive. Adaptation à un milieu contraignant.
--

Nom :

Prénom :

salle n° :

➤ **Partie IV – Les fruits et les graines**

o **A – Etude d'un fruit G**

REMARQUE IMPORTANTE POUR VOTRE SECURITE : L'échantillon que vous allez manipuler est toxique en cas d'ingestion. En conséquence, ne pas ingérer et vous laver les mains à l'issue de l'épreuve.

▪ **A – 1 Identification du fruit G**

Les photographies ci-dessous montrent l'arbre en fleur au printemps et le fruit G visible au mois de septembre.

Remarque : l'échantillon dont vous disposez a été congelé. Il a donc perdu ses couleurs.



Identifiez le plus précisément le végétal

Réponse(s) à la question IV – A – 1

Fusain Evonymus europaeus- célastracées

o **A – 2 Analyse du fruit**

La photographie ci-après vous permet de voir le fruit dans son milieu et à maturité.

Nom :

Prénom :

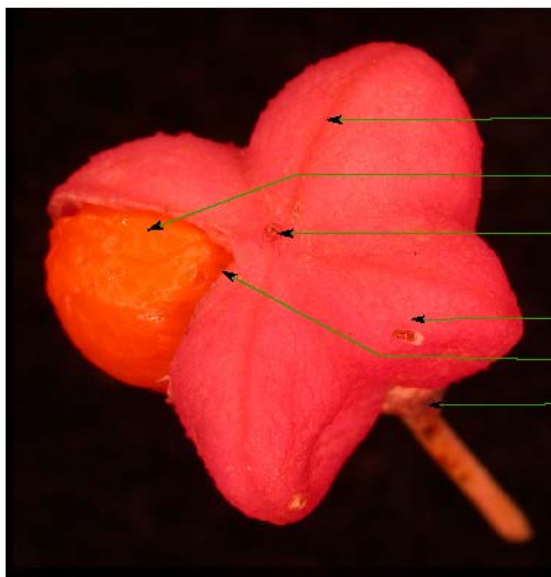
salle n° :



Vous analyserez ce fruit en donnant le plus précisément possible toutes ses caractéristiques. Vous vous attacherez en particulier à démontrer que c'est bien un fruit.

Vous résumerez l'ensemble de vos observations sur un schéma titré et légendé d'une vision externe du fruit dont vous disposez (vous pouvez ouvrir ce fruit si cela vous paraît nécessaire pour répondre à la question).

Réponse(s) à la question IV – A – 2



Fente de déhiscence loculicide

Un des quatre carpelles

Reste de style

Péricarpe charnu

Placenta axile

Zone d'insertion du périanthe

Reste de style et zone d'insertion du périanthe et des étamines

Fruit charnu déhiscent (l'interprétation « fruit sec déhiscent » a aussi été acceptée) ; fentes loculicides ; Ovaire formé de 4 carpelles ; Placentation basale (limite axile)

o A – 3 Analyse de la structure orange contenue dans le fruit

➤ A – 3 – 1 Coupe transversale

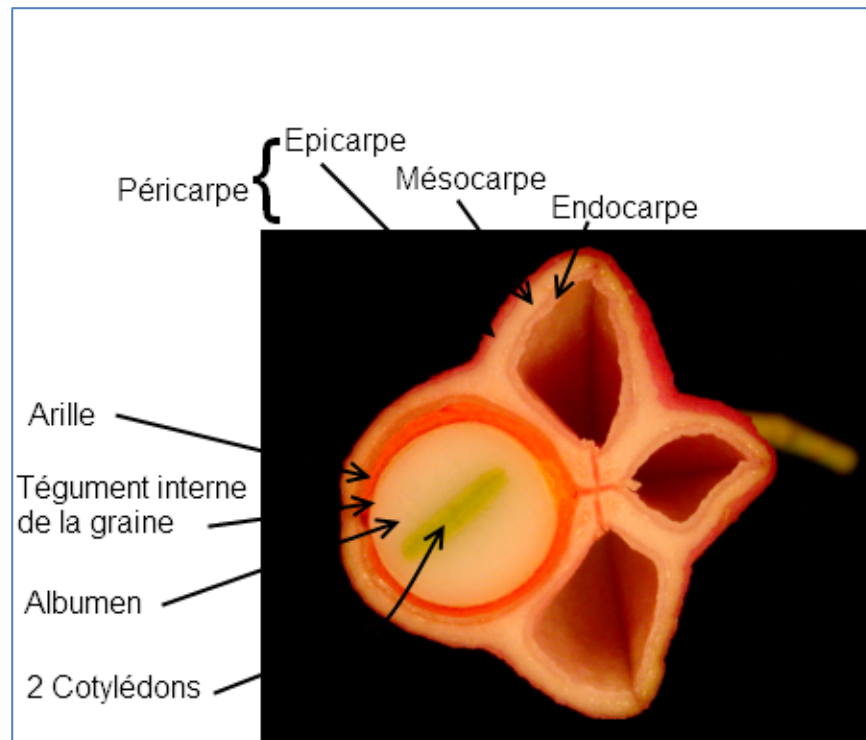
Nom :

Prénom :

salle n° :

Vous réaliserez une coupe transversale de cette structure. Vous schématiserez cette coupe en indiquant tous les éléments visibles et en notant quel(s) est(sont) leur(s) rôle(s) lors de la reproduction de ce végétal.

Réponse(s) à la question IV – A – 3 – 1



Rôles :

Arille orange (tégument externe modifié) => protection et zoochorie active

Tégument interne de la graine => protection

Albumen blanc => réserve pour la plantule

2 Cotylédons verts => plantule c'est le nouveau sporophyte

- **A – 3 – 2 Concluez votre analyse en expliquant le type de dissémination de l'espèce mis en évidence chez ce végétal.**

Réponse(s) à la question IV – A – 3 – 1

Zoochorie active avec l'arille et les couleurs vives. Les animaux zoochores sont surtout des oiseaux

- o **B - Etude de trois échantillons H, I et J**

Remarque importante : Dans cette partie, vous aurez à réaliser un certain nombre de montages ou observations de votre choix.

UNE FOIS LA TOTALITE du travail réalisé, appelez le jury pour valider votre travail.

Vous disposez de trois échantillons. Les photographies ci-dessous les montrent dans leur milieu naturel

Nom :

Prénom :

salle n° :



Échantillon H



Échantillon I



Échantillon J

A partir de ces trois échantillons vous allez devoir identifier successivement les types de fruit, de graine et de réserves qui sont illustrés.

▪ **B – 1 Etude du type de fruit**

En vous aidant des photographies ci-dessus, de vos échantillons et de schématisations titrées et légendées de votre choix, identifiez de manière précise et argumentée la nature des fruits présentés.

Pour l'échantillon J vous devez obligatoirement valider votre raisonnement en utilisant une coupe mince observée au microscope.

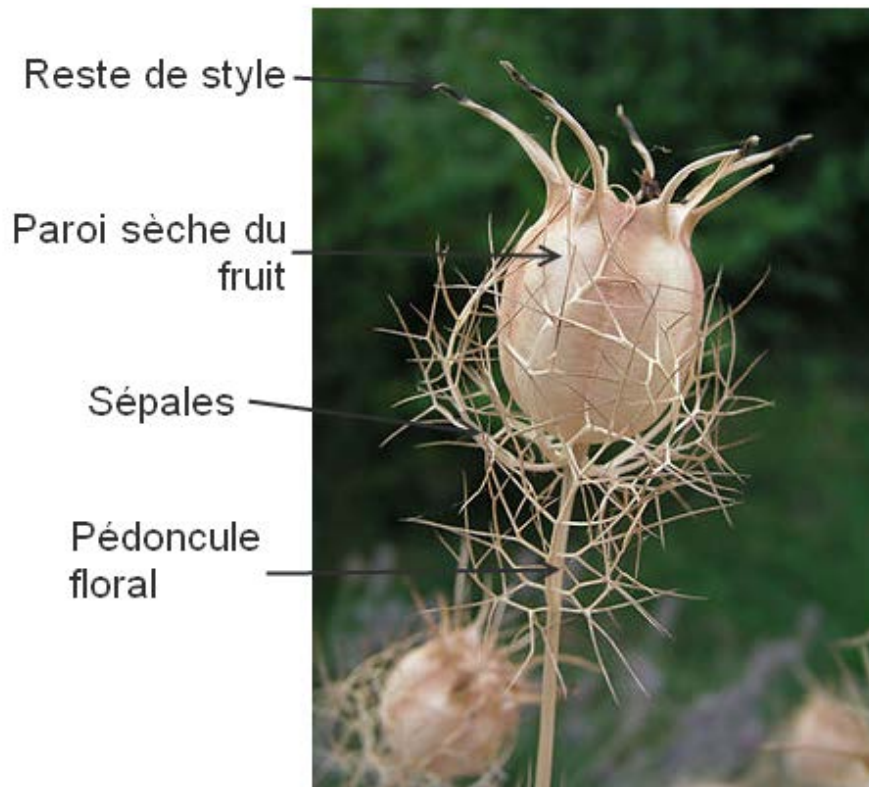
Nom :

Prénom :

salle n° :

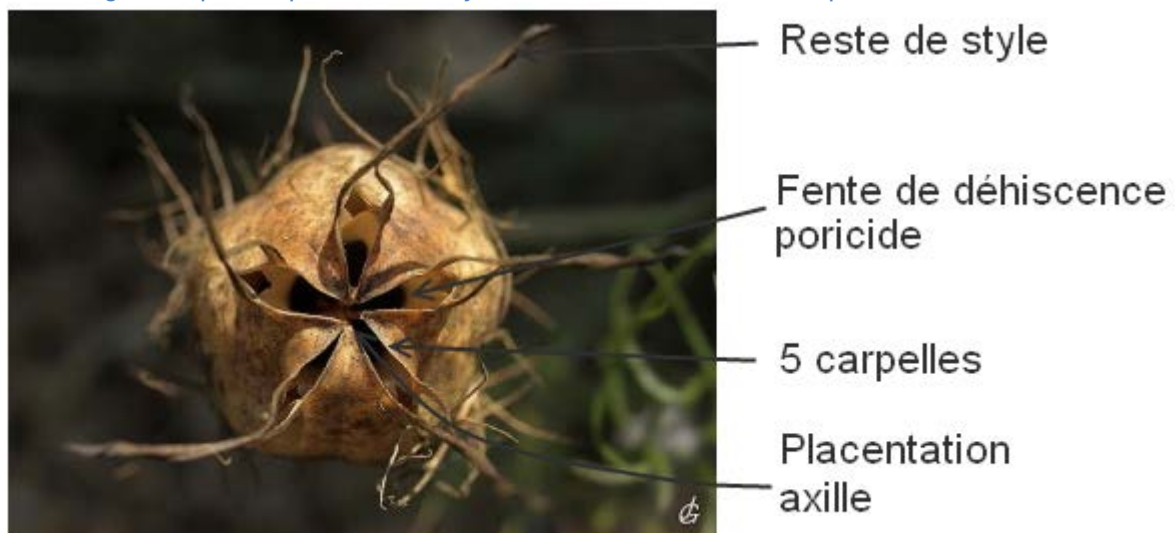
Réponse(s) à la question IV – B – 1

Echantillon H :



Capsule à déhiscence poricide

Photo légendée pour la présence de styles et schéma vue de dessus pour les déhiscences et les 5 carpelles



Nom :

Prénom :

salle n° :

Echantillon I :



Fente de déhiscence

Reste de style

Endocarpe sclérifié

Mésocarpe => Drupe

Epicarpe



Fruit

Reste de style

fruit charnu déhiscent de type drupe. Les fentes de déhiscence sont non identifiables
Schéma de noix éclatée. Identification d'un noyau



Deux cotylédons de la graine

Endocarpe sclérifié

Nom :

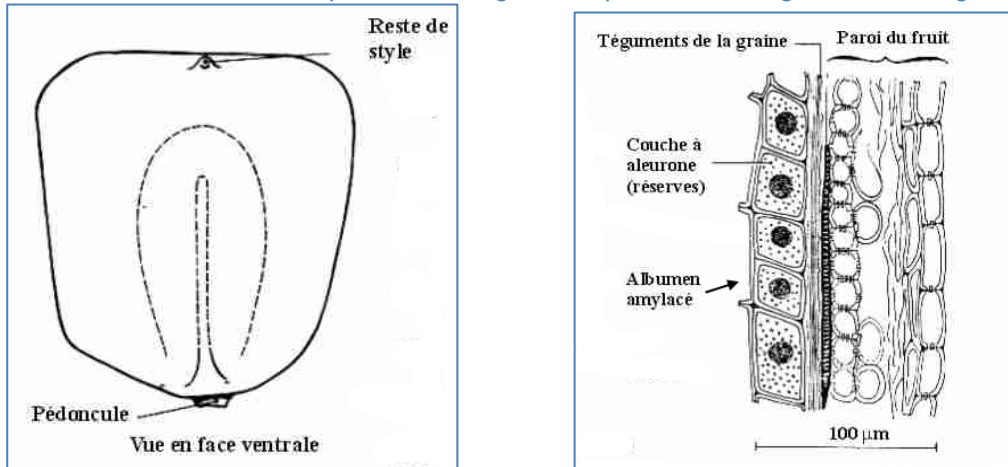
Prénom :

salle n° :

Echantillon J :

akène

Schéma vue externe et coupe dans les téguments pour voir les téguments de la graine et du fruit.



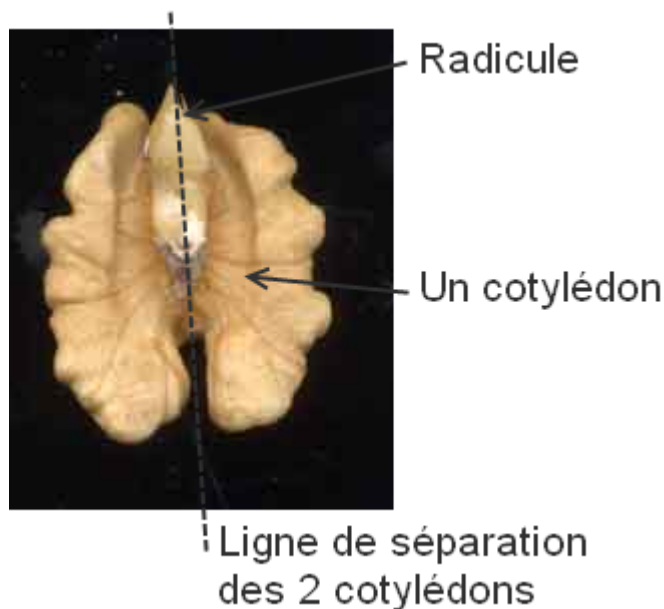
▪ B – 2 Etude du type de graines

➤ B – 2 – 1 Identifiez le type de graine en présence dans l'échantillon I.

Vous vous aiderez d'une observation de votre choix pour valider votre réponse.

Réponse(s) à la question IV – B – 2 – 1

Echantillon I :



Graine dicotylédone exalbuminée

➤ B – 2 – 2 Identifiez le type d'ovule présent au niveau de l'ovaire de l'échantillon I.

Nom :

Prénom :

salle n° :

Vous argumenterez précisément votre réponse.

Réponse(s) à la question IV – B – 2 – 2

Sur une coupe de la graine on identifie très facilement la radicule qui pointe à l'opposé du hile. Cette radicule permet de localiser la position du micropyle.

Le micropyle est situé dans le même axe que le hile mais sur le côté opposé de la graine.

L'ovule est donc orthotrope

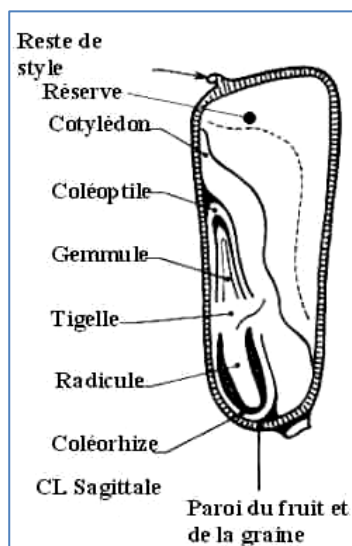
➤ **B – 2 – 3 Identifiez le type de graine de l'échantillon J.**

Vous vous aiderez d'une coupe longitudinale.

Réponse(s) à la question IV – B – 2 – 3

Echantillon C :

Graine monocotylédone albuminée



▪ **B – 3 Etude de la variété des réserves**

➤ **B – 3 – 1 Mise en évidence**

Avec le matériel à votre disposition, montrez quels peuvent être les différents types de réserves présentes dans les graines des échantillons I et J.

Vous réaliserez pour chacune d'entre elles une lame mince la (les) mettant en évidence.

Vous interpréterez vos montages avec des schémas titrés et légendés.

Réponse(s) à la question IV – B – 3 – 1

Nom :

Prénom :

salle n° :

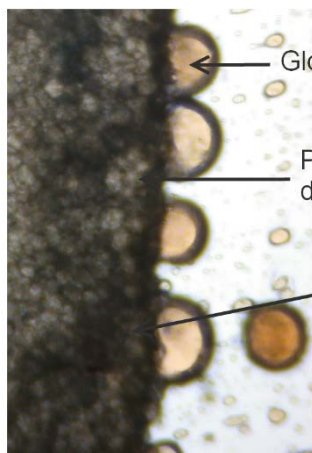


Albumen
amylicé
Couche à grains
d'aleurone
Téguments de
la graine
Téguments
du fruit

Coupe mince dans un caryopse de maïs

Réserves amylicées sous forme d'amyoplastes (albumen amylicé de maïs)

Réserves protéiques sous forme de grains d'aleurone (couche externe de l'albumen de maïs)



Globule lipidique

Parenchyme
de réserve

Globules
lipidiques
visibles dans
les cellules

Réserves lipidiques sous forme de globules lipidiques cytosoliques (cotylédon de noix)

➤ B – 3 – 2 Formation des réserves

Expliquez en quelques phrases le mode de formation de ces réserves dans la cellule ainsi que le compartiment cellulaire mis en jeu.

Réponse(s) à la question IV – B – 3 – 2

Réserves amylicées

Accumulation d'amidon en couches concentriques dans un amyloplaste

Réserves lipidiques

Accumulation de lipides, souvent des triglycérides, en gouttelettes cytosoliques

Réserves protéiques

Accumulation de protéines dans une vacuole très morcelée et au contenu très déshydraté. Cristallisation des protéines sous forme de globoïdes ou de cristalloïdes.

Appeler le jury pour valider vos différentes coupes microscopiques ainsi que les schémas interprétatifs

Nom :	Prénom :	salle n° :
➤ Partie V Exercice de reconnaissance		

Poste « exercice de reconnaissance ». Durée maximale : 30 min.

A- Animaux

Identifiez le plus précisément possible les formes adultes, retrouvez la forme non-adulte correspondante (œufs, larves, juvéniles) et remplissez les tableaux ci-dessous.

	Adulte	Non-adulte
Numéro d'échantillon et identification		
Milieu de vie		
Régime alimentaire		
Mode de reproduction		
Type de développement		

Echantillons :

Insecte Dictyoptère, Mante religieuse, *Mantis religiosa* + ponte (oothèque)

Insecte Névroptère, Fourmilion + larve

Insecte Odonate Anisoptère, Libellule *Anax imperator* + larve

Mollusque gastéropode, Buccin, *Buccinum undatum* + ponte

Vertébré Chondrychtien, Roussette, *Scyliorhinus canicula* + oeuf

B- Végétaux

Identifiez le plus précisément possible les végétaux, associez une structure reproductrice de la même espèce et remplissez les tableaux ci-dessous.

identification	identification
Hellébore foetide <i>Helleborus foetidus</i> , <i>renonculacées</i>	Follicule (fruit simple sec déhiscent – déhiscence placentaire)
Erable <i>Acer pseudoplatanus</i> <i>acéracées</i>	Disamare (fruits secs indéhiscent possédant une aile et allant par paire)
Cèdre du liban <i>Cedrus libanii</i> , <i>abiétinacées</i>	Cône femelle portant les ovules (puis les graines après fécondation)
Cyprès <i>Cupressus fastigiata</i> , <i>cupressinacées</i>	Cône femelle portant les ovules (puis les graines après fécondation)
Benoite commune <i>Geum urbanum</i> , <i>rosacées</i>	Polyakène

Nous engageons vivement les candidats à parfaire leurs connaissances dans ce domaine de la biologie végétale.

Partie V : reconnaissances d'échantillons

Cette partie basée sur la reconnaissance d'échantillons communs a été très discriminante.

Reconnaissance d'échantillons animaux

Quelques candidats ont très bien su identifier et nommer les échantillons, mais la grande majorité s'est révélée incapable d'identifier l'ensemble de ces échantillons pourtant communs. Les réponses aux questions basiques concernant la biologie des échantillons ont révélé des lacunes et confusions importantes, et ont été sources de grandes surprises pour le jury. Plusieurs candidats répondent par exemple que le buccin et/ou la roussette ont un développement holométabole !

Reconnaissance d'échantillons végétaux

La reconnaissance des dix échantillons végétaux très courants, cinq appareils végétatifs associés chacun à une structure en relation à sa reproduction, souligne la très grande disparité des candidats face aux connaissances naturalistes de base. De plus, elle pointe du doigt le manque de rigueur de très nombreuses réponses. En effet, comment admettre, alors même que le candidat possède sa flore de Bonnier, que la réponse à une détermination soit uniquement un nom vulgaire du type « benoîte » ou cyprès ? Et que dire des orthographes fantaisistes concernant l'hellébore ?

Ce manque de rigueur est extrêmement pénalisant en termes de points alors que le travail de reconnaissance est effectué !

Pour conclure, le jury rappelle que l'option B requiert des candidats une belle culture naturaliste et des connaissances solides en zoologie, botanique, écologie et évolution. Ces aptitudes sont largement testées au cours des travaux pratiques qui mettent en avant les qualités de manipulation d'échantillons concrets, d'observation et d'interprétation. Nous encourageons vivement les futurs candidats à asseoir leurs connaissances de base en biologie et leurs connaissances naturalistes le plus tôt possible dans leurs études. Ce n'est que sur ce socle solide qu'ils pourront acquérir l'ensemble des savoirs nécessaires à l'enseignement des SVT.

5.3 Epreuve de travaux pratiques de spécialité du secteur C : Sujet et commentaires

La majorité des candidats a abordé l'intégralité du sujet et le maximum de points a été attribué au moins une fois à l'ensemble des questions, en dehors de la coupe géologique.

Beaucoup de candidats présentent une analyse très superficielle des documents en essayant d'y rattacher des connaissances ou des interprétations souvent bien éloignées de ce qui pouvait être directement tiré du document fournis. Les légendes et titres des figures semblent avoir parfois été oubliées, elles donnent pourtant des informations fondamentales pour bien comprendre le document (par exemple la direction d'éclairage sur le document 6). Une lecture attentive des termes et du périmètre des questions n'a pas toujours été effectuée. Ceci aurait permis d'éviter des réponses hors sujet et ne recouvrant pas les attendus de la question.

Dans la suite, les principaux points attendus par questions sont précisé en bleu ainsi que des commentaires spécifiques en rouge.

AGRÉGATION DES SCIENCES DE LA VIE – SCIENCES DE LA TERRE ET DE L’UNIVERS

CONCOURS EXTERNES – EPREUVES D’ADMISSION – SESSION 2014

TRAVAUX PRATIQUES DE SPÉCIALITÉ DU SECTEUR C

Durée totale : 6 heures

Caractéristiques et dynamique des reliefs de la Terre

L’épreuve comprend quatre parties :

Partie I : Caractéristiques du relief de la Terre à grande longueur d’onde **Page 2**

Durée conseillée : 1h dont 15 minutes sur poste informatique – barème : 20/130

Partie II : Caractéristiques et origines de quelques reliefs régionaux **Page 6**

Durée conseillée : 1h45 dont 10 minutes devant l’examineur – barème : 40/130

Partie III : Exemples d’évolution des reliefs terrestres au cours du temps **Page 17**

Durée conseillée : 2h15 dont 20 minutes au poste d’observation – barème : 50/130

Partie IV : Quelques aspects de l’interaction entre relief et dynamique externe à partir de l’exemple du système Himalaya-Tibet

Durée conseillée : 1h00 – barème : 20/130

Page 32

Ce sujet contient 38 pages de texte et de figures.

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.**

NOM :

PRENOM :

N° DE SALLE :

● **I. Caractéristiques du relief de la Terre à grande longueur d'onde**

Durée conseillée : 1h dont 15 minutes sur poste informatique – barème : 20/130

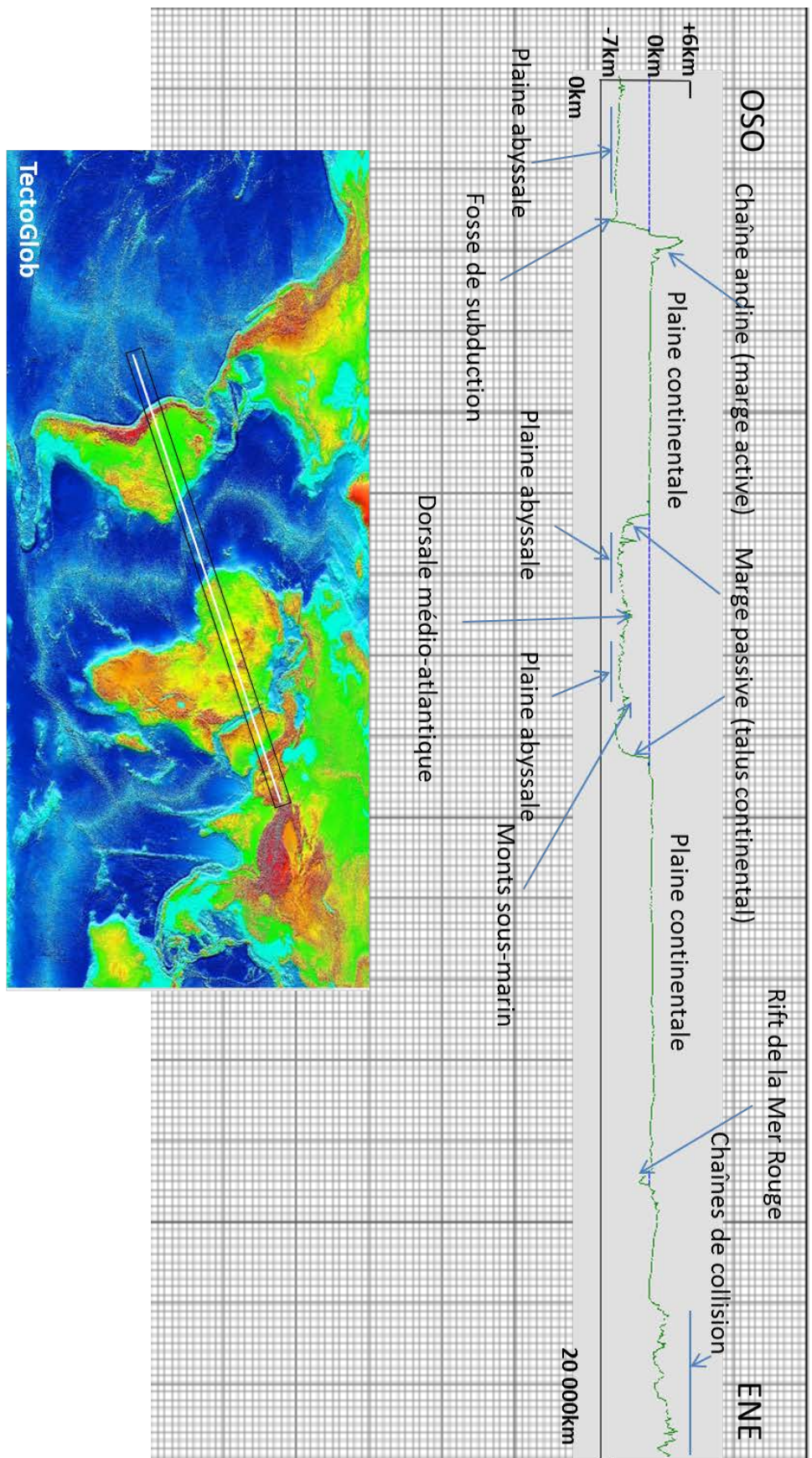
- A. obtention et analyse d'un profil topographique

Cette partie s'effectue sur poste informatique (15 minutes) suivant le planning de passage affiché au tableau. Le protocole d'utilisation du logiciel est donné au poste. Elle est indépendante des autres parties.

■ 1. A partir du logiciel Tectoglob, réalisez un profil topographique de votre choix illustrant les grands types de reliefs du globe. Vous disposez du poste informatique pendant 15 minutes. Reportez ce profil sur le quadrillage disponible sur la page suivante. *6 points*

- 2. Légendez le profil obtenu. *2 points*

Réponses aux questions I-A-1 et I-A-2



Profil topographique depuis l'ouest du pacifique jusqu'au Pakistan illustrant les principaux reliefs terrestres.

La plupart des profils ont été réalisés au niveau de la cordillère des Andes jusqu'à la marge ouest africaine. Seulement 2 candidats ont prolongé ce profil jusqu'à l'Himalaya ce qui permettait d'illustrer le relief d'un rift intracontinentale et d'une chaîne de collision.

NOM :

PRENOM :

N° DE SALLE :

○ B. Quantification des variations d'altitude à grande longueur d'onde

■ 1. Expliquez et quantifiez à l'aide de calculs appropriés les différences d'altitude entre (1) les continents et les fonds océaniques et (2) les plaines continentales et les zones de montagne. *12 points*

Vous prendrez :

ρ_{co} : densité de la croûte océanique = $2.9 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$

ρ_{cc} : densité de la croûte continentale = $2.7 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$

ρ_{mant} : densité du manteau lithosphérique = $3.3 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$

Épaisseur d'une croûte océanique : 5 km

Épaisseur d'une croûte continentale en plaine : 30 km

Épaisseur d'une croûte continentale dans une chaîne de montagne : 60 km

Votre réponse devra présenter clairement la démarche suivie.

Réponses à la question I-B-1

L'altitude régionale est contrôlée au premier ordre par la densité et l'épaisseur locale de la croûte. Ce principe, appelé principe d'isostasie implique que pour deux colonnes de roche crustale d'épaisseur et/ou de densité différentes il existe à une certaine profondeur dans le manteau un niveau dit de compensation où le poids exercé par ces deux colonnes de roche (croûte plus manteau entre le MOHO et le niveau de compensation) est le même. Le poids exercé par une colonne de roche homogène, de hauteur h et de surface s étant de la forme : $P = -\rho ghS$ avec ρ = densité de la roche et g constante de gravitation.

Pour expliquer les différences d'altitude soit l'on considère des colonnes crustales de densité variable mais dont la profondeur du MOHO est constante (modèle de Pratt) soit des colonnes crustales de même densité mais dont la profondeur du MOHO est variable (modèle de Airy). C'est le cas, par exemple des chaînes de montagnes où l'excès de masse au-dessus du géoïde est ainsi compensé en profondeur par une racine crustale et mantellique. La densité et l'épaisseur du manteau (principalement lithosphérique) jouent également sur l'altitude régionale et un niveau de compensation de la lithosphère peut être déterminé (la prise en compte du manteau est en particulier fondamental pour comprendre l'évolution altimétrique d'une zone d'extension).

Si l'on prend le cas de la croûte continentale (30 km d'épaisseur et une densité moyenne de $2.7 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$) et une croûte océanique (5 km d'épaisseur et une densité de $2.9 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$) le premier niveau de compensation doit se trouver à la profondeur du MOHO continental (figure C1) car au-delà les deux colonnes sont constituées du même matériel. Donc on peut écrire l'égalité du poids des roches entre les deux croûtes sous la forme :

$$-g(\rho_{co} \cdot Z_{co} + \rho_{mant} \cdot D1) \cdot S = -\rho_{cc} \cdot g \cdot Z_{cc} \cdot S \quad (1) \text{ en ne prenant pas en compte l'eau}$$

Avec S : surface des colonnes de roche, Zco: épaisseur de la croûte océanique, Zcc : épaisseur de la croûte continentale en plaine et D1 épaisseur de manteau compris entre la base de la croûte océanique et le niveau de compensation 1 (Figure C1).

D'après la construction de la figure 1 on déduit que $D1 + Zco + H1 = Zcc$ qui donne $D1 = Zcc - Zco - H1$ (2)

avec H1 différence d'altitude entre la plaine continentale et le fond océanique.

En combinant (1) et (2) on obtient l'expression de H1 suivante :

$$H1 = Zcc - Zco - (-\rho_{cc} * Zcc - \rho_{co} * Zco) / \rho_{mant}$$

Ce qui donne en utilisant les valeurs numériques données une différence d'altitude entre les plaines continentales et abyssales de 4,8 km environs sans prendre l'eau en compte.

Si l'on rajoute 5km d'eau au-dessus de la croûte océanique on trouve alors une différence d'altitude de 6,4km environs.

Pour la chaîne de montagne le premier niveau de compensation se trouve à la base du de la racine crustale (niveau de compensation 2 de la figure C1).

Le principe d'isostasie s'écrit donc :

$$-g(\rho_{cc} * Zcc + \rho_{mant} * D2) * S = -\rho_{cc} * g * Zcc - mont * S \quad (3)$$

avec Zcc: épaisseur de la croûte continentale en plaine, Zcc-mont : épaisseur de la croûte continentale en montagne et D2 épaisseur de manteau compris entre la base de la croûte continentale en plaine et le niveau de compensation 2 (Figure C1).

D'après la construction de la figure 1 on déduit que $D2 + Zcc + H2 = Zcc - mont$ qui donne $D2 = Zcc - mont - Zcc - H2$ (4)

avec H2 différence d'altitude entre les plaines continentales et les chaînes de montagnes.

En combinant (3) et (4) on obtient l'expression de H1 suivante :

$$H2 = Zcc - mont - Zcc - (-\rho_{cc} * Zcc - mont - \rho_{cc} * Zcc) / \rho_{mant}$$

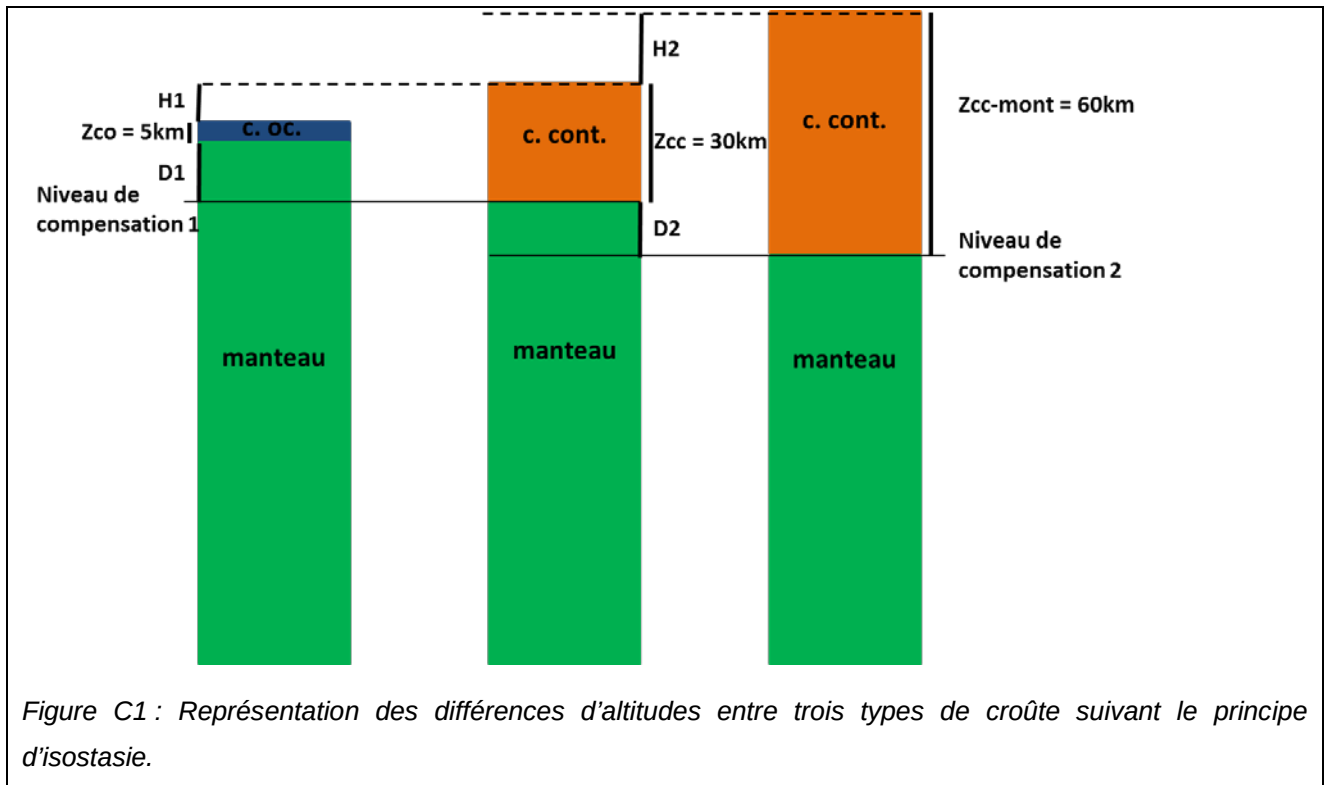
Ce qui donne en utilisant les valeurs numérique données une différence d'altitude entre les plaines continentales et les chaînes de montagnes de 5,5 km environs.

Environs un tiers des candidats ont bien répondu à cette question, en posant correctement le problème en s'aidant d'un schéma. Par contre l'explication du principe de l'isostasie a été peu développée, la plupart des candidats se contentant de le nommer.

NOM :

PRENOM :

N° DE SALLE :



NOM :

PRENOM :

N° DE SALLE :

• II. Caractéristiques et origines de quelques reliefs régionaux

Durée conseillée : 1h45 dont 10 minutes devant l'examinateur – barème : 40/130

○ A. Analyse de données topographiques

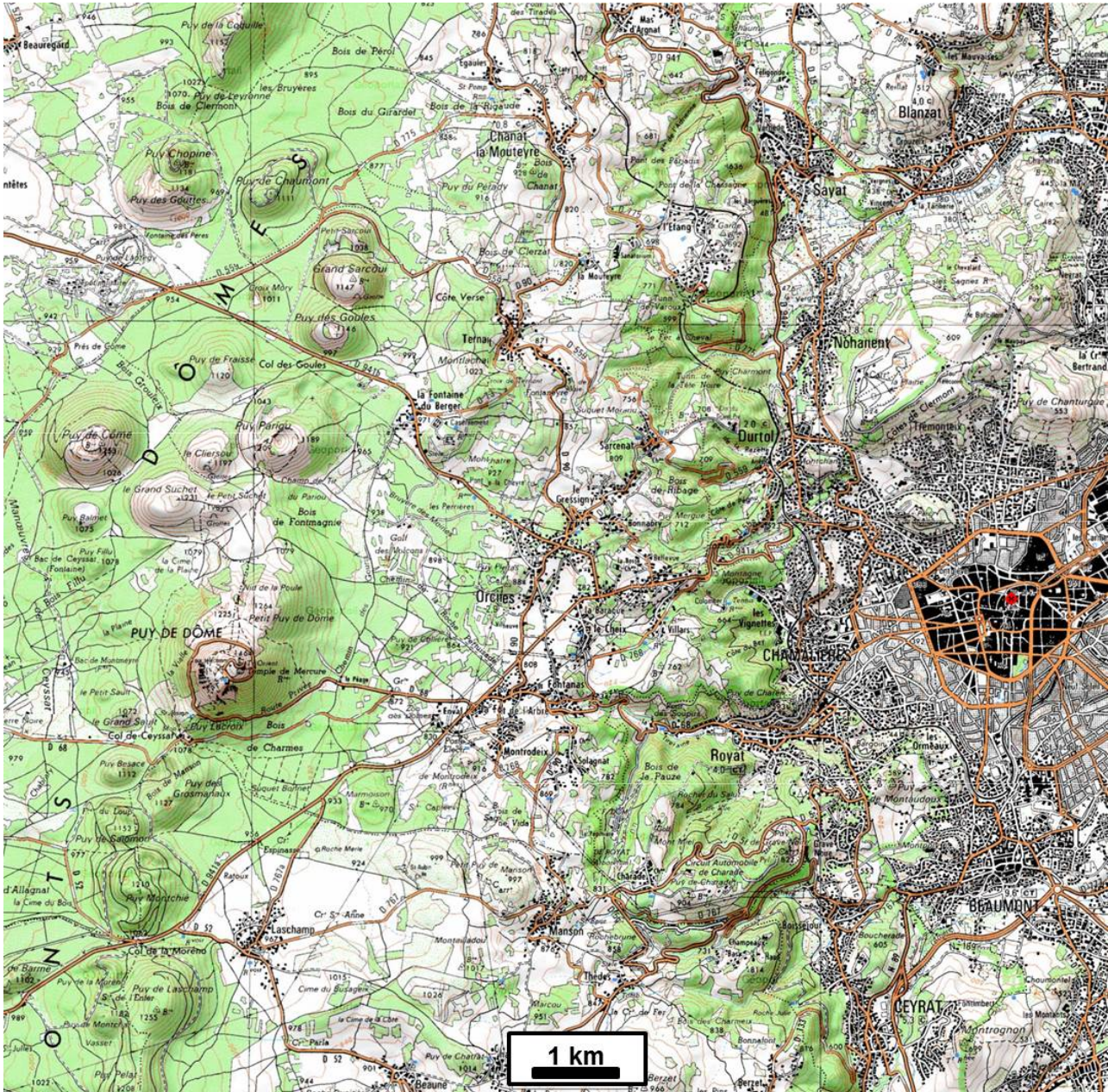
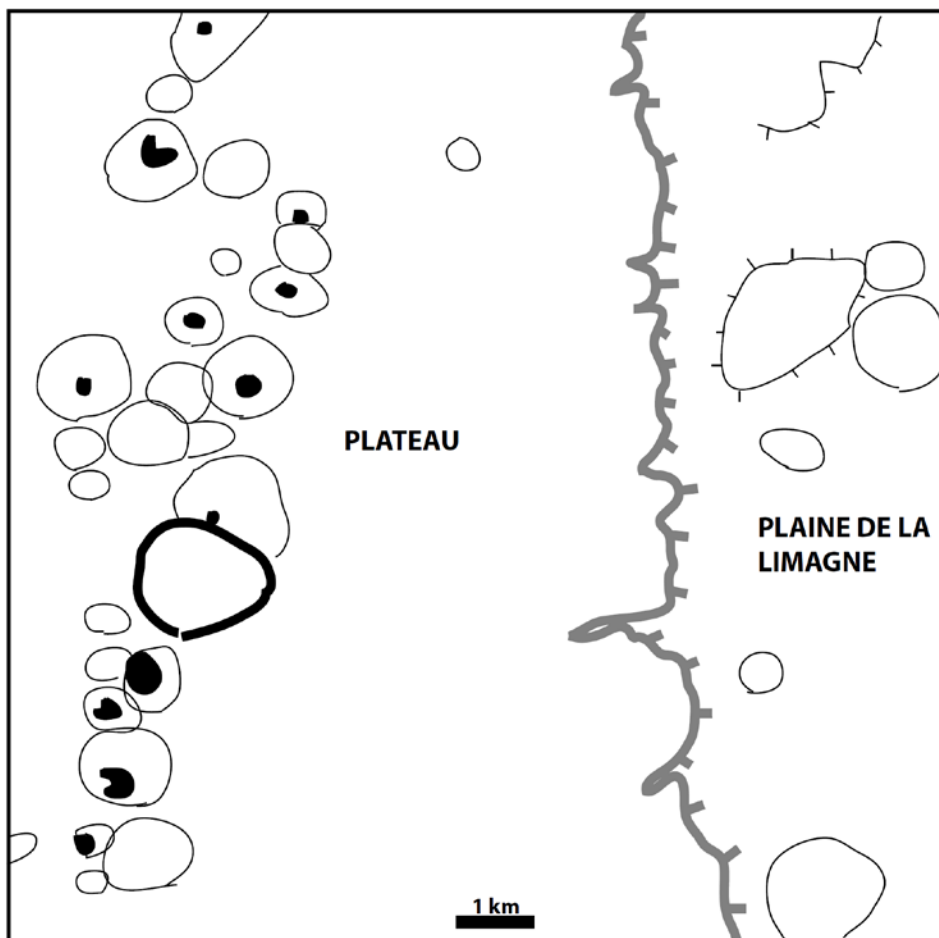


Figure 3 - Carte topographique de la région de Clermont-Ferrand (IGN – Géoportail).

■ 1. En vous appuyant sur le document 3, réalisez un schéma d'interprétation des principales caractéristiques morphologiques de la région de Clermont-Ferrand. 4 points.

Réponse à la question II-A-1



-  Edifices volcaniques (puy)
-  Principaux cônes volcaniques (en noir le cratère)
-  Dôme volcanique du Puy de Dôme
-  Front topographique
-  Front topographique de la Limagne de Clermont Ferrand (Front de faille normale à regard est, érodé par des vallées perpendiculaires).
Les barbules sont positionnées du côté opposé au front topographique.

Figure C2 : Principales caractéristiques morphologiques de la région de Clermont-Ferrand

■ 2. Précisez les phénomènes qui sont à l'origine de ces reliefs. 3 points

Réponse à la question II-A-2

Deux types de reliefs sont visibles sur cette carte.

(1) Le front topographique orienté N-S est un relief d'origine tectonique associé au fonctionnement de la faille normale localisée sur la bordure ouest de la Limagne de Clermont Ferrand. Ce relief présente une érosion fluviale secondaire perpendiculairement au front topographique.

(2) Le deuxième type de relief correspond à des édifices volcaniques soit en forme de cône avec cratères visibles, liés à des accumulations de scories (les plus nombreux) soit des dômes de laves (exemple du Puy de Dôme).

Ces deux types de reliefs sont appelés reliefs primitifs.

Cette question demandait d'expliquer des phénomènes et non des événements. L'histoire géologie de la région n'était donc pas attendue.

La différence morphologique entre cône / dôme a été peu abordée et n'a que rarement été réellement expliquée. Dire qu'ils correspondent à des dynamismes éruptifs différentes et à des lithologies différentes n'explique pas leur morphologie.

○ B. Analyse de données bathymétriques et sismiques

Cette partie comprend un exercice de modélisation analogique que vous devrez présenter et réaliser devant le correcteur.

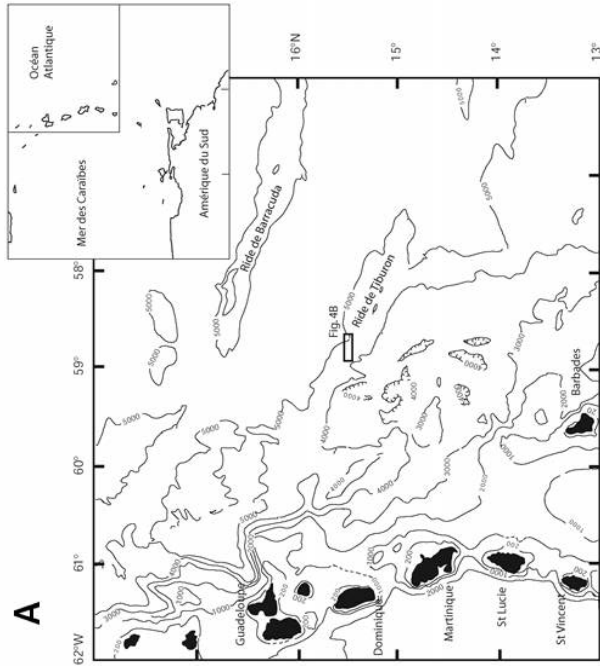
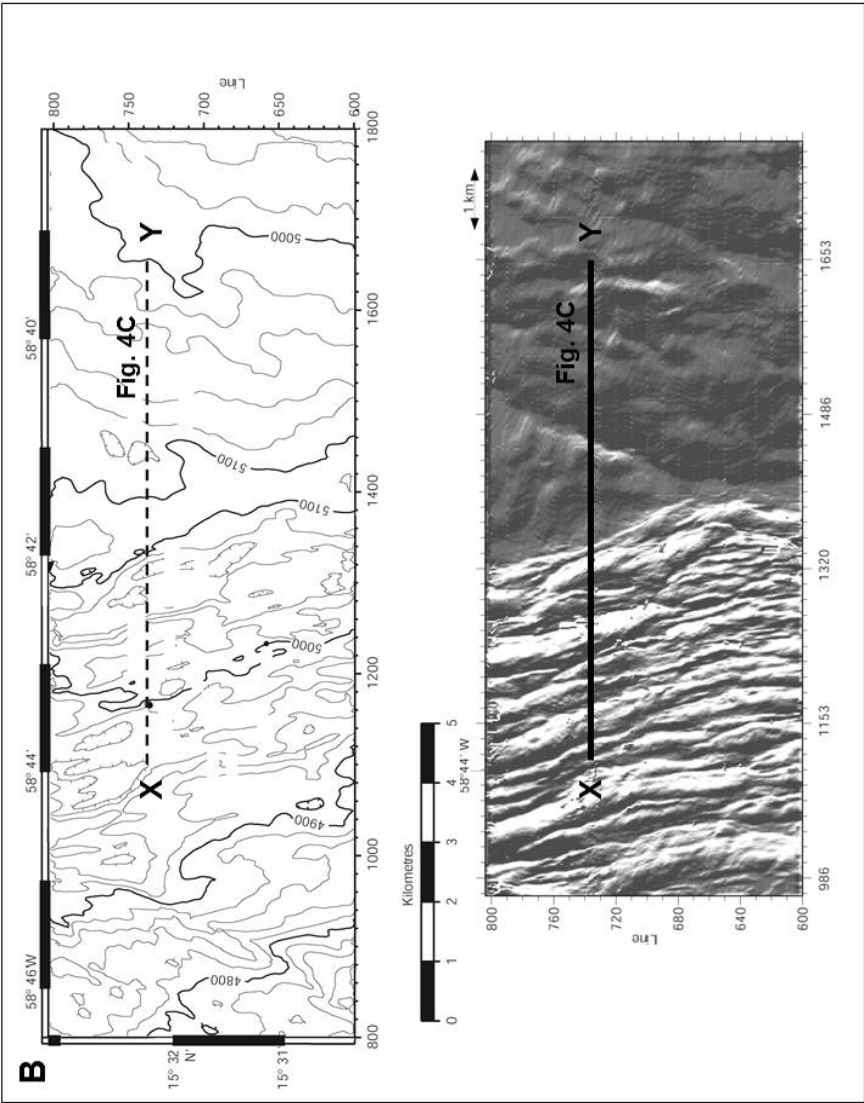
■ 1. Reportez et interprétez sur le double du profil de sismique réflexion de la figure 4 les principales structures visibles. 6 points.

Figure 4 (feuille suivante) – (A) localisation de la région d'étude avec les courbes bathymétriques en mètres. (B) carte bathymétrique (en haut) et relief ombré (en bas) de la zone où le profil de sismique réflexion (C) a été réalisé. (D'après Moore & Klaus, Proc. ODP, 1998).

NOM :

PRENOM :

N° DE SALLE :



Réponse à la question II.B.1

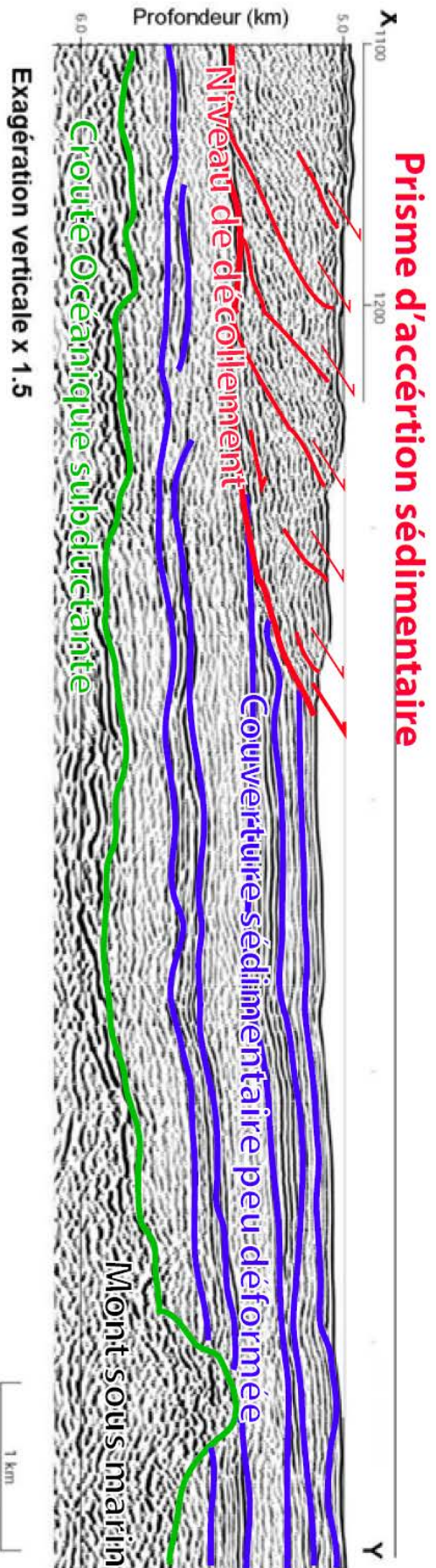


Figure C3 : Profil de sismique réflexion au travers du prisme de la Barbade interprété.

La structure visible sur ce profil de sismique réflexion correspond à un prisme d'accrétion. Ce prisme se forme suite au rabotage d'une partie de la couverture sédimentaire portée par une plaque subductante ici vers l'ouest. On notera que dans ce cas le niveau de décollement qui permet de découpler les unités accrétées des unités subductante n'est pas localisée à la limite croûte / couverture sédimentaire mais se situe à l'intérieur de la couverture sédimentaire. Dans la partie ouest du profil on note les chevauchements à pendage ouest qui se branchent sur le niveau de décollement. Chaque chevauchement contrôle la formation de petits bombements de la surface qui forment de grands alignements parallèles au front de subduction bien visible sur le relief ombré de la figure 4B. On peut également remarquer l'irrégularité de la limite croûte / couverture sédimentaire avec en particulier l'existence d'un petit relief recouvert de sédiments (édifice volcanique ?) dans la partie est du profil.

Le niveau de décollement, bien que souligné a été très rarement nommé.

■ 2. Vous disposez du matériel suivant : farine blanche, feuilles de papier, un bloc de bois (visible sur la photo de la figure 5), sur un poste de manipulation. Dans un premier temps, écrivez un protocole expérimental avec schéma de montage permettant, à partir de ce matériel, de reproduire la structure de la région étudiée ainsi que sa topographie (donnée sur la figure 4). 5 points.



Figure 5 – bloc de bois disponible pour réaliser la modélisation analogique. Dimensions approximative : longueur 18 cm, hauteur 7,5 cm, épaisseur 3,5 cm.

Réponse à la question II-B-2

Cette expérience analogique a pour but de reproduire la dynamique d'un prisme d'accrétion et en particulier sa morphologie.

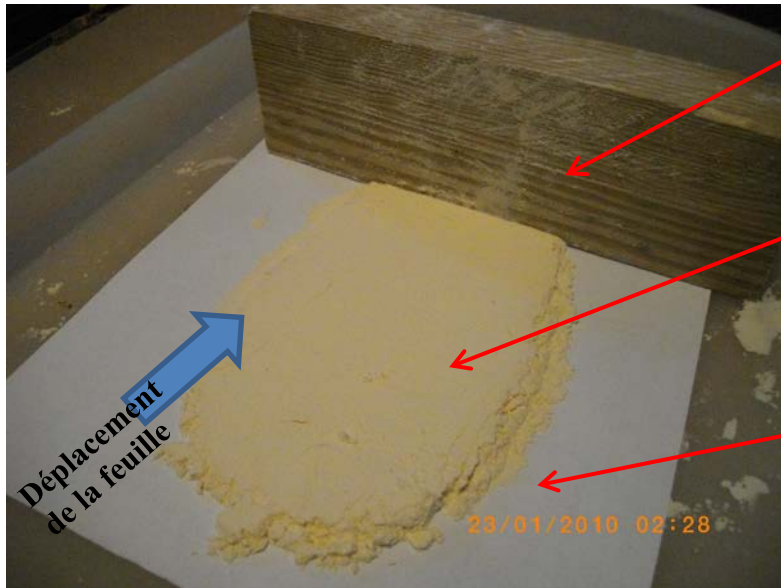
La croûte subductante sera modélisée par une feuille de papier format A4, sa couverture sédimentaire par de la farine. La plaque supérieure qui forme un butoir contre lequel les sédiments viennent s'accréter est modélisée par un bloc de bois.

La farine est disposée en une couche d'épaisseur constante de 1 à 2 cm sur la feuille et sur une largeur inférieure à la longueur du bloc de bois (Figure C4a). La farine peut être tassée pour augmenter sa cohésion.

Pour reproduire la cinématique de la subduction l'on fait glisser la feuille de papier sous le bloc de bois plutôt que d'utiliser le bloc de bois comme un poussoir. Le résultat de l'expérience sera le même mais l'expérience avec déplacement de la feuille est plus proche de la réalité d'une subduction.

Dans le protocole il était attendu de préciser l'objectif de l'expérience (que veut-on modéliser) ainsi que les analogies choisies.

Réponse à la question II-B-2 (suite)



Bloc de bois = plaque supérieur butoir.

Farine = sédiments océanique bloqués par le butoir

Feuille = plaque subductante passant sous le butoir

Figure C4a : Dispositif expérimental pour la modélisation de la dynamique d'un prisme d'accrétion.

■ 3. Une fois votre protocole établi, appelez l'examineur afin de réaliser votre expérience devant lui. Vous produirez un dessin d'interprétation de votre expérience. Vous disposez de 10 minutes maximum. Le temps disponible peut être utilisé pour faire plusieurs tests. 12 points.



Apparition d'un premier chevauchement. Accrétion de la farine en avant du butoir

Figure C4b : Première étape de l'expérience analogique de modélisation de la dynamique d'un prisme d'accrétion.



Apparition d'un deuxième chevauchement en avant de la zone d'accrétion. Le premier chevauchement est maintenant inactif.

Figure C4c : Poursuite de l'expérience analogique de modélisation de la dynamique d'un prisme d'accrétion.

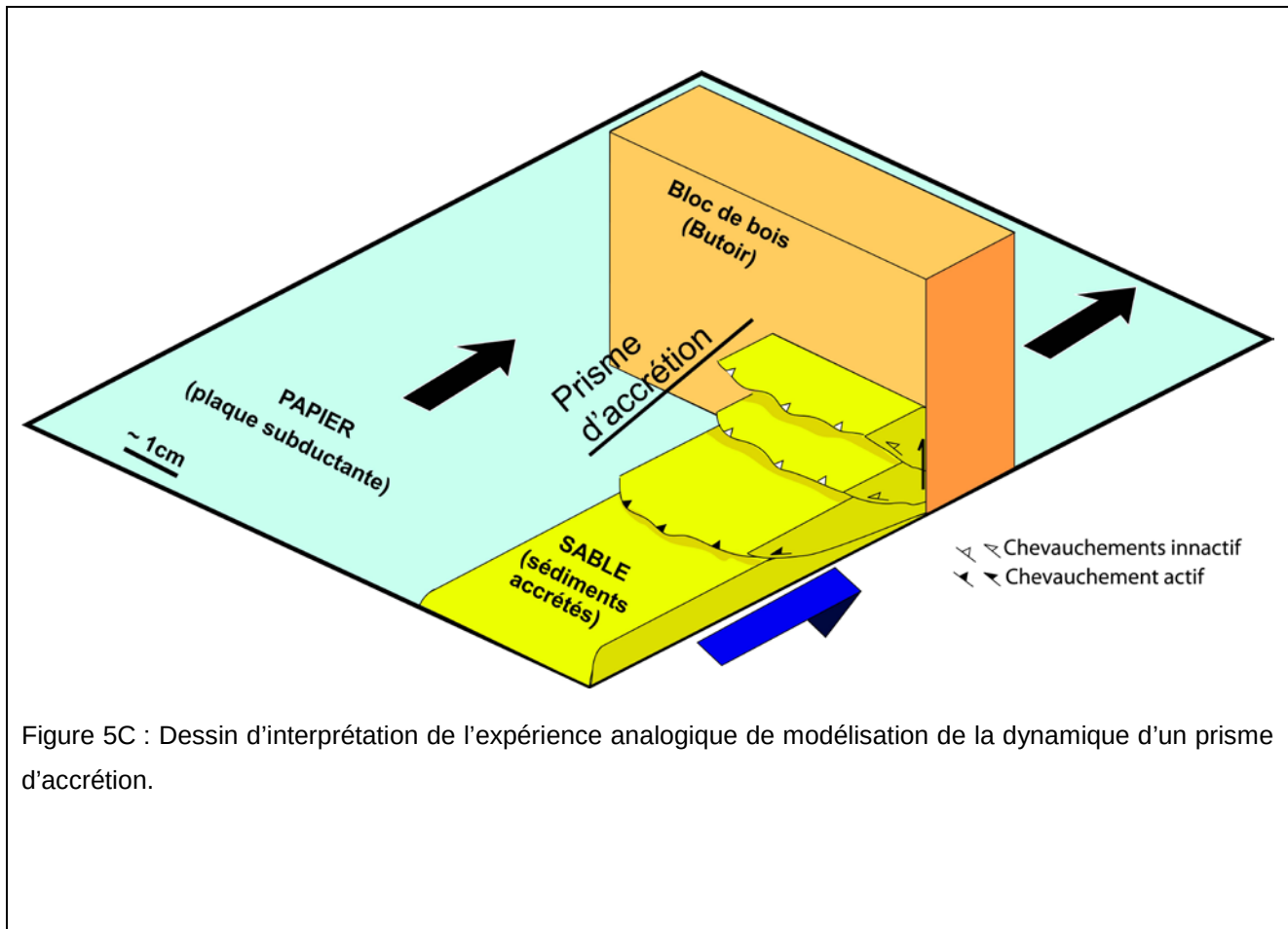


Apparition d'un troisième chevauchement en avant de la zone d'accrétion. Les autres chevauchements sont inactifs (et ont tendance à se casser en plaquettes).

Figure C4d : Fin de l'expérience analogique de modélisation de la dynamique d'un prisme d'accrétion.

La réussite de cette expérience a été très contrastée. De nombreux candidats ont bien réalisé l'expérience, parfois après plusieurs essais, en présentant clairement le dispositif expérimental et les analogies choisis. Les expériences non satisfaisantes provenaient soit d'un protocole expérimental non adéquat de par sa conception (empilement de feuilles, alternance farine/feuille, mauvais positionnement du butoir...) ou non adapté au processus étudié (plusieurs candidats ont voulu modéliser de l'extension). Enfin, quelques candidats, bien qu'ayant un protocole adapté se sont révélés incapables de réaliser l'expérience.

La majorité des dessins ont représentés le prisme en coupe. Dans le cadre de cette expérience il était plutôt attendu une vue de surface, voire une représentation en 3D qui permet de mieux faire ressortir le relief.



○ C. Etude d'une image satellite Landsat du sud de l'Iran.

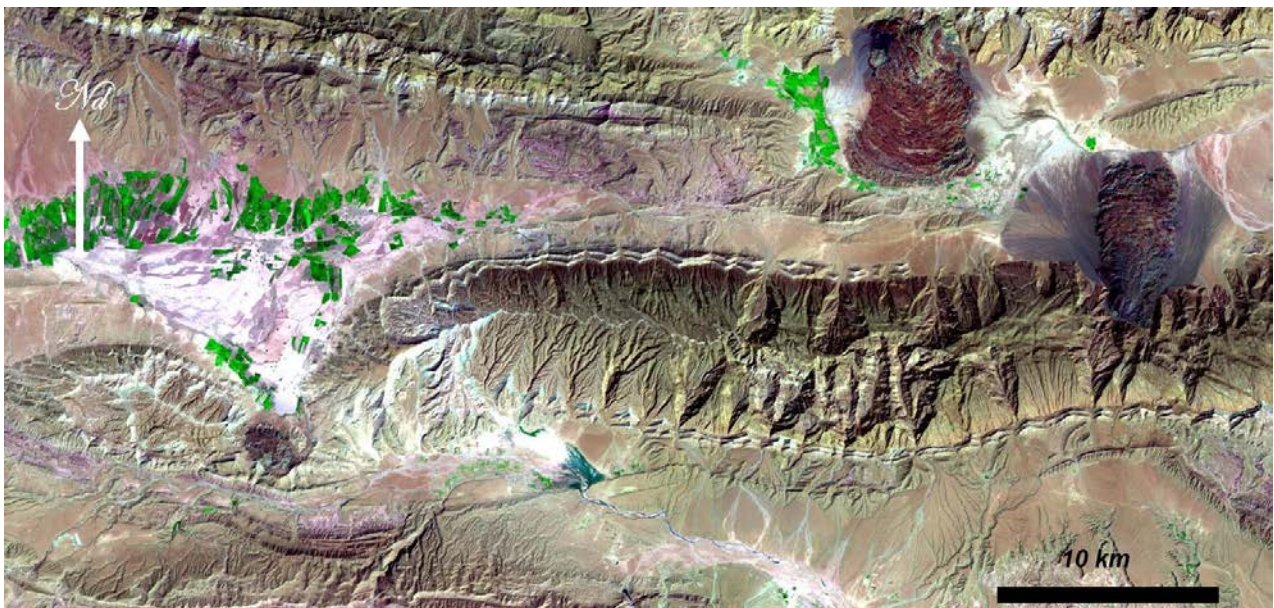


Figure 6 – Image satellitaire Landsat du sud de l'Iran. La lumière vient du sud (fausses couleurs obtenues par combinaison des canaux 7, 4 et 2 ; en vert la végétation). Source Google Earth.

■ 1. Réalisez un schéma d'interprétation du relief visible sur la figure 6. Vous préciserez le ou les mécanismes qui le contrôlent. 3 points.

Réponse à la question I-C-1

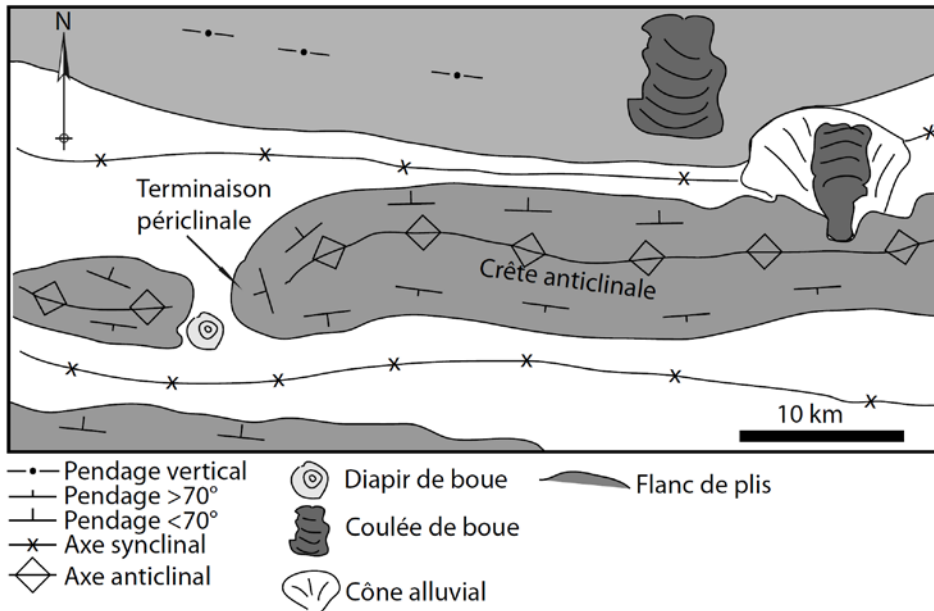


Figure 6C : Schéma d'interprétation de l'image satellitaire de la figure 6.

Sur cette image on observe une structure plissée de type anticlinale (centre) associée à un raccourcissement orienté globalement nord-sud.

On note également des régions très sombres correspondant à des zones d'éboulis et de coulées boueuses.

De nombreux candidats ont vu l'image en relief inversé. La position de la lumière donnée dans la légende permettait d'éviter cette méprise.

○ D. Analyse de photographies et d'images satellitaires de paysages



Figure 7 premières parties – A : Photographie des îles Yalour, Antarctique (One Kid Geology) ; B : Paysage de Guyane (<http://www.goetgheluck.com/REPORT/portfolionat/report-fr>) ; C : Baie d'Ha-Long (Wikipedia) ; D : Paysage de l'ouest de la Sierra Nevada, ouest USA (G. Mahéo).

NOM :

PRENOM :

N° DE SALLE :

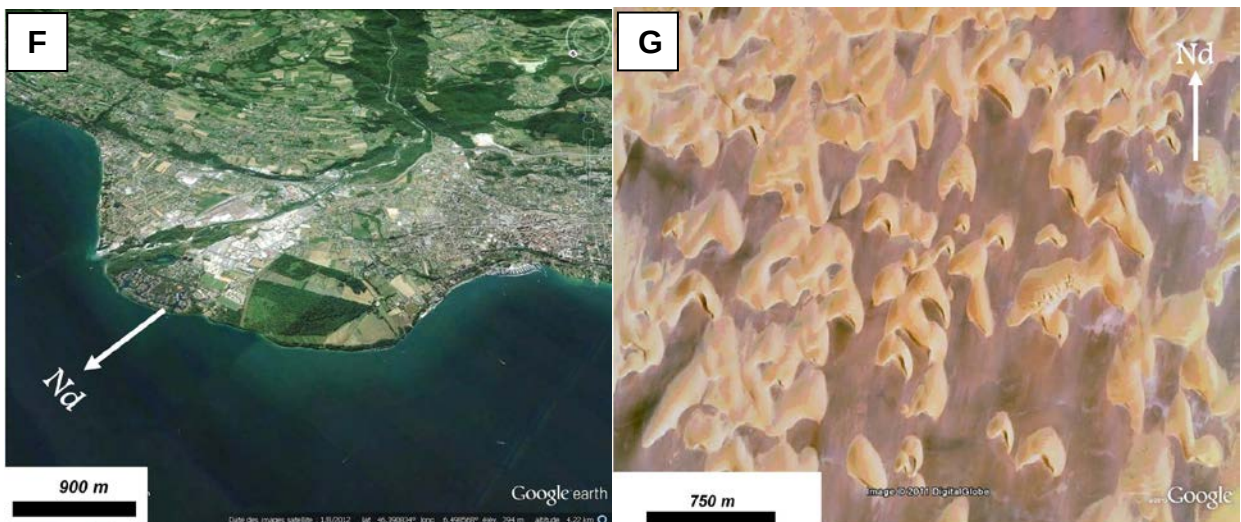
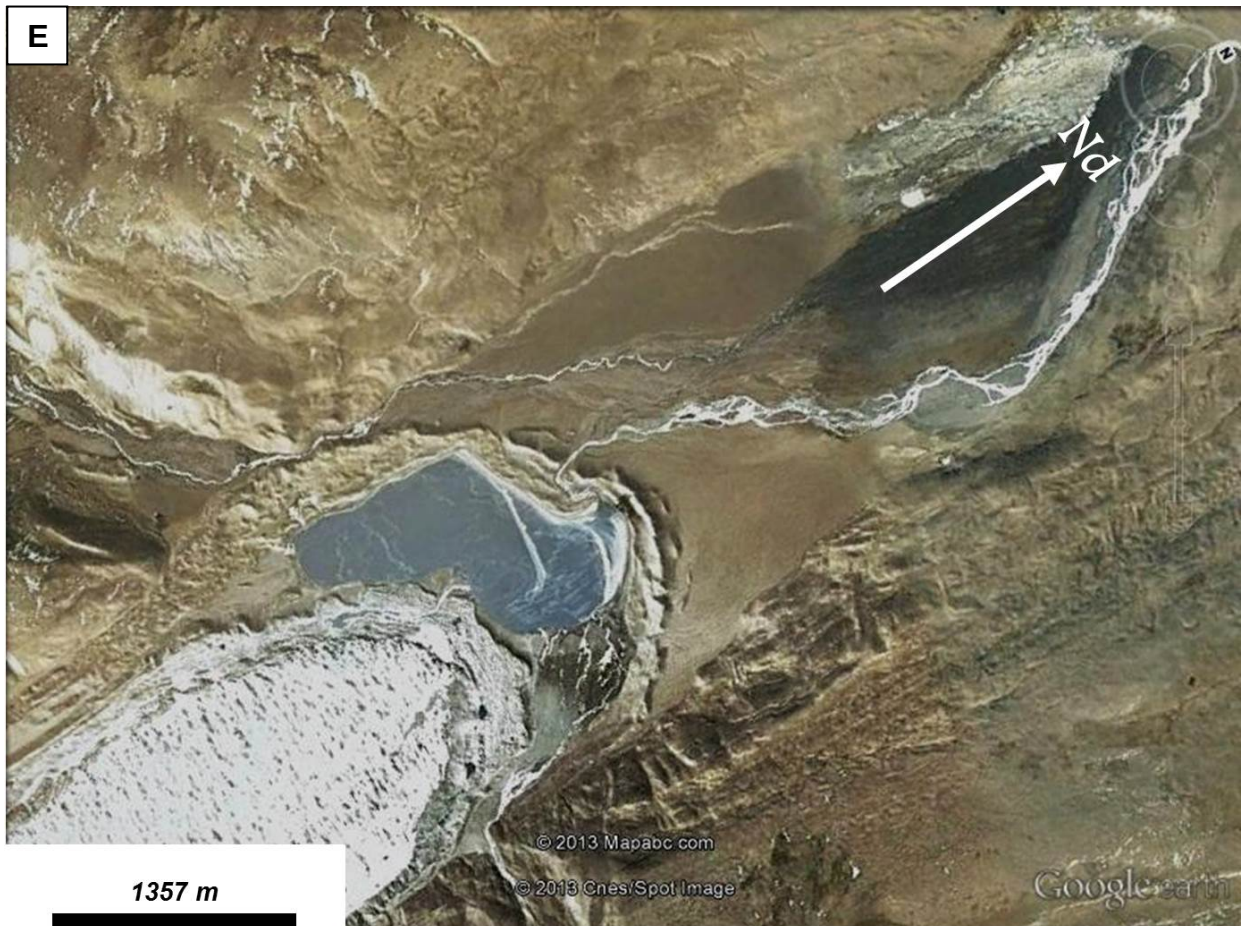


Figure 7 suite – E : Image satellite dans la partie nord-est de l'Himalaya (Google Earth) ; F : Image satellite basculée de Thonon-les-Bains (Google Earth) ; G : Image satellite du nord-ouest Soudan (Google Earth).

■ La figure 7 regroupe des photographies et images satellitaires de différents reliefs terrestres. Donnez dans le tableau 1 le nom et les conditions de formation de ces reliefs. 7 points.

Figure	Nom du relief	Conditions de formation
Figure 7A	Poli glaciaire, roche moutonnée	Les roches moutonnées sont formées par l'abrasion du substratum par les grains et roches transportées par un glacier. On peut noter la dissymétrie de ces surfaces qui indique la direction de déplacement de la glace, ici vers la droite de la photographie
Figure 7B	Inselberg	Les inselbergs sont des reliefs typiques des climats tropicaux et généralement formés à partir d'un substratum granitique. Ces structure impliquent une très forte altération chimique (et mécanique avec exfoliation des flancs) couplées à un transport important des matériaux altérés permettant de faire ressortir les zones non altérées. Les inselbergs peuvent correspondre à une érosion différentielle mais ce n'est pas systématiquement le cas. Le climat de formation a été souvent omis alors qu'il est fondamental pour obtenir ce type de structure.
Figure 7C	Karst ennoyé tropical	Les karsts sont issus de la dissolution du carbonate. Dans les cas du climat tropical l'intensité de l'altération chimique permet d'obtenir la structure de karst visible sur la photographie, caractérisée par de petits monts dispersés. Cette morphologie se distingue nettement des karsts des zones tempérés dont le relief est moins marqué. Le climat de formation a été souvent omis alors qu'il est fondamental pour obtenir ce type de structure par rapport à un karst en climat tempéré.
Figure 7D	Chao granitique et désert	Les chaos sont caractérisés par des structures en boules issus de l'altération mécanique (thermoclastie) et/ou chimique (mono et bisialitisation) principalement des granites mais aussi de roches basiques et grès. Ces chaos peuvent se former dans les zones climatiques variées, cependant dans l'exemple présent la présence de désert indique un climat aride ou la thermoclastie domine. L'environnement désertique a été rarement évoqué.

Tableau 1 – Noms et origines des reliefs de la figure 7. Suite sur la page suivante.

Figure	Nom du relief	Conditions de formation
Figure 7E	Extrémité de langue glaciaire, vallée glaciaire moraine frontale et latérale associé au recul du front du glacier et lac de retrait glaciaire.	Les moraines frontales et latérales correspondent à l'empilement de blocs arrachés par le glacier et qui s'accumule au front et en bordure du glacier. Au retrait du glacier les moraines frontales délimitent un cordon derrière lequel peut se former un lac de retrait. Le retrait du glacier est également marqué par la mise à la surface d'une vallée glaciaire à fond plat, formée par le rabotage du glacier et l'accumulation des produits d'abrasion.
Figure 7F	Cône alluvial	Ce cône alluvial est formé par l'empilement de matériel détritique transporté depuis une zone de relief (ici les Alpes) vers un lac (Lac Léman). La chute de la vitesse de transport lors de l'arrivée de la rivière au niveau du lac entraîne la sédimentation. Le terme de delta n'était ici pas approprié puisque le dépôt se fait dans un lac.
Figure 7G	Dunes éoliennes de type barkhane	Les dunes éoliennes correspondent à des empilements de sable transporté par le vent et caractéristiques des milieux côtiers ou désertiques. Les barkhanes sont un type particulier de ces dunes présentant une forme de croissant dont la pointe fait face au vent dominant.

Tableau 1 – Suite.

Pour cette partie certains candidats n'ont visiblement pas pris le temps de lire les légendes. Ces légendes aidaient à préciser la zone géographique et donc le contexte climatique de formation des reliefs étudiés.

• III. Exemples d'évolution des reliefs terrestres au cours du temps

Durée conseillée : 2h15 dont 20 minutes au poste d'observation– barème : 50/130

○ A. Exemple d'une évolution à l'échelle du temps humain

- 1. Analysez les deux images prises avant et après le séisme du 26 décembre 2004 de Sumatra (figure 8). 3 points.

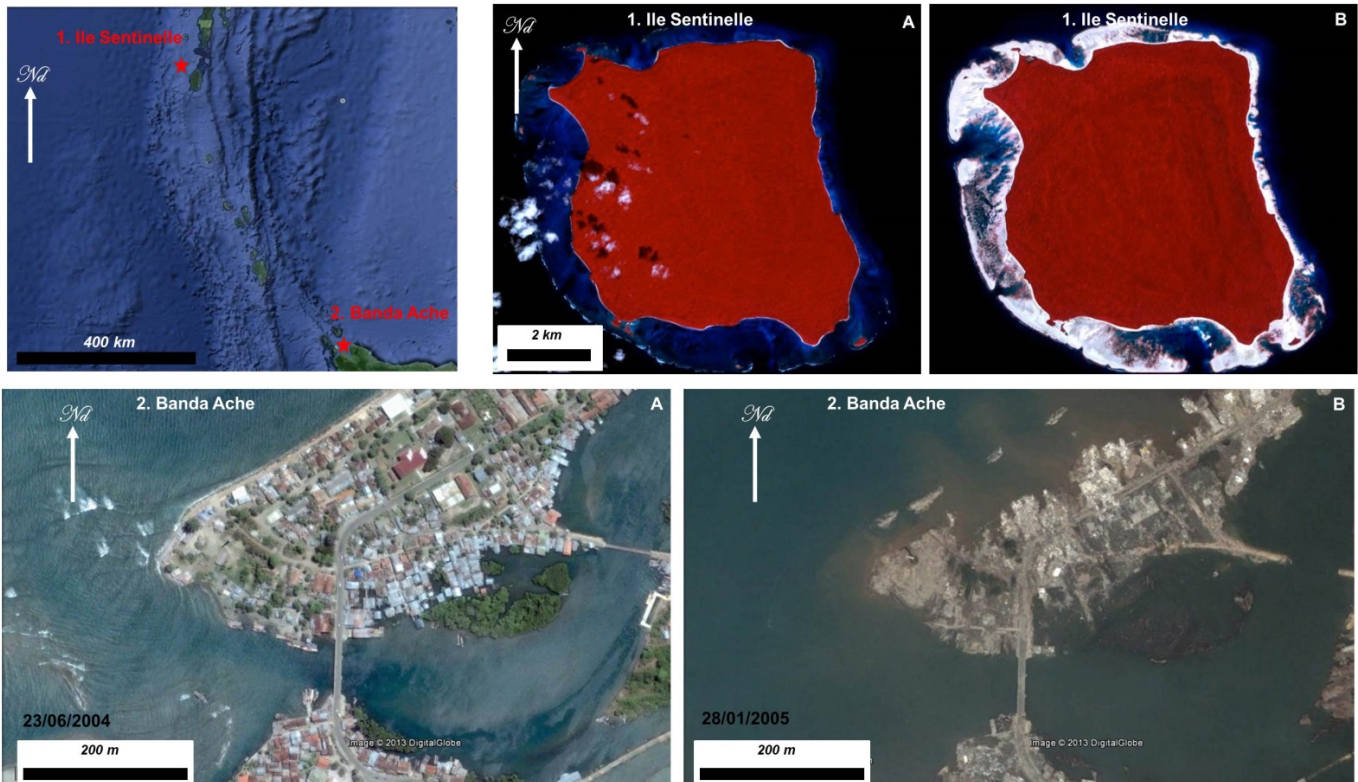


Figure 8 – images prises (A) avant et (B) après le séisme du 26 décembre 2004 de Sumatra au niveau (1) de l'île Sentinelle (Image satellitaire Bird Eyes, en rouge la végétation, en blanc récif corallien émergé et en bleu clair récif à faible profondeur) et (2) de Banda Ache (Google Earth). Les deux zones sont localisées sur la vue générale en haut à gauche (Google Earth).

Réponse à la question III-A-1

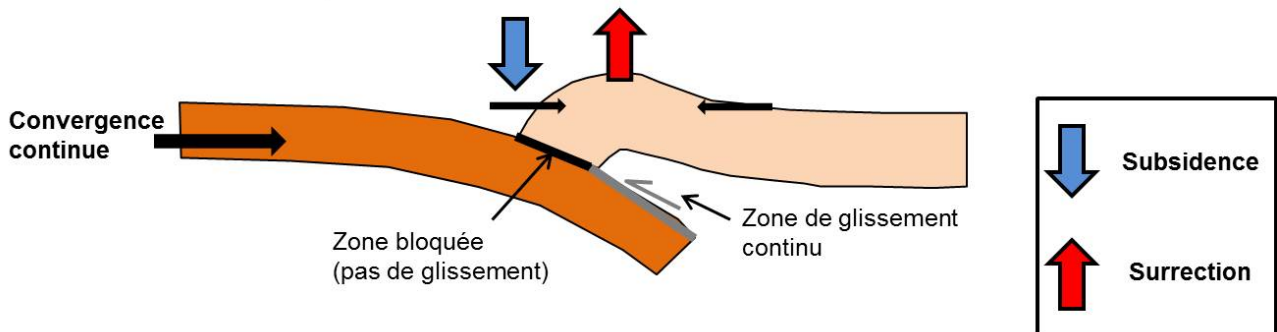
Ile sentinelle : Suite au séisme une bande blanche apparaît autour de l'île. Elle correspond au récif corallien émergé. On a donc surrection de l'île.

Banda Ache : Suite au séisme la surface de l'île a diminué. On a donc subsidence de l'île.

Les deux îles sont positionnées sur la plaque chevauchante (la fosse est en limite ouest du relief visible sur la carte de localisation). L'île en surrection est localisée près de la fosse alors que celle en subsidence en est relativement éloignée.

■ 2. Le modèle de la figure 9 a été proposé pour expliquer le cycle sismique dans cette région. Décrivez ce modèle et reliez-le avec les images de la figure 8. 3 points.

Déformation inter-sismique



Déformation co-sismique

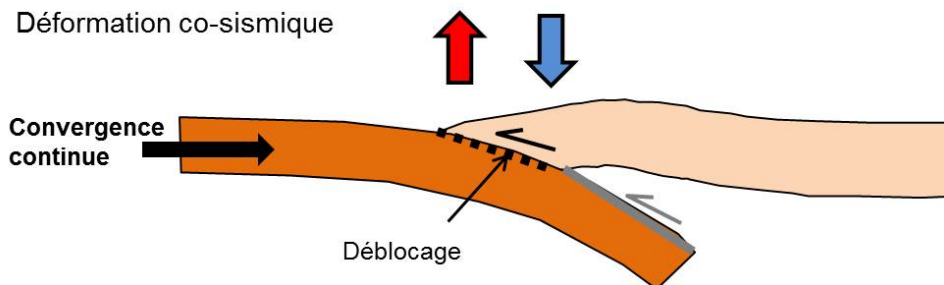


Figure 9- Modèle schématique de la déformation dans les zones de subduction en lien avec le cycle sismique. Schéma non à l'échelle.

Réponse à la question III-A-2

D'après ce schéma en période intersismique la partie supérieure de la plaque chevauchante et couplée à la plaque plongeante. Concrètement cela signifie que lors de la convergence les deux plaques restent associées au niveau de cette zone dite bloquée. La convergence est alors permise par un glissement continu sous la zone bloquée et le plissement (flexuration) de la plaque supérieure. Cette flexuration entraîne la subsidence de la partie de la plaque chevauchante la plus proche de la fosse ce qui correspond à la position de l'île Sentinelle alors que plus loin de la fosse il y a surrection ce qui correspond à la position de Banda Ache.

Un séisme va se déclencher lors que la quantité d'énergie accumulée par la flexuration de la plaque chevauchante est trop forte pour que la zone bloquée soit maintenue. Il y a alors déblocage de cette zone, et retour de la plaque chevauchante à une forme non ou moins plissée (part élastique de la déformation) ce qui entraîne la libération de l'énergie élastique accumulé et donc le séisme. Le retour à la situation non ou moins plissée implique que les zones anciennement en subsidence, proche de la fosse (île Sentinelle) vont subir une forte surrection alors que les zones anciennement en surrection, loin de la fosse (Banda Ache) vont subir une forte subsidence.

■ 3. Au vu du modèle de la figure 9, quel est l'intérêt des observations de la figure 8 pour la prévision sismique ? 2 points.

Réponse à la question III-A-3

Si l'on peut reconstituer l'altitude atteinte par différentes zones de la plaque chevauchante juste avant un séisme il est alors possible de caractériser la déformation limite ou seuil à partir de laquelle il y a déverrouillage de la zone bloquée et donc séisme. Un enregistrement, en particulier par GPS permet de suivre en temps réel la déformation de la plaque supérieure et donc de prévoir quand un séisme pourrait se produire. Cependant cette approche n'est précise qu'à l'année ou la dizaine d'années près.

○ B. Exemple d'une évolution à moyen terme (plusieurs milliers d'années)

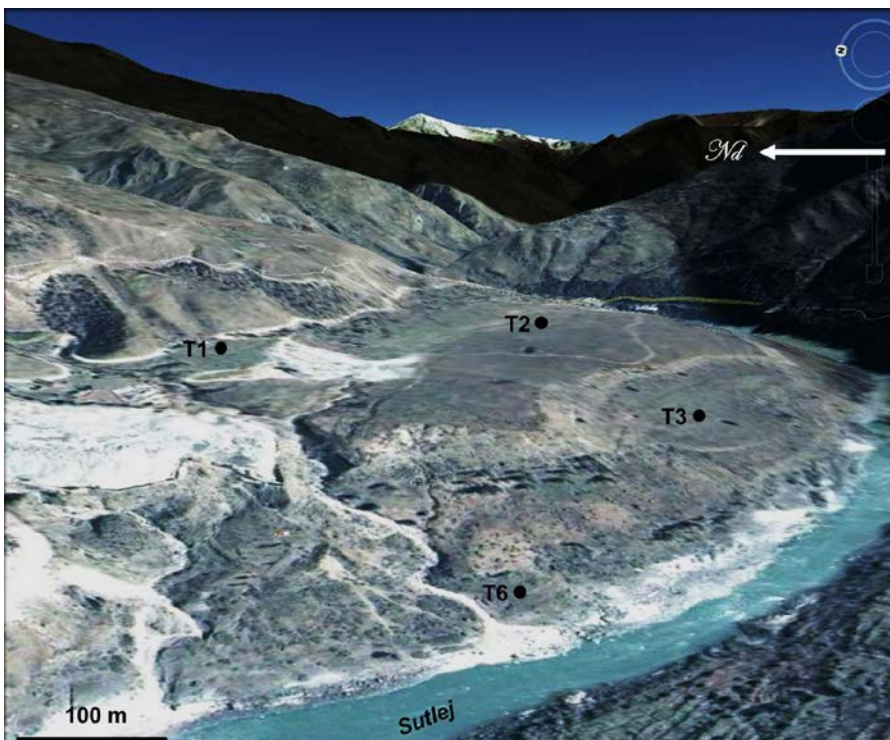


Figure 10 - Vue reconstituée en 3 dimensions de la vallée de la Sutlej (sud-ouest Himalaya). Pas d'exagération verticale (Google Earth).

■ 1. A partir de la figure 10, réalisez une coupe schématique descriptive de la morphologie de la vallée de la Sutlej. 3 points.

Réponse à la question III-B-1

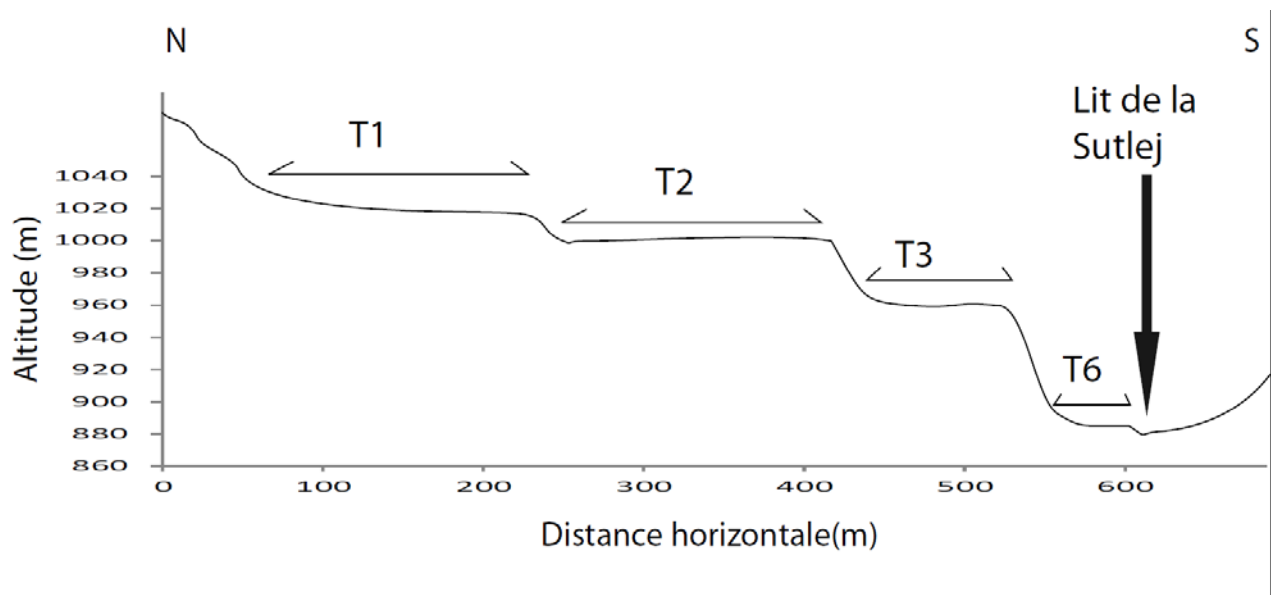


Figure C7 : Profil topographique schématique au travers de la vallée de la Sutlej mettant en évidence l'emboîtement des terrasses alluviales (T).

■ 2. Quelle est l'origine de cette morphologie ? 2 points.

Réponse à la question III-B-2

La vallée de la Sutlej présente une morphologie typique de terrasses alluviales étagées ou emboîtées. Chaque terrasse correspond aux dépôts alluviaux de la rivière à l'équilibre. La reprise d'incision de ces terrasses et la formation d'une nouvelle terrasse plus bas implique un changement dans les conditions d'érosion (surrection tectonique, augmentation du débit de la rivière via la pluviométrie ou encore baisse du niveau marin).

■ 3. Les âges de différentes surfaces d'altitude connue ont été mesurés (T1 : 1020m / 9900 ans ; T2 : 1005m / 8600 ans ; T3 : 965m / 6800 ans et T6 : 892 m / 3000 ans localisées sur la figure 10; source Bookhagen et al., Geology, 2006). Sachant que l'altitude de la rivière est de 885 m, calculez les vitesses d'incisions de la rivière par intervalle de temps. 3 points.

Réponse à la question III-B-3

Entre deux âges de mise en place de deux terrasses successives la vitesse d'incision est donnée par la formule :

$V = \text{différence d'altitude des terrasses} / \text{différence d'âge des terrasses}$

Entre T1 et T2 : 0.012m/an

Entre T2 et T3 : 0.022m/an

Entre T3 et T6 : 0.019m/an

Entre T6 et l'actuel : 0.002m/an

Ce qui donne le graphique suivant (non demandé) :

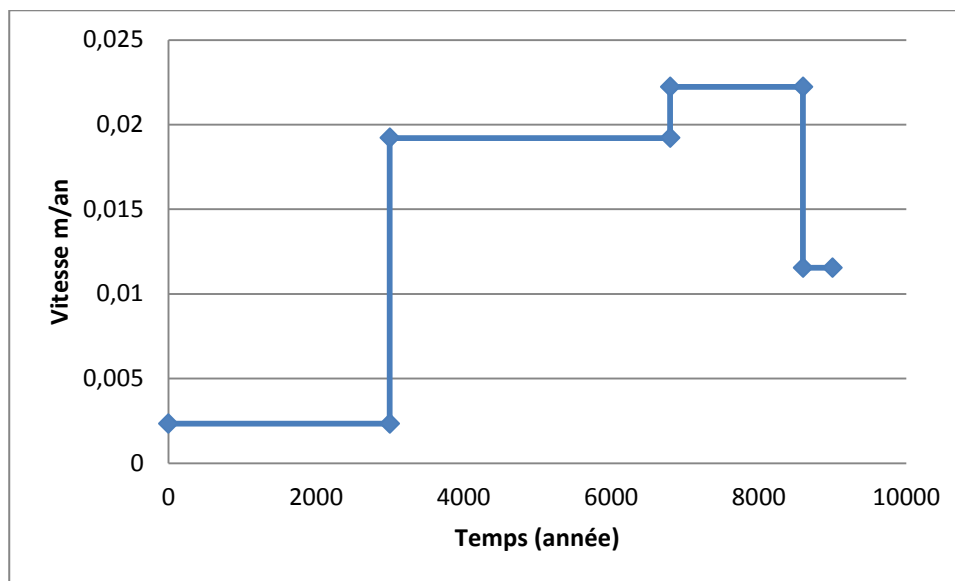


Figure C8 : Variation de la vitesse d'incision de la Sutlej depuis 9000 ans.

- 4. Quelle(s) est(sont) la(les) cause(s) possible(s) des variations de vitesse calculées ? 2 points.

Réponse à la question III-B-4

Ces variations de vitesse correspondent à des variations dans les conditions d'érosion et donc de la position du niveau de base de la rivière. Les conditions d'érosion peuvent être modifiées par le climat (par exemple ici une variabilité de la mousson), l'activation ou l'arrêt d'une faille associée à un soulèvement ou une subsidence du bassin versant (ici dynamique de l'Himalaya) ou enfin une modification du niveau marin. Une variation de la nature des lithologies incisées peut également être envisagée. Cependant un tel facteur a probablement peu d'impact sur la morphologie de la Sutlej et les variations des vitesses d'incision dans la mesure où pour changer de lithologie il faut que la reprise d'incision ait déjà été initiée.

Beaucoup de réponses sont restées trop généralistes et le contexte himalayen de l'étude n'a que peu été pris en compte. En particulier l'influence de la mousson n'a été évoquée que dans une seule copie.

- C. Exemple d'une évolution long terme (plusieurs millions d'années) régionale

- 1. Décrivez le relief visible sur la figure 11. Quelle est son origine ? 3 points.



Figure 11 – Panorama vers l'ouest de la région des Alpilles. Le lieu de la prise de vue est localisé sur la figure 13 (G. Mahéo).

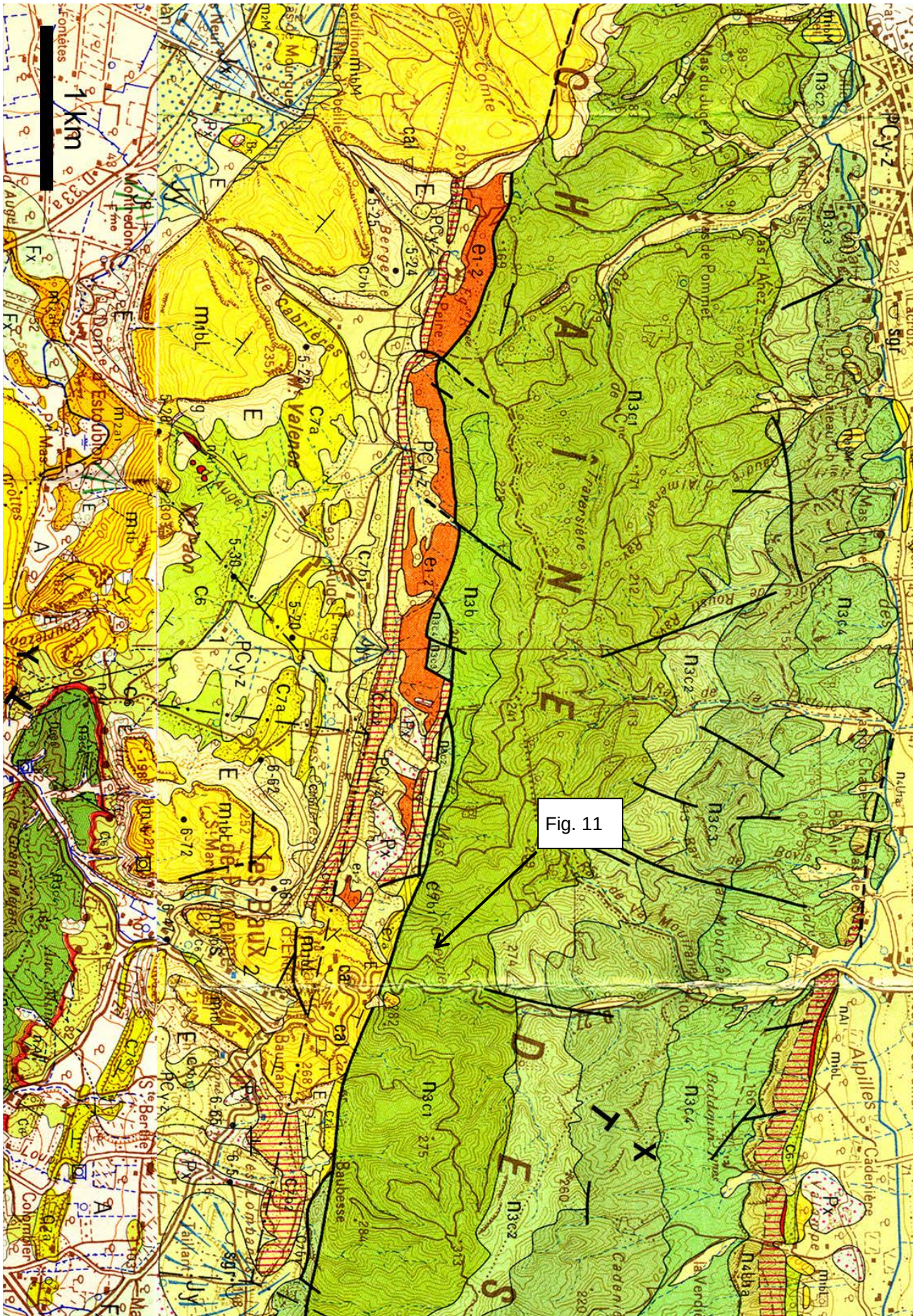
Réponse à la question III-C-1

Le relief correspond à une cuesta. Une cuesta est produite par l'érosion différentielle de couches géologiques légèrement basculées. La couche supérieure est plus résistante à l'érosion (ici des carbonates) et forme une falaise regardant dans la direction opposé au pendage général. Cette couche protège de l'érosion les couches inférieures. Les couches inférieures sont moins résistantes à l'érosion et forme un relief en pente douce (ici des argiles) opposé au pendage général.

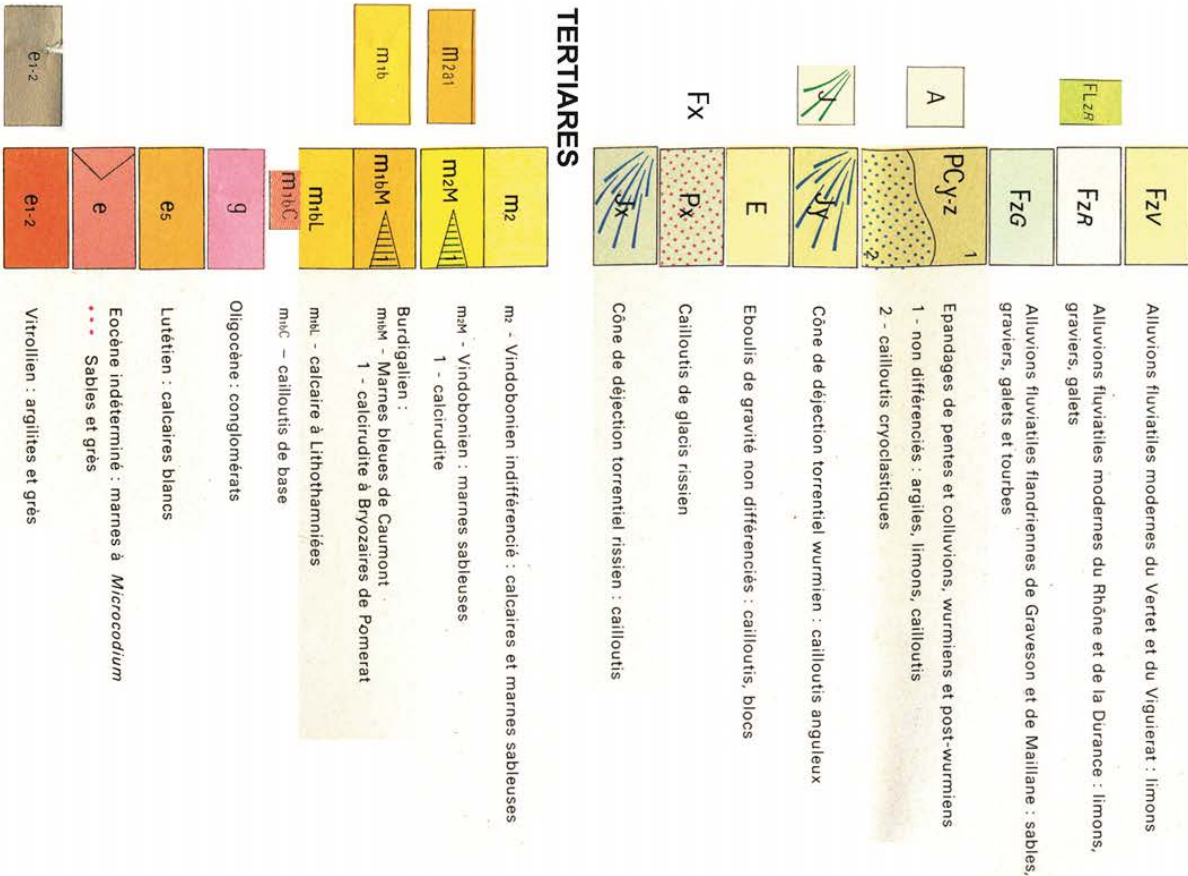
De nombreux candidat ont évoqué des falaises de calcaire Urgonien. Ce calcaire n'est pas le seul à faire des falaises. En s'appuyant sur le lieu et la direction de la prise de vu (données en légende) il été aisé de déterminer que les barres étaient formées de calcaires du Miocène.

- 3. A partir de la carte géologique de la figure 12, réalisez une coupe géologique entre les points X et Y. L'équidistance des courbes de niveau est de 10m. 15 points.

Figure 12 (page suivante) - Carte géologique de l'ouest des Alpilles réalisées à partir des cartes BRGM de Châteaurenard et Eyguières.

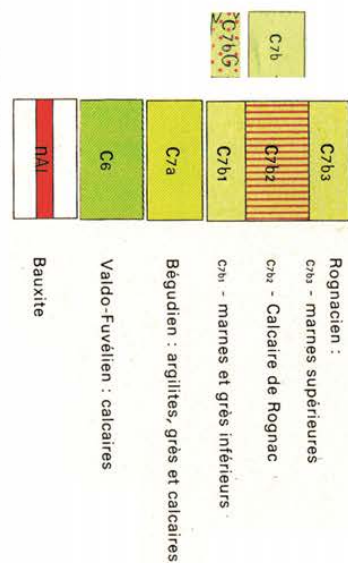
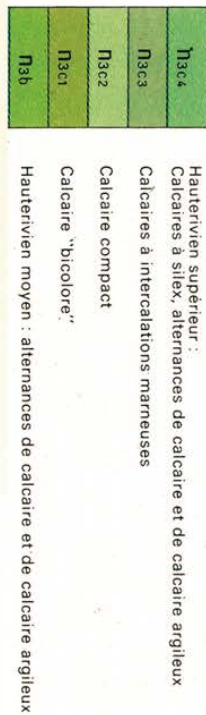


FORMATION SUPERFICIELLES ET QUATERNAIRES



SECONDAIRE

Crétacé supérieur

Crétacé inférieur
faciès UrgonienCrétacé inférieur
Néocomien

Pendage

Pendage vertical

Axe anticlinal



- 1 - Contour géologique
- 2 - Limite de faciès
- 3 - Faille
- 4 - Faille supposée

Figure 13 (sur la page précédente) – légende de la figure 13 (BRGM).

Réponse à la question III-C-3

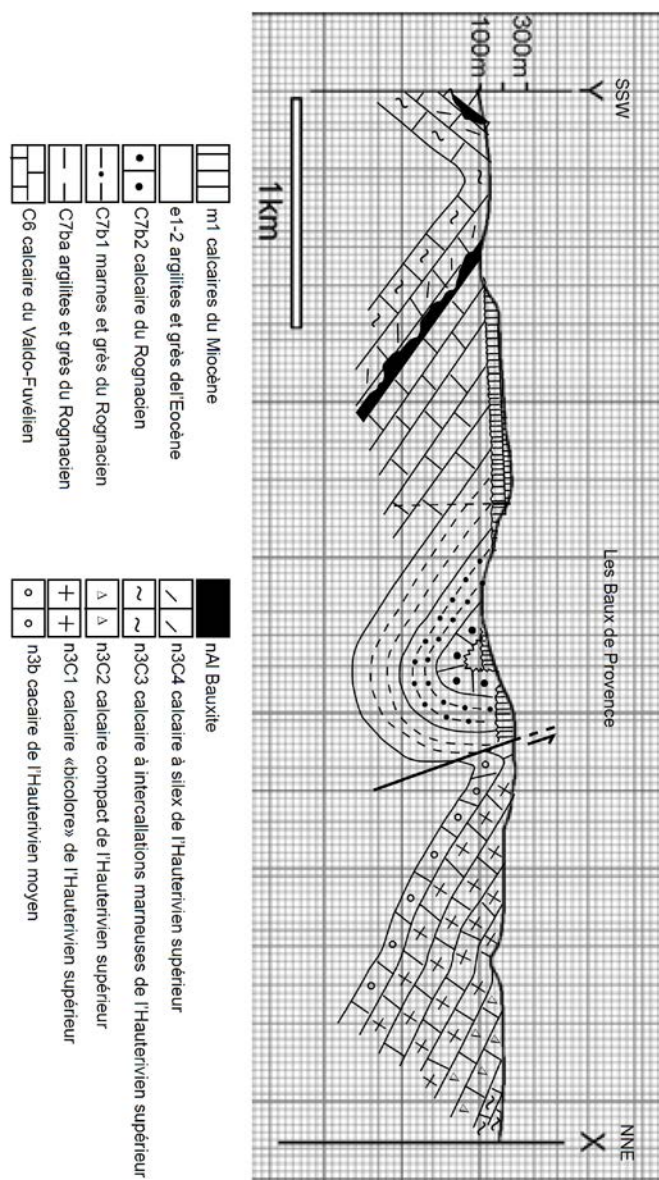


Figure C9 : Coupe géologique au travers de la région des Alpilles.

- 4. Reconstituez l'histoire de l'évolution du relief des Alpilles durant le Tertiaire. 3 points.

Réponse à la question III-C-4

L'histoire du relief de la région commence par une émergence au Crétacé supérieure marqué par la formation de reliefs dont l'érosion en contexte tropical est à l'origine de la formation de bauxite. Les sédiments continentaux déposés à la suite de cette émergence sont plissés entre l'Eocène et le Miocène suivant des plis d'axe est-ouest (phase pyrénéo-provençale). Cette phase de raccourcissement est aussi associée au chevauchement vers le sud des Alpilles et à la création d'un massif d'axe est-ouest. Le relief ainsi créé est partiellement comblé par des dépôts marins d'âge miocène lors d'un épisode transgressif. Ces formations sont ensuite légèrement basculées et érodées ce qui aboutit à la formation de reliefs de cuesta visibles sur la photographie de la figure 11.

NOM :

PRENOM :

N° DE SALLE :

Réponse à la question III-C-4 (suite)

Les candidats ont plus souvent traité l'histoire géologique de la région sans faire assez ressortir l'histoire du relief.

- D. Exemple d'une évolution long terme (plusieurs millions d'années) à l'échelle d'un orogène

Cette partie comporte un travail d'observation pétrographique sur poste suivant le planning affiché. Vous disposez de 20 minutes au poste d'observation. Les questions 3 et 4 peuvent être traitées indépendamment du travail d'observation.

■ 1. Analysez la lame mince et l'échantillon macroscopique correspondant. Votre réponse devra être accompagnée d'un dessin de la lame et de la roche. Vous disposez de 20 minutes au poste d'observation. 5 points.

Réponse à la question III.D.1

L'échantillon macroscopique montre une foliation à biotite, micas blanc, quartz et feldspath (et sillimanite) nette caractéristique d'une roche métamorphique. Cependant des niveaux clairs, formant parfois des yeux, aux minéraux peu déformés et pas ou peu orientés sont présents entre les zones foliées sombres. La minéralogie de ces niveaux clairs est caractérisée par l'assemblage quartz, feldspath et quelques biotites. Ce type de structure et de minéralogie est caractéristique d'une roche métamorphique ayant subi une fusion partielle avec recristallisation in-situ des produits de fusion (zone claire ou leucosome), il s'agit donc d'une migmatite. La minéralogie des zones sombres (mélanosome) indique que le protolithe était probablement une roche alumineuse (métapélites).

Leucosome à quartz + feldspath
(+biotite)



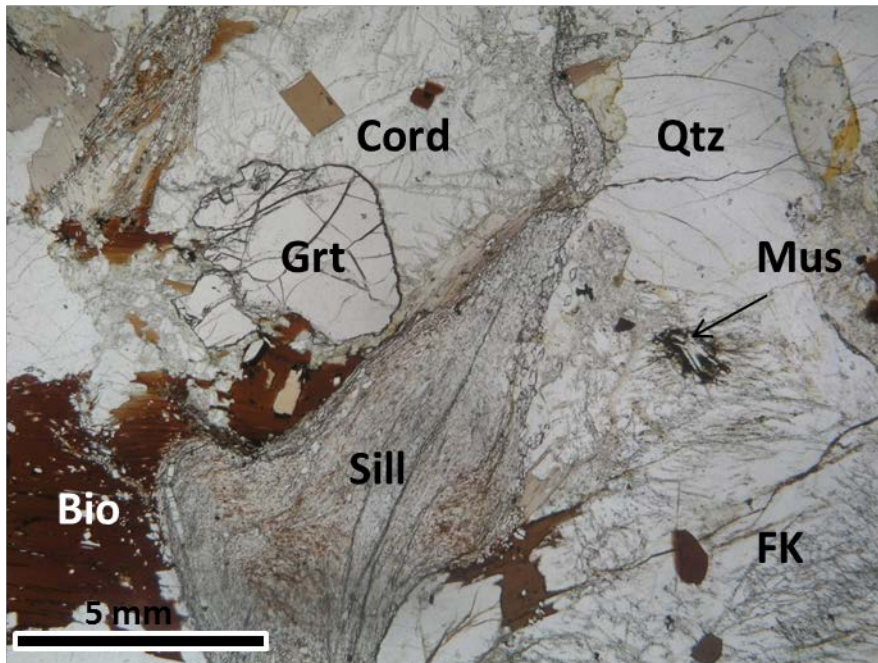
Foliation plissée (mélanosome) à
biotite + muscovite + quartz +
feldspath (+sillimanite)

Figure C10 : Photographie interprétée d'une migmatite.

L'analyse de la lame mince permet de préciser la minéralogie de cette roche et donc d'estimer les conditions de la fusion partielle. La foliation est peu visible en lame, on retrouve néanmoins des amas de sillimanites et de biotites orientés. Les autres minéraux sont le grenat, le feldspath potassique (souvent perthitique), le quartz (parfois myrmékitique) et la cordiérite souvent pinitisée. Des muscovites tardives remplaçant la sillimanite ou les feldspaths potassiques s'observent également. On peut également noter quelques minéraux accessoires : opaques, des zircons.

Ces assemblages minéralogiques confirment qu'il s'agit d'une migmatite dont le protolithe serait alumineux. La minéralogie est compatible avec une fusion dans le faciès granulitique de basse pression après déstabilisation des biotites.

Lumière polarisée non analysée



Lumière polarisée et analysée

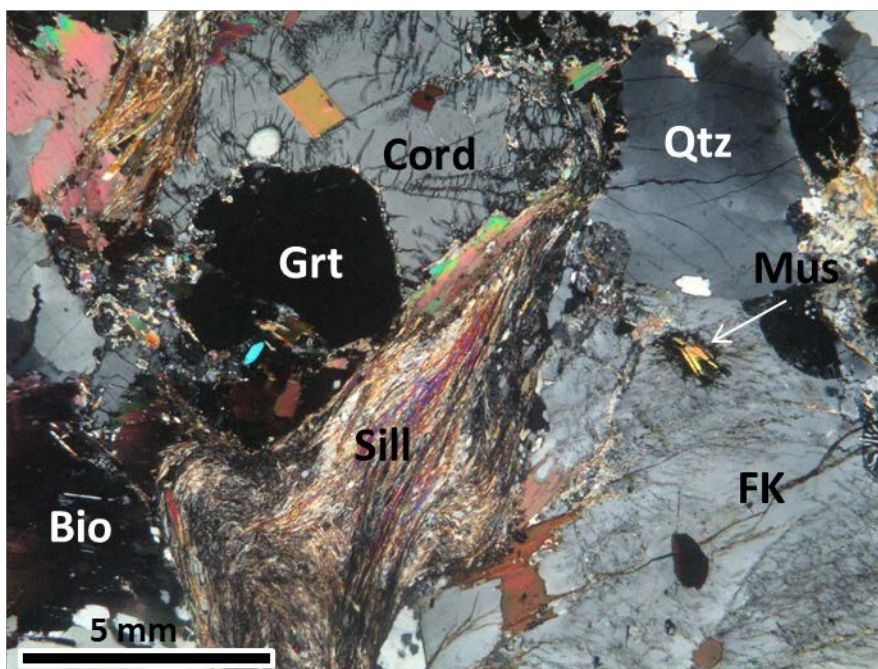


Figure C11 : microphotographie interprétée d'une migmatite à cordiérite-sillimanite.

NOM :

PRENOM :

N° DE SALLE :

Donner directement le nom des minéraux, la description de leurs propriétés optiques n'est pas nécessaire. Pour les dessins d'observation microscopique utiliser une échelle de distance plutôt qu'un grossissement (la représentation varie en fonction de l'observateur, de plus si vous voulez changer la taille d'un tel dessin scanné il faudrait recalculer l'échelle).

Il faut éviter le terme de lit pour décrire la foliation. Le terme de litage s'utilise pour décrire des plans successifs de minéralogie différente sans déformation des minéraux ce qui n'était clairement pas le cas ici. Il faut plutôt parler de niveau.

■ 2. Positionnez l'échantillon étudié dans le diagramme pression-température de la figure 14. 2 points.

Réponse à la question III-D-2

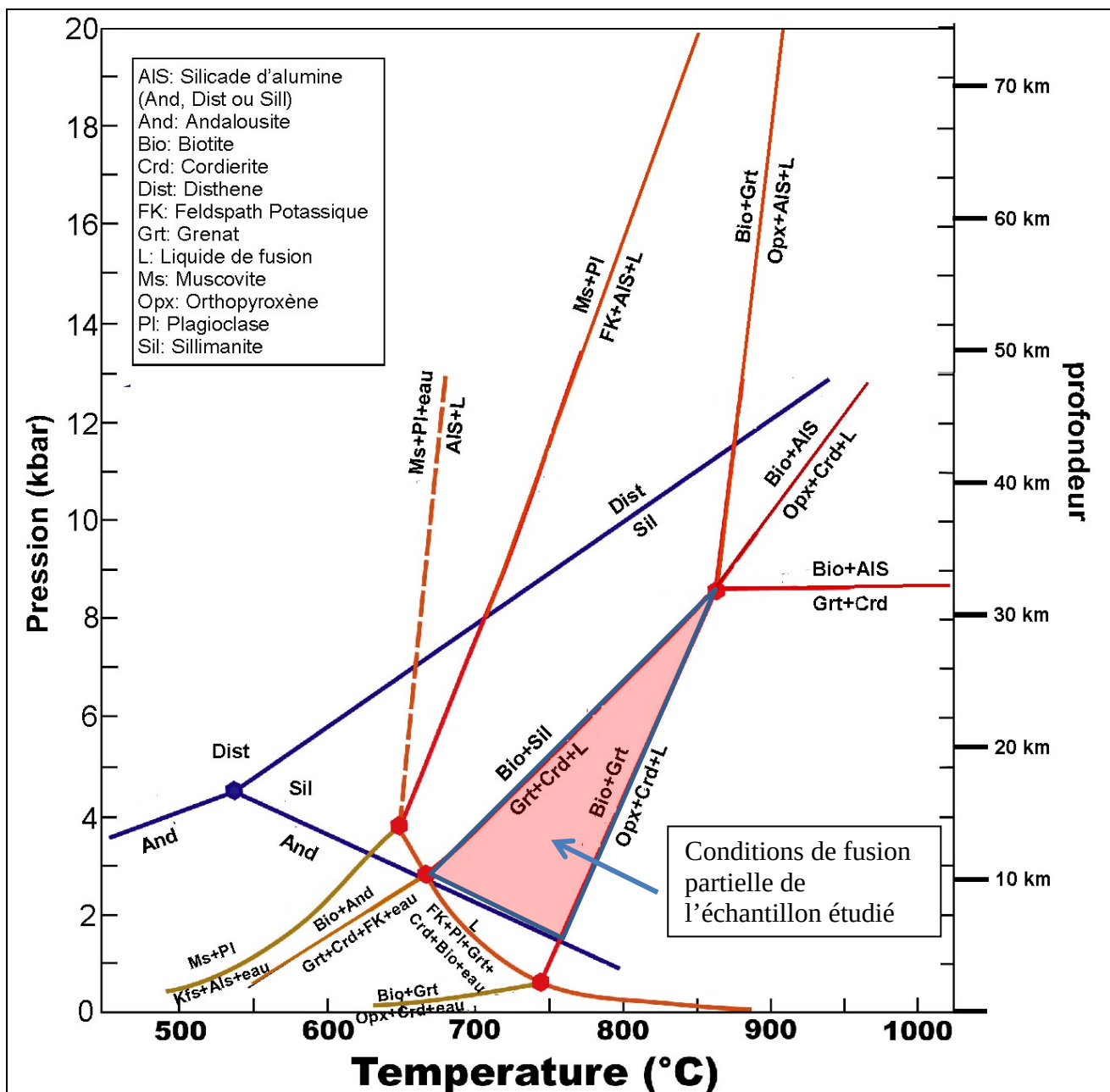


Figure 14 – Grille pétrogénétique simplifiée des métagranites et métapelites dans le système NKFMASH.

(D'après Spear et al., Contrib. Min. Petrol., 1999).

La minéralogie permet de déterminer un champ (en forme de polygone) dans cette grille PT. De nombreux candidats ont placé un point ce qui est trop restrictif.

- 3. A partir de la figure 14, localisez les zones de fusion partielle sur la figure 15. 2 points.

Réponse à la question III-D-3

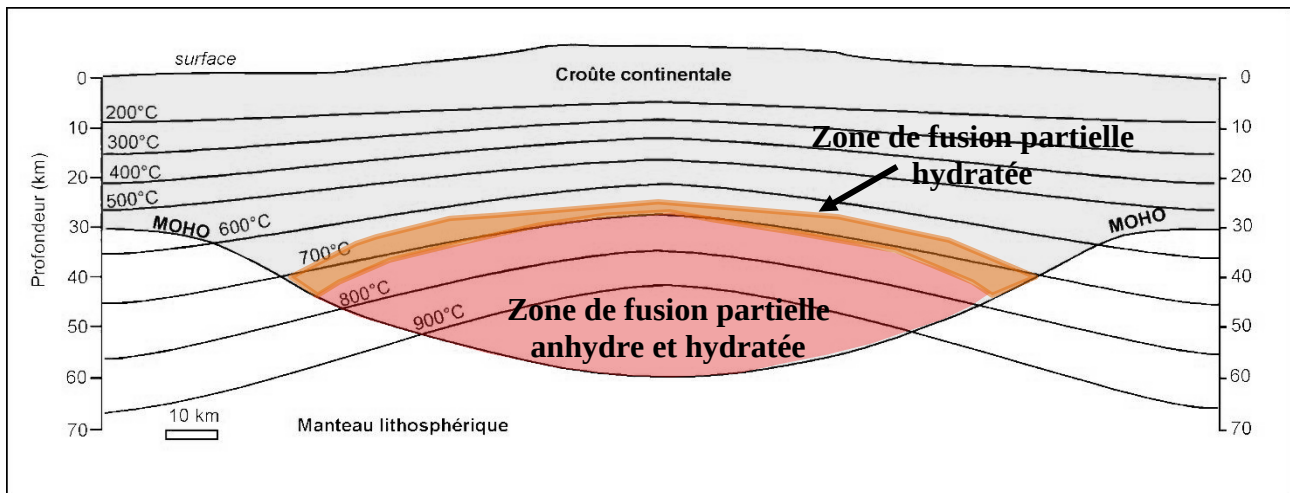


Figure 15 - Structure thermique théorique d'une zone épaissie de 70 km après 100 Ma. Réalisé à partir des modèles de Thompson & Connolly, J. Geophys. Res., 1995.

■ 4. La figure 16 donne l'évolution de la viscosité et de la résistance à la déformation des métapélites et méta-granites en fonction de leur taux de fusion partielle. Qu'en déduisez-vous sur l'évolution du relief de la chaîne de montagne représentée sur la figure 15 ? 2 points.

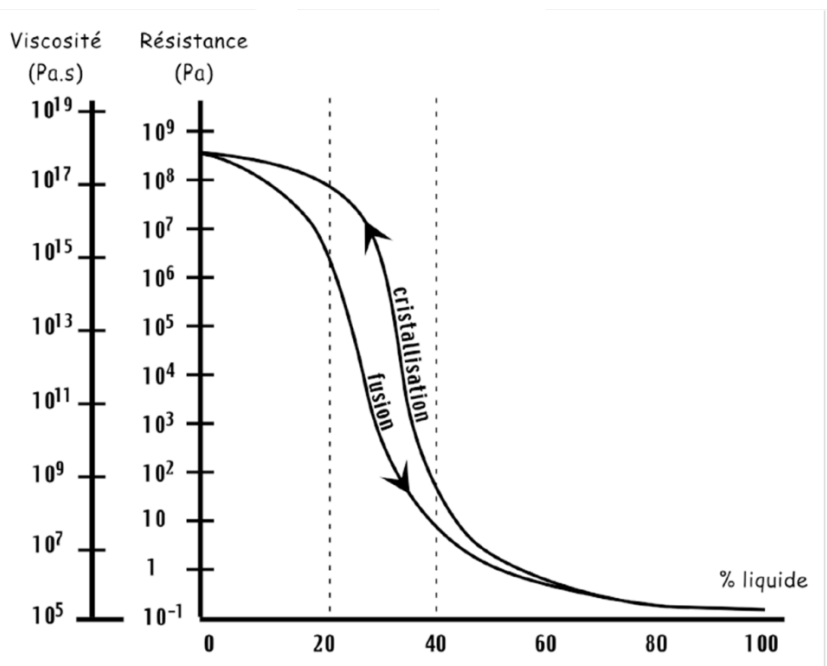


Figure 16 - Evolution de la viscosité et de la résistance à la déformation des métapélites et méta-granites en fonction de leur taux de fusion partielle. (D'après Vanderhaeghe, Tectonophysics, 2001).

Réponse à la question III-D-4

A partir d'une production de 20% de liquide la résistance et la viscosité des roches partiellement fondues chute fortement. Ces roches étant localisées à la base de la croûte épaissie (figure 15) elles vont former un niveau de faible viscosité et résistance basal dont l'existence va favoriser l'étalement gravitaire de la croûte supérieure non fondu. Ces roches vont également fluer latéralement depuis les zone épaissie vers le zones moins épaissie et donc favoriser le désépaississement des zones interne (dont l'altitude va diminuer suite à la réajustement isostatique). Dans ce contexte c'est une modification de la rhéologie de la chaîne qui favorise son étalement gravitaire et non une modification des contraintes au limites (vitesse de convergence et intensité de l'érosion en particulier).

• IV. Quelques aspects de l'interaction entre relief et dynamique externe à partir de l'exemple du système Himalaya-Tibet.

Durée conseillée : 1h00 – barème : 20/130

○ A. Etude paléo-environnementale du plateau du Tibet.

La figure 17 présente un diagramme pollinique obtenu dans un bassin sédimentaire continental Tertiaire de l'est du plateau du Tibet.

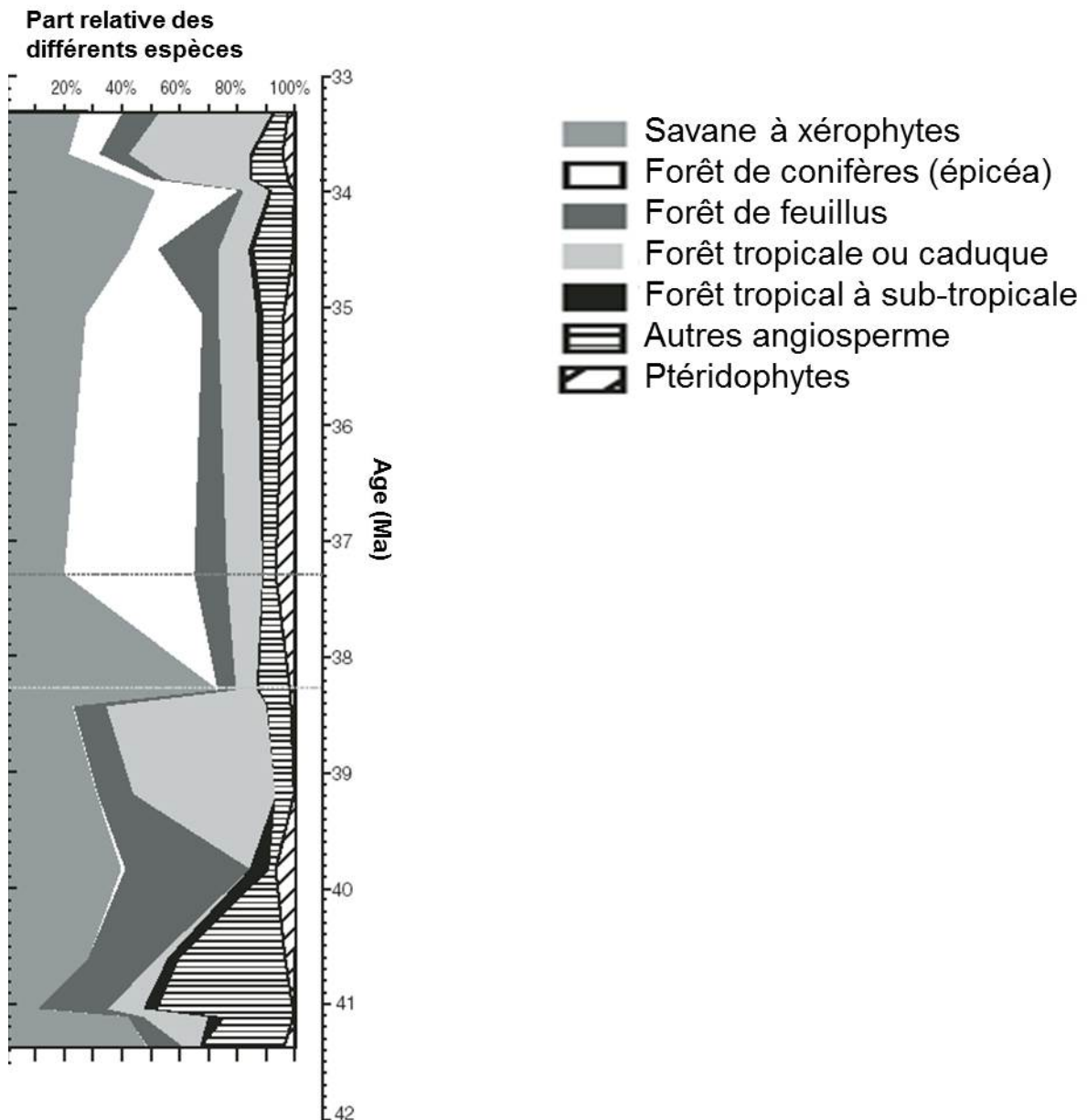


Figure 17 - Enregistrement pollinique dans un bassin continental détritique situé dans l'est du plateau du Tibet. (D'après Dupont-Nivet et al., *Geology*, 2008).

■ 1. Décrivez les grands changements de végétation visibles sur ce diagramme. Qu'indique cet enregistrement sur l'évolution du relief de l'est Tibet. 3 points.

Réponse à la question IV-A-1

Les principaux changements de végétation sont (1) l'apparition des conifères vers 38,2 Ma et la diminution associée de la part des espèces typiques des forêts tropicales ou caduques et (2) une diminution de la part des conifères et une augmentation des espèces typiques des forêts tropicales et caduques vers 34 Ma.

On peut également noter un pic des espèces typiques des savanes à xérophytes vers 38Ma.

Les conifères en particulier l'épicéa sont caractéristiques, aux latitudes tempérées, de l'étage de végétation subalpin (vers 2000m d'altitude). Par conséquent l'apparition des épicéas dans cette région pourrait correspondre à l'augmentation d'altitude associée à la formation du plateau du Tibet.

■ 2. Quel(s) autre(s) facteur(s) a/ont pu influencer l'évolution de la végétation? 2 points.

Réponse à la question IV-A-2

La répartition de la végétation dépend également du climat. De fait l'étagement de la végétation en altitude mime la répartition latitudinale des espèces (les hautes altitudes présentent des conditions de températures proches de celles des latitudes polaires). Donc un changement de végétation peut indiquer un changement de latitude plutôt qu'un changement d'altitude.

De plus, les changements climatiques modifient les conditions environnementales à une altitude donnée. Par exemple lors d'épisodes de refroidissement du climat les températures moyennes diminuent aux latitudes habituellement tempérées. Cette baisse de température est favorable à l'implantation plus proche des plaines d'espèces habituellement limitées aux hautes altitudes, donnant l'illusion dans l'enregistrement pollinique d'une augmentation d'altitude.

Pour être complet il faudrait donc en parallèle reconstituer le paléoclimat local ainsi que les paléo-latitudes.

○ B. Formation de l'Himalaya et climat

La figure 18 donne l'évolution de la composition en $\delta^{18}\text{O}$ de foraminifères benthiques dans l'Atlantique depuis 70Ma.

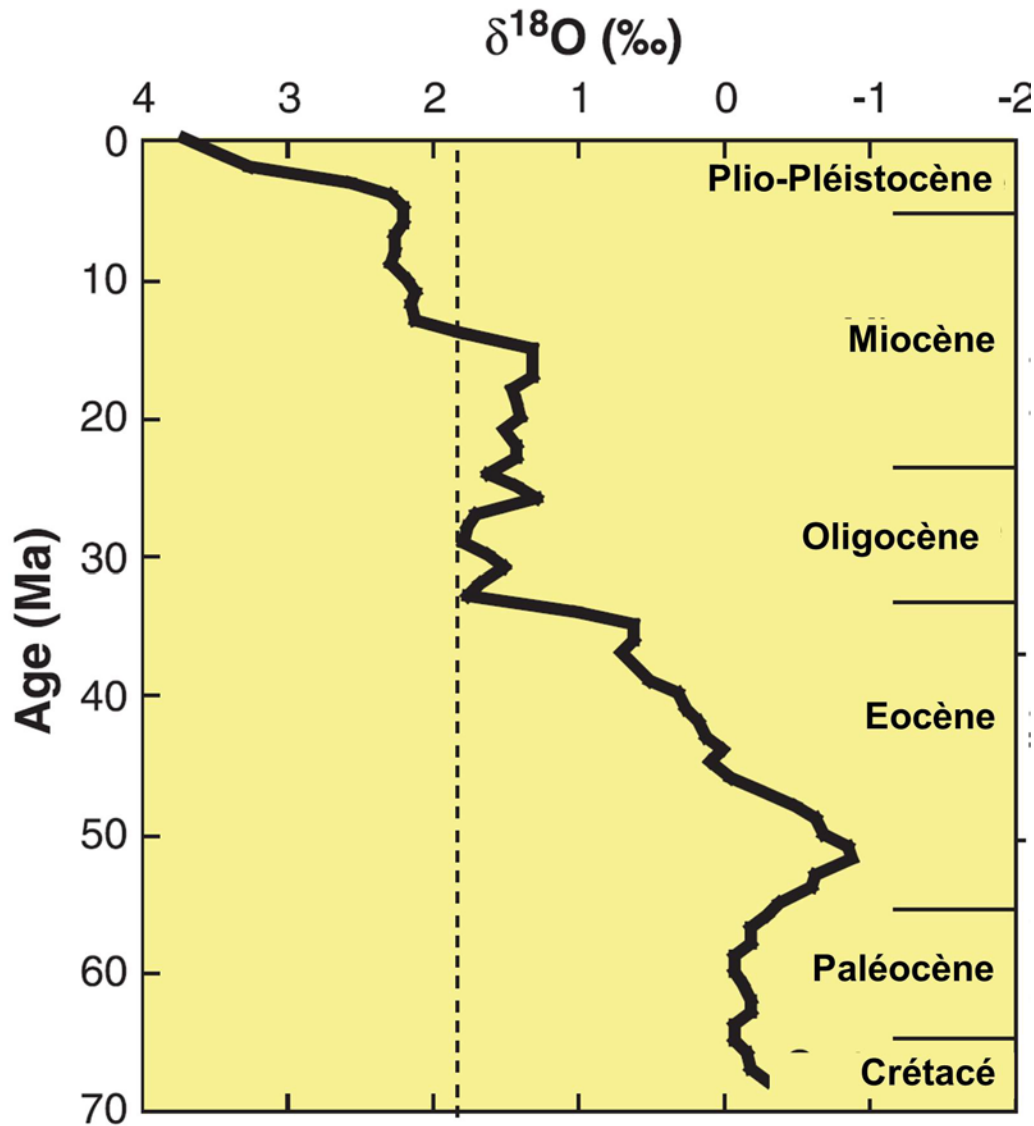


Figure 18 – Evolution de la composition en $\delta^{18}\text{O}$ des foraminifères benthiques de l'Atlantique depuis 70Ma.
(D'après Lear et al., Science, 2000).

■ 1. A partir de la figure 18, calculez la courbe d'évolution de la température des océans entre 70 et 35Ma. 4 points.

Vous utiliserez la relation suivante :

$$T = 16.9 - 4.0 (\delta^{18}\text{O}_c - \delta^{18}\text{O}_{em}) \text{ en } ^\circ\text{C} \text{ (Shackleton, Cent. Natl. Rech. Sci. Colloq. Int. 1974)}$$

Avec

$\delta^{18}\text{O}_c$: $\delta^{18}\text{O}$ des foraminifères benthiques en ‰

NOM :

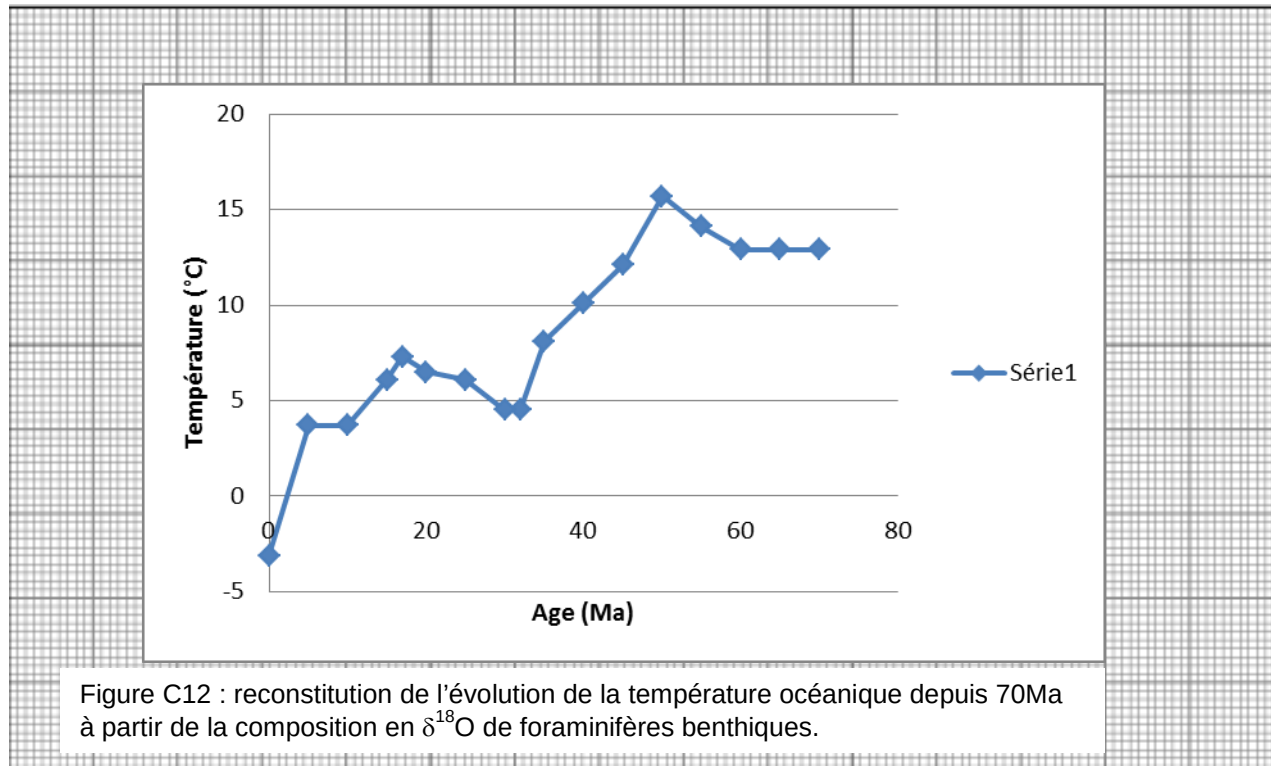
PRENOM :

N° DE SALLE :

$\delta^{18}\text{O}_{\text{em}}$: $\delta^{18}\text{O}$ de l'eau de mer en ‰

Vous prendrez $\delta^{18}\text{O}_{\text{em}}$ égal à -1.2‰

Réponse à la question IV-B-1



■ 2. Cette reconstitution de l'évolution de la température est-elle valable pour les eaux de surface ou les eaux profondes ? Justifiez votre réponse. 1 point.

Réponse à la question IV-B-2

Les mesures ayant été effectuées sur des foraminifères benthiques cette reconstitution est plutôt valable pour les eaux relativement profondes. Les foraminifères benthiques vivant au niveau des plates formes carbonatées, ces variations de température sont valables pour une eau située à quelque centaine de mètres de profondeur.

■ 3. Pour faire ce calcul, le $\delta^{18}\text{O}_{\text{em}}$ a été supposé constant au cours du temps (ce qui est justifié pour la période choisie). Dans quels cas cette condition n'est-elle pas réalisée ? 3 points.

Réponse à la question IV-B-3

Cette approximation est uniquement valable si le volume des glaces reste constant au cours du temps, ce qui n'est pas valable après 35 Ma qui correspond à la formation d'une grande calotte glaciaire.

En effet le fractionnement entre l'oxygène 18 et l'oxygène 16 est tel que le $\delta^{18}\text{O}$ des glaces est fortement négatif. Donc le piégeage d'eau sous forme de glace va entraîner une augmentation du $\delta^{18}\text{O}$ de l'eau de mer alors qu'une fonte entraîne une baisse de celui-ci (exemple des événements d'Heinrich). Cet effet peut expliquer en particulier pourquoi on obtient des températures négatives pour les reconstitutions actuelles avec l'approche utilisée (Figure C12).

■ 4. La figure 19 donne l'évolution de la masse de carbonates marins formés pendant le Tertiaire.

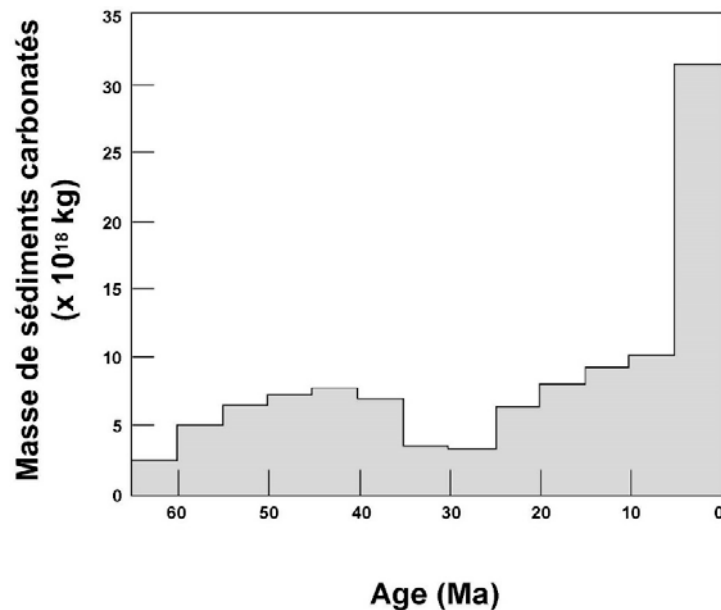


Figure 19 – Reconstitution de la masse de carbonates formés au Tertiaire. (D'après Hay et al., J. Geophys. Res., 1988).

Quel lien pouvez-vous faire entre la figure 19 et l'évolution de la température marine que vous avez reconstituée ? 3 points.

Réponse à la question IV-B-4

Il n'y a pas de corrélation nette, car la période d'augmentation du volume des carbonates commence après la baisse de température (vers 30-25 Ma). On peut noter que dans un premier temps (65 à 55 Ma) le volume des carbonates augmente légèrement ainsi que la température de l'eau de Mer. Cette légère corrélation pourrait être associée au fait qu'une augmentation de température favorise la précipitation des carbonates, ainsi que le développement d'organisme à test carbonaté. De même la faible baisse observée entre 35 et 30 Ma pourrait être un effet direct de la baisse de température de la mer sur la précipitation des carbonates. Cependant cette corrélation est très légère et l'on pouvait évoquer la difficulté de reconstituer les volume de carbonates anciens (certains ont été dissous, subductés ou sont enfouis).

■ 5. En vous appuyant sur la figure 20 et les questions précédentes, discutez de l'influence de la formation de l'Himalaya sur le climat global. 4 points.

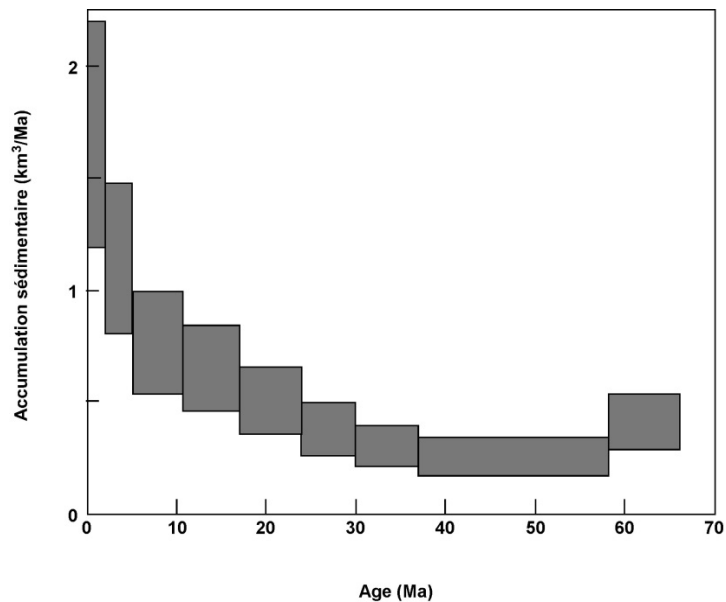


Figure 20 - Évolution du taux de sédimentation terrigène autour de l'Inde et du Tibet (d'après Avouac & De Wever, Himalaya – Tibet, le choc des continents, CNRS Ed.)

Réponse à la question IV-B-5

La sédimentation terrigène autour de l'Inde et du Tibet correspond à une accumulation de sédiments détritiques en particulier dans de grands cônes sous-marins comme ceux de l'Indus et du Brahmapoutre. Les sédiments proviennent directement de l'érosion de l'ensemble Himalaya-Tibet. L'augmentation du taux de sédimentation terrigène autour de l'Inde et du Tibet observée dans la figure 20 est à relier à la formation de la chaîne himalayenne et à l'érosion des reliefs constitués (la collision a lieu vers 50-60Ma).

Cette augmentation du volume de sédiments détritiques est corrélée à la baisse de température océanique reconstituée à la question B1.

Ce phénomène est lié à l'altération des silicates incluant du calcium dans leur chimie (plagioclases, clinopyroxènes). Le calcium ainsi libéré est transporté par les rivières vers les océans. L'augmentation de la concentration en Ca des océans déplace l'équilibre de la réaction de précipitation des carbonates vers une augmentation de la formation de ces derniers impliquant une augmentation du stockage de CO₂. Comme expliqué précédemment, cette augmentation du volume des carbonates explique la baisse du CO₂ atmosphérique et donc la baisse de la température globale. On notera que le bilan de l'altération des carbonates dans les chaînes de montagnes est nul puisque le CO₂ libéré lors de l'altération est re-stocké lors de la précipitation des carbonates marins.

Ce phénomène présente cependant une limite, car la baisse de température va limiter l'altération chimique donc à priori il ne peut expliquer une évolution sur le long terme. Parmi les autres facteurs pouvant expliquer le maintien de la baisse de température on pouvait citer le piégeage du carbone organique dans les bassins détritiques avant chaînes (plaine du Gange).

5.4 Epreuve de travaux pratiques de contre-option du secteur A : Sujet et commentaires

L'épreuve pratique de contre-option du secteur A abordait cette année quelques aspects des parois cellulaires. Dans ce sujet, différentes expériences très classiques dans les domaines de la biologie cellulaire et de la biochimie ont été proposées. Celles-ci sont tout à fait transposables au lycée. Le TP était composé de trois parties, chacune comportant une partie expérimentale et une partie exploitation de résultats expérimentaux. Ces trois parties pouvaient être abordées indépendamment les unes des autres. De nombreux schémas et dessins d'observation étaient demandés, le jury regrette leur manque de qualité et leur réalisation trop simpliste.

Partie I : Quelques propriétés et rôles des parois cellulaires

La nécessité d'incuber pendant 1h un échantillon imposait aux candidats de débiter par cette partie. Elle a donc été traitée par l'ensemble des candidats.

Dans un premier temps, une observation d'épithélium d'oignon rouge dans deux conditions expérimentales (eau et saccharose) était proposée. Hormis quelques candidats qui n'ont pas réussi à prélever correctement l'épithélium, les préparations ont été réussies. Toutefois, il est étonnant de constater que pour beaucoup de candidats, seule la vacuole perd de l'eau et se rétracte dans des conditions de plasmolyse. Le positionnement de la membrane plasmique était très souvent incorrect.

Une préparation de protoplastes de cellules de mésophylle de poireau était ensuite attendue. Quelques candidats ont réussi à obtenir de très beaux protoplastes. Très peu de candidats identifient les restes de paroi incomplètement digérée et confondent de simples cellules dissociées avec des protoplastes. De manière étonnante, pour de nombreux candidats, cette préparation semble faire disparaître aussi la vacuole. Enfin, pour de nombreux candidats, un protoplaste est un plaste indifférencié. S'en suivait l'analyse de photographies de protoplastes incubés dans de l'eau afin de faire réfléchir les candidats sur le rôle des parois cellulaires. La plupart a bien perçu le gonflement mais très peu l'éclatement des protoplastes. Les réponses aux questions sur les rôles de la paroi ressemblaient plus à une récitation de cours qu'à une interprétation depuis l'observation et l'analyse des documents proposés.

Partie II : Caractérisation et observation de quelques parois cellulaires

Ici, le jury attendait des candidats qu'ils adoptent une démarche autonome de recherche des divers constituants des parois de quelques cellules végétales observables sur les échantillons biologiques proposés : tige d'Angiosperme, suspension de levures, champignon de Paris.

Globalement, très peu ont adopté cette démarche de recherche ; la plupart du temps, les candidats partent de leurs connaissances, postulent que l'on doit trouver tel composé dans telle paroi et l'unique préparation réalisée est une simple illustration de leur propos. C'est un peu dommage.

Partie I : Quelques propriétés et rôles des parois cellulaires

Durée conseillée : 40 minutes-barème : 65/200

I-A. Observation de cellules végétales dans différentes conditions

Prélevez à l'aide d'une pince fine 2 fragments d'épithélium de tunique d'oignon rouge.

Incubez aussitôt les fragments dans un verre de montre contenant de l'eau ou bien une solution de saccharose 1M.

Montez vos échantillons entre lame et lamelle avec une goutte du milieu d'incubation.

I-A-1 : Réalisez deux dessins d'observation comparés de vos résultats. Légendez et titrez avec précisions vos dessins.

Appelez l'examineur pour vérification de l'échantillon incubé dans le saccharose.

Réponse à la question I-A-1.

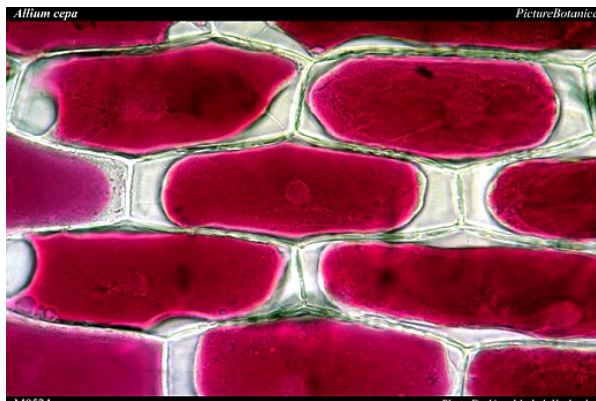
Dessin n°1



Observation de cellules épithéliales de tunique d'oignon rouge montées dans de l'eau (MO X100)

Légendes : paroi squelettique, vacuole, noyau quand il est visible

Dessin n°2



Observation de cellules épithéliales de tunique d'oignon rouge montées dans de l'eau+ saccharose (MO X100)

Légendes possibles : paroi squelettique, vacuole, noyau quand il est visible, travées cytoplasmiques, membrane plasmique (elle devient visible par endroits), emplacement d'un plasmodesme, cytoplasme.

I-A-2 : Commentez l'état des cellules dans chaque condition d'incubation.

Réponse à la question I-A-2.

Cellules montées dans l'eau : cellules turgescentes

Cellules montées dans eau + saccharose : cellules plasmolysées

I-B. Préparation de protoplastes

I-B-1 : Définissez un protoplaste.

Réponse à la question I-B-1.

Il s'agit d'une cellule végétale dépourvue de sa paroi squelettique.

Protocole de préparation de protoplastes de cellules de mésophylle de poireau :

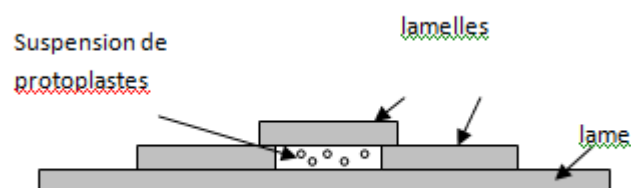
Otez à l'aide d'une pince fine la couche épidermique d'une feuille de poireau (côté terne) sur environ 1 cm².

Découpez le morceau de feuille de poireau « dénudé » et placez la face « dénudée » vers le bas dans une petite boîte de pétri contenant quelques millilitres de la solution de digestion de la paroi (solution fournie). Cette solution contient des hydrolases des molécules pariétales et du mannitol à forte concentration (10%), un soluté auquel les cellules végétales sont imperméables.

Incubez pendant au moins 1 heure à l'étuve à 37°C.

Grattez délicatement la surface foliaire au contact de la solution et récupérez quelques gouttes de la suspension obtenue ; il est conseillé de récupérer la solution là où vous avez gratté l'échantillon.

Placez ces quelques gouttes sur une lame selon le montage proposé ci-dessous :



I-B-2 : Justifiez l'emploi de mannitol dans la solution de préparation des protoplastes.

Réponse à la question I-B-2.

Le mannitol permet d'avoir un milieu hypertonique ; les cellules incubées en sa présence vont donc se plasmolyser fortement, c'est-à-dire diminuer de volume, se rétracter de leur paroi. Ceci va permettre l'obtention de protoplastes sans éclatement cellulaire.

I-B-3 : Réalisez un dessin d'observation de vos résultats. Appelez l'examineur pour vérification.

Réponse à la question I-B-3.



Membrane plasmique, vacuole centrale, chloroplastes (noyau si visible) ; pas de paroi.
Forme sphérique

I-B-4 : Interprétez vos résultats.

Réponse à la question I-B-4.

-on peut commenter la forme des protoplastes : ils sont sphériques contrairement aux cellules végétales avec paroi ; paroi en partie responsable de la forme cellulaire.

-on peut commenter le fait que les cellules n'éclatent pas : ceci est possible car le milieu est hypertonique riche en mannitol concentré.

C Incubation de protoplastes dans l'eau

Des protoplastes de cellules épidermiques d'oignon rouge ont été préparés et à un instant t, de l'eau a été ajoutée dans la chambre d'incubation. Des photos, toutes à la même échelle, représentatives de

leur évolution au cours des quelques minutes suivant l'ajout d'eau sont présentées sur la page suivante (site ac-orleans-tour.fr).

I-C-1 : Légendez les clichés ci-dessus :

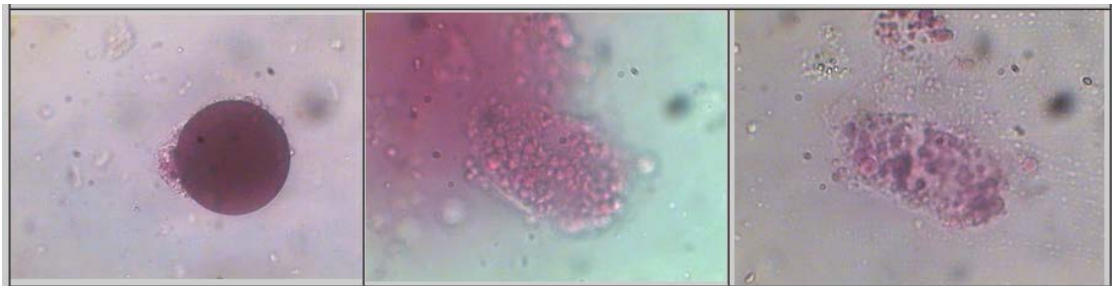
Protoplaste n°1 :

Déformation et gonflement du
protoplaste, décoloration de la vacuole



Protoplaste n°2 :

Gonflement et éclatement du protoplaste



temps

5 min

I-C-2 : Interprétez les résultats quant aux rôles de la paroi cellulaire mis en évidence ici.

Réponse à la question I-C-2.

Lorsque l'on ajoute de l'eau, le milieu devient hypotonique par rapport au contenu cellulaire (potentiel hydrique augmente), l'eau pénètre alors dans le protoplaste (entrée d'eau dans le sens des potentiels hydriques décroissants) ; celui-ci gonfle et comme il est dépourvu de paroi, il éclate.

Ceci met en évidence plusieurs rôles majeurs de la paroi squelettique des cellules végétales :

- elle limite les entrées d'eau et participe à l'homéostasie cellulaire ; elle empêche donc l'éclatement cellulaire alors que les cellules végétales vivent dans un milieu dilué.

- elle permet ainsi un état de turgescence de la cellule ; ce qui a un rôle clé dans la mise en place d'une forme, d'un volume cellulaire, mais aussi dans la croissance des cellules jeunes par auxèse,

mais encore elle contribue à la formation d'un hydrosquelette, ce qui participe au port dressé du végétal.

Partie II : Caractérisation et observation de quelques parois cellulaires

Durée conseillée : 50 minutes-barème : 80/200

II-A. Caractérisation de quelques parois cellulaires

Réalisez les montages microscopiques que vous estimez pertinents à partir des échantillons biologiques et des réactifs proposés afin de caractériser la composition de quelques parois cellulaires.

Le jury évaluera la pertinence et la qualité de vos montages.

Echantillons biologiques :

- tige d'Angiosperme conservée dans l'alcool.
- suspension de levures à 1g/L.
- champignon de Paris.

Réactifs proposés et rappels des protocoles d'usage:

Réactifs	Protocoles d'usage
Lugol	Montage de la préparation entre lame et lamelle dans une goutte de lugol.
Bleu coton lactique	Montage de la préparation entre lame et lamelle dans une goutte de bleu coton lactique.
Carmin-vert d'iode de Mirande	Incubation de l'échantillon dans l'eau de javel pendant 10 minutes. Rinçage à l'eau. Transfert de l'échantillon dans l'acide acétique pendant 1 minute. Incubation de l'échantillon dans le carmin-vert d'iode de Mirande pendant 2 à 3 minutes. Rinçage à l'eau. Montage dans l'eau.

Vous disposez aussi de moelle de sureau et de petits paniers grillagés.

II-A-1. Justifiez vos choix de colorants.

Réponse à la question II-A-1.

Le bleu coton lactique permet de marquer la chitine, présente dans la paroi des champignons

Le carmin vert d'iode de Mirande permet un double marquage :

- marquage en rose des parois pecto-cellulosiques (carmin acétique)
- marquage en vert des parois lignifiées (vert d'iode)
- marquage en brun-jaunâtre des parois subérifiées (vert d'iode)

Le lugol permet de marquer l'amidon qui n'est pas un composé pariétal et ne sera donc pas employé ici.

--

II-A-2. Présentez et interprétez tous vos résultats dans le tableau proposé. Appelez l'examineur pour vérification du montage réalisé avec la tige d'Angiosperme.

Nature de l'échantillon	Coloration employée	Résultat	Interprétation
Levures	Bleu coton lactique	Marquage bleu intense	Présence de chitine
Champignon de paris	Bleu coton lactique	Marquage bleu des parois	Présence de chitine
Coupe transversale de tige d'Angiosperme	Carmin vert d'iode	Marquage en rose de certaines parois Marquage en vert d'autres parois	Parois pecto-cellulosiques pour certains tissus (parenchymes, collenchymes, phloème I et II, épiderme) Parois lignifiées (sclérenchyme, xylème I et II)
<u>Résultats négatifs avec les autres montages</u>			

II-A-3 : Rappelez la nature de la lignine. Expliquez les modalités et les conséquences à l'échelle cellulaire de la lignification des parois végétales.

Réponse à la question II-A-3.

La lignine est un composé macromoléculaire polyphénolique ;

des monomères variés de type monolignols (alcool coumarylique, coniférylique ou synapilique) de petite taille et hydrophiles, sont sécrétés dans la paroi par la cellule ; dans la paroi, des peroxydases assurent un cross-linking des monolignols entre eux et avec les molécules pariétales; il en résulte un composé de haute masse moléculaire et de comportement hydrophobe.

Ceci a pour conséquence de rigidifier la paroi, de bloquer la croissance cellulaire, d'imperméabiliser la paroi et finalement, si la lignification est importante, la cellule meurt en fin de différenciation.

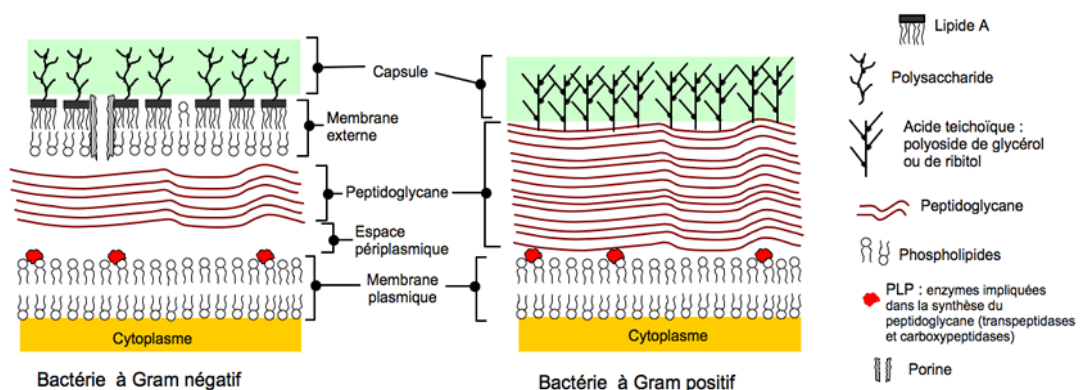
Les Eubactéries présentent également des enveloppes cellulaires comportant une paroi. Le test de GRAM permet par ailleurs de distinguer des bactéries GRAM+ et des bactéries GRAM-.

II-A-4 : Réalisez un schéma simple comparatif des enveloppes cellulaires, vues en coupe, des deux types de bactéries. Rappelez le composant biochimique essentiel de la paroi bactérienne.

Réponse à la question II-A-4.

Composant chimique essentiel de la paroi bactérienne : peptidoglycane

Il s'agit de longues chaînes glucidiques de NAG et de NAM reliés entre eux par des liaisons osidiques beta 1-4. Les chaînes glucidiques sont maintenues parallèles entre elles par des ponts de courts peptides (associés aux NAM ; ces ponts sont reliés par une chaîne de pentaglycine).



II-B. Organisation moléculaire de la paroi de quelques champignons

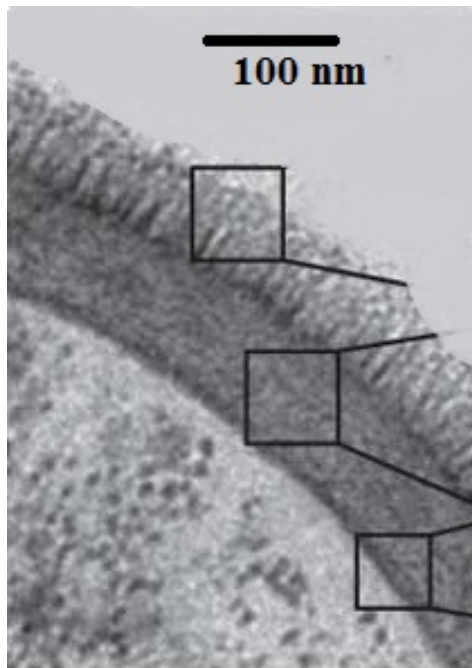
La composition et l'organisation de la paroi de quelques champignons ont été approfondies.

	Poids sec de la paroi (%)	
	<i>S. cerevisiae</i>	<i>C. albicans</i>
Mannoprotéines	35-40	35-40
β 1-3 glucanes	5-10	20
β 1-6 glucanes	50-55	40
Chitine	1-2	1-2

Tableau comparant la composition de *S. cerevisiae* et *C. albicans*.

Une partie des glucanes est liée de manière covalente avec des molécules de chitine. De nombreux glucanes de plus faible masse molaire ainsi que les mannoprotéines (protéines glycosylées par des chaînes de mannose) ne sont pas liés ainsi.

La paroi de *S. cerevisiae* a été observée en microscopie électronique à transmission (MET) à fort grossissement :



d'après S.E Hardison et al, Nature Immunology, 2012

II-B-1 : Commentez l'organisation de la paroi de la cellule fongique visible sur le cliché de MET.

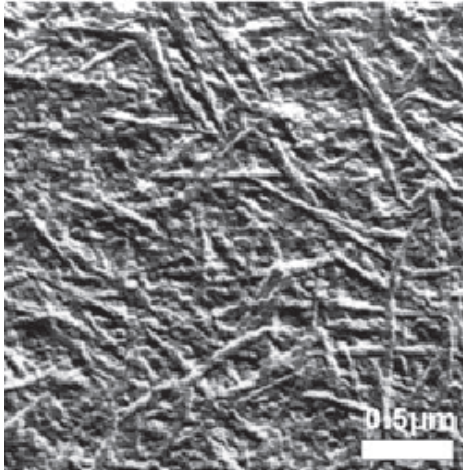
Réponse à la question II-B-1

On observe clairement deux parties dans cette paroi :

-une partie interne plus dense, plaquée extérieurement contre la membrane plasmique de 80 à 100 nm d'épaisseur

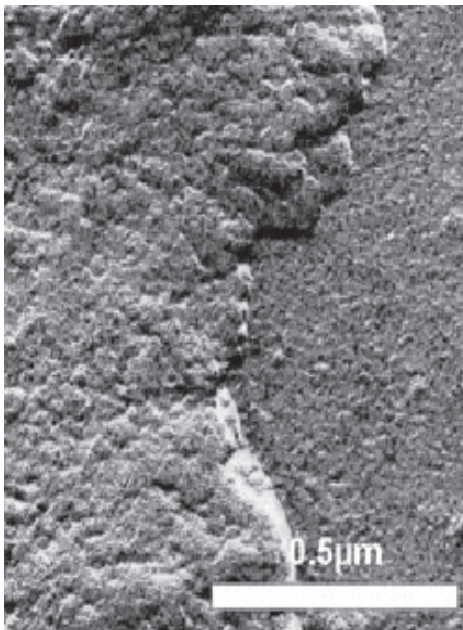
-une partie externe d'aspect plus lâche et fibreux, de 60-70 nm d'épaisseur

Un traitement alcalin à la soude 1N est effectué sur la paroi du champignon zygomycète *Conidiobolus obscurus* puis des répliques carbone-platine sont réalisées et observées en microscopie électronique à balayage (MEB) :



Observation en MEB de la réplique carbone-platine de la paroi après le traitement alcalin de la paroi à la soude.

On précise que ce traitement élimine la couche superficielle de la paroi.



Observation en MEB de la réplique carbone-platine de la fraction de paroi solubilisée et récupérée après le traitement alcalin à la soude 1N.

d'après J.P. Latgé, 2007

II-B-2 : Analysez les résultats

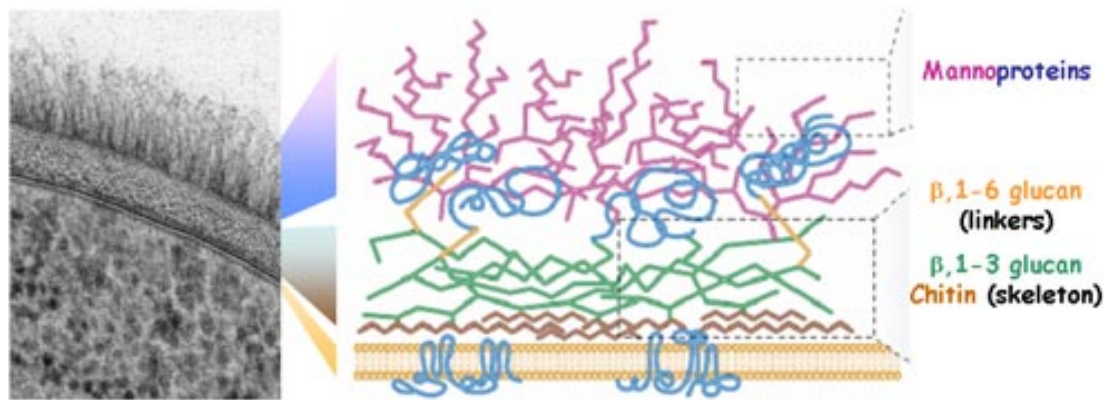
Réponse à la question II-B-2

Une fois la couche superficielle éliminée, on observe la couche interne plaquée contre la membrane plasmique qui a un aspect très riche en fibres entrecroisées : composante fibrillaire de chitine et de glucanes reliés de manière covalente aux chitines.

La couche superficielle qui a été solubilisée forme une sorte de matrice amorphe : c'est la composante matricielle de la paroi, constituée des autres glucanes non reliés aux chitines, et des mannoprotéines.

II-B-3 : Proposez un schéma montrant l'organisation moléculaire de la paroi d'une cellule fongique, vue en coupe. La membrane plasmique sera positionnée.

Réponse à la question II-B-3



Partie III : Etude de quelques molécules pariétales

Durée conseillée : 30 minutes-barème :55 /100

III-A. Organisation de la cellulose et de la chitine

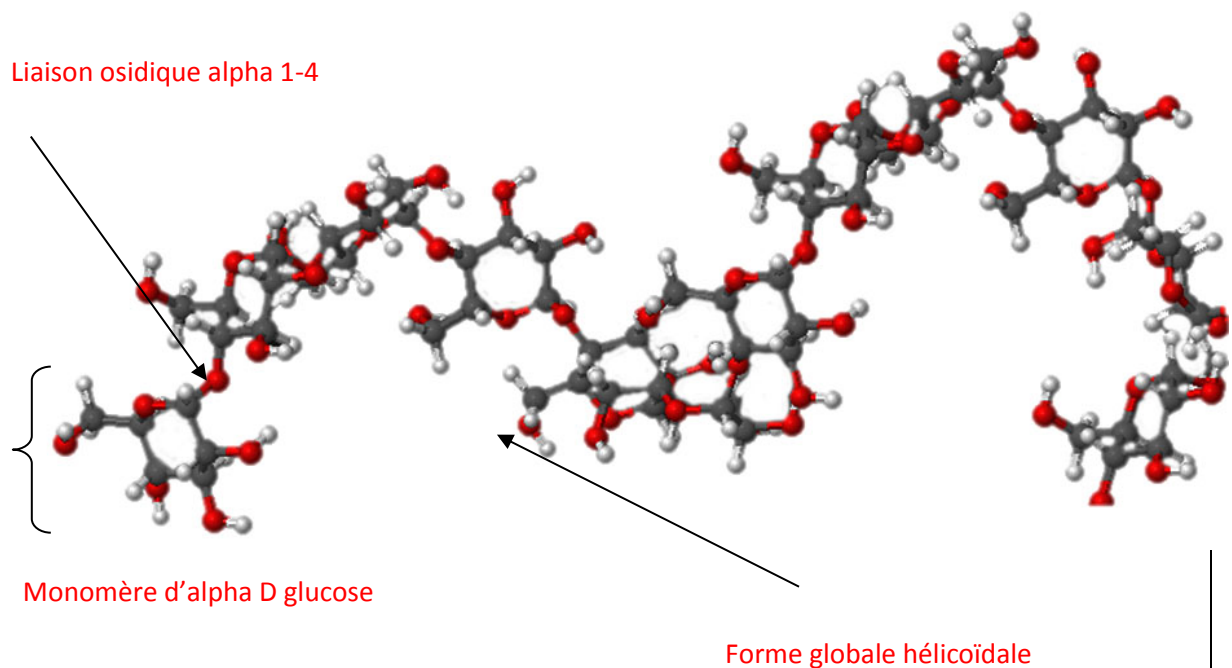
On cherche à comprendre la structure moléculaire en 3D de deux molécules clés des parois cellulaires : cellulose et chitine. Pour cela, on a utilisé un logiciel de visualisation moléculaire en 3D Rastop. La molécule d'amidon, qui n'est bien évidemment pas un composé pariétal, servira d'élément de comparaison.

III-A-1. Légendez les captures d'écran présentées en repérant un monomère et une liaison osidique. Identifiez le type de conformation des oses, le type de liaison osidique. Commentez la forme globale des molécules.

On rappelle les colorations employées pour les différents atomes :

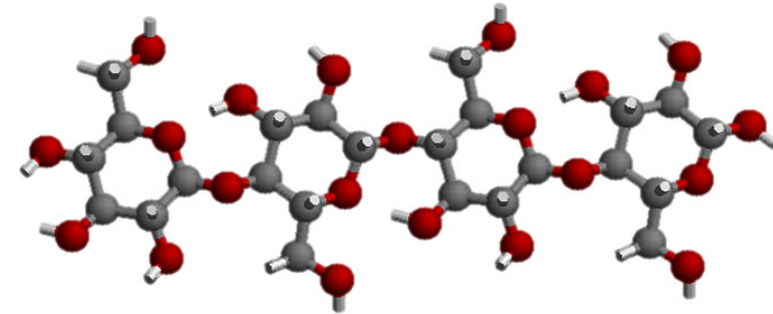
- C : gris
- H : blanc
- O : rouge
- N : bleu violacé

Molécule d'amidon visualisée à l'aide du logiciel Rastop :

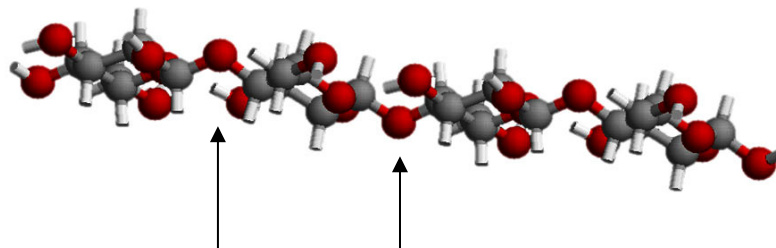


Molécules de cellulose visualisées sur plusieurs vues à l'aide du logiciel Rastop :

Vue n°1 : 2 monomères de beta D glucoses, inversés à 180 °



Vue n°2 : Attention H non visibles pour plus de clarté



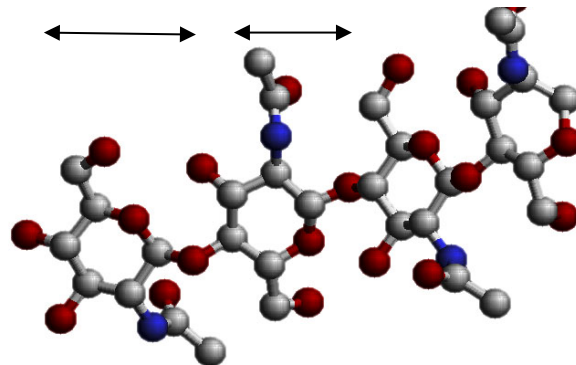
2 liaisons osidiques beta 1-4 ; en position « inversée » puisque les monomères sont eux-mêmes inversés 1 fois sur 2.

Commentaire sur la forme globale :

Forme globale étirée, structure fibreuse du fait de la liaison osidique beta

Molécules de chitine visualisée sur plusieurs vues à l'aide du logiciel Rastop :

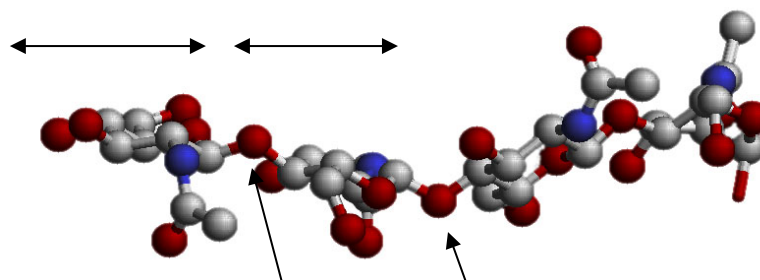
Vue n°1 : 2 NAG inversés de 180° comme dans le cas de la cellulose



Monomère de NAG : N acétyl glucosamine. beta

Vue n°2 :

2 Monomères de NAG : N acétyl glucosamine, beta



2 liaisons osidiques beta 1-4 ; en position « inversée » puisque les monomères sont eux-mêmes inversés 1 fois sur 2.

Commentaire sur la forme globale :

Forme globale étirée, structure fibreuse du fait de la liaison osidique beta

III-A-2. Résumez vos observations des clichés obtenus avec Rastop en complétant le tableau ci-dessous.

Comparaison	Points communs	Différences
Amidon/cellulose	Homopolymères linéaires de glucoses (Ici il s'agit d'amylose et non d'amylopectine qui est ramifiée)	Configuration différente des monomères : alpha (pour l'amidon) ou beta (pour la cellulose) ; 2 liaisons osidiques différentes : -liaison alpha imposant un angle de 120° entre les monomères d'où enroulement hélicoïdal de la molécule d'amidon. -liaison beta avec retournement d'un monomère sur 2 de 180°, imposant une structure globale rectiligne
Cellulose/chitine	Homopolymères linéaires avec des liaisons de type beta 1-4 ; même forme globale : structure étirée, fibreuse, rectiligne	Monomère cellulose = beta D glucose Monomère chitine = beta D NAG

III-A-3. Précisez les agencements supramoléculaires que peuvent former la cellulose et la chitine et expliquez les propriétés mécaniques que ces deux molécules contribuent à conférer aux parois cellulaires.

Réponse à la question III-A-3.

Formation de structure supramoléculaire de type microfibrilles puis fibres : mise en parallèle des molécules possible car absence de chaînes latérales, établissement de liaisons H intermoléculaires ; formation d'un agencement semi-cristallin.

Formation de grands câbles à la très grande résistance mécanique face aux contraintes de type tension.

III-B. Etude de quelques propriétés des pectines

Des germes de soja vert (*Vigna radiata*) ont été broyés ; le résidu solide obtenu après centrifugation a été traité à chaud en présence d'EDTA. Le liquide obtenu après filtration est riche en pectines.

On veut tester l'influence des ions Ca^{2+} sur le comportement des pectines solubilisées précédemment.

III-B-1 : Justifiez l'emploi d'EDTA pour extraire les pectines des parois de soja.

Réponse à la question III-B-1.

EDTA = agent chélateur de calcium ; or les pectines sont fréquemment reliées entre elles par des ponts calciques; la chélation du calcium permet d'extraire les pectines, de les solubiliser.

Protocole :

Réalisez des dilutions sériées de 10 en 10 d'une solution mère de CaCl_2 à 1 M.

Préparez des tubes contenant 2 mL d'extrait de pectines.

Complétez chacun de vos tubes d'extrait de pectines avec 1 mL de solution diluée de CaCl_2 .

Le temps d'incubation à température ambiante avant observation est de 5 minutes.

III-B-2. Complétez le tableau proposé indiquant les dilutions réalisées et les résultats obtenus.
Appelez l'examineur pour vérification.

	1 ^{ère} dilution de la solution mère	2 ^{ème} dilution de la solution mère	3 ^{ème} dilution de la solution mère	4 ^{ème} dilution de la solution mère
Concentration de la solution de CaCl_2 diluée	Dilution 10 X 1 ml de solution mère + 9 ml eau 0.1 M	Dilution 100 X 1 ml de solution 0.1 M + 9 ml eau 0.01 M	Dilution 1 000 X 1 ml de solution 0.01 M + 9 ml eau 10^{-3} M	Dilution 10 000 X 1 ml de solution 10^{-3} M + 9 ml eau 10^{-4} M
Résultat	Gélification instantanée	Gélification instantanée	Gélification lente, solution épaissie	Pas de gélification

III-B-3 : Interprétez vos résultats.

Réponse à la question III-B-3.

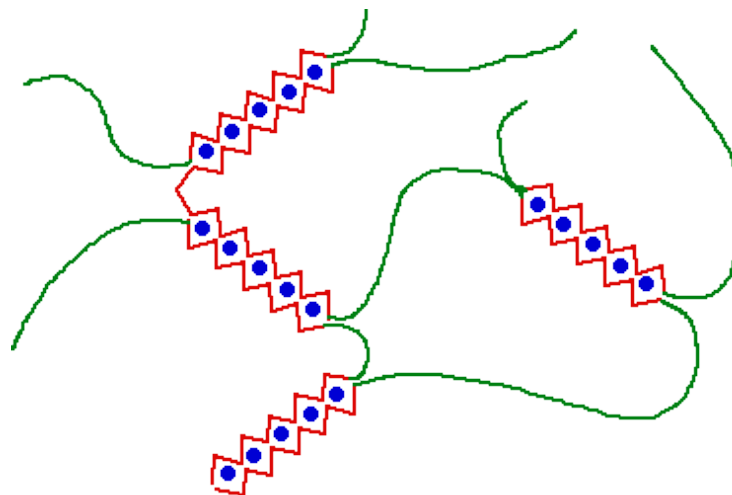
La mise en présence des pectines avec des ions Ca^{2+} à forte concentration permet une gélification, prise en masse de la solution de pectines ; cet effet diminue quand la concentration en Ca^{2+} diminue.

Gélification calcium-dépendante.

III-B-4 : Proposez un schéma explicatif à l'échelle moléculaire du rôle du calcium dans le comportement des pectines.

Schéma de la question III-B-4.

Les pectines sont des hétéropolymères ramifiés : axe principal de la molécule très riche en acides uroniques (présence de groupements COO^-) reliés par des liaisons beta 1-4 : structure globale fibreuse ; les coudes sont dus à la présence de rhamnose ; sur les rhamnoses, peuvent se brancher ou non des chaînes latérales. Dans les secteurs sans chaînes latérales, il peut y avoir association de 2 pectines par le biais d'ion calcium : formation des « boîtes à œufs ».



III-B-5. Précisez les propriétés mécaniques que confèrent les pectines aux parois cellulaires.

Réponse à la question III-B-5.

Les pectines attirent eau et cations ; il y a alors formation d'un gel hydraté résistant aux contraintes de type compression.

De plus, dans la lamelle moyenne, les pectines sont pauvres en chaînes latérales et faiblement méthylées ; elles peuvent donc établir des ponts calciques: adhérence intercellulaire assurée par le biais de la lamelle moyenne.

Conclusion :

La séance du 13 mars 2012 à l'Académie des Sciences avait pour thème : « l'évolution convergente de la paroi chez les bactéries, champignons et plantes ». Justifiez cette idée.

Réponse à la question de conclusion

Préambule de la séance à l'académie des sciences :

« Les cellules des bactéries, des champignons et des plantes partagent la présence d'une matrice extracellulaire épaisse et rigide : la paroi. Cette paroi permet d'établir un squelette hydrostatique et protège la cellule dans des environnements fluctuants, tout en permettant la croissance et la prolifération de celle-ci. Malgré une composition chimique très différente l'architecture des parois a convergé dans ces 3 règnes vers un matériau composite renforcé de fibres. »

Fibres : cellulose OU chitine + glucanes OU chaînes glucidiques du peptidoglycane

Matrice : pectines/hémicelluloses/protéines OU glucanes/ mannoprotéines

On peut noter que les coupes de tige d'Angiosperme ont été très souvent de très bonne qualité ; par contre, à part quelques candidats, très peu ont pensé à dilacérer le fragment de champignon, et n'ont forcément pas obtenu de réelle coloration. Ceci a révélé un manque de connaissances quant à la structure en faux-tissu du champignon.

La suite de cette partie a été traitée de façon très hétérogène. La nature de la lignine et les modalités de la lignification sont très approximatives voire même inconnues. Le composant essentiel des parois bactériennes était quant à lui plutôt bien connu de la majorité des candidats, mais malheureusement de grosses confusions entre les gram- et gram + et de grosses erreurs dans la composition de ces parois ont été observées.

L'étude des résultats expérimentaux sur la paroi de quelques champignons n'a été traitée que par très peu de candidats mais parmi eux une petite poignée a réussi à aboutir à un schéma tout à fait pertinent montrant l'organisation moléculaire de la paroi d'une cellule fongique.

Partie III : Etude de quelques molécules pariétales

Cette partie a aussi été traitée de manière très inégale par les candidats et a été la moins bien réussie : par manque de connaissances biochimiques et par manque de temps pour la fin.

La sous-partie A proposait des clichés de quelques polymères glucidiques pariétaux ou non, obtenus avec Rastop ; le jury attendait que les candidats mobilisent leurs connaissances fondamentales de biochimie et repèrent, sur les modèles moléculaires, les monomères, les liaisons entre monomères, la forme globale de la molécule. Les résultats ont été globalement très décevants, voire inquiétants. La biochimie élémentaire concernant les glucides est rarement maîtrisée.

La sous-partie B permettait de tester les propriétés de gélification des pectines. La plupart des candidats qui ont abordé cette partie ont su réaliser des dilutions sériées de 10 en 10 comme il était demandé; leurs résultats ont été tout à fait probants pour la plupart ; il est étonnant cependant que certains affirment que le mélange est gélifié quand il ne l'est pas. Nous rappelons que le jury vérifie la concordance entre les résultats expérimentaux et les résultats notés sur la copie.

La conclusion du TP permettait de prendre un peu de recul et de comparer ces différentes parois étudiées lors du TP ; l'idée d'évolution convergente de la paroi chez les bactéries, champignons et plantes a été justifiée de manière très inégale.

Le corrigé fourni n'est pas un corrigé type, mais il apporte des indications sur quelques éléments de réponses attendus.

5.5 Epreuve de travaux pratiques de contre-option du secteur B :

Sujet et commentaires

Nom :

Prénom :

salle n° :

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2014

TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE-OPTION DU SECTEUR B

CANDIDATS DES SECTEURS A ET C

Durée totale : 2 heures

Autour de la domestication

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 : Etude de la domestication chez le blé dur

page 2

Durée : 1h15 – barème : 10 /20

dont 20 minutes maximum au poste de pesée

Partie II : Etude d'un ravageur des cultures, le criquet pèlerin

page 13

Durée : 30 minutes – barème : 06 /20

Partie III : Quelques espèces domestiquées, adventices ou ravageuses de cultures

page 17

Durée : 15 minutes – barème : 04 /20

dont 10 minutes maximum au poste d'observation

Les réponses aux questions figureront dans les cadres réservés à cet effet. N'oubliez pas d'appeler les correcteurs pour vérifier vos préparations lorsque cela est demandé.

Nom :

Prénom :

salle n° :

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 : Etude de la domestication chez le blé dur

Durée : 1h15 – barème : 10 /20

dont 20 minutes maximum au poste d'observation et de mesures

Lisez entièrement l'énoncé avant de commencer. Attention, la réponse aux questions I. B.3, I.B.4 et I.C nécessite obligatoirement un passage à l'un des postes d'observation et de mesures.

Sur votre paillasse, vous disposez d'épillets de 3 taxons différents de blés durs, notés A, B et C. Aux postes d'observation et de mesures, vous aurez à votre disposition des épis entiers, ainsi que des grains décortiqués de chacun des 3 taxons.

Le but de cette étude est de mener des observations qualitatives, mais aussi de comparer quantitativement certains traits de ces 3 taxons, afin de déterminer la séquence de leur domestication. A la fin de votre étude (partie I-C), vous identifierez ainsi A, B et C aux taxons suivants :

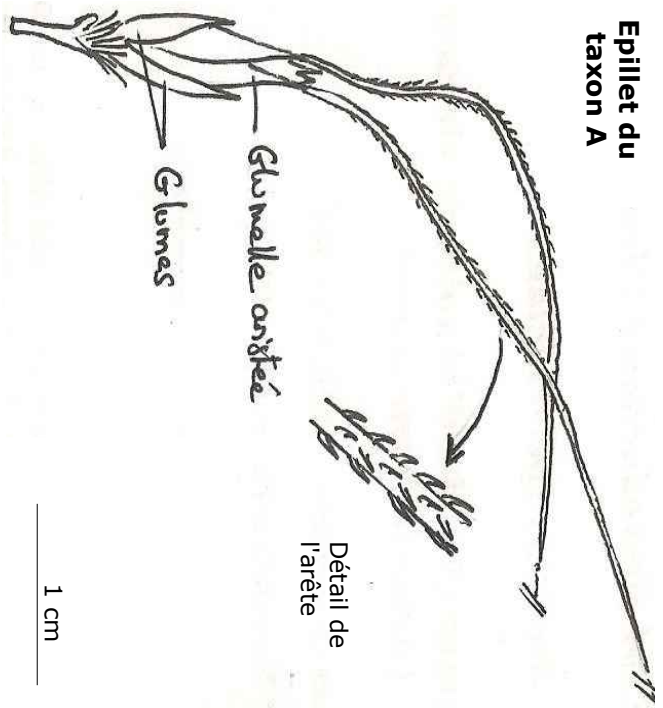
- *Triticum turgidum ssp dicoccoïdes*, ancêtre sauvage du blé dur
- *Triticum turgidum ssp dicoccum*, premier blé dur cultivé (amidonnier)
- *Triticum turgidum ssp durum*, blé dur cultivé à l'heure actuelle

I-A. Etude qualitative des épillets

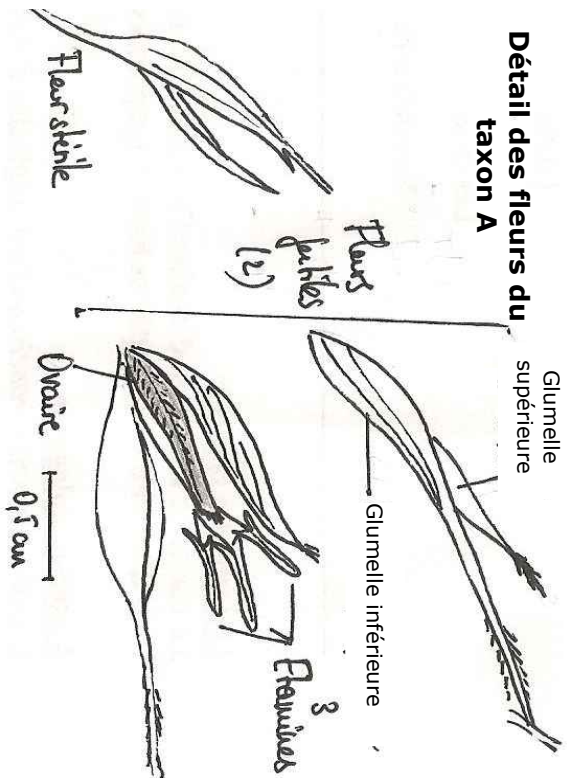
I-A.1 Vous effectuerez une dissection florale comparée des épillets des taxons A et B, dont vous rendrez compte ci-dessous par des dessins d'observation légendés.

Réponse(s) à la question I- A 1.

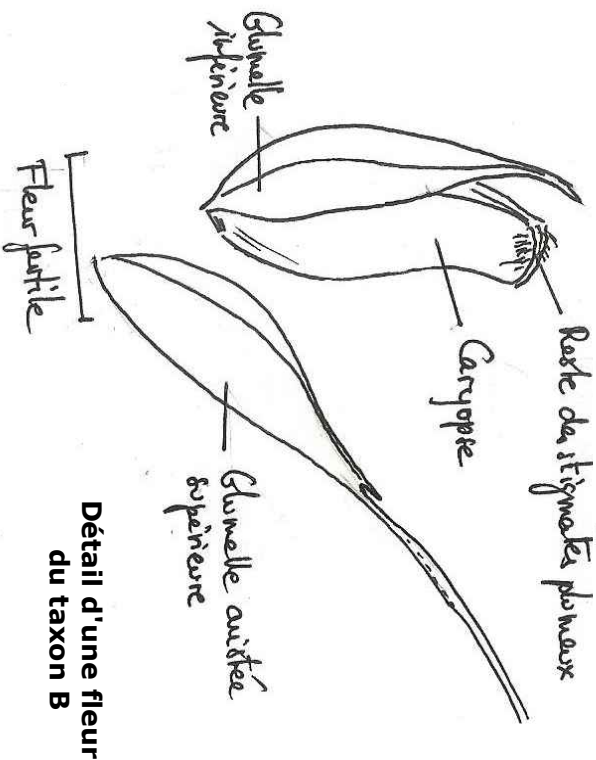
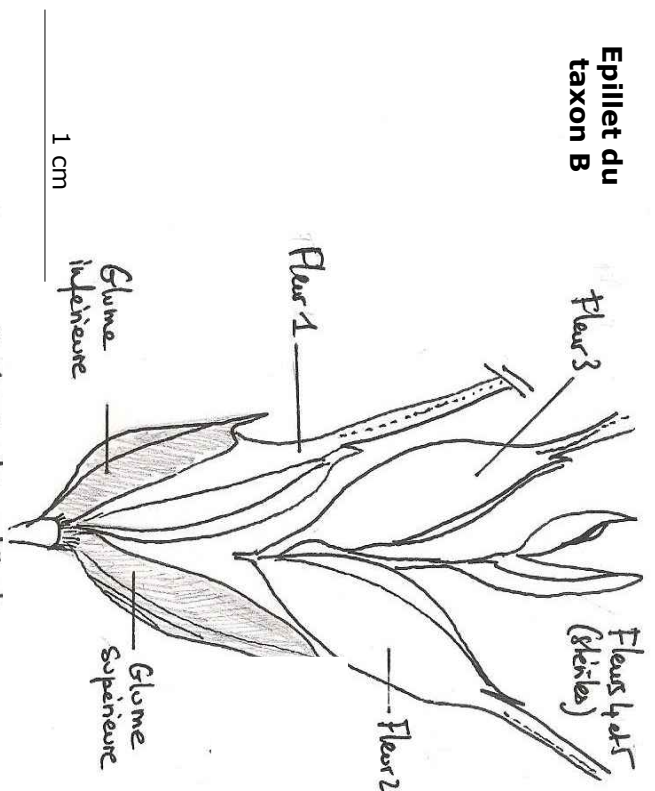
**Epillet du
taxon A**



**Détail des fleurs du
taxon A**



**Epillet du
taxon B**



**Détail d'une fleur
du taxon B**

Nom :	Prénom :	salle n° :
--------------	-----------------	-------------------

I-A.2. Comparez, de manière qualitative, les épis et épillets des 3 taxons : ceci nécessite une dissection des épillets du taxon C, dont on ne demande pas de dessin d'observation. Comparer les épis nécessite un passage au poste d'observation. Vous synthétiserez vos observations des caractéristiques des 3 taxons en remplissant le tableau ci dessous.

Réponse à la question I-A.2

Traits observés	Taxon A	Taxon B	Taxon C
<i>Rachis</i>	<i>Cassant</i>	<i>Solide</i>	<i>Solide</i>
<i>Solidarité grain-enveloppes</i>	<i>Forte</i>	<i>Très faible – grain « nu »</i>	<i>Forte</i>
<i>Nombre de fleurs/grains par épillet</i>	<i>1 à 2</i>	<i>3 à 5</i>	<i>1 à 2</i>
<i>Arêtes des glumelles</i>	<i>Très « accrochantes »</i>	<i>Plus lisses</i>	<i>Relativement « accrochantes »</i>
<i>Nombre d'épillets par épi</i>	<i>Environ 17-18</i>	<i>Environ 18-20</i>	<i>25-30</i>

Remarque : ce dernier caractère pouvait être reporté en IB3. Il était à discuter compte tenu du fait qu'un seul épi était fourni par candidat. Certains candidats ont souligné ce point.

I-B. Etude quantitative

I-B.1. Donnez les composantes et le calcul possible du rendement pour une céréale. Parmi les composantes que vous avez citées, lesquelles serez-vous en mesure de déterminer ici ?

Réponse(s) à la question I-B.1

Il est à noter que les rendements actuellement estimés en agriculture, habituellement en quintaux par hectare, sont assez impropres puisque normalement, un rendement est une grandeur sans dimension. Il s'agit par exemple de la quantité de grains récoltés par rapport à la quantité semée. On pouvait également parler d'un rendement énergétique, par exemple la quantité de calories récoltées par rapport au nombre de calories dépensées pour la culture.

Pour se rapprocher des données mesurables, on pouvait proposer le calcul suivant : nombre de grains par hectare x masse moyenne des grains par surface cultivée, si on se base sur la définition « agricole » du

Nom :

Prénom :

salle n° :

rendement. Le nombre de grains se décline ici en nombre de grains par épillets x nombre d'épillets par épis x nombre d'épis par plante (en fonction du tallage) x nombre de plants par surface cultivée.

Ici il était impossible de connaître le nombre d'épis par plant ou le nombre de plants par ha et peu rigoureux d'estimer un nombre d'épillets par épi sur un seul échantillon.

Vous établirez un protocole permettant de comparer quantitativement les traits des 3 taxons qui pourraient expliquer les différences de rendement. Vous avez à votre disposition, au poste d'observation et de mesures :

- un pied à coulisse

- une balance de précision

- 3 boîtes notées A, B, C contenant les grains décortiqués des 3 taxons, et 3 boîtes vides, également notées A, B, C vous permettant de stocker les grains déjà mesurés ou pesés. **Faites preuve de rigueur en ne mélangeant pas les grains entre taxons !**

I-B.2. Explicitez brièvement votre protocole ci-dessous.

Réponse(s) à la question I-B.2

- *Pour chaque taxon, on pèse les grains un par un afin de pouvoir en tirer une distribution des masses, permettant de comparer les échantillons A, B et C.*
- *Bien que cette mesure ne rentre pas dans le rendement, on peut examiner si le grain a changé de morphologie au cours de la domestication, en mesurant au pied à coulisse sa plus grande longueur et sa plus grande largeur (un grand nombre de candidats a réalisé cette mesure à la règle et on ne leur en a pas tenu rigueur. Des différences étaient quantifiables même avec cet instrument).*

Vous réaliserez votre protocole, au moment de votre passage au poste de mesures.

Vous effectuerez ensuite une analyse statistique simple de vos résultats. On rappelle ci-dessous le calcul de certains paramètres importants :

- Calcul de l'estimateur de l'écart type, s , pour un échantillon comportant n mesures x_1 ... à x_n , et avec

$$\bar{x} \text{ la moyenne de l'échantillon : } s = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}{n-1}$$

Nom :

Prénom :

salle n° :

- Calcul de l'intervalle de confiance, I_C , sur la moyenne, avec s l'estimateur de l'écart-type, n la taille de l'échantillon, $\bar{x}$ la moyenne de l'échantillon. Pour un intervalle à 95%, on prendra $t_\alpha = 1.98$.

$$I_c = \left[\bar{x} - t_\alpha \frac{s}{\sqrt{n}}; \bar{x} + t_\alpha \frac{s}{\sqrt{n}} \right]$$

I-B.3. Remplissez les tableaux ci-dessous pour rendre compte des résultats que vous avez obtenus et de leur traitement statistique. *NB. Les tableaux et les lignes par tableau peuvent ne pas être tou(te)s rempli(e)s.*

Réponse(s) à la question I-B.3

Trait mesuré = Masse des grains (g)					
Taxon A		Taxon B (blé dur)		Taxon C	
0.020		0.060		0.030	
0.030		0.050		0.040	
0.030		0.06		0.040	
0.040		0.070		0.030	
0.040		0.060		0.040	
0.040		0.050		0.040	
0.050		0.060		0.050	
0.050		0.070		0.040	
0.060		0.050		0.050	
0.070		0.060		0.050	
Moyenne 0.043	Ecart type s 0.005	Moyenne = 0.059	Ecart type s = 0.0025	Moyenne 0.041	Ecart type s = 0.0024
Intervalle de confiance 0.040-0.046		Intervalle de confiance 0.057-0.061		Intervalle de confiance 0.038-0.042	

Nom :	Prénom :	salle n° :
--------------	-----------------	-------------------

Les échantillons de grains avaient été calibrés identiquement entre tous les postes et toutes les salles (aux erreurs de pesée près) en contrôlant la distribution des masses dans chaque échantillon, afin de recréer des échantillons proches des échantillons sources provenant de « vraies » populations.

Trait mesuré = longueur des grains (cm)					
Taxon A		Taxon B blé dur		Taxon C	
0.8200		0.7600		0.8200	
1.0500		0.7300		0.7900	
0.9200		0.7800		0.8400	
0.8400		0.7000		0.8200	
1.0400		0.7200		0.8800	
0.8900		0.7500		0.8100	
0.9100		0.7700		0.8200	
0.7800		0.8000		0.9000	
0.9200		0.6400		0.8500	
0.87		0.7100		0.8200	
<i>Moyenne</i>	<i>Ecart type s</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart type s</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart type s</i>
0.90	0.029	0.74	0.016	0.84	0.011
Intervalle de confiance 0.89-0.92		Intervalle de confiance 0.73-0.75		Intervalle de confiance 0.83-0.85	

Nom :	Prénom :	salle n° :
--------------	-----------------	-------------------

Trait mesuré =largeur du grain (cm)					
Taxon A		Taxon B		Taxon C	
0.2300		0.3500		0.2700	
0.2700		0.3300		0.2600	
0.3000		0.2900		0.2600	
0.2800		0.3400		0.2500	
0.3200		0.3500		0.2700	
0.2900		0.3100		0.3000	
0.2500		0.3100		0.3000	
0.2000		0.3300		0.2600	
0.1900		0.3200		0.2200	
0.2000		0.3100		0.2400	
<i>Moyenne</i> 0.253	<i>Ecart type s</i> 0.015	<i>Moyenne</i> 0.32	<i>Ecart type s</i> 0.0065	<i>Moyenne</i> 0.263	<i>Ecart type s</i> 0.008
Intervalle de confiance 0.24-0.26		Intervalle de confiance 0.32-0.33		Intervalle de confiance 0.26-0.27	

Nom :

Prénom :

salle n° :

Au cas où d'autres traits aient été éventuellement mesurés, consigner les résultats et leur analyse ci-dessous :

Nombre d'épillets par épi (voir tableau IA2)

Remarque : collecter l'ensemble de ces relevés semble avoir été possible en 20 minutes, car certains candidats y sont parvenus.

I-B.4. A l'aide des résultats obtenus en I-B.3, que peut-on dire du rendement comparé des 3 taxons ?

Réponse(s) à la question I-B.4

La masse des grains est significativement supérieure pour le taxon B par rapport aux deux autres taxons : en effet, les intervalles de confiance ne sont pas chevauchants avec le taxon B. Par contre, il n'est pas possible de dire que les masses des grains des taxons A et C sont différentes (IC chevauchants). Il est à noter que la variance de masse semble plus importante dans le taxon A (bien qu'on ne puisse tester ici si cette différence est significative).

Les mesures de taille montrent que la longueur des grains est significativement différente entre taxons : $A > C > B$, alors que la largeur montre que B est supérieur à A et C. B a donc des grains plus lourds, mais également plus arrondis que A et C, soit plus « compacts ».

Le nombre de grains par épillets est également en faveur de B, bien qu'une étude statistique en disséquant de nombreux épillets serait là aussi nécessaire (cette étude validerait tout à fait ce résultat ; aucun candidat ne semble l'avoir fait, vraisemblablement faute de temps).

Par contre le nombre d'épillets par épi semble être plutôt en faveur de C (on ne peut rigoureusement conclure en ne pouvant compter que sur un seul épi, ainsi que certains candidats l'ont souligné)

Malgré ces problèmes statistiques, si l'on revient tout de même au calcul proposé en IB1, voici ce que l'on obtient :

masse des grains x nombre de grains par épillets x nombre d'épillets par épi

Nom :

Prénom :

salle n° :

taxon B min : $57\text{mg} \times 3 \times 18 = 3078\text{mg}$ Max : $61\text{mg} \times 5 \times 18 = 5490\text{mg}$

taxon A . min: $40 \times 1 \times 16 = 640\text{mg}$ max. $46 \times 2 \times 16 = 1472\text{mg}$

taxon C. min $38 \times 1 \times 28 = 1064\text{mg}$. Max $42 \times 2 \times 28 = 2352\text{mg}$

Le calcul montre qu'on ne peut toujours pas discriminer A et C, par manque de données. Un travail rigoureux sur le nombre de grains par épillets et le nombre d'épillets par épi serait nécessaire pour cela (ainsi que l'examen de la propension au tallage, qui a été également sélectionnée).

I-C. Conclusion sur l'ensemble des résultats.

En argumentant à partir des résultats consignés en I-A.2 et I.B.3/I-B.4, vous conclurez sur la place probable des 3 taxons A, B et C dans l'histoire de la domestication du blé dur, en les identifiant chacun aux taxons suivants :

-*Triticum turgidum ssp dicoccoïdes*, ancêtre sauvage du blé dur

-*Triticum turgidum ssp dicoccum*, premier blé dur cultivé

-*Triticum turgidum ssp turgidum*, blé dur cultivé

et vous montrerez quelles caractéristiques de ces plantes semblent avoir évolué au cours de cette histoire.

Réponse(s) à la question I-C

Le taxon A présente un rachis cassant, alors que les rachis des taxons B et C sont solides. Un rachis cassant est avantageux pour la variété sauvage, car il permet la dissémination des grains. Un rachis solide est avantageux pour la récolte des grains par l'homme, car il empêche la dispersion des grains au sol. Il s'agit d'un des premiers traits sélectionnés au cours de la domestication des céréales. Il semble donc que le taxon A soit le taxon sauvage *T.turgidum dicoccoides*. Ceci est corroboré par le fait que le taxon A a un rendement en moyenne faible, et variable, et des glumes dures adhérant solidement au grain, ce qui rend difficile l'extraction du grain.

Les taxons B et C sont donc les taxons cultivés. Le taxon B présente le rendement le meilleur, ainsi qu'une grande facilité d'extraction du grain des enveloppes florales (grain « nu ») ce qui facilite le battage. Il s'agit donc de *T. turgidum ssp turgidum*, le blé dur cultivé « moderne ». On peut noter également une compaction de l'épi, qui comporte apparemment moins d'épillets, mais plus gros, avec des grains eux-mêmes plus

compacts. Enfin, le taxon C est donc T. turgidum dicoccum, le premier blé dur domestiqué, à rendement relativement faible (mais apparaissant ici moins variable) et à grain « vêtu », ou du moins d'extraction difficile.

La sélection a donc porté :

-sur la solidité du rachis

-sur l'obtention d'un grain nu

-sur l'augmentation du rendement et sans doute son homogénéisation,

-sur la compaction de l'épi, semble t il, et du grain.

La majorité des candidats a reconnu le taxon B comme le blé moderne. La reconnaissance entre A et C a posé plus de problèmes, les moyennes des masses de grains étant selon les cas, en faveur de l'un ou de l'autre. Les très très rares candidats qui ont dit ne pas pouvoir conclure entre A et C sur le rendement à cause du chevauchement des intervalles (et parce qu'il n'ont pas vu le rachis cassant, ce qui était relativement difficile) ont été valorisés plus que ceux ayant reconnu A et C sur des bases non valables.

La plupart des candidats a conclu uniquement sur la base du rendement en « oubliant » les caractéristiques portées en IA2, ou parce que les traits reportés en IA2 n'étaient pas des traits pertinents pour conclure.

Nom :

Prénom :

salle n° :

Partie II. Etude d'un ravageur des cultures, le criquet pèlerin

Durée : 30 minutes – barème : 06 /20

Le criquet pèlerin (*Locusta migratoria*) se caractérise, comme d'autres espèces d'Acridiens, par une plasticité phénotypique dépendante de la densité des individus. A forte densité, les criquets, normalement solitaires, changent de morphologie et de comportement : ils s'agrègent, développent une activité locomotrice plus intense, et forment des "bandes" pour les nymphes marcheuses, ou des essaims pour les adultes volants. Depuis la plus haute antiquité, les criquets en phase grégaire sont connus pour causer d'importants dommages aux cultures de céréales.

Cet exercice se divise en 2 parties indépendantes :

-une étude des modalités du vol des criquets (II-A)

-une étude des conséquences génétiques du déclenchement du passage à l'état grégaire (II-B)

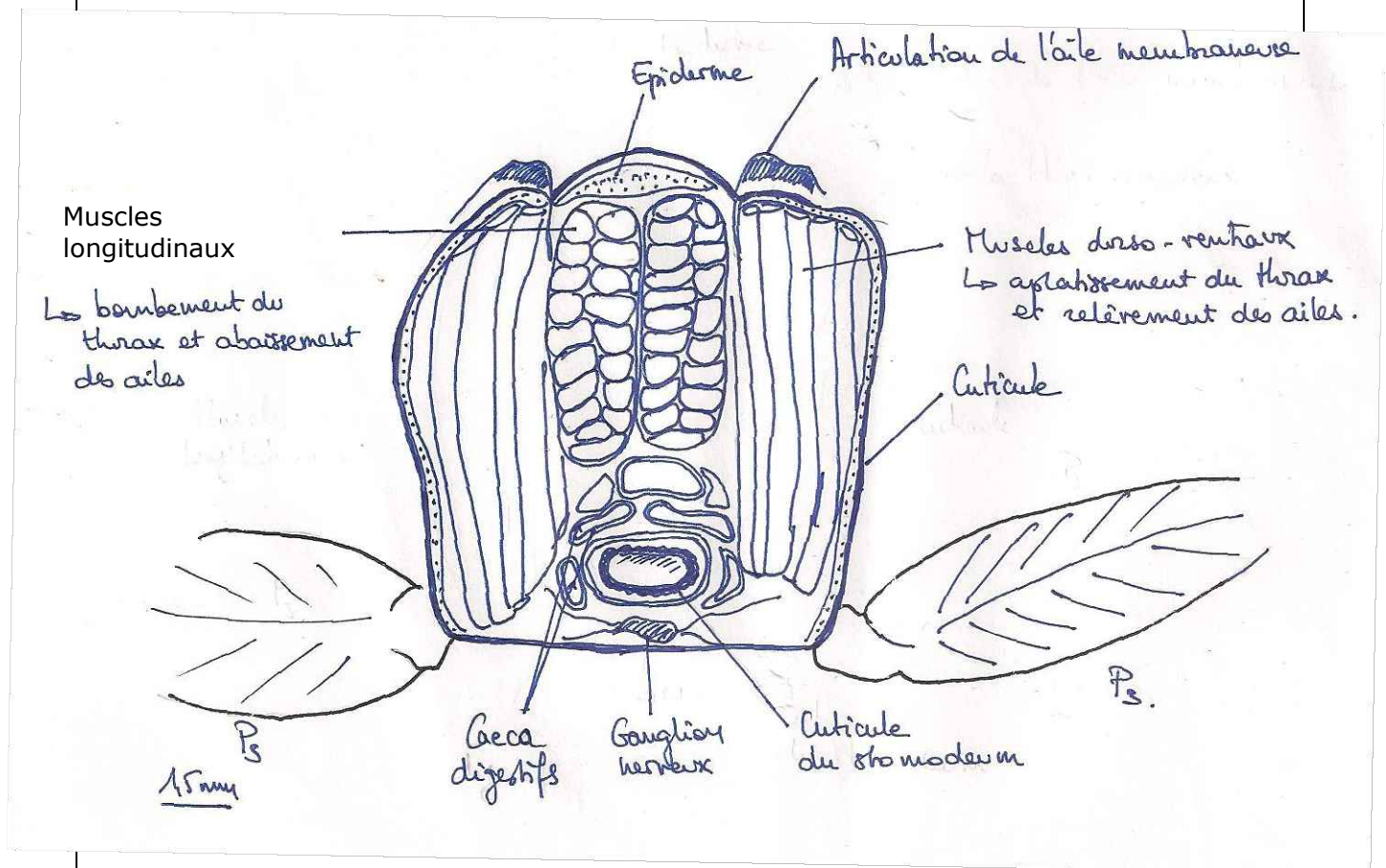
II-A. Etude anatomique du vol (Durée conseillée : 20 minutes)

Vous effectuerez une coupe transversale de votre animal, afin d'étudier les modalités anatomiques du vol.

Note : cette coupe n'a pas besoin d'être fine (au contraire). D'autres montages sont possibles, s'ils vous semblent pertinents. Vous appellerez un examinateur pour évaluer votre ou vos manipulations.

Vous effectuerez un dessin légendé de vos observations et conclurez, à l'aide de ces observations, sur les mécanismes permettant le vol.

Réponse à la question II-A



Coupe transversale d'un criquet au niveau du thoracique 3.

Le vol est bien évidemment permis par les ailes, qui constituent une surface portante et s'articulent au niveau du tergite du thoracique 3. Pour les mettre en mouvement, on recherche des muscles agissant sur un squelette, ici la cuticule, et/ou sur l'articulation de ces ailes. Les muscles que l'on observe au niveau du Th 3, au voisinage de l'articulation des ailes, ne paraissent pas tous directement en relation avec cette articulation. En particulier les muscles longitudinaux fonctionnent indirectement dans l'abaissement des ailes en déformant le thorax. Les muscles transverses, dorso-ventraux, permettent le relèvement des ailes en aplatissant le thorax.

II-B. Conséquences génétiques des épisodes de phase grégaire (Durée conseillée 10 minutes)

La fréquence des événements de changements de phase (solitaire vers grégaire) dépend des populations de criquets. Ainsi, alors que les populations d'Europe occidentale restent en règle générale à l'état solitaire,

Nom :**Prénom :****salle n° :**

le comportement grégaire est déclenché relativement fréquemment en Afrique subsaharienne, et en Chine, notamment. On cherche à savoir si ces changements de phase affectent les populations d'un point de vue génétique.

Des populations de criquets migrants ont été génotypées à plusieurs locus microsatellites. Ces populations ont été échantillonnées dans des zones contrastées :

- une zone à phase solitaire quasi-permanente : Europe occidentale (8 populations échantillonnées)
- deux zones à épisodes grégaires fréquents, au nord de la Chine (4 populations échantillonnées) et à Madagascar (12 populations échantillonnées).

Le tableau suivant consigne les valeurs de l'indice de différenciation, F_{ST} , qui a été calculé entre populations appartenant à chacune de ces 3 zones. Les valeurs entre crochets donnent l'intervalle de confiance à 95% sur la valeur du F_{ST} .

	Zone à épisodes grégaires très rares	Zones à épisodes grégaires fréquents
	Europe occidentale	Madagascar
F_{ST}	0.058 [0.047-0.071]	0.002 [0.000-0.004]

II-B.1. Expliquez qualitativement (aucun calcul n'est demandé) ce que signifie un F_{ST} faible, ou fort, mesuré entre les populations.

Réponse à la question II-B1.

Le F_{ST} mesure la divergence génétique entre populations, et dépend de l'effet relatif de la dérive et de la migration entre populations.

Un F_{ST} faible correspond à une faible divergence génétique entre les populations étudiées, un F_{ST} fort, à une forte divergence

Un F_{ST} faible est le signe que les populations échangent de nombreux migrants ce qui les rend génétiquement plus homogènes entre elles (c'est à dire qu'à un locus, les deux populations présentent des allèles semblables, en fréquences relativement semblables). Inversement, un F_{ST} fort signe des populations isolées, qui divergent génétiquement sous l'effet de la dérive.

Nom :

Prénom :

salle n° :

II-B.2. Analysez le tableau, et proposez une explication des différences observées entre les zones.

Réponse(s) à la question II. B. 2.

On mesure un F_{st} significativement plus fort (IC non chevauchants) entre populations appartenant à des zones sans épisodes grégaires qu'entre populations appartenant à des zones grégaires.

En effet, dans les zones à épisodes grégaires, les individus migrent plus et il est probable que des populations différentes se mélangent pendant ces épisodes : les populations résultantes de ces épisodes seront ensuite plus homogènes génétiquement entre elles. Inversement, les populations sans épisodes grégaires échangent moins de migrants et sont donc plus isolées, la dérive joue et elles divergent génétiquement entre elles.

Nom :

Prénom :

salle n° :

Partie III : Quelques espèces domestiquées, ravageuses ou adventices

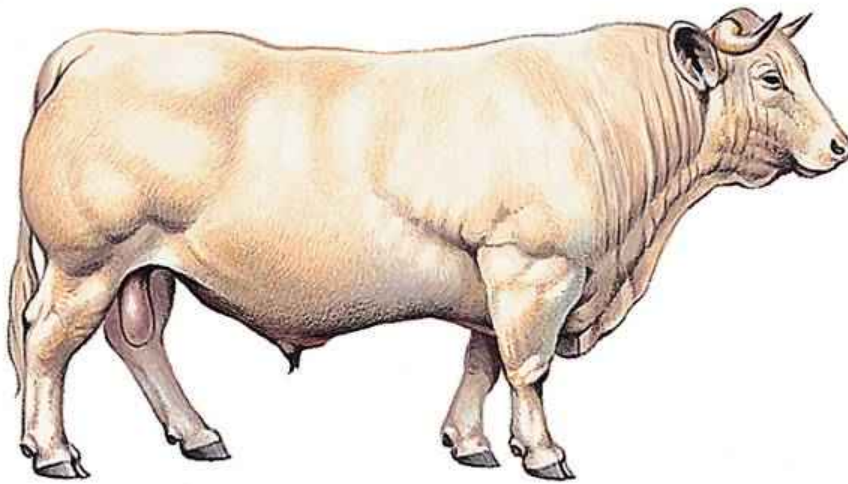
Durée : 15 minutes – barème : 04 /20

dont 10 minutes maximum au poste d'observation

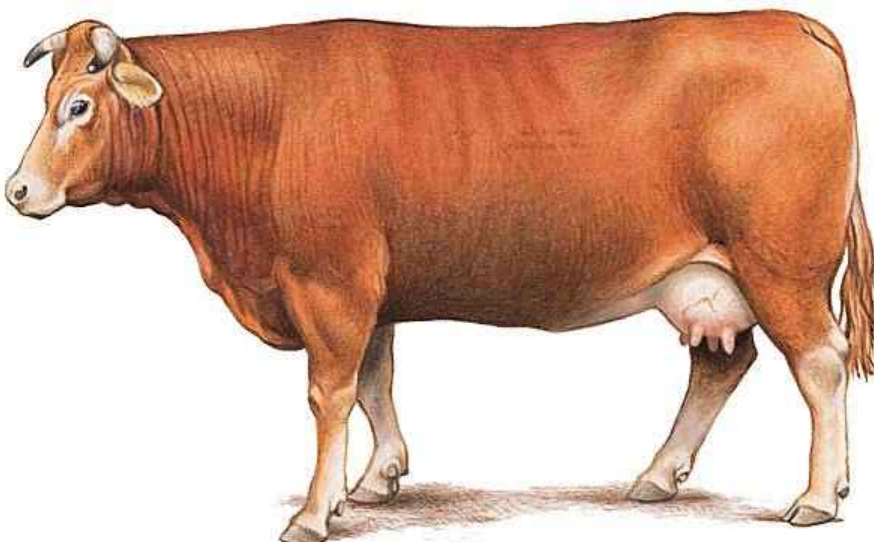
Identifiez aussi précisément que possible les différents organismes présentés en photographie ci dessous (référencées P1 à P4) et ceux présentés au poste d'observation (référencés E1 à E12).

Répondez dans le tableau ci-après.

Photographie P1



Photographie P2

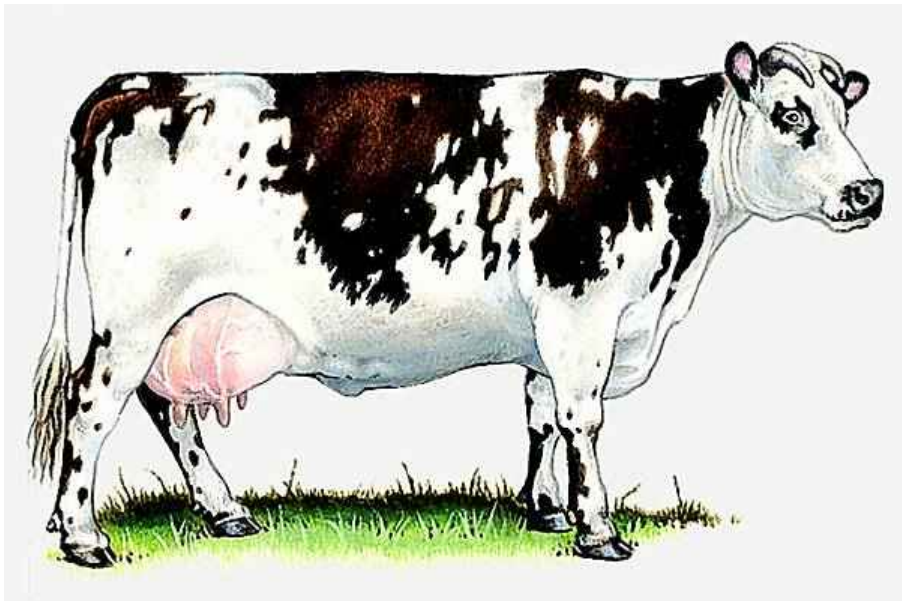


Nom :

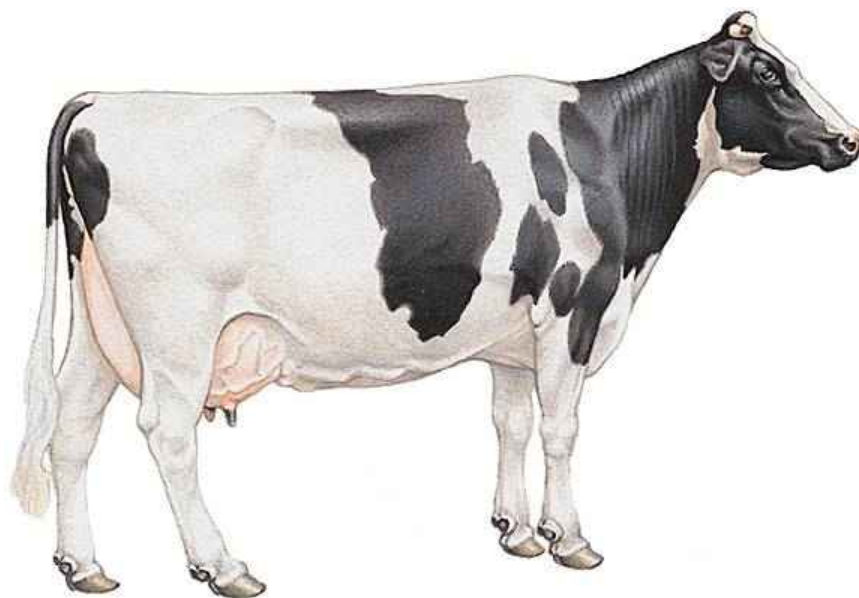
Prénom :

salle n° :

Photographie P3



Photographie P4



Nom :	Prénom :	salle n° :
--------------	-----------------	-------------------

Réponse à la question III

NB. On demande le nom d'espèce, et parfois la variété, du taxon présenté. Il est inutile de renseigner tous les groupes (règne, embranchement, etc) auxquels appartiennent le taxon, mais donner le regroupement d'ordre supérieur (par exemple, la famille pour les plantes) sera apprécié dans le barème.

	Nom de l'échantillon	Statut par rapport à la domestication : utilité et application pour l'homme, espèce ravageuse, ou adventice
P1	Mammifères, Cetartiodactyles, Bovidés : Vache race charolaise	Domestiquée : Viande
P2	Vache race limousine	Domestiquée (viande)
P3	Vache race normande	Domestiquée (lait)
P4	Vache race Prim'holstein	Domestiquée (lait)
E1	(Arthropodes) Insecte, Larve de Coléoptère Ténébrion meunier, Tenebrio molitor	Ravageur (silos) (ver de farine)
E2	Insecte Coléoptère Coccinellidés (ou coccinelle) Adalia bipunctata	Utilisée en lutte biologique (contre pucerons, cochenilles..)
E3	Insecte, Lépidoptère Ostrinia nubilalis (pyrale du maïs) Larve (chenille) (l'échantillon était présenté en plus d'une photo avec l'animal sur son hôte)	Ravageur sur plant de maïs
E4	(Angiospermes), Polygonacées Fagopyrum esculentum , Sarrasin	Domestiquée: "blé noir"
E5	Mouron rouge Anagallis arvensis Primulacées/ Myrsinacées	Adventice des cultures
E6	Dactyle aggloméré, Dactylis glomerata Poacées	Plante fourragère
E7	Gaillet gratteron – Gallium aparine Rubiacées	Adventice des cultures
E8	Plantain lancéolé Plantago lanceolata Plantaginacées	Adventice
E9	Vesce cultivée Vicia sativa, Fabacées	Engrais vert, plante fourragère
E10	Hordeum murinum, Orge des rats Poacées	Adventice

COMMENTAIRES

L'épreuve de travaux pratiques de contre option B, destinée aux candidats des secteurs A et C, portait sur divers éléments autour du thème général de la domestication. La partie I était conçue comme une enquête visant à déterminer la séquence de domestication de trois échantillons de blé dur. La partie II, plus courte, proposait une étude d'un ravageur, le criquet migrateur, et incluait une dissection très rapide visant à déterminer les mécanismes sous tendant le vol, ainsi qu'un court exercice mettant en jeu des concepts de génétique des populations. Enfin, la partie III correspondait à un exercice de reconnaissance d'échantillons et à une détermination de leur statut pour l'homme, et a permis d'évaluer les capacités naturalistes des candidats.

La moyenne (et médiane) de l'ensemble des candidats à cette épreuve a été de 7.3 sur 20, avec un écart-type de 2.1 (Note minimum : 2.5/20 ; Note maximale : 12.5/20). Il ne semble pas y avoir de différence nette entre les candidats du secteur A et du secteur C.

La partie I a permis d'évaluer l'aptitude des candidats à conclure suite à une démarche expérimentale et à un ensemble d'observations. Bien qu'ayant été abordée par la majeure partie des candidats (un certain nombre n'ayant pas fait, cependant, les observations qualitatives), cette partie a été discriminante (note minimale 1.125 ; note maximale 7.25).

Le début de cette partie proposait un exercice classique, une dissection d'épillet, qui a été assez correctement réussie : de nombreux candidats ont réussi à retrouver la structure d'un épillet, à en déterminer le nombre de fleurs, et à en nommer les différentes pièces. Cette dissection visait à entamer une démarche comparative des épillets et des épis fournis pour les trois échantillons de blés. En revanche, la démarche investigatrice a été en général mal menée : très peu de candidats ont pensé à rechercher des caractères permettant d'obtenir des indices de la domestication. Si la difficulté d'extraction du grain a été souvent, mais pas toujours, notée pour le taxon sauvage et pour l'amidonnier, en comparaison du blé cultivé dont le son se détache très facilement du grain, très peu de candidats ont en revanche pensé à comparer la solidité du rachis. Le blé sauvage possédait un rachis cassant : les épis étant verts, la conclusion sur ce trait était un peu plus difficile que sur un épi mûr, mais possible : les épillets du taxon sauvage se détachaient de l'épi par une cassure nette, alors que détacher les épillets de l'amidonnier et du blé moderne nécessitait de les arracher. Le nombre de fleurs, et donc de grains, était également source de diagnostic : il est bien plus élevé dans les épillets de blé moderne, ce qui a été bien noté par un grand nombre de candidats. En revanche, l'amidonnier possède un épi long contenant plus d'épillets, même par rapport au blé moderne.

Quelques candidats ont également examiné les arêtes, bien plus "rugueuses" pour le taxon sauvage, mais aucun n'a mis en relation ce caractère avec la dispersion de l'épillet.

Cette partie a permis de mettre en lumière un travers relativement fréquent parmi les candidats. Un certain nombre d'entre eux semblait s'être fait une idée préconçue du "résultat" à obtenir (le blé cultivé étant facile à reconnaître au premier coup d'oeil). On constate ensuite que cette préconception semble biaiser leurs facultés d'observation. De très nombreux candidats sont ainsi allés jusqu'à distordre les faits pour qu'ils cadrent tous avec leurs conclusions : par exemple, en affirmant que l'épi de l'amidonnier possédait moins d'épillets que le blé moderne, alors que l'inverse saute aux yeux. Cette attitude a fortement inquiété le jury. On rappelle que le relevé des données scientifiques se doit d'être objectif, que toutes les données ne vont pas forcément dans le même sens, et que distordre les données pour les faire cadrer avec ses idées préconçues révèle une méconnaissance inquiétante de la démarche scientifique.

La suite de cette partie proposait une réflexion quantitative sur le rendement, qui permettait d'obtenir de nouveaux arguments pour conclure. La majorité des candidats a suivi le protocole fortement suggéré par l'énoncé, à savoir peser les grains à disposition un à un et les mesurer. Des initiatives pertinentes dans les mesures réalisées ont été valorisées.

Les échantillons de grains décortiqués avaient été standardisés dans toutes les salles et à tous les postes, permettant de déceler des valeurs aberrantes, et d'assurer une conclusion semblable quelque soit le poste utilisé. Très peu de candidats semblent avoir "inventé" les valeurs, et, le cas échéant, cela a été évidemment sanctionné.

Le plus inquiétant est le manque absolu et très général de sens statistique parmi les candidats. L'exercice proposait un traitement statistique simple des données obtenues, en fournissant les formules à utiliser. Quelques candidats seulement ont calculé les intervalles de confiance. Mais TOUS les candidats ont ensuite conclu à des différences de rendement !

Certains candidats calculent les intervalles de confiance mais n'en font rien. On rappelle que des moyennes différentes, qui plus est, calculées sur un échantillon de petite taille (10 grains) ne permettent pas de conclure à une différence avérée entre les échantillons (surtout lorsque la moyenne diffère au 3ème chiffre après la virgule !).

Nom :

Prénom :

salle n° :

Or les échantillons proposés permettaient de discriminer le blé dur (grains de masse plus importante, bien que moins allongés) des deux autres taxons, mais généralement pas de conclure entre les deux autres taxons.

Le jury a donc valorisé :

- les candidats qui ont calculé des intervalles de confiance, et qui en ont tiré une conclusion (ou une absence de conclusion) sur les différences de masse du grain entre les trois taxons
- les candidats qui ont noté la plus grande variance de la masse des grains du sauvage et qui ont utilisé cet argument pour conclure,
- les candidats qui ont affirmé ne pas pouvoir conclure d'après leurs résultats (si c'était bien le cas)
- les candidats qui ont pensé à mettre en relation leurs résultats précédents (nombre d'épillets par épi, nombres de fleurs par épillet, masse des grains) pour en tirer une approximation du rendement par épi, plutôt que de conclure sur la masse du grain seule, même si cette estimation du rendement était là aussi problématique puisque les candidats n'avaient qu'un seul épi à leur disposition (et pas le temps a priori de vérifier le nombre de fleurs par épillets sur tous les épillets de l'épi). Les candidats ayant pensé à ce problème du nombre d'échantillons d'épis ont également été valorisés.

On peut sans doute comprendre que, dans une situation de concours, les candidats se sentent sous pression pour trouver le "bon résultat". Mais nous voudrions ici bien marquer, qu'au contraire, savoir se confronter scientifiquement au réel, avec une démarche d'investigation objective, puis une démarche d'analyse scientifique des résultats, nous semble un objectif plus important à atteindre pour les candidats à l'agrégation externe de SV-STU, plutôt que d'essayer de se conformer à un résultat attendu.

PARTIE II

II-A Il semble que les candidats n'aient pas tous eu le temps d'aborder la partie II : environ 8% ne l'a pas fait.

La "dissection" demandée était volontairement très courte à réaliser, ce pour permettre aux candidats de tenir le temps. Il s'agissait d'une simple coupe transversale à faire au bon endroit sur le criquet. Le geste a été valorisé, lorsqu'il a été présenté aux examinateurs, et lorsque le dessin était en adéquation avec les structures effectivement visibles. Le jury a choisi une "dissection" peu classique afin de valoriser là encore, les candidats faisant preuve d'initiative et de rigueur dans l'observation. La coupe permettait de voir des muscles massifs, longitudinaux et dorso-ventraux, pas forcément clairement reliés aux articulations des ailes, mais permettant de déformer le thorax et de mouvoir ainsi les ailes qui y sont rattachées.

Il semble qu'un grand nombre de candidats ne lise pas correctement l'énoncé, car certains ont réalisé d'autres observations que celles demandées.

L'exercice n'a été correctement réalisé que par les quelques candidats qui se sont attachés à respecter les consignes en réalisant effectivement la coupe au niveau du méso ou du métathorax et qui ont dessiné les structures visibles sous la loupe binoculaire. Par ailleurs, trop de candidats ont réalisé un schéma appris et souvent même faux, au lieu du dessin d'observation accompagné de légendes correctes et soignées qui était attendu.

II-B L'exercice de génétique des populations qui faisait suite à la dissection visait à évaluer les connaissances des candidats sur les indices de différenciation couramment utilisés en génétique des populations et à évaluer les capacités des candidats à interpréter des différences de valeurs des indices de différenciation au regard du comportement solitaire *versus* grégaire du criquet migrateur. Un très grand nombre de candidats ne connaît manifestement pas la signification de l'indice de différenciation entre populations et a confondu différenciation entre individus et différenciation entre populations. De plus, si la majorité des candidats a bien observé que l'indice de différenciation était plus fort entre populations appartenant à des zones à épisodes grégaires très rares qu'entre populations appartenant à des zones à épisodes grégaires fréquents, très rares sont les candidats utilisant les intervalles de confiance donnés pour conclure à une différence significative entre les valeurs proposées. Enfin, l'interprétation des différences observées reste trop souvent parcellaire – et seul un petit nombre de candidats a su expliquer les résultats observés en faisant appel aux forces évolutives en jeu.

Enfin, la partie III correspondait à l'identification de 14 échantillons et à la détermination de leur statut pour l'homme – 4 échantillons étaient présentés sur des photographies imprimées dans le sujet distribué aux candidats, et 10 échantillons étaient exposés à un poste de reconnaissances (10 minutes de passage à ce poste par candidat). Les candidats ont tous traité cette partie, mais la réussite à cette exercice reste très variable. La reconnaissance des races de Bovins et l'identification de leur utilisation a été globalement satisfaisante (même si les différentes races ont parfois été confondues). La reconnaissance

Nom :	Prénom :	salle n° :
-------	----------	------------

des échantillons l'a en revanche été beaucoup moins, et des échantillons pourtant très classiques n'ont pas été reconnus. Le jury déplore dans ce cas des identifications très fantaisistes, voire très minimalistes (qualifier un échantillon « d'herbe verte » est très loin des attendus du jury !). Le barème de cette épreuve a été graduel afin de valoriser des candidats naturalistes évidemment, mais aussi d'autres candidats, moins naturalistes, mais faisant preuve du minimum de compétences dans ce domaine : par exemple en s'efforçant de reconnaître au moins la famille pour les plantes proposées. **Le jury ne peut que regretter le niveau très faible des connaissances naturalistes des candidats à l'agrégation externe de SV-STU et qu'encourager les futurs candidats à améliorer leurs connaissances dans ce domaine.**

5.6 Epreuve de travaux pratiques de contre-option du secteur C : Sujet et commentaires

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

CONCOURS EXTERNE – EPREUVES D'ADMISSION – SESSION 2014

TRAVAUX PRATIQUE DE CONTRE-OPTION DU SECTEUR C

CANDIDATS DES SECTEURS A ET B

Durée totale : 2 Heures

Fluides et altération en géologie

L'objectif est ici d'aborder quelques aspects de la relation qui existe entre la chimie des eaux et la géologie à différentes échelles de temps et d'espace. Le sujet comprend 5 parties.

Le sujet du TP de contre option de secteur C de la session 2014 de l'Agrégation de SV-STU s'intéressait à la relation qui existe entre la chimie des eaux et la géologie à différentes échelles de temps et d'espace.

L'objectif ici était de mettre en relation dans un premier temps le contexte géologique et les caractéristiques spatiales (à l'échelle d'un bassin sédimentaire) et chimiques des ressources en eaux minérales de la France métropolitaine. Dans un deuxième temps le candidat était amené à réfléchir aux caractéristiques hydrogéologiques d'un système glaciaire et aux variations temporelles (saisonnnières) associées. Les notions d'altération par les fluides, de sources et de rapport eau/roche étaient centrales.

Enfin, une réflexion sur l'intégration dans le temps des processus d'altérations et leurs conséquences sur l'évolution chimique des océans était suggérée.

Partie I – La diversité géologique de la France (durée conseillée 10 min - 2/20)

Le document 1 – A est une image satellite de la France métropolitaine.



Document 1 – A – une image satellite de la France métropolitaine (source : Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer, NASA)

I – A A partir de l'observation du document 1-A et de vos connaissances, faites ressortir sur la version atténuée (document 1-B) les grands ensembles géologiques de la France métropolitaine sur le document 1-B.

Ce premier exercice ne présentait a priori aucune difficulté. Le jury attendait du candidat qu'il replace sur l'image satellite fournie les grands ensembles géologiques de la France métropolitaine.

Le schéma structural devait faire apparaître le bassin parisien, le bassin aquitain, le bassin du sud-est, les massifs cristallins (armoricain, central, Vosges, Ardennes), le domaine pyrénéo-alpin (Alpes, Jura Pyrénées), les grabens du rift ouest européen et le volcanisme cénozoïque. Le niveau de détail demandé ne dépassait pas cette vision très simpliste de la géologie de la France métropolitaine.

Cette partie a été réalisée de manière satisfaisante par la plupart des candidats. Cependant, de très nombreux candidats ont besoin de revoir les bases de la géographie française (e.g. l'océan Pacifique sur les côtes bretonnes).

Partie II – La Lorraine dans son contexte hydrogéologique et sédimentaire (durée conseillée 25 min - 5/20)

Commentaire général de la partie II :

La coupe a été assez bien traitée malgré un manque de rigueur dans les contours. Nous avons noté un manque de recul sur le contexte général – géologique – et l'implication du pendage des couches a rarement été prise en compte. Un manque de lien entre les réseaux hydrologiques et le contexte géologique général a été souvent noté. La qualité des roches et leurs compositions sont bien traitées.

II – A En vous appuyant sur les informations apportées par la carte hydrogéologique et sa légende du document 2 – A (hors pagination), réaliser la coupe géologique le long du profil proposé.

Répondez directement sur le document 2 – B (profil topographique ; hors pagination). Vous collerez votre coupe (document 2 – B) dans le cadre de la réponse à la question II – A.

Réponse à la question II – A

Collez ci dessous la coupe géologique (document 2 – B)

La coupe proposée située dans la partie Est du bassin de Paris était très simple et n'a posé aucune difficulté.

Seuls quelques candidats se sont trompés dans le sens des pendages ou ont vu des plis !

II – B Faites ressortir les grandes caractéristiques structurales et sédimentaires du système hydrogéologique lorrain.

Réponse à la question II – B

Très peu de candidats ont traité cette partie. Les notions de réseaux aquifères et de nappe libre et captive n'ont pas été discutées.

Quelques candidats (moins de 10%) ont discuté de manière adéquate le lien que l'on pouvait mettre en évidence entre lithologie des Formations et réserve hydrique.

Partie III – Etude de deux eaux minérales aux contrastes chimiques remarquables (durée conseillée 40 min – 6/20)

III – A Dosage des ions hydrogénocarbonates de l'eau de Vittel

Protocole analytique – Vous disposez d'un temps de passage de 15 min au poste analytique

- 1- Remplir la burette avec une solution de HCl à 0,02M
- 2- Prélever 50 mL d'eau de Vittel à l'aide de la fiole jaugée

- 3- Verser ces 50 mL d'eau de Vittel dans un bécher
- 4- Relever le pH initial (**remplir le document 3 - A**)
- 5- Ajouter 10 mL d'acide et relever le pH après homogénéisation (**remplir le document 3 - A**)
- 6- Ajouter l'acide de 0,5 en 0,5 mL et relever le pH après chaque addition (**remplir le document 3 - A**) jusqu'à une quantité finale d'acide ajoutée de 20 mL

III – A – 1 Remplir le tableau du document 3 – A avec vos données expérimentales

Le pH initial était égal à 7,63 et le pH final à 3,16. Un saut d'une unité de pH était attendu entre 16 et 17 mL d'acide ajouté.

Cette manipulation a été réalisée de manière satisfaisante par la plupart des candidats. De graves erreurs persistent cependant face à l'approche expérimentale : introduction d'une seule électrode, mesure du pH de la solution tampon à la place de l'échantillon... Le jury attire l'attention sur le fait que le soin apporté à l'expérience n'était pas noté.

III – A – 2 Réaliser le graphique sur le papier millimétré (document 3 - B) du pH en fonction de la quantité d'acide ajouté et repérer graphiquement le volume d'acide ajouté au point d'équivalence.

La courbe attendue pour ce dosage acide/base est une courbe de forme sigmoïde. La méthode de détermination du point d'équivalence est la méthode dite des tangentes (asymptotes et parallèle équidistante qui coupe la courbe au point d'inflexion).

Cet exercice n'a posé aucune difficulté à la grande majorité des candidats.

III – A – 3 Au point d'équivalence, on peut approximer que ($n_{H_3O^+}$ versée = $n_{HCO_3^-}$ initiale) ; en déduire la concentration en mg/L d'ions hydrogénocarbonates de l'eau de Vittel et comparer à la valeur attendue de 384 mg/L. (NB : $M_C = 12 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_O = 16 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_H = 1 \text{ g.mol}^{-1}$)

Réponse à la question III – A – 3

On en déduit que $\left[HCO_3^- \right] = \frac{Ca \times Va}{Vb}$

Une concentration d'ions hydrogénocarbonates de l'eau de Vittel de 390 mg/L ($\pm 10\%$) était attendue.

Cet exercice n'a posé aucune difficulté à la grande majorité des candidats.

III – B Etude comparative de deux eaux minérales dans leurs contextes géologiques

Le document 4 localise Vittel et Volvic sur l'image satellite de la France métropolitaine.

III – B – 1 En vous aidant des documents 1 – B, 2 – A et 4, discutez de l'origine de la différence de concentration en ions hydrogénocarbonates qui existe entre l'eau de Volvic (71 mg/L) et l'eau de Vittel (384 mg/L).

Réponse à la question III – B – 1

Le Jury attendait ici des notions simples de géologie régionale : le bassin versant de Volvic se situe dans la chaîne des Puys. L'aquifère peut ainsi se localiser dans les formations volcaniques perméables, c'est à dire dans des alternances de coulées basaltiques-trachyandésitiques et de dépôts pyroclastiques.

Un candidat sur deux n'a pas su faire le lien entre la typologie des terrains géologiques et la composition chimique des aquifères.

Dans l'ensemble le jury est satisfait de la prestation des candidats sur la partie III, mais attire l'attention sur la connaissance trop vague de la géologie régionale de la France métropolitaine.

Partie IV – Variation temporelle de la chimie des eaux : problème de source(s) et de rapport eau/roche (durée conseillée 30 min – 4/20)

IV – A – Etude du Glacier Alpin des Bossons

IV – A – 1 – Géomorphologie du Glacier des Bossons

Le document 5 présente une vue d'ensemble du glacier des Bossons et son exutoire principal, le torrent des Bossons.



Document 4 – vue d'ensemble du glacier des Bossons (source : J.F. Buoncristiani)

A l'aide de la photographie du document 5, réaliser sur la photo atténuée (cadre de la réponse IV – A – 1 – a) un schéma structural du système glaciaire des Bossons.

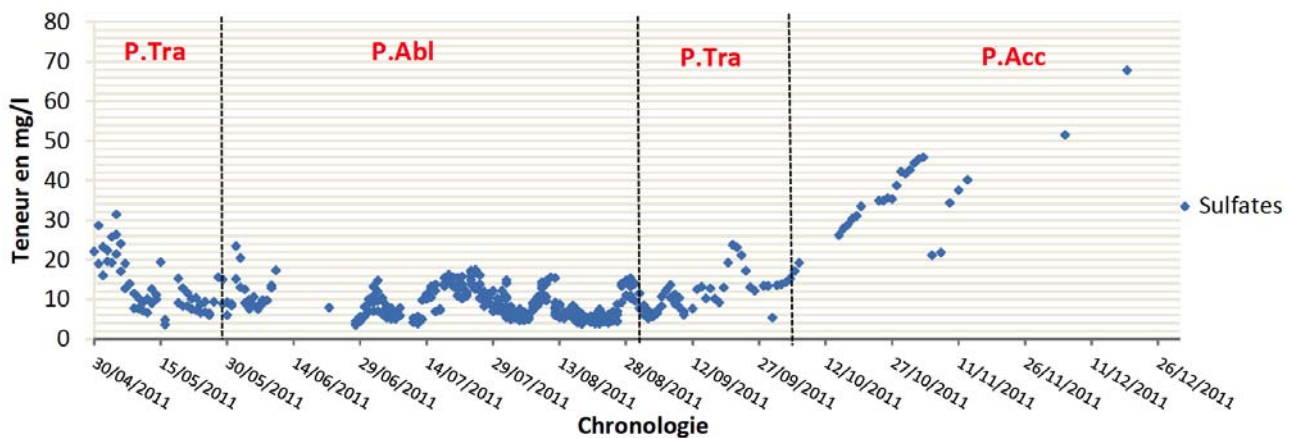
Réponse à la question IV – A – 1 – a

De manière générale les candidats possèdent le vocabulaire permettant de décrire un glacier MAIS le replacent sans réellement observer les structures. La TRES grande majorité légende les roches moutonnées comme des moraines.

Face à un exercice de ce type, le jury suggère aux futurs candidats de décrire leurs observations et d'oublier le schéma X du livre Y.

IV – A – 2 – Etude physico-chimique de l'eau du torrent des Bossons

Le document 6 présente les variations temporelles de la concentration en sulfates de l'eau du torrent des Bossons d'avril à décembre 2011.



Document 6 – Variations temporelles de la concentration en sulfates de l'eau du torrent des Bossons (P.Tra : période de transition, P.Abl : période d'ablation du glacier ; P.Acc : période d'accumulation de la neige)

IV – A – 2 – a l'aide du document 6, décrire l'évolution des concentrations en sulfates au cours du temps.

Réponse à la question IV – A – 2 – a

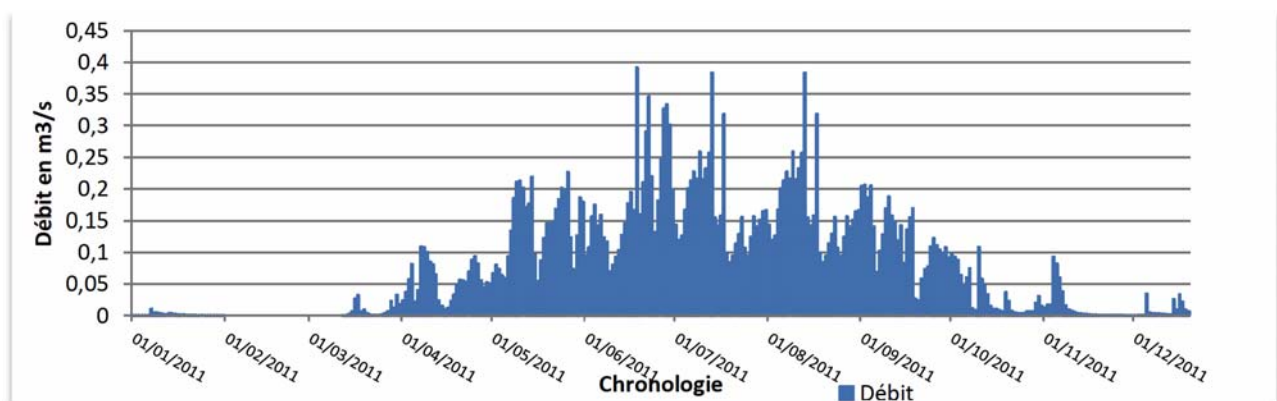
Aucune difficulté notable ici. Les candidats ont su expliciter les variations de concentrations en sulfate en lien avec la saisonnalité et le cycle d'ablation-accumulation du glacier.

IV – A – 2 – b Proposer des hypothèses quand aux sources possibles de sulfates dans l'eau du torrent des Bossons.

Réponse à la question IV – A – 2 – b

Altération du socle, précipitation, pollution anthropique, activité microbienne « originale » pouvaient être proposés. Aucun candidat n'a proposé plus de deux hypothèses différentes !

Le document 7a présente les variations temporelles du débit du torrent des Bossons de janvier à décembre 2011 et le document 7b présente une photo de la surface du glacier en juillet 2011.



Document 7a – Variations temporelles du débit du torrent des Bossons de janvier à décembre 2011



Document 7b – photo de bédrière à la surface du glacier des Bossons (juillet 2011) (source : J.F. Buoncristiani)

IV – A – 2 – c A l'aide du document 7a et 7b, discuter de l'influence du régime hydrologique sur les variations saisonnières de la concentration en sulfates de l'eau du torrent des Bossons.

Réponse à la question IV – A – 2 – c

Les notions de sources des fluides et de rapport eau/ roche étaient centrales ici. Trop peu de candidats ont compris qu'il s'agissait de discuter le mélange de deux sources, l'une peu concentrée en sulfate et temporaire (l'eau SUR le glacier), l'autre plus concentrée et peu variable en terme de flux (l'eau SOUS le glacier).

Le jury constate que les notions de réservoir et de flux semblent incomprises par les candidats. L'importance du rapport eau/roche dans les mécanismes d'altérations n'a JAMAIS été évoquée.

IV – A – 3 – Etude pétrologique et minéralogique du glacier des Bossons

Le document 8 présente les deux types de roche qui constituent le substratum géologique du glacier des Bossons.



Document 8 – photo d’affleurement de deux types de roches du glacier des Bossons (source : J.F. Buoncristiani)

IV – A – 3 – a Proposer une diagnose de ces deux roches à l’aide des caractéristiques macroscopiques de ces deux roches observable sur le document 8.

Réponse à la question IV – A – 3 – a

Le jury souligne l’effort de démarche des candidats. Ces diagnoses n’ont posé aucun problème et sont bien argumentées dans l’ensemble.

L’échantillon A fourni sur votre paillasse est un minéral que l’on observe dans les roches qui constituent le substratum géologique du glacier des Bossons.

IV – A – 3 – b Proposer une diagnose de l’échantillon A

Réponse à la question IV – A – 3 – b

Le minéral proposé a été reconnu par un grand nombre de candidats et sa formule chimique FeS_2 est connue. La description cristallographique de ce pyritoèdre n’a jamais été proposée.

Le jury constate que si la description d’une roche semble acquise, celle d’un minéral ne l’est pas ! La pyrite a été confondue avec un grenat ou du gypse.

IV – A – 3 – c A l’aide de vos observations pétrologiques et minéralogiques, préciser l’origine des variations saisonnières de la concentration en sulfates de l’eau du torrent des Bossons.

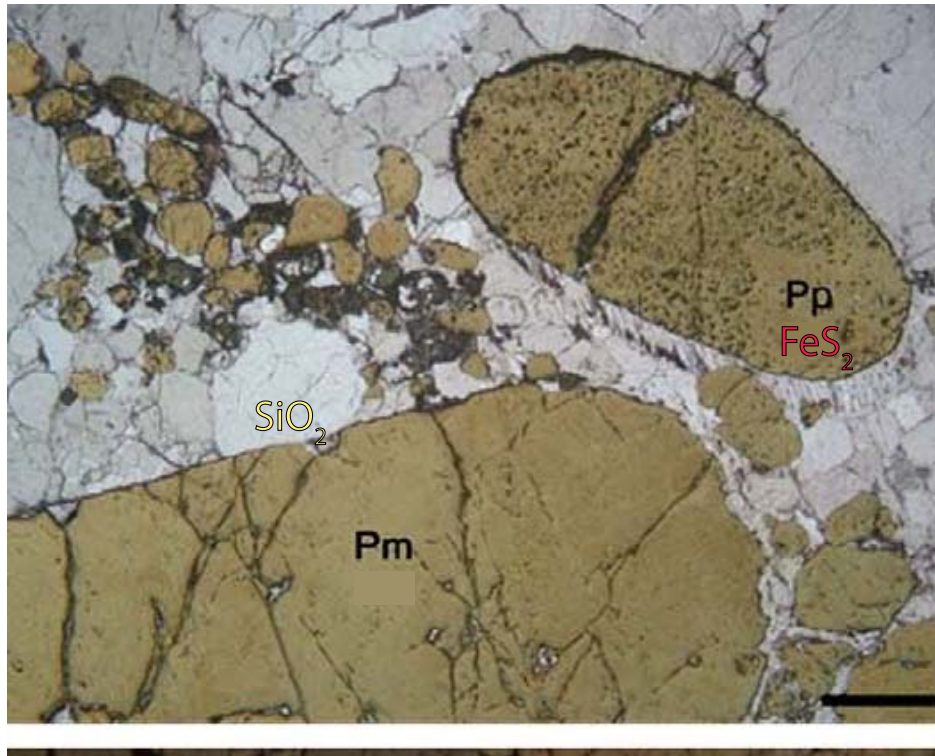
Réponse à la question IV – A – 3 – c

Les mécanismes de transport et d’altération sont connus mais très mal appliqués à un système naturel. Attention de nombreux candidats pensent que la pyrite contient des sulfates.

Commentaire général de la partie IV : Cet exercice a été dans l’ensemble mal traité. Les notions de bases de la géochimie (e.g. réservoir, mélange) sont à revoir.

Partie V – Evolution des processus d'altération et conséquences dans l'histoire de la Terre (durée conseillée 15 min – 3/20)

Le document 9 présente une microphotographie de lame mince d'un échantillon provenant de la Formation de Pangola datée à 2,95 milliards d'années (Afrique du sud).



Document 9 – microphotographie de lame mince (Formation de Pangola, Afrique du sud) ; Barre d'échelle : 1mm.
(source : Hofmann et al., EPSL 2009)

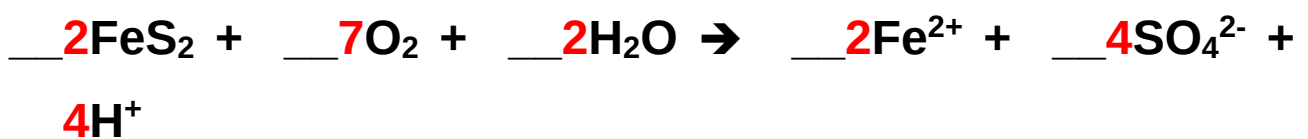
V – A Discuter la microfabrique de cette roche (document 9) et proposer un processus sédimentaire associé à ce type de dépôts.

Réponse à la question V – A

Le caractère sédimentaire et les critères de transport ont été reconnus. Pas de problème particulier ici.

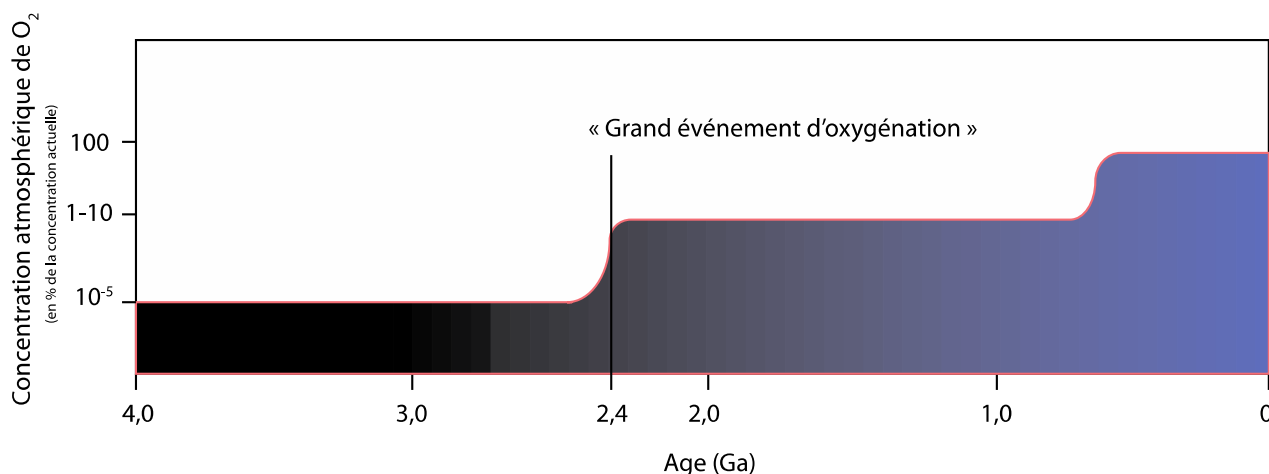
V – B Equilibrer la réaction suivante :

Réponse à la question V – B



Moins d'un candidat sur cinq est en mesure d'équilibrer une équation chimique simple.

Le document 10 propose un scénario d'évolution de la concentration d'oxygène dans l'atmosphère au cours des temps géologiques.



Document 10 – Modèle de variation de la concentration en dioxygène atmosphérique de 4,0 Milliards d'années à l'actuel.

V – C A l'aide du document 10, justifier le fait que l'association minéralogique et texturale de la roche du document 9 ne soit jamais observée après 2,4 Ga dans l'enregistrement géologique.

Réponse à la question V – C

Trop peu de candidats ont fait le lien entre préservation de la pyrite et environnement sédimentaire réducteur. L'altération oxydante n'est jamais évoquée.

V – D Proposer un modèle d'évolution de la concentration en sulfate dans les océans de 4,0 Milliards d'années à l'actuel.

Réponse à la question V – D

Le lien entre l'évolution de la concentration des sulfates dans l'océan et celle du dioxygène atmosphérique a été décrit de façon satisfaisante.

Cette partie du TP, bien que rarement traitée, a été bien comprise.

Le jury souligne cependant qu'il est INDISPENSABLE de savoir équilibrer une réaction chimique.

6. Epreuves orales

6.1 La leçon d'option

6.1.1 Déroulement de l'épreuve de spécialité

Conditions de préparation

Après avoir pris connaissance du sujet, le candidat dispose de 4 heures pour préparer sa leçon. Après un premier temps de réflexion de 15 minutes, l'accès à la bibliothèque est autorisé. Le candidat remplit une fiche lui permettant d'obtenir les ouvrages, documents et matériels dont il estime avoir besoin. Aucun matériel d'expérimentation n'est fourni durant les 30 dernières minutes de la préparation, et aucun document ou support n'est fourni durant les 15 dernières minutes de la préparation. Durant son temps de préparation, le candidat doit construire sa leçon, réaliser les transparents (et le cas échéant les montages expérimentaux) qui lui semblent nécessaires à sa démonstration, et analyser-interpréter l'ensemble des documents qui lui ont été fournis. Chaque titre de leçon de spécialité est accompagné d'un nombre limité de documents (classiquement 4 ou 5) qui peuvent correspondre à des documents fournis sur transparent ou à des échantillons concrets. Le jeu de documents est conçu de façon à ce que leur analyse/exploitation par le candidat ne dépasse pas 45 minutes.

Présentation et entretiens

À l'issue des 4 heures de préparation, le candidat dispose de 50 minutes pour présenter sa leçon devant une commission composée de trois membres du jury de spécialité. A la fin de son exposé, le candidat est interrogé en deux temps. Dans un premier temps, un premier entretien d'une durée de 10 minutes, est conduit par le concepteur du sujet, et porte sur la thématique de la leçon. Lors de cet entretien, le jury peut revenir sur des aspects traités durant l'exposé, sur l'exploitation des documents fournis, sur des documents et du matériel présentés durant la leçon, ou encore interroger le candidat sur des aspects non traités du sujet mais liés à la thématique de la leçon. L'objectif de ce questionnement est de s'assurer que le candidat a bien compris les différents volets du sujet proposé et qu'il maîtrise les connaissances liées à ce sujet. Dans un second temps, deux entretiens, chacun d'une durée de 7 minutes 30, sont menés par les deux autres membres du jury. Ces entretiens portent sur des thématiques relevant du domaine de spécialité du candidat et visent à évaluer les aptitudes et connaissances du candidat sur ces thématiques. Ils peuvent ou non débiter par l'étude d'un document ou d'un échantillon proposé par le jury comme document d'appel pour entamer la discussion.

6.1.2 Constats et conseils

Une épreuve de haut niveau scientifique visant à répondre à une problématique

L'épreuve orale de spécialité est une épreuve pour laquelle le jury se montre exigeant, et attend des candidats une réelle démarche et rigueur scientifique dans leur démonstration. Cette épreuve porte sur les différentes rubriques du programme de connaissances générales relevant du domaine de spécialité du candidat ainsi que sur les 15 thèmes de spécialité associés. Les champs disciplinaires concernés sont ceux qui doivent permettre aux candidats de démontrer leur maîtrise de la démarche scientifique et leurs aptitudes pédagogiques à présenter clairement des notions de haut niveau. Le jury rappelle qu'il est fondamental que le candidat dégage une problématique claire dans son introduction qui servira de fil directeur à sa démonstration, et ce, à partir d'une analyse rigoureuse des termes de son sujet. Le déroulement de son exposé doit ensuite être articulé de manière à répondre à cette problématique, et les documents présentés et les connaissances apportées doivent l'être au service de la réponse à cette problématique. Ainsi, la stratégie d'apprendre par cœur des plans préconçus n'est 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. Et ce, d'autant que les documents fournis par le jury, risquent fort de ne pas cadrer avec cette organisation préétablie.

Le recul nécessaire pour traiter des thèmes plus ou moins classiques

Le titre de la leçon renvoie le plus souvent à des thèmes classiques connus de la majorité des candidats, il peut cependant faire référence à des thèmes a 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 a priori ardues que des leçons jugées plus classiques. Leurs connaissances initiales ne pouvant servir de refuge, ils sont en effet forcés de rentrer dans une réelle démarche de raisonnement. Ce constat oblige à répéter qu'il est indispensable de prendre du recul pour construire sa leçon : elle doit constituer un exposé personnel mettant en avant les qualités scientifiques et pédagogiques du candidat. 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. 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 que l'enjeu est évidemment d'analyser les interrelations entre les deux composantes du sujet (un exemple de leçon pour illustrer ces propos « L'homme et la biodiversité »).

L'exploitation des documents imposés

Une analyse rigoureuse des documents fournis par le jury doit aider le candidat à dégager, au moins partiellement, la problématique de sa leçon. Le jury tient cependant à rappeler que (i) les documents ne sont en aucun cas supposés refléter l'intégralité des notions à aborder

par le candidat durant sa leçon et que (ii) l'ordre de numérotation des documents ne présage en aucun cas de l'ordre attendu de présentation des documents au cours de la leçon. Les documents fournis doivent, bien sûr, être exploités au cours de l'exposé, et il est regrettable que certains candidats omettent de présenter (volontairement ou faute de temps) certains documents, ce qui naturellement les pénalise lors de l'évaluation de l'exploitation du matériel fourni. Enfin, le jury tient à souligner qu'il attend des candidats non pas uniquement qu'ils décrivent les documents proposés, mais qu'ils les interprètent et les intègrent de manière pertinente à leur démonstration. Lorsque cela s'y prête, une réalisation du candidat pour exploiter le document (par exemple un schéma explicatif de l'expérimentation ou un schéma résumant les principaux résultats) est très appréciée.

Le choix et l'exploitation du matériel complémentaire

Comme déjà souligné, les documents proposés par le jury ne couvrent pas tous les aspects du sujet. Le concepteur du sujet peut notamment 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'exposé ne peut donc pas être construit seulement autour des thèmes que les documents permettent d'aborder. Il revient donc au candidat de compléter l'illustration de sa leçon par des documents (y compris de courtes séquences vidéo), du matériel ou des expérimentations complémentaires. L'exploitation du matériel complémentaire doit faire l'objet de la même rigueur que celle du matériel imposé, et elle est très clairement prise en compte dans l'évaluation de la leçon. Dès que cela est possible, le jury rappelle que l'observation directe d'un échantillon 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 concret 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, etc.), et rappelle à cette occasion que l'observation et l'analyse du réel sont fondamentales en Sciences de la Vie et de la Terre.

Une démarche scientifique incontournable

Au cours de la leçon, la démarche scientifique doit s'appuyer sur une analyse rigoureuse des objets 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.

Un véritable travail de synthèse et de choix

Le jury est tout à fait conscient que 50 minutes sont 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, les différents aspects du sujet qu'il souhaite délaisser. C'est la rigueur de la démarche qui justifiera la validité de ses choix, et il est impératif que le candidat présente au jury les raisons de ce choix. 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 par le candidat. En fin d'exposé, la conclusion doit mettre en valeur les idées-clés dégagées au cours de la démonstration et déboucher sur une ouverture liée avec la thématique abordée durant la leçon. Elle peut s'appuyer sur un schéma bilan récapitulatif à la condition que celui-ci se justifie et soit réellement construit à partir des éléments de la leçon.

Une communication d'une qualité suffisante

L'épreuve de leçon de spécialité est aussi l'occasion d'évaluer par les membres du jury les qualités de communication des candidats. Le jury déplore que certains candidats lisent de manière excessive leurs notes durant leur exposé ou qu'ils oublient totalement de regarder leur auditoire. Ces pratiques sont naturellement inadaptées aux exigences du métier d'enseignant et se voient pénalisées. De même, une mauvaise gestion du temps, une expression orale confuse et une utilisation trop imprécise du vocabulaire se voient sanctionnées.

Une indispensable réactivité

Le premier entretien, consécutif à la leçon, a pour but de faire réfléchir le candidat à l'exposé qu'il vient de produire, et à l'aider à revenir sur d'éventuelles omissions, imprécisions ou erreurs. Il sert également à évaluer l'aptitude du candidat à raisonner et à exploiter ses connaissances en temps réel. L'interrogation est ensuite ouverte à deux autres domaines de la spécialité – elle peut revêtir des formes très variables qui visent à évaluer les connaissances du candidat et ses aptitudes à construire un raisonnement logique suite à une question posée. Le jury insiste sur le fait qu'il est important que le candidat construise sa réponse, et qu'une juxtaposition de mots-clefs ne peut suffire. L'écoute et la réactivité sont des qualités indispensables pour une bonne réussite de 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 Commentaires particuliers concernant les leçons d'option A

Cette section vise à compléter les commentaires généraux communs à toutes les leçons d'option par des commentaires spécifiques propres aux leçons d'option A. Nous ne reprendrons donc pas les éléments déjà indiqués ci-dessus.

Maîtriser les connaissances

Au cours de cette épreuve de spécialité, le candidat doit montrer ses connaissances dans des domaines pointues de la spécialité. Cependant, il ne doit pas oublier ses « fondamentaux » en biologie. Le jury a été surpris des erreurs récurrentes sur des connaissances simples de biologie cellulaire et de biochimie. Par exemple, peu de candidats sont capables de décrire correctement les mécanismes énergétiques cellulaires ou encore la structure de base d'une cellule musculaire striée. Indépendamment du niveau de connaissance, le jury a souvent observé une difficulté des candidats à hiérarchiser les connaissances en plaçant au même niveau des mécanismes fondamentaux et des détails de mécanismes biologiques. Par exemple, décrire les « flipases » inhibées lors du mécanisme d'apoptose mais ne pas savoir dans quels mécanismes physiologiques est impliquée l'apoptose.

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 ». Les candidats oublient trop souvent la seconde partie de l'intitulé et se concentrent sur les mécanismes moléculaires précis sans resituer le mécanisme dans sa physiologie. Par exemple, il est difficile de décrire les mécanismes immunitaires sans les localiser dans les différents organes lymphoïdes.

S'appuyer sur le réel pour illustrer sa leçon

Même si le secteur A n'est pas celui où il est le plus facile de monter des échantillons biologiques « réels », l'apport de ces éléments augmente fortement la plus value de la leçon, lorsqu'ils sont bien évidemment utilisés à bon escient et dans une démarche explicative ! C'est ici l'occasion de rappeler qu'un échantillon ou un document ne doit pas être fourni au jury dans « son jus », il doit être accompagné de tous les éléments permettant de rendre sa compréhension aisée par le jury.

Adopter une démarche pédagogique

La démarche pédagogique n'est souvent pas assez mise en avant par les candidats. Le haut niveau des connaissances demandées au cours de la leçon de spécialité ne doit pas faire oublier au candidat que le jury teste aussi ses capacités à faire passer un message clair et compréhensible. Les candidats passent souvent très rapidement sur des mécanismes moléculaires ou cellulaires complexes faisant douter le jury sur leur capacité à transmettre des concepts complexes à leurs futurs élèves.

6.1.4 Commentaires particuliers concernant les leçons d'option B

Cette section vise à compléter les commentaires généraux communs à toutes les leçons d'option par des commentaires spécifiques propres aux leçons d'option B.

Le choix et l'exploitation du matériel complémentaire

Le jury de l'option B souhaite revenir sur l'importance de travailler avec du matériel concret plutôt qu'avec de simples illustrations lors de la leçon d'option B. Ce matériel peut revêtir différentes formes et correspondre à des échantillons, des dissections, des lames (idéalement réalisées par le candidat), de courtes séquences vidéo (par exemple pour illustrer un comportement animal), ou encore des cartes de végétation. L'utilisation de ce matériel concret est très appréciée, elle n'est toutefois pas suffisante et doit être systématiquement accompagnée d'une réelle présentation/exploitation de ce matériel. En particulier, des schémas d'observations sont attendus lors de la présentation de lames ou de dissections. Le jury souhaite par ailleurs rappeler aux candidats que les dissections doivent impérativement être présentées sous eau.

Les insuffisances scientifiques sur le programme de spécialité

Le jury de l'option B a souligné durant cette session des lacunes importantes dans des domaines pourtant incontournables de l'option B. En particulier, le jury a constaté des manques inexplicables dans un concours de recrutement de ce niveau, quant aux plans d'organisation des êtres vivants (quelque soit l'être vivant considéré), à leur positionnement dans les classifications phylogénétiques, ou encore à leur écologie. Le jury a par ailleurs été étonné de manques importants dans les domaines de la biologie végétale et animale, domaines pourtant classiques. Parmi les autres domaines négligés par les candidats, nous citerons aussi celui de la biodiversité et de la biologie de la conservation, et tenons à rappeler qu'un professeur agrégé des SV-STU doit faire preuve de connaissances sur ces sujets étant donné leurs impacts sociétaux.

Les lacunes naturalistes

Il tient enfin à cœur au jury de l'option B de rappeler qu'une solide formation naturaliste est attendue des candidats à l'Agrégation externe de SV-STU. Le jury a été frappé que des candidats méconnaissent totalement des échantillons pourtant très courants de la faune et de la flore de France – ne pas reconnaître un bigorneau, un grillon, un dytique, un marronnier ou encore un hêtre est inacceptable. Au cours des prochaines sessions, le jury continuera à renforcer l'évaluation des connaissances naturalistes des candidats.

6.1.5 Commentaires particuliers concernant les leçons d'option C

Cette section vise à compléter les commentaires généraux communs à toutes les leçons d'option par des commentaires spécifiques propres aux leçons d'option C.

Connaissances scientifiques

Le jury déplore un manque de maîtrise des bases scientifiques en général, non seulement en sciences de la Terre et de l'univers mais aussi sur des notions simples de chimie ou de physique. Cela se traduit par l'utilisation d'un vocabulaire inadapté et imprécis (création, via, etc.). L'utilisation des cartes géologiques par les candidats pose problème : la carte au millionième est souvent mal employée et découverte au cours de l'épreuve et les cartes au 1/50000 et 1/250000 ne sont que trop rarement utilisées et exploitées correctement.

Un minimum de connaissances géographiques est exigé en particulier pour situer certaines structures ou régions géologiques remarquables (la position des différents océans, par exemple). Les connaissances liées à l'analyse de roches –échantillons macroscopiques et lames minces- restent souvent sommaires (confusion entre péridotite-gabbro ; plagioclase-pyroxène ; organismes fossiles ; ciment-matrice). Les membres du jury de l'option C souhaitent rappeler qu'une solide formation naturaliste est attendue des candidats à l'Agrégation externe de SV-STU.

Organisation de l'exposé / Démarche

Les plans proposés par les candidats sont souvent scolaires et présentent des titres peu démonstratifs ou non homogènes. Le manque de 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. De façon générale, il semble que les candidats s'interdisent l'utilisation de documents d'appel ou d'accroche dans leur introduction contrairement aux leçons de contre-option.

Rares sont les candidats qui partent de l'observation pour construire une démarche scientifique intégrée, permettant d'aboutir à une interprétation et des modèles. Toutefois 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 : exemple de l'utilisation du modèle PREM dans la connaissance de la structure interne de la Terre.

Exploitation des documents fournis et des documents complémentaires

Les documents proposés par le jury sont souvent des transparents rapportant des données géophysiques ou géochimiques, des résultats d'expériences, mais cela peut également être des cartes géologiques, des échantillons de roches, des lames minces, des photos d'affleurements... le candidat doit les présenter au jury, les décrire systématiquement avant de les interpréter !

L'exercice de présentation et d'exploitation des documents permet ainsi d'évaluer conjointement les capacités d'analyse scientifique et les qualités pédagogiques.

- L'utilisation des documents sur transparents doit être personnalisée et produire une interprétation. 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 et en tirer rapidement les résultats principaux. Les candidats doivent donner les informations essentielles (et/ou utiles à leur leçon) précisées sur le document (orientation, localisation, échelles, unités, etc.). 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. Il faut faire ressortir l'apport du document à la compréhension du sujet et non se limiter à une simple description, en intégrant pleinement le document dans la construction de l'exposé.

- Les échantillons et lames minces sont inégalement exploités ; une présentation complète des échantillons à différentes échelles, accompagnée de schémas et croquis explicatifs soignés est fortement conseillée. L'analyse doit être précise: elle inclut le nom des minéraux, la texture, la caractérisation morphologique des objets; elle doit aboutir aux conditions de formation et de transformation des roches.

- Les candidats présentent parfois des modèles analogiques, mais leur utilisation est très fréquemment maladroite. En effet, il ne faut pas confondre modèle et phénomène naturel. Le transfert d'échelle entre les objets naturels et le modèle doit être souligné. L'utilisation d'un modèle doit découler d'un certain cheminement qui pose préalablement une hypothèse. Rares sont les candidats qui cherchent à quantifier les phénomènes par des calculs simples qui s'appuient sur des lois physiques et chimiques classiques. Les ordres de grandeur des vitesses, débit, durées, concentrations ... sont rarement présentés.

Communication

Les candidats maîtrisent de mieux en mieux les différents moyens de communication (vidéoprojecteur et rétroprojecteur) mais au détriment de l'utilisation du tableau. L'occupation du tableau est souvent mal gérée et ce dernier est accaparé par le plan. Rares sont les leçons où le tableau se construit progressivement et à la fin desquelles le candidat présente un schéma bilan répondant au sujet. L'utilisation d'un schéma ou d'un document en synthèse de la leçon permettrait pourtant au candidat de revenir sur des points imprécis et relever des incohérences dans l'organisation de leur leçon, sans oublier l'objectif principal qui reste de tirer les conclusions importantes du sujet traité.

6.2 Liste des leçons d'option de la session 2014 :

Leçons d'option du secteur A

Activation de la réponse immunitaire innée par le pathogène

Aspects moléculaires et cellulaires de la fécondation chez les Mammifères
Comparaison de deux maladies neurodégénératives
Cytosquelette et paroi dans la cellule végétale
Découverte et utilisation des transposons en biologie végétale
Détermination et différenciation du sexe chez les Mammifères
Interactions entre le VIH et le système immunitaire
La cellule musculaire striée squelettique
La maladie de Parkinson
La méiose et ses conséquences
La mitochondrie des cellules animales
La mitose
La mort Cellulaire chez les végétaux
La perméabilité ionique des membranes plasmiques neuronales
La réplication de l'ADN
La réponse immunitaire adaptative humorale
La résistance aux herbicides
La transduction des signaux stéroïdiens
La transgénèse végétale
L'activité cyclique de l'appareil reproducteur féminin
L'ATP synthase
Le contrôle de la procréation humaine
Le cytosquelette des cellules animales
Le cytosquelette des cellules eucaryotes
Le génome plastidial
Le potentiel transmembranaire et ses variations
Le spermatozoïde, une cellule spécialisée
Les apports d'Agrobacterium tumefaciens à la biotechnologie végétale
Les bases cellulaires du fonctionnement cardiaque et de son contrôle
Les bases immunologiques de la vaccination
Les canaux membranaires
Les cellules des crêtes neurales
Les cellules photoréceptrices de la rétine humaine
Les cellules présentatrices de l'antigène
Les chloroplastes
Les déplacements des cellules
Les diabètes
Les érythrocytes, des cellules différenciées
Les immunodéficiences
Les innovations génétiques
Les interactions ADN-protéines
Les levures, organismes modèles

Les méthodes d'étude des neurones
Les parois cellulaires
Les plastes
Les potentiels d'action
Les processus cellulaires et moléculaires impliqués lors du développement des Vertébrés
Les ribosomes
Les rôles de l'auxine dans le développement des Angiospermes
Les synapses
Les virus
L'éthylène
L'homme face à la maladie : exemple de la tuberculose
Mise en place du plan d'organisation des Vertébrés
Origine de la diversité tissulaire de la racine chez les Angiospermes
Place du lymphocyte T CD4+ dans la mise en place d'une réponse immunitaire adaptative
Rôles de l'auxine dans la croissance des végétaux
Rôles des cellules de la rétine dans la vision chez l'Homme
Rôles et mécanismes d'action de l'éthylène chez les Angiospermes
Transport axonal et cycle vésiculaire synaptique

Leçons d'option du secteur B

Adaptation et évolution
Anthropisation des milieux et gestion des populations animales
Autofécondation et allofécondation
Bilan hydrique chez les animaux terrestres
Biologie écologie et évolution des Mammifères
Biologie et physiologie des végétaux des milieux secs
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
De l'oviparité à la viviparité
Ectothermie et endothermie chez les vertébrés
Espèce et spéciation
Gestation, parturition et allaitement
Importance des couleurs chez les animaux
La biologie des graines
La circulation de l'eau dans la plante
La compétition interspécifique
La dissémination chez les végétaux
La fonction ovarienne chez les mammifères
La microphagie

La mise en place du rameau feuillé végétatif
La place du hasard dans l'évolution
La place du hasard dans l'évolution
La pression artérielle
La respiration en milieu aquatique
La respiration pulmonaire chez les animaux
La révolution darwinienne
La révolution darwinienne
La sélection naturelle
La sélection sexuelle
La théorie de l'évolution après Darwin
La vie dans la zone intertidale
La vie de la feuille chez les Angiospermes
La vie des orchidées
La vie ralentie chez les végétaux
L'activité cardiaque chez l'homme
Le chant des oiseaux : mécanismes neurophysiologiques et importance biologique
Le comportement territorial
Le diabète sucré
Le maïs biologique, physiologie, génome et évolution
Le rein des mammifères
Le squelette chez les animaux pluricellulaires
L'écosystème prairial
Les ajustements physiologiques accompagnant un exercice physique
Les ajustements physiologiques accompagnant un exercice physique
Les compartiments liquidiens extracellulaires chez les métazoaires
Les constructions animales
Les constructions animales
Les fonctions branchiales
Les forces évolutives
Les innovations dans la lignée verte en liaison avec la colonisation du milieu aérien
Les mécanismes photosynthétiques de type C4 et CAM et leur intérêt écologique
Les phylogénies et leurs utilisations
Les relations gamétophyte - sporophyte chez les embryophytes
Les relations interspécifiques et la structure des communautés
Les relations plantes-insectes
Les réserves de molécules organiques chez les êtres vivants
Les rythmes saisonniers chez les Mammifères
Les stratégies parasitaires
Les végétaux envahissants
L'hémodynamique vasculaire

L'homme et la biodiversité
L'homme et la biodiversité
L'impact des perturbations sur les écosystèmes
L'importance biologique des signaux sonore chez les Arthropodes
L'importance des microorganismes dans le cycle de l'azote
L'obésité
L'orientation spatiale chez les animaux
Mise en place du comportement chez les animaux: aspects ontogénétiques et évolutifs
Osmorégulation et ionorégulation en milieu aquatique
Parasitisme et mutualisme
Squelettes et locomotion chez les métazoaires
Structure et fonctionnement des écosystèmes
Structure et fonctions de la racine chez les Angiospermes
Structure et fonctions de la racine chez les Angiospermes
Unité et diversité des arthropodes
Unité et diversité des arthropodes
Unité et diversité des Mollusques
Vie sociale chez les insectes

Leçons d'option du secteur C

Circulation hydrothermale et ressources associées
Données géologiques, chimiques et biologiques sur les origines de la Vie
Dynamique de la chaîne alpine
Dynamique océanique et changements abrupts du climat
Exploitation et gestion des eaux souterraines en France
Gites métallifères
La cinématique des plaques
La conquête du milieu terrestre
La convection mantellique
La déformation des roches à toutes les échelles
La différenciation de la Terre
La dynamique atmosphérique et la disponibilité en eau douce sur les continents
La lithosphère océanique
La mesure du temps en géologie
La notion d'anomalies en géophysique
La reconstruction des paléoenvironnements continentaux
La sismicité de la France dans son cadre géologique
La subduction océanique
La tectonique des plaques, approche historique
La Terre au Précambrien
Le couplage océan atmosphère

Le cycle sismique
Le manteau
Le noyau terrestre
Le système solaire
L'enregistrement sédimentaire des variations du niveau marin
Les crises de biodiversité
Les cycles du carbone à différentes échelles de temps
Les énergies non renouvelables
Les éruptions volcaniques
Les facteurs de contrôle de la sédimentation
Les glaciations
Les marges continentales de la France métropolitaine
Les météorites
Les mouvements verticaux de la lithosphère
Les provinces magmatiques géantes
Les variations du CO₂ dans l'atmosphère terrestre : mise en évidence, causes et conséquences
L'extension continentale
Métamorphisme et géodynamique
Nature et structure de la lithosphère continentale à partir de la carte géologique de la France au millionième
Originalité de la Terre dans le système solaire
Origine et évolution des Hominidés
Origine et évolution des magmas basaltiques
Origine et genèse des granites
Reconstitutions des histoires Pression-Température-temps-déformation
Rôle de la tectonique des plaques sur le climat
Rôle de la vie dans la formation des roches
Subduction continentale et collision
Variation de la biodiversité au cours du temps

6.3 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. 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, si possible 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 6 minutes, conduit par le concepteur du sujet, porte sur le contenu de la leçon.
- Une deuxième interrogation de 9 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 9 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.

L'oral de contre option est donc une épreuve qui nécessite une concentration permanente, une bonne réactivité et de solides connaissances générales.

6.2.2 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, même 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.

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. Il est ainsi important de profiter du temps proposé par le jury pour se désaltérer afin de se réhydrater mais aussi de bien « souffler » avant de démarrer l'entretien.

6.2.3 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. Il est donc indispensable de mettre en avant les idées essentielles à traiter dans la leçon et cela permettra au candidat, lorsque c'est pertinent, d'élaborer un schéma bilan au tableau.

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. Attention cependant, le candidat doit s'appuyer sur du matériel en assurant une réelle exploitation de ce matériel, il ne faut pas se limiter à une simple illustration.

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. Il faut cependant bien lire le titre du sujet : "la sédimentation océanique" n'est pas le même sujet que "les sédiments océaniques". Dans le premier cas, on ne s'intéresse qu'aux processus sédimentaires et non à l'évolution des sédiments.

L'utilisation du vidéoprojecteur et du rétroprojecteur est en revanche correctement intégrée par la plupart des candidats. Les candidats ont la possibilité de projeter des documents à l'écran, ou d'obtenir des transparents d'images issues des livres consultés. Le jury n'estime donc pas très utile de recopier des images à la main (comme la carte de répartition des sédiments océaniques!) 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. Trop de présentations commencent par des platitudes (la Terre bleue) et ne posent pas vraiment une problématique qui est alors introduite par un « on peut donc se demander » totalement péremptoire. L'utilisation d'observations d'objets réels ou de phénomènes actifs est un excellent moyen d'introduire de nombreux sujets et fait une très bonne accroche. Nous avons noté cette année un effort réel dans la présentation d'échantillons, de cartes ou de photographies présentées en accompagnement. Cependant les documents sont souvent mal

maitrisés (en particulier les échantillons pétrologiques). Si la démarche de multiplier les supports est louable, ceux-ci doivent être les données ou informations nécessaires à l'illustration du propos. De ce point de vue, l'exploitation des échantillons est souvent trop sommaire, limitée au nom de l'échantillon que l'on a demandé sans expliquer les critères qui ont permis de le reconnaître. Trop peu de candidats s'appuient sur la carte géologique de France au millionième, pourtant utilisable avec la majorité des leçons posées. 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.

Souvent les candidats présentent des modèles analogiques, mais leur utilisation est très fréquemment maladroite. En effet, il ne faut pas confondre modèle et réalité : un modèle ne démontre pas qu'un phénomène naturel de grande échelle existe dans la nature), et le problème du transfert entre les deux échelles doit être évoqué. Le modèle permet en revanche de mesurer l'effet de certains paramètres. Egalement, l'utilisation d'un modèle doit découler d'un certain cheminement, qui pose préalablement une hypothèse, et malheureusement, les modèles sont souvent "sortis du chapeau" sans aucune discussion préalable.

L'utilisation du tableau est trop souvent limité à la présentation d'un schéma bilan ou tableau. Trop peu de candidats l'ont utilisé pour réaliser des coupes ou schémas structuraux construits progressivement au cours de la leçon. Il est inconcevable qu'à la fin d'une leçon sur le Jura, il ne reste pas une coupe de la chaîne à la fin.

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...

Un minimum de connaissances de la géographie est également requise (le golfe de Gascogne n'est pas dans l'Océan Indien). De même, quelques structures et régions géologiques « classiques » doivent être connues des candidats (faille de San Andreas, plateau d'Ontong Java....) et replacées géographiquement. Certains exemples de géologie régionale doivent être connus sous forme de schéma structural, logs stratigraphiques ou coupes (Jura, Alpes...).

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. Il faut cependant éviter les synthèses qui n'illustrent rien. Le tableau devrait faire ressortir les principales observations et paramètres de contrôle d'un phénomène géologique.

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.

6.2.3 Sujets des leçons de contre-option

Leçons de contre option : épreuve de physiologie cellulaire et des organismes - Biologie moléculaire et des populations

Couplages énergétiques et membranes biologiques
Equilibre hydro-électrolytique chez les métazoaires
Espèces et spéciation
Homologie et liens de parenté
La communication animale
La fibre musculaire striée squelettique
La floraison
La glycémie
La glycémie : régulation et dérèglements
La maîtrise de la reproduction humaine
La mémoire immunitaire
La notion d'hormone
La plaque motrice
La racine des Angiospermes
La réponse inflammatoire : un exemple de réponse immunitaire innée
La reproduction chez les embryophytes
La Terre comparée aux autres planètes telluriques
La vaccination: bases immunologiques et applications en santé humaine
La vie sociale chez les hyménoptères
La vision dans l'espèce humaine
Le flux hydrique chez les Angiospermes
Le manteau terrestre
Le polymorphisme
Le potentiel d'action
Le potentiel de membrane
Le réflexe myotatique
L'écosystème forestier
Les animaux et le froid
Les anticorps
Les ARN de la cellule eucaryote
Les arthropodes
Les cellules cardiaques et leur fonctionnement
Les couplages énergétiques dans les cellules animales
Les échanges de matières minérales chez les Angiospermes
Les échanges océan – atmosphère
Les enzymes
Les méristèmes et la croissance des Angiospermes
Les météorites
Les mutations
Les neurones
Les pigments photosynthétiques
Les réserves chez les angiospermes
Les rôles biologiques des lipides
Les surfaces d'échanges chez les végétaux terrestres

L'évolution: faits et théories
L'exercice physique
Mitose et méiose
Oviparité et viviparité chez les vertébrés
Pollen et pollinisation
Qu'est ce qu'un gène?
Rapprochement des gamètes et fécondation : mécanismes cellulaires et moléculaires
Respiration et milieu de vie
Rôles des microorganismes dans les transformations industrielles

Leçons de contre option : épreuve de Sciences de la Terre et de l'Univers

Accumulation sédimentaire et géodynamique
Altération et érosion : du minéral au paysage
Apport des données paléontologiques à l'étude de l'Evolution
Apport des données paléontologiques à l'étude de l'Evolution
Apport des fossiles à la reconstruction des paléoenvironnements
Cadres géodynamiques et évolution des bassins sédimentaires
Chronologie absolue : principes et applications
Chronologie relative : principes et applications
Cinématique des plaques lithosphériques
Cinématique des plaques lithosphériques
Circulations atmosphérique et océanique
Circulations atmosphérique et océanique
Comportement rhéologique des matériaux géologiques et structures associées
Convection et dynamique du globe
Crise Crétacé-Paléocène : faits géologiques et discussions
Croûte océanique et croûte continentale
Du plancton à la roche
Dynamismes éruptifs et risques associés
Énergie solaire et bilan énergétique de la Terre
Érosion et altération des continents
Exploitation et protection des ressources en eau
Formation et évolution d'une chaîne de collision
Formation et évolution d'une chaîne de collision
Formation et évolution de l'atmosphère terrestre
Genèse et évolution de la croûte océanique
Genèse et évolution des magmas
Genèse et évolution des magmas
Géoïde et reliefs de la Terre
Géologie de l'Europe à partir de supports cartographiques au choix du candidat
Géologie de l'océan Atlantique
Géologie de l'océan Atlantique
Géologie de l'océan Indien
Géologie de l'océan Indien
Historique de la théorie de la tectonique des plaques
Homme et climat
L'apparition de la vie
L'apport des données satellitaires à la compréhension des enveloppes fluides
L'effet de serre

L'énergie solaire reçue par la Terre : devenir et effets
La biostratigraphie
La biostratigraphie
La circulation thermohaline : mise en évidence, fonctionnement et effets climatiques
La collision continentale à partir de l'exemple de l'Himalaya
La conquête des continents dans l'histoire de la Terre
la construction de l'échelle chronostratigraphique
La convection interne
La datation des phénomènes géologiques
La datation des roches magmatiques: méthodes et limites
La datation des roches sédimentaires: méthodes et limites
la déformation ductile
La diagenèse
La différenciation de la Terre
La différenciation de la Terre
La distribution d'énergie solaire à la surface de la Terre et ses conséquences
La formation des roches par les êtres vivants
La formation et la dislocation de la Pangée et ses conséquences climatiques
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 Pangée
La reconstitution d'un paléoenvironnement au choix du candidat
La reconstitution des paléoenvironnements continentaux
La rythmicité dans les processus sédimentaires
La sédimentation en domaine océanique
La subduction océanique
La Terre au Précambrien
La Terre comparée aux autres planètes telluriques
Le champ magnétique terrestre : origine et évolution
Le cycle de l'eau
Le cycle du Carbone et ses variations au cours des temps géologiques
Le magmatisme d'origine mantellique
Le magmatisme d'origine mantellique
Le magmatisme lié à la formation et à l'évolution des chaînes de montagnes
Le manteau terrestre
Le métamorphisme : marqueur géodynamique
Le métamorphisme: marqueur géodynamique
Le noyau terrestre
Le rôle de l'océan sur le climat terrestre
Le volcanisme dans le système solaire
Le volcanisme outre-mer et sa signification géodynamique
Les anomalies géophysiques et leurs apports en sciences de la Terre
Les bassins houillers en France
Les bassins sédimentaires observés sur la carte de France au millionième dans leur cadre géodynamique
Les bioconstructions carbonatées
Les chemins Pression, Température, Temps des roches métamorphiques
Les courants océaniques

Les cycles glaciaires et interglaciaires : mise en évidence et origine
Les différents types de métamorphisme et leur signification géodynamique à partir de la carte de France au millionième
Les enregistrements des paléoclimats
Les enregistrements des paléoclimats
Les évaporites
Les gisements métallifères dans leur contexte géodynamique
Les glaciations
Les grandes accumulations sédimentaires détritiques
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 Jura à partir de cartes géologiques au choix du candidat
Les grandes lignes de l'histoire géologique du Massif Armoricaïn à partir de cartes géologiques au choix du candidat
Les grandes lignes de l'histoire géologique du Massif Armoricaïn à partir de cartes géologiques au choix du candidat
Les grandes lignes de l'histoire géologique du Massif Central à partir de cartes géologiques au choix du candidat
Les grands cycles orogéniques à partir de la carte de France au millionième
Les grands cycles orogéniques à partir de la carte de France au millionième
Les grands cycles orogéniques à partir de la carte de France au millionième
Les îles océaniques
Les marqueurs géologiques et géochimiques des glaciations
Les métamorphismes liés au cycle alpin en France
Les météorites
Les modifications anthropiques des enveloppes externes
Les mouvements verticaux de la lithosphère
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 transferts de chaleur à l'intérieur de la Terre
Les transferts de chaleur à l'intérieur de la Terre
Les variations climatiques à différentes échelles de temps
Les variations climatiques à différentes échelles de temps
Les variations du niveau marin
Origine et évolution des Hominidés
Origine et genèse des granites
Origine et genèse des granites
Origine et genèse des séquences des dépôts
Origine et histoire de la matière organique des roches
Récif et sédimentation périrécifale
Relief et géodynamique interne
Rifting et ouverture océanique
Rifting et ouverture océanique
Risque et aléa sismique
Risques et aléas liés à la géodynamique interne
Sismologie et structure du globe
Sismologie et structure du globe
Transferts de matières du continent à l'océan
Un cycle biogéochimique au choix
Utilisation des roches dans la construction
Utilisation du $\delta^{18}\text{O}$ dans les sciences du climat

6.3. 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.

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,...).

Le jury a valorisé les candidats capables par exemple :

- d'identifier l'ancrage social et éventuellement historique 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, faits, théories et observations. Une réflexion sur la place dans la démarche du chercheur, de l'inventivité, du hasard et de l'erreur ;
- de présenter des éléments et faits mettant en lumière les relations entre la construction du savoir scientifique et l'environnement socio-économique ;

- d'identifier comment ces différentes facettes peuvent être prises en charge dans l'enseignement scientifique, notamment dans le cadre des « éducations à » et en quoi elles contribuent à la construction d'une image des sciences;
- 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 des missions de l'Ecole ;
- de prendre un recul critique et argumenté face aux différentes formes de médias traitant un contenu scientifique.

Le jury a constaté les difficultés suivantes lors de la discussion avec les candidats :

- une difficulté à mettre en perspective la problématique dans différents contextes (de recherche, de société et d'enseignement par exemple) ;
- un discours parfois trop formaté, dogmatique ou simpliste, concernant le fonctionnement et la place des sciences dans la société ;
- un refus systématique de prendre position pas toujours pertinent et surtout argumenté de façon peu convaincante ;
- un recours systématique au débat n'est pas toujours pertinent ;
- 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.