



Secrétariat Général

Direction générale des
ressources humaines

Sous-direction du recrutement

MINISTÈRE
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE

Concours du second degré – Rapport de jury

Session 2015

AGREGATION

EXTERNE

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

**Rapport de jury présenté par François GAUER
Président de jury**

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

1. Présentation du concours

1.1 Composition du jury

Gauer François	Président, Professeur des Universités	Université de Strasbourg
Vennin Emmanuelle	Vice-présidente, Professeur des Universités	Université de Bourgogne
Pajot Bertrand	Vice-président, inspecteur général de l'éducation générale	Inspection Générale de l'Éducation Nationale, Paris
Allano Louis	Professeur Agrégé	Lycée Masséna, Nice
Barthes Laure	Maître de conférences	Université Paris Sud, Orsay
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
Fournel Sylvie	Professeur des Universités	Université de Strasbourg
Frugière Alain	Professeur des Universités	Université Pierre et Marie Curie
Goisset Céline	Professeur Agrégé	Lycée Chaptal, Paris
Harry Myriam	Professeur des Universités	Université Paris Sud, Orsay
Lallemant Siegfried	Professeur des Universités	Université de Cergy-Pontoise
Lamarche Juliette	Maître de conférences	Aix-Marseille Université
Larrouy Dominique	Maître de conférences	Université Paul Sabatier, Toulouse
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
Metz Florence	Professeur Agrégé	Lycée JB Say, Paris
Niboyet Audrey	Maître de conférences	AgroParisTech
Nomade Jérôme	Professeur Agrégé	Université Joseph Fourier, Grenoble
Nussaume Laurent	Directeur de recherche CEA	CEA, Cadarache
Olivier Nicolas	Maître de conférences	Université B Pascal, Clermont-Ferrand
Otero Olga	Maître de conférences	Université de Poitiers
Pietre Emmanuel	Professeur Agrégé	Lycée Champollion, Grenoble
Revardel Emmanuelle	Maître de conférences	Université de Bordeaux
Soubaya Thierry	Professeur Agrégé	LEGTA, Castanet Tolosan
Thomazo Christophe	Maître de conférences	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 12 août 2014 modifiant l'arrêté du 28 décembre 2009** et de **l'arrêté du 15 juillet 1999 modifiant l'arrêté du 12 septembre 1988 modifié fixant les modalités des concours de l'agrégation NOR : MENP9901240A**, publié au [J.O. N° 175 du 31 juillet 1999 page 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).

L'ordre de passage des candidats et les intitulés de leçons sont associés de façon totalement aléatoire par la présidence du concours.

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

L'ordre de passage des candidats et les intitulés de leçons sont associés de façon totalement aléatoire par la présidence du concours.

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.

L'ordre de passage des candidats et les intitulés de leçons sont associés de façon totalement aléatoire par la présidence du concours.

Le sujet 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.

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], 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	4h + 40 min.+ 30 min	4	80
Total des épreuves orales			180
Total général		20	400

Tableau 1. Les modalités du concours

1.3 LE DÉROULEMENT DU CONCOURS 2015

1.3.1 Le calendrier.

Admissibilité : épreuves écrites

- mardi 24 mars 2015 : épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur A
- mercredi 25 mars 2015 : épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur B
- jeudi 26 mars 2015 : épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur C

Les résultats de l'admissibilité ont été publiés le mardi 19 mai 2015.

Admission : épreuves pratiques

- Vendredi 12 juin 2015 : accueil des candidats et tirage au sort des sujets d'oral.
- samedi 13 juin 2015 : travaux pratiques portant sur le programme de spécialité (secteur A, ou B, ou C)
- dimanche 14 juin 2015 : travaux pratiques portant sur le programme général des deux autres secteurs.

Admission : épreuves orales

- du jeudi 18 juin 2014 au vendredi 4 juillet 2015.

Les résultats de l'admission ont été publiés le vendredi 3 juillet 2015 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 Mr Loïc Elard). 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.

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 Henri IV a 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) :

- GERVI Isabelle : Assistante ingénieure
- GOBERT Nicolas : technicien de laboratoire
- De Oliveira Diana : Adjoint Technique de Laboratoire
- BROT Loïc : technicien de laboratoire
- HORTAULT Gil : Adjoint Technique de Laboratoire
- 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)
- BAUER Matthieu, professeur agrégé (lycée J Prévert, Taverny)

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 Djamilia :

- BONNET Frédéric : adjoint technique (Lycée Condorcet , Paris)
- BOYER Rémy : ingénieur de recherche (UEVE)
- CADOS Chantal : technicienne de laboratoire (lycée Janson de Sailly - Paris)
- CAREL Monique : technicienne de laboratoire (lycée Louis le Grand - Paris)
- CHAREYRE Sophie : technicienne de laboratoire (ENCPB - Paris)
- CORVAISIER Sonia, adjointe technique
- DAVION Jérôme : technicien de laboratoire (lycée Janson de Sailly - Paris)
- DAHMANE Djamilia, 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

- LUCIN Marie-Thérèse, adjointe technique, lycée Jean Jaurès à Montreuil
- MELITON Jorgelina, Adjointe technique de laboratoire, lycée M Berthelot, Saint-Maur.
- MORIM Isabel : adjoint technique de laboratoire, lycée Montesquieu, Herblay
- PALEZIS Corine : aide technique de laboratoire ; lycée St Louis - Bordeaux
- 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)
- BAUER Matthieu, professeur agrégé (lycée J Prévert, Taverny)

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 13 juin 2015 pour deux séances d'épreuves pratiques consécutives, d'une durée de six heures chacune. De plus, la même équipe a assuré dans un délai très 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 Mr DAHMANE Aniss, étudiant.

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>%</i>	<i>nombre</i>	<i>%</i>	<i>nombre</i>	<i>%</i>	<i>nombre</i>
candidats inscrits	492	37,6%	457	34,9%	359	27,4%	1308
candidats présents	217	33,4%	242	37,2%	191	29,4%	650
candidats admissibles	88	37,6%	84	35,9%	62	26,5%	234
candidats admis	38	37,6%	30	29,7%	33	32,7%	101

La totalité des postes mis au concours (101) a été pourvue.

Alors que depuis plusieurs années, la proportion des candidats A, B et C à l'inscription restait stable (moins de 1% de différence, option par option, entre la session 2013 et la session 2014), cette année, la proportion des candidats de secteur B a baissé de 40% à moins de 35%.

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, comme en 2014, 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 candidats qui ne se sentent ni spécialistes de la biologie moléculaire et cellulaire ni

spécialiste des Sciences de la terre et de l'univers, un secteur par défaut. 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.

Pour cette session, la barre d'admissibilité est de 7.33/20. La moyenne des candidats à l'issue des épreuves écrites est de 6.47/20 et celle des admissibles est de 10.55/20. Les meilleurs candidats obtiennent comme à l'habitude des résultats spectaculaires !

Tout au long des épreuves du concours, les compétences scientifiques et pédagogiques des candidats sont les principaux critères d'évaluation. Lors des épreuves d'admissibilité, il est attendu des candidats qu'ils soient capables de présenter des connaissances structurées, qui viennent soutenir des démonstrations et des raisonnements qui permettent de répondre à une question scientifique énoncée clairement en introduction. Si les épreuves écrites servent à écarter des candidats dont les connaissances et compétences scientifiques sont jugées trop faibles, les épreuves pratiques et orales permettent au jury de sélectionner ceux qui manifestent de la façon la plus évidente des qualités de futurs professeurs. Dans les deux types d'épreuves, il est attendu du candidat qu'il démontre rigueur scientifique et aptitudes pédagogiques. Il est d'ailleurs très intéressant de noter que si les admis ont en moyenne gagné 15 places entre les deux étapes du concours, les non admis en ont perdu en moyenne 13. 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 155 places entre l'admissibilité et l'admission. 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	824	418	156	60
hommes	484	260	78	41

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 63% des candidats présents, 66% des admissibles et 60% 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 sont soit en M2: (année de naissance théorique : 1992) soit en année de préparation à l'agrégation post master (année de naissance théorique : 1991).

Année de naissance	Inscrits	Présents	Admissibles	Admis
1953	1	1	0	0
1956	1	0	0	0
1957	3	2	0	0
1958	5	2	0	0
1959	3	0	0	0
1960	4	1	1	0
1961	4	1	0	0
1962	1	0	0	0
1963	2	0	0	0
1964	4	1	1	0
1965	1	0	0	0
1966	7	0	0	0
1967	7	3	0	0
1968	5	2	0	0
1969	4	3	1	0
1970	9	4	0	0
1971	11	5	0	0
1972	7	2	1	0
1973	18	7	3	2
1974	16	8	3	1
1975	31	7	2	0
1976	25	8	5	1
1977	24	3	0	0
1978	35	12	2	0
1979	26	4	0	0
1980	34	10	1	0
1981	44	15	3	0
1982	45	12	7	0
1983	69	28	6	0
1984	50	20	6	1
1985	76	37	8	2
1986	92	43	5	1
1987	101	55	12	4
1988	122	70	25	10

1989	125	77	29	13
1990	126	85	32	11
1991	97	82	40	26
1992	65	61	35	23
1993	7	6	5	5
1995	1	1	1	1

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

Statut des candidats	Inscrits	Présents aux écrits	admissibles	admis
ELEVE D'UNE ENS	29	29	29	26
ETUDIANT HORS ESPE	174	142	91	48
CERTIFIE	441	198	68	14
ENS.STAGIAIRE 2E DEG. COL/LYC	138	88	21	5
PERS ENSEIG TIT FONCT PUBLIQUE	29	13	3	1
ETUDIANT EN ESPE	72	48	9	2
ASSISTANT D'EDUCATION	24	12	2	0
SANS EMPLOI	140	37	3	2
FONCT STAGIAIRE FONCT PUBLIQUE	11	5	2	0
ENSEIGNANT DU SUPERIEUR	6	2	2	0
PROFESSEUR ASSOCIE 2ND DEGRE	2	1	1	0
CONTRACT ENSEIGNANT SUPERIEUR	4	2	1	0
EMPLOI Avenir PROF.2ND D.PUBLI	2	2	1	0
MAITRE AUXILIAIRE	21	8	1	0
AG NON TITULAIRE FONCT PUBLIQ	9	3	0	0
CADRES SECT PRIVE CONV COLLECT	29	3	0	0
CONTRACTUEL 2ND DEGRE	69	28	0	0
CONTRACTUEL APPRENTISSAGE(CFA)	2	1	0	0
FORMATEURS DANS SECTEUR PRIVE	6	1	0	0
INSTITUTEUR	1	1	0	0
INSTITUTEUR SUPPLEANT	2	1	0	0
MAITRE DELEGUE	5	2	0	0
PERS ENSEIG NON TIT FONCT PUB	7	3	0	0
PERS ENSEIG NON TIT FONCT PUB	7	3	0	0
PERS FONCT HOSPITAL	1	1	0	0
PERS FONCTION PUBLIQUE	7	2	0	0
PLP	10	1	0	0
PROF DES ECOLES STAGIAIRE	4	1	0	0
PROFESSEUR ECOLES	9	1	0	0
SALARIES SECTEUR INDUSTRIEL	10	1	0	0
SALARIES SECTEUR TERTIAIRE	13	2	0	0
VACATAIRE DU 2ND DEGRE	7	3	0	0
ADJOINT D'ENSEIGNEMENT	2	0	0	0
AG NON TIT FONCT HOSPITAL	1	0	0	0
AG NON TIT FONCT TERRITORIALE	2	0	0	0
MAITRE CONTR.ET AGREE REM TIT	5	0	0	0

MAITRE D'INTERNAT	1	0	0	0
PROFESSIONS LIBERALES	8	0	0	0
VACATAIRE APPRENTISSAGE (CFA)	1	0	0	0
VACATAIRE ENSEIGNANT DU SUP.	1	0	0	0

Si les candidats inscrits ont des statuts variés, cette variété est bien moindre parmi les admis. En effet, les admis se répartissent en 3 grandes catégories : 48% sont étudiants (masters disciplinaires hors ESPE ou année de préparation à l'agrégation) ; 26 % sont élèves d'une ENS, 19% sont jeunes certifiés ou certifiés stagiaires. Les autres provenances sont anecdotiques : 2% en ESPE et 2% sans emploi.

Ce constat est en totale adéquation avec l'analyse sur les années de naissances des lauréats.

Répartition géographique des candidats :

Académie d'inscription	Nb Inscrits	Présents aux 3 écrits	Nb admissibles	Nb Admis
AIX-MARSEILLE	61	29	7	2
AMIENS	46	28	6	3
BESANCON	8	4	0	0
BORDEAUX	60	33	14	6
CAEN	19	8	0	0
CLERMONT-FERRAND	18	6	2	0
CRETEIL-PARIS-VERSAIL.	340	177	76	31
DIJON	26	9	0	0
GRENOBLE	41	16	5	1
GUADELOUPE	22	8	0	0
GUYANE	3	1	0	0
LA REUNION	14	2	1	0
LILLE	60	26	6	0
LIMOGES	9	3	1	0
LYON	88	71	46	33
MARTINIQUE	11	5	1	0
MAYOTTE	3	2	0	0
MONTPELLIER	64	28	7	2
NANCY-METZ	25	15	2	0
NANTES	37	11	2	2
NICE	36	18	5	1
NOUVELLE CALEDONIE	5	0	0	0
ORLEANS-TOURS	33	15	6	1
POITIERS	25	6	1	1
POLYNESIE FRANCAISE	8	1	0	0

REIMS	20	10	2	0
RENNES	56	37	8	3
ROUEN	27	14	4	2
STRASBOURG	67	43	21	15
TOULOUSE	75	24	3	0

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 14 ont des admis. Et encore, le nombre des admis est souvent très faible. Lyon, PCV et Strasbourg avec 33, 31 et 15 admis, concentrent 80% des admis.

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 des stratégies universitaires spécifiques de préparation aux concours de recrutement expliquent 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	
2015	101	1308	650	234	101	

Évolution des chiffres clés du concours depuis 1993

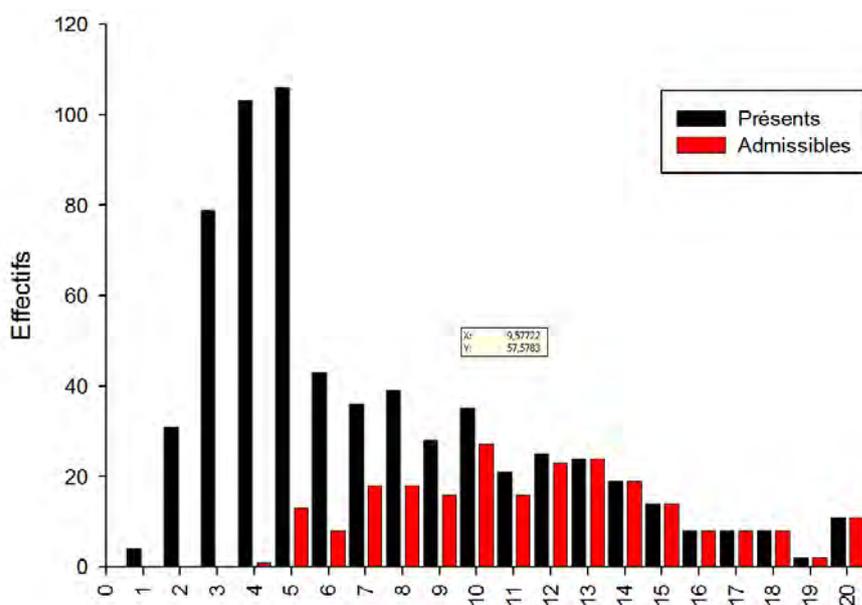
Le concours de cette session est marqué par une stabilisation du nombre de candidats présents à toutes les épreuves écrites, et en particulier par une ré-augmentation du pourcentage des inscrits qui composent aux épreuves d'admissibilité (40% en 2013, 45% en 2014 et 50% cette année). Cependant, ce concours 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 :	6.54	Moyenne des admissibles	11.13
Écart type des présents :	4.24	Écart type des admissibles	3.93

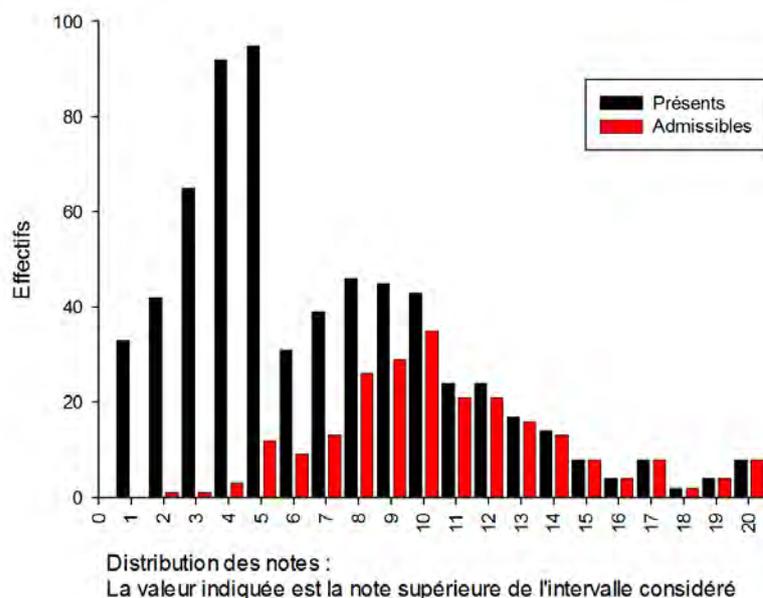


Distribution des notes :
La valeur indiquée est la note supérieure de l'intervalle considéré

Histogramme des notes de l'épreuve écrite de secteur A

2.3.2 Épreuve écrite de secteur B

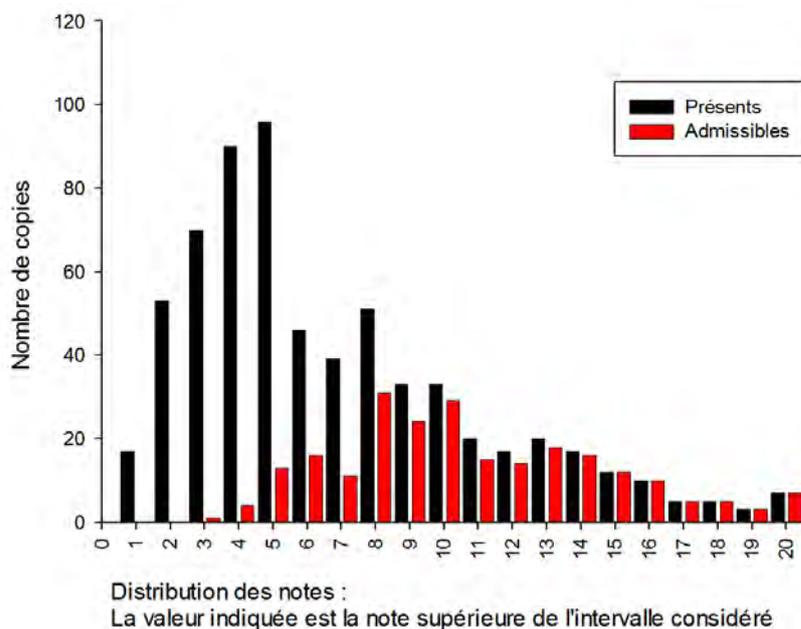
Moyenne des présents :	6.23	Moyenne des admissibles	10.24
Écart type des présents :	4.18	Écart type des admissibles	3.75



Histogramme des notes de l'épreuve écrite de secteur B

2.3.3 Épreuve écrite de secteur C

Moyenne des présents :	6.33	Moyenne des admissibles	10.27
Écart type des présents :	4.20	Écart type des admissibles	3.88



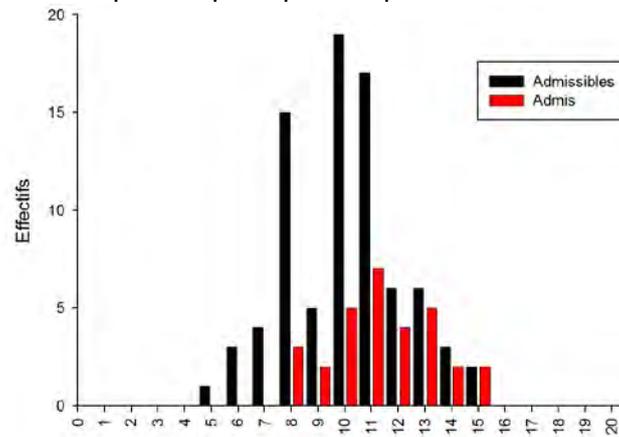
Histogramme des notes de l'épreuve écrite de secteur C

2.4 QUELQUES DONNÉES STATISTIQUES CONCERNANT LES ÉPREUVES PRATIQUES

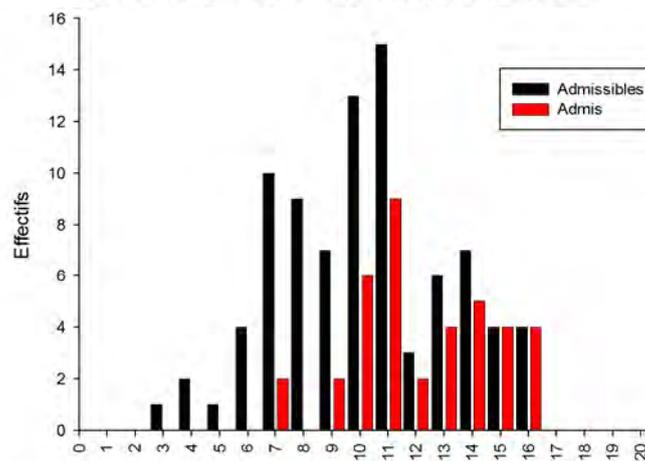
2.4.1 Épreuves pratiques de spécialité

2.4.1.1 Épreuve pratique de spécialité du secteur A

2.4.1.2 Épreuve pratique de spécialité du secteur B

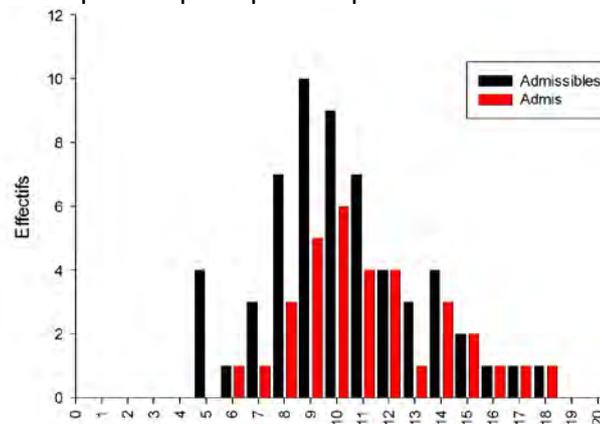


Distribution des notes :
La valeur indiquée est la note supérieure de l'intervalle considéré



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

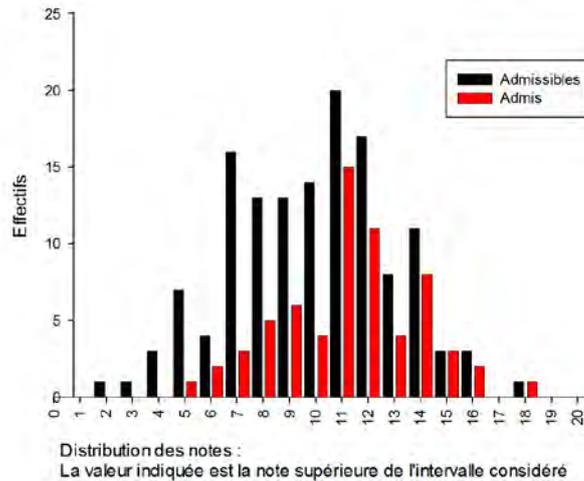
2.4.1.3 Épreuve pratique de spécialité de secteur C



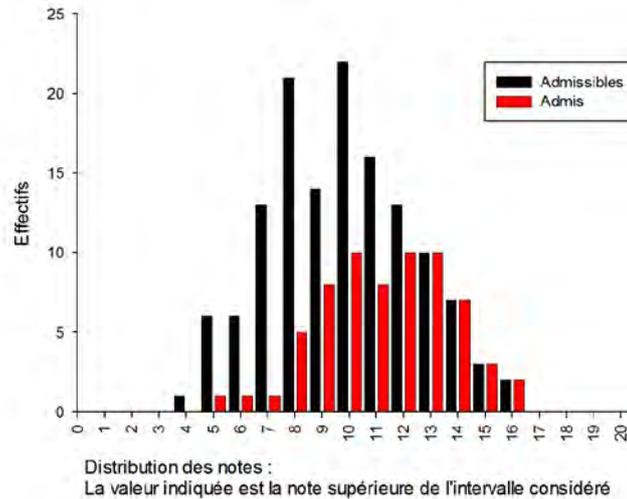
Distribution des notes :
La valeur indiquée est la note supérieure de l'intervalle considéré

2.4.2 Épreuves pratiques de contre-option

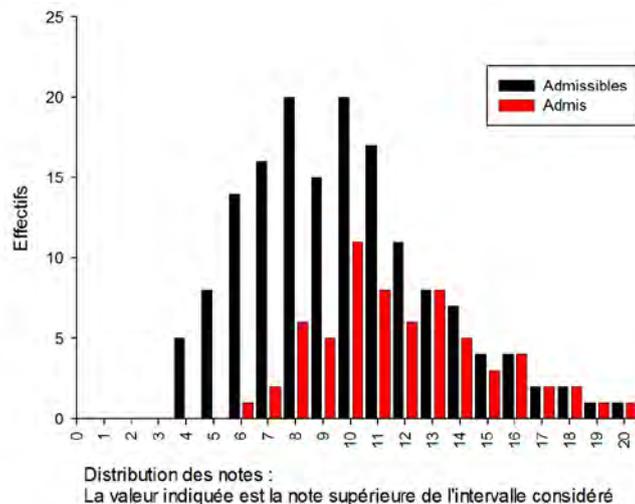
2.4.2.1 Épreuve pratique de contre-option du secteur A (pour les candidats B et C)



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



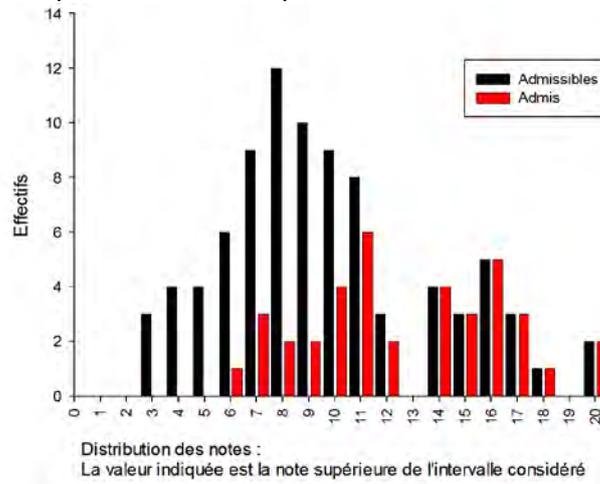
2.4.2.3 Épreuve pratique de contre-option du secteur C (pour les candidats A et B)



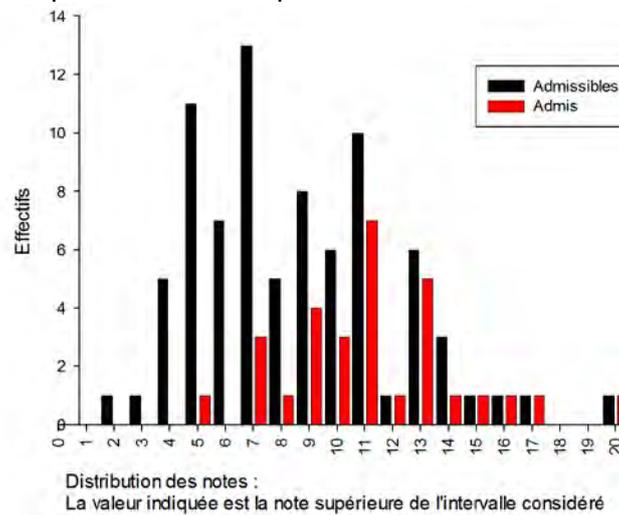
2.4 Quelques données statistiques concernant les épreuves orales

2.4.1 Épreuves orales de spécialité

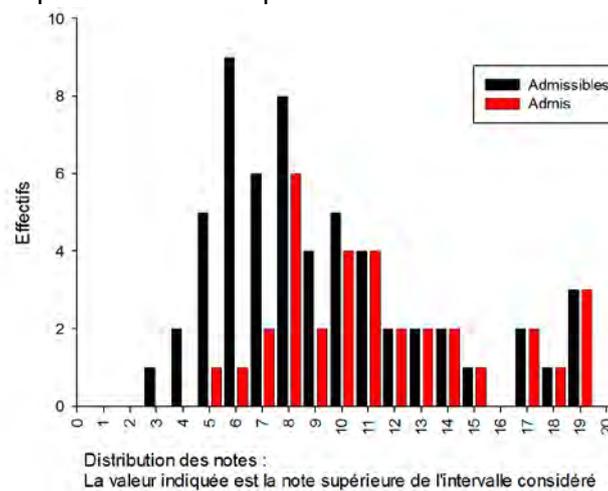
2.4.1.1 Épreuve orale de spécialité de secteur A



2.4.1.2 Épreuve orale de spécialité de secteur B

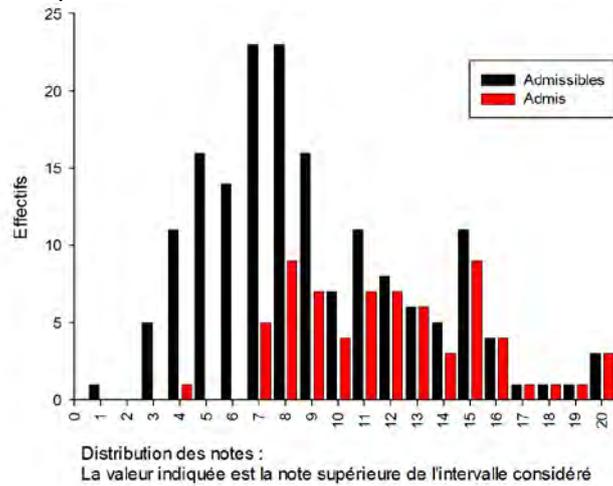


2.4.1.3 Épreuve orale de spécialité de secteur C

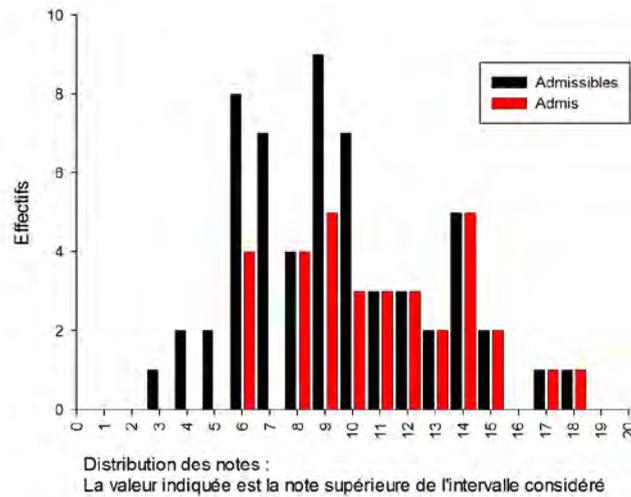


2.4.2 Épreuves orales de contre-option (maintenant notée sur 15)

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



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



3. Programme du concours

Le programme de la session 2016 est disponible sur le site du ministère de l'éducation nationale à l'adresse suivante :

http://cache.media.education.gouv.fr/file/agreg_externes/06/9/p2016_agreg_ext_svt_411069.pdf

Le programme de l'agrégation des sciences de la vie-sciences de la Terre et de l'univers (SV-STU) précise le socle des connaissances sur lesquelles les épreuves du concours sont élaborées. Cependant, il convient de bien rappeler que les connaissances ne sont pas une fin en soi et que les éléments du programme sont avant tout à considérer comme des outils à la disposition des candidats pour faire la démonstration de leurs compétences de scientifiques et de futurs enseignants.

Le haut niveau scientifique de l'agrégation nécessitera donc du candidat qu'il fasse la démonstration de sa maîtrise des différents éléments de la démarche scientifique tout au long des épreuves du concours. Si les épreuves d'admissibilité se concentreront avant tout sur la capacité du candidat à organiser ses idées autour d'une problématique justifiée et construite selon une stratégie rigoureuse et raisonnée, les épreuves d'admission vérifieront ses compétences scientifiques et pédagogiques exprimées en temps réel dans des épreuves pratiques ou des exposés oraux.

Tout au long des épreuves du concours, le jury aura le souci de faire travailler les candidats sur des documents scientifiques originaux qui peuvent donc (à partir de la session 2016) être rédigés en langue anglaise.

4. Epreuves écrites

4.1 Epreuve écrite du secteur A :

4.1.1 Le sujet proposé :

Structure, dynamique et propriétés fonctionnelles de la membrane des cellules

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 est difficile et oblige le candidat à une profonde réflexion sur le sujet afin d'organiser au mieux, dans le temps imparti, les connaissances transversales puisées dans les différents domaines. Le candidat doit montrer l'ampleur de ses connaissances sans se cantonner à une composition descriptive cataloguant une succession d'exemples (le jury n'évalue pas les copies au nombre de pages...). Pour construire son exposé, le candidat doit s'appuyer sur une démarche scientifique pour répondre à une problématique qu'il aura pris soin de formuler dès l'introduction.

De fait, l'**introduction** du devoir ne sert donc pas uniquement à décrire un plan, mais doit permettre (i) de contextualiser le sujet, (ii) de définir les termes du sujet, (iii) de préciser le questionnement lié au sujet et d'explicitier ses limites et enfin (iv) de présenter une logique de résolution dont l'intérêt doit être justifié. Le jury a conscience de la difficulté de l'exercice, mais rappelle que le concours de l'agrégation est un concours scientifique : les banalités invoquant globalement « la nuit des temps », trop fréquentes, sont irrecevables comme entrée en matière.

Le sujet de cette session concernait la membrane des cellules, donc la membrane cytoplasmique des cellules eucaryotes comme procaryotes. Cet objet classique permettait à tous les candidats de disposer *a priori* d'une masse de données initiales conséquentes, puisque la membrane est une structure fondamentale du monde vivant, que tout biologiste a étudiée. Le jury attendait une démonstration des liens entre la structure, la dynamique et les propriétés fonctionnelles de cette membrane (COMMENT la membrane permet-elle les phénomènes cellulaires). L'approche choisie par une bonne partie des candidats (description factuelle d'une liste de fonctions cellulaires liés à la membrane) amenait à traiter en fait des rôles de la membrane et ne répondait pas au sujet. L'absence d'analyse des termes conduit souvent le candidat à faire du hors sujet (par exemple ici à traiter toutes les membranes cellulaires, endomembranes comprises) ou l'expose à des lacunes importantes (par exemple ici, la dynamique membranaire souvent négligée)

Au cours du **développement**, le candidat ne doit perdre de vue ni la problématique initiale, ni les limites du sujet. De même, le jury insiste sur le fait que la composition doit traduire une démarche scientifique. Les propos sont à organiser en plusieurs parties qui doivent permettre de construire les notions fondamentales que le candidat veut présenter, en

s'appuyant sur des exemples pertinents (faits scientifiques, expériences historiques ou récentes dont les principes doivent être maîtrisés). Malheureusement, les mises en évidence expérimentales correctement décrites (et dont les résultats sont donc interprétables) sont rarissimes. Dans la plupart des copies, les transitions sont artificielles ; elles sont pourtant fondamentales pour aider le lecteur à comprendre la logique et l'enchaînement des idées. Les exemples doivent être non redondants et exploités de façon démonstrative... ce qui est rarement le cas. La notion de jonctions cellulaires, qui pouvait être exploitée dans ce sujet, illustre clairement le problème : de nombreux candidats citent en bloc l'intégralité du répertoire connu de jonctions cellulaires (avec souvent de bonnes illustrations) sans qu'aucun lien ne soit fait avec les différentes propriétés fonctionnelles de la membrane mises en évidence par ces différentes jonctions, démontrant ainsi leur manque de recul par rapport à leurs connaissances et leur manque de réflexion vis à vis du sujet. De même, des listes de canaux membranaires sont citées par certaines copies... sans même que le candidat ne précise que ces canaux sont des protéines et qu'ils illustrent le même phénomène : les protéines membranaires représentent la part « conductrice » de la membrane. Il est donc essentiel pour les candidats de consacrer en début d'épreuve suffisamment de temps à la structuration de la composition et de faire des choix raisonnés évitant l'exposé non signifiant d'informations redondantes.

Sur le fond, le jury a été surpris par des confusions trop nombreuses sur des notions élémentaires (différence membrane plasmique / paroi / lame basale) et surtout par le manque de connaissances biochimiques basiques de l'immense majorité des candidats. Très peu de copies présentent un schéma correct d'un lipide membranaire. Le lien entre structure de la membrane et propriétés des lipides dans l'eau est en général cité mais très rarement expliqué d'un point de vue thermodynamique. La notion d'interaction faible semble connue de moins d'un tiers des candidats : c'est pourtant un élément fondamental du fonctionnement du vivant et un élément essentiel de la constitution et des fonctionnalités membranaires, puisque les molécules membranaires sont maintenues assemblées en membrane exclusivement par des liaisons faibles. Pour les lipides insaturés, souvent cités comme responsables de la fluidité membranaire sans justification, le fait que l'insaturation soit en configuration cis (et non en trans) n'est quasiment jamais évoquée alors qu'une insaturation en trans favorise la configuration zig-zag et tend à diminuer la fluidité membranaire (mécanisme de résistance au stress connu chez des bactéries présentant une cis-trans isomérase). Pire encore, le jury a été consterné de constater que **moins d'un quart des candidats est capable de proposer une représentation correcte d'un modèle de la structure de la membrane plasmique...** On peut rappeler ici que le cholestérol est une molécule de petite taille et un élément essentiel des membranes (où il représente près d'un lipide sur deux), que la part glucidique de la membrane peut être importante et est toujours orientée, que les protéines ont diverses localisations mais que les protéines « hémimembranaires », quasi toujours présentes sur les schémas, sont rarissimes (pour autant qu'elles existent...), et qu'elles ne doivent pas être confondues avec les protéines ancrées dans la membrane par un ancrage de type lipidique. Le texte des copies n'est pas plus clair avec un emploi confus des termes membrane, feuillet, bicouche, hémimembrane voire enveloppe, double couche ou double membrane. De même, la représentation schématique des membranes varie souvent au cours de la copie (un ou deux traits, une bande épaisse) sans que les changements d'échelle associés à ces variations de représentation ne soient précisés, ce qui renforce l'impression de confusion.

Dans le même registre, les notions de potentiel chimique ou électrochimique, d'énergie potentielle trans-membranaire, comme les phénomènes électriques à la membrane semblent problématiques pour de nombreux candidats. Par exemple, les phénomènes ioniques responsables du potentiel de repos ou accompagnant le potentiel d'action, pourtant classiques, sont souvent décrits de façon fantaisiste et pour eux-mêmes, sans lien au sujet. Aucune copie n'a exploité les analogies électriques de la membrane, qui permettraient pourtant de relier facilement les propriétés des constituants membranaires aux propriétés de la membrane. De même, les connaissances élémentaires concernant les modalités d'échanges membranaires sont très rarement maîtrisées. La notion de transduction membranaire reste trop souvent dans le vague.

La dynamique des membranes a donné lieu à quelques exposés d'expériences visiblement improvisées (et parfois désastreuses). Si l'asymétrie membranaire est souvent citée, sa signification fonctionnelle et son origine sont rarement maîtrisées. La biosynthèse des constituants membranaires est très rarement abordée. L'existence d'un cytosquelette sous-membranaire et son rôle sont inconnus de la plupart des candidats, alors qu'il joue un rôle essentiel dans la régulation de la fluidité et de la résistance de la membrane.

Une **conclusion** est nécessaire pour récapituler de façon concise les idées fortes développées dans le devoir, répondre à la problématique posée et formuler de nouvelles questions qui ouvrent les perspectives du sujet. Elle est malheureusement souvent indigente, sans lien avec la problématique initiale, voire absente. Il est important pour les candidats de gérer leur temps au cours de l'épreuve de façon à pouvoir, par la qualité de leur conclusion, souligner en fin de copie la pertinence de leur approche et la cohérence de leur réflexion.

Pour finir, le jury tient à souligner qu'il a été, dans l'ensemble, agréablement surpris par la qualité graphique des copies. La présentation est, sauf exception, bien maîtrisée ; les copies sans structuration apparente sont rarissimes. Les schémas sont en général légendés et titrés, même s'ils sont parfois produits à mauvais escient, mal exploités voire absents... Si le vocabulaire scientifique est parfois aléatoire, l'expression et l'orthographe sont, dans l'ensemble, satisfaisantes. Le jury rappelle toutefois que l'emploi du futur a un sens précis en grammaire française, qui ne peut correspondre à la description de faits scientifiques.

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		Structure, dynamique et propriétés fonctionnelles de la membrane des cellules
Épreuve du secteur : A		
Introduction	<p>Contexte : il doit servir d'ancrage clair à l'introduction La cellule a été très tôt reconnue comme l'unité structurale et fonctionnelle du monde vivant. Quel que soit le type cellulaire considéré, la cellule est délimitée dans l'espace par une membrane et l'altération de la membrane cellulaire entraîne la mort cellulaire. Les progrès de la microscopie (et en particulier la microscopie électronique à transmission) ont permis de mettre en évidence une apparente communauté de structure de ces membranes et, en outre, l'existence d'endomembranes définissant des organites cellulaires dans certaines cellules</p>	
	<p>Analyse des termes du sujet à partir du contexte La membrane des cellules est la membrane qui limite les cellules, procaryotes et eucaryotes. Comme pour toutes les membranes biologiques, l'organisation moléculaire de la membrane cellulaire permet d'établir une structure caractéristique, qu'il faut comprendre. Cette structure est dynamique dans l'espace (la position relative des constituants change) et dans le temps (les constituants sont renouvelés). Les propriétés fonctionnelles de cette structure dynamique, liées à ses propriétés physico-chimiques, permettent la réalisation de fonctions cellulaires</p>	
	<p>Problématique clairement posée et justifiée par l'analyse du sujet De par sa position, la membrane cellulaire est clairement un interface entre la cellule et son environnement. Elle répond aux nombreuses contraintes de la vie cellulaire, qu'elles concernent le métabolisme ou les relations de la cellule avec son environnement. Quelle est la structure de ces membranes ? En quoi cette structure permet-elle d'analyser et de comprendre les propriétés fonctionnelles des membranes ? Comment la membrane peut-elle être une limite d'un système ouvert ?</p>	
Axe directeur de la composition explicité et bien justifié		
Structure de la membrane des cellules	Les membranes cellulaires ont toutes une constitution moléculaire similaire	<p>Fondé historiquement sur analyse biochimique des membranes (modèle hématie) Lipides + protéines ; pas de sucre per se Répartition : 50/50 en masse (de 40/60 à 20/80). En nombre : lipides majoritaires !</p>
		<p>Lipides : Quelques grandes familles ; tous amphiphiles phospholipides (glycéro- et sphingo-), glycolipides (glycéro- (végétaux) et sphingo), cholestérol / stérol végétaux. Variation d'abondances de ces classes : exemple bactéries (peu de Pcholine, pas de cholestérol), [Cas particulier des archées] Mise en évidence expérimentale : chromatographie, HPLC. Fractionnement cellulaire</p>
		<p>Protéines : nature/propriétés très variable d'une membrane à l'autre = singularisation des membranes Exemple de membrane particulière, protéines à l'appui (hématie, neurone, cellules immunitaires...). Ces protéines sont souvent des glycoprotéines. Mise en évidence expérimentale : électrophorèse.</p>
	Une structure stable obtenue spontanément en milieu aqueux	<p>Bicouche lipidique issue des propriétés fonctionnelles des lipides amphiphiles en milieu aqueux Cette structure ne dépend pas de la quantité de protéines, elle repose donc entièrement sur les propriétés des lipides. (micelles) bicouches : spontanée (interprétation thermodynamique) Démonstration expérimentale de l'existence d'une bicouche (Gorter & Grendel, 1925) ; effet du froid suggérant l'importance des effets entropiques dans la stabilisation</p>
		<p>Interactions protéines / bicouche lipidique : Rôle des zones hydrophobes Protéines périphériques, ancrées, transmembranaires. <u>Exemples précis attendus</u> Conséquence : organisation hydrophobe/hydrophile Expérimentation : prot transmembranaire / trypsine / Mb perméabilisée ou non ; profil d'hydropathie de protéines</p>
		<p>La structure est maintenue exclusivement par interactions faibles Nature des interactions au sein de la membrane. Expérimentation : agents de déstabilisation (détergents, sels)</p>
Une structure localement hétérogène / spécialisée	<p>Au sein de la membrane exemples possibles : raft lipidiques ; accumulations de protéines et jonction (ex : gap), ...</p>	
	<p>Entre hémimembranes : asymétrie membranaire Exemple : glucides (glycolipides et glycoprotéines), lipides entre hémimembranes (PS / PC et sphingoL), ... Cette asymétrie est maintenue dans le temps (dépense énergie. ex : Flipase = P-ATPase). Les propriétés fonctionnelles de la membranes dépendent de la localisation de ses constituants (ex : signalisation...)</p>	
Conclusion		<p>Structure énergétiquement rentable (intérêt évolutif !), capacité dynamique car exclusivement maintenue par liaisons faibles. La nature des constituants moléculaires conditionne les propriétés fonctionnelles des membranes</p>

OBLIGATOIRE, : schéma modèle membrane	
Barrière hydrophobe structurant l'espace en milieux aqueux : propriété de compartmentation liée aux membranes. Cette barrière permet de conserver la composition du compartiment interne.	
Membrane : une interface	Interface mécanique : rôle essentiel des protéines membranaires dans la distribution des contraintes à travers le plan de la membrane exemple : jonction d'ancrage vers l'extérieur. Ancrage sur cytosquelette vers l'intérieur (cf μvillosité)
	Interface signant l'identité compartimentaire (cellulaire) Assuré notamment par les parts glucidiques des glycolipides et glycoprotéines. Exemple possible : CD (4, 8, autres CD très utilisés pour le typage des cellules en différenciation,...), groupes sanguins, ...
	Surface réactionnelle : Activités enzymatiques de protéines membranaires. Ces activités liées aux protéines représentent une fonctionnalisation de la surface qui permet à la membrane de jouer un rôle métabolique essentiel. exemples possibles : cellulose synthase, chitine synthase, acétylcholinestérase, ...
Membrane et transmission de molécules	Transports transmembranaires Perméabilité passive liée à l'hydrophobicité : souligne le rôle des lipides... Différents types de transports (lien énergie) ; lien avec les protéines. <u>Exemples précis attendus</u> (un transporteur actif, un canal, un transporteur passif)
	Stockage d'énergie potentielle Séparation spatiale de solution de potentiel chimique différent (en particulier de concentrations différentes) = énergie potentielle. Lien avec les propriétés d'imperméabilité (hydrophobicité lipide) / vectorisation du fonctionnement protéique <u>La notion de potentiel chimique doit être présente</u> et correctement exploitée. Démonstration possible en exploitant une respiration bactérienne.
Membrane et couplage énergétique	La continuité de la membrane permet l'exploitation locale de cette énergie potentielle : intégration fonctionnelle des protéines grâce à leur présence commune au sein d'une même structure lipidique. Exemple : couplage chaîne respiratoire / ATPsynthase ou transports,
Membrane et conduction de l'information	Phénomènes électriques à la membrane plasmique : résistivité des lipides / conductivité des protéines exploitation de : potentiel de repos ou forme des potentiels électrotoniques (liés à la réponse de la membrane à une injection de courant). Analogie électrique de la membrane modélisée par circuit capacitance (/ lipides) et résistance (ou conductance) (/ protéines) + générateur Expérimentation : rôle du K, rôle du Na (solutions déplétées), ...
	Conduction "horizontale" le long de la membrane. Lien propriétés canaux et propriété fonctionnelle de la membrane. Exemple : PA et sa conduction monodirectionnelle en lien avec période réfractaire des canaux Na V-dpt expérimentation : Rôles des canaux (Canal Na V dpt et TTX, Canal K V dpt et TEA) Conséquence : exploitation possible pour conduction à grande distance si cellule à morphologie adaptée... A ce niveau d'intégration : Myéline (lipides essentiellement... = isolant) et conduction saltatoire (canaux protéique localisés aux nœuds).
	Transduction membranaire Passage d'information possible sans passage moléculaire. Un exemple <u>précis</u> (idéalement deux, montrant l'implication des protéines, ex RTK, et des lipides, ex voie impliquant une phospholipase)
Membrane et transmission de l'information	Transmission de l'information sur l'état interne cellulaire exemple : Phosphatidylsérine et apoptose (asymétrie de la membrane perturbée par scramblase activé par caspase), canaux activés par des ligands intracellulaires senseurs des conditions cytosoliques (canal K activé par le Ca, ASIC, ...), Exemple également possible mais plus limite : exocytose
Bilan : les fonctions des membranes cellulaires exploitent les différentes propriétés de leurs constituants mis en milieu aqueux : lipide plutôt à rôle "isolant" ; protéines à rôle plutôt "conducteur". Les propriétés fonctionnelles des membranes sont en fait la traduction directe de ces propriétés.	
<p>La présence exclusive de liaisons faibles permet une modification des positions relatives des molécules membranaire Expérimentation : Démonstration de la fluidité (hétérocaryons, FRAP, capping...)</p>	

La membrane cellulaire :
une structure dynamique en renouvellement continu

Dynamique dans l'espace	<p>La composition membranaire régle cette fluidité Adaptation homéovisqueuse (végétaux pour eucaryotes : exemple des bourgeons) et résistance cellulaire au froid Protéines périphériques et domaines de diffusion restreinte membranaires (ex : cytosquelette sous-membranaire de l'hématie) ; interactions protéiques et formation de complexes fonctionnel (ex : respirasome bactérien)...</p>
	<p>La limitation de cette fluidité par la structure membranaire permet la régionalisation des membranes... et la régionalisation cellulaire (polarité) Exemple de cellule polarisée ; mécanismes de contrôle du maintien de la régionalisation (exemple : cellule épithéliale et barrières membranaire des jonctions serrées, ...) Pose la question de la mise en place...</p>
	<p>Le plan de la membrane est déformable Différentes échelles possibles pour la démonstration : - petite échelle (courbure liée aux interactions entre constituants, lipidiques comme protéiques) - moyenne échelle et protéines périphériques : vésicularisation et manteaux (exemple clathrine) - grande échelle et cytosquelette (ex : division cellulaire des ϕ animales, phagocytose, ...) Conséquence : adaptabilité de la cellule aux contraintes environnementales</p>
Dans le temps : flux des constituants membranaires	<p>La résistance de la membrane est renforcée par le cytosquelette sous-membranaire exemple : hématie et spectrine, cellule musculaire et dystrophine Conséquence : Résistance cellulaire à la déformation (exemple : hématie, DMD)</p>
	<p>La signalisation est souvent associée à une modification des éléments constitutifs des membranes (associations transitoires de protéines, variation de la composition) : dynamique temporelle et locale de la composition de la membrane. Mais l'ensemble de la membrane est renouvelable</p>
	<p>Les constituants membranaires sont apportés à la membrane de façon continue</p> <p>Origine : Réticulum Endoplasmique Lipides : REL côté cytosolique. (dont Cholestérol - HMGCoA reductase). Protéines : REG. Séquence signal, adressage hydrophobe, sortie latérale du translocon REG. Cas particulier des sphingolipides assemblés dans le Golgi à partir de céramides (RE)</p>
	<p>Modification et mise en place : part glucidique ; sécrétion constitutive ; transport vésiculaire. Modifications au cours du transport (exemple protéines : glycosylation N-liées RE, O-liées Golgi). Expérimentation : Palade & al.</p>
	<p>L'adressage des constituants membranaires est contrôlé</p> <p>Orientation de la structure acquise et conservée au cours du transport Lipide : Répartition des lipides par scramblase (transport facilité) / Flipase (transport actif) dès le REL. Protéines : orientation par synthèse et signaux hydrophobes intraséquence Lipides et protéines : glycosylations intra-organites.</p>
	<p>Adressage spécifique permettant la polarité cellulaire (ex : rôle des rafts, adressage apical et basolatéral cf virus dans les cellules épithéliales (VSV, influenza, Sabatini 1978 et Roth 1991)</p> <p>La sécrétion contrôlée permet de modifier la membrane en réponse à la signalisation Sécrétion contrôlée = temporisation de l'adressage. La mise en place de molécules à la membrane = Réponse dynamique de la cellule aux signaux. (ex : GLUT4)</p>
<p>Les constituants membranaires sont recyclés</p> <p>Endocytose permet l'élimination et le recyclage de molécules membranaires exemple de l'endocytose spécifique. Endosomes/ voie vers Lysosomes pour élimination ; Corps multivésiculaires. Notion de flux membranaire</p>	
<p>Conséquence : modulation de toutes les interactions déjà décrites... : dynamisme des relations cellule / environnement ! Conséquence du flux membranaire cellulaire : Mb = structure métastable intégrant les signaux cellulaires.</p>	
Quelques idées clés ...	

Qualité générale de la construction de la copie	Conclusion	... 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		
Forme	Rédaction	Clarté, concision
	Présentation	Orthographe, syntaxe Présentation et soin
	Total de la forme	
TOTAL de la copie		

4.2 Epreuve écrite du secteur B:

4.2.1 Le sujet proposé :

La mise en mouvement du milieu intérieur des Métazoaires

4.2.2 Commentaires

4.2.2.1. Commentaires généraux sur l'épreuve

Les conseils généraux concernant la rédaction d'une composition sur un sujet de synthèse, présentés dans les rapports précédents et rappelés ci-dessous restent d'actualité.

L'introduction doit contextualiser le sujet, en analyser les termes, préciser une problématique et expliciter le fil directeur de la composition. Une définition précise des métazoaires et du milieu intérieur était donc attendue. Le milieu intérieur, défini par Claude Bernard, est constitué chez les Vertébrés par le liquide interstitiel, la lymphe et le plasma. Cette définition devait être étendue à l'hémolymphe et au liquide coelomique pour les groupes concernés. Après avoir défini les Métazoaires, on pouvait restreindre le sujet aux Eumétazoaires et par conséquent en exclure les Spongiaires dépourvus d'un véritable milieu intérieur. La mise en mouvement d'un liquide se traduit par un écoulement qui nécessite de l'énergie et qui obéit aux lois de la dynamique des fluides.

Le corps de la composition doit être structuré de façon cohérente. Les titres des paragraphes doivent être informatifs et annoncer clairement leur contenu. Les transitions entre les paragraphes doivent être logiques et justifiées. Les approches expérimentales et d'observation doivent être privilégiées de même que les illustrations. Lorsque cela s'y prête, les ordres de grandeur doivent être précisés.

Enfin, la conclusion doit dégager quelques idées clés qui permettent de répondre concrètement aux questions posées dans l'introduction. La conclusion se termine classiquement par une ouverture vers une problématique connexe.

Le barème de correction réservait environ le quart des points à ce qui précède.

A. Connaissances attendues dans le développement de la composition

- Utilité des mouvements convectifs du milieu intérieur.

Les mouvements du milieu intérieur ont une fonction essentiellement distributrice. La diffusion des molécules est très limitée en milieu liquide et la convection permet de les distribuer plus rapidement dans des volumes plus importants. La convection devient nécessaire quand la taille corporelle dépasse quelques millimètres. La convection interne permet également de transporter des cellules (notamment immunitaires), de transmettre des pressions (organes érectiles et squelettes hydrostatiques) et de la chaleur.

La convection interne permet aussi d'entretenir les gradients favorables à la diffusion utiles par exemple pour les échanges gazeux et l'absorption intestinale. La convection interne permet enfin l'existence d'une excrétion par filtration (du liquide coelomique par les néphridies ou du plasma par les néphrons).

- Diversité des appareils circulatoires

En absence d'appareil circulatoire, par exemple chez les Planaires ou les Nématodes, les mouvements du milieu intérieur sont très limités, et sont provoqués par les mouvements de l'animal. Cette situation concerne des animaux de petite taille et à mobilité réduite.

On distingue classiquement les appareils vasculaires ouverts et les appareils vasculaires clos. Un exemple détaillé de chaque type était attendu, ainsi qu'une étude comparative de leur structure, de leur fonctionnement et du contrôle de celui-ci. La circulation dans un système clos obéit à la loi de Poiseuille qu'il convenait de présenter.

- Diversité des modes de propulsion du milieu intérieur

On pouvait distinguer la propulsion par battement ciliaire, par contractions péristaltiques, par un cœur à chambre ou par des pompes accessoires extravasculaires. Pour chaque type de propulsion, un exemple détaillé était attendu. Il convenait d'en présenter la structure, le fonctionnement ainsi que son contrôle.

- Aspects évolutifs

Il était attendu la présentation d'un arbre phylogénétique des Métazoaires sur lequel était indiqué la nature des milieux circulants (liquide coelomique, sang, lymphe), les types d'appareils circulatoires (clos, ouvert) et la nature de la pompe (péristaltique, à chambres). Cet arbre permettait ensuite d'ébaucher des scénarios évolutifs et de discuter d'éventuelles homologies ou homoplasies.

- ✓ Cœlome et système vasculaire

Le milieu intérieur est consubstantiel aux Métazoaires, c'est donc une synapomorphie du groupe. Il a cependant plusieurs origines embryonnaires possibles. « Simple » liquide interstitiel chez les Cnidaires, l'existence d'un troisième feuillet chez les Bilatériens complexifie la situation. L'analyse de l'arbre amène à l'idée que le cœlome est lui aussi une synapomorphie des Bilatériens et que son absence dans certains groupes résulte d'une régression.

La métamérie, considérée par certains auteurs comme ancestrale chez les Bilatériens, est avant tout « locomotrice » et pourrait avoir favorisé l'émergence d'un système vasculaire mésodermique assurant une convection active.

- ✓ Cœur

Les cœurs à chambres sont présents chez les Mollusques et les Vertébrés. Cette situation peut refléter une homologie et une disparition chez les autres, pour lesquels un autre système est mis en place. Elle peut aussi résulter d'une homoplasie, par apparition indépendante dans ces deux groupes seulement, les autres systèmes étant alors homologues. Une troisième version est que tous les cœurs seraient homoplasiques et dériveraient d'une couche de cellules contractiles présentes dans la paroi d'un vaisseau « ancestral » péristaltique.

✓ Evolution du cœur des Vertébrés et sortie de l'eau

Le cœur linéaire et « veineux » correspond sans doute à l'état ancestral. La pompe prébranchiale génère une pression qui décroît de l'échangeur respiratoire vers l'échangeur systémique. Ce dispositif anatomique limiterait la pression maximale délivrée par la pompe. Les vertébrés à respiration aérienne présentent tous des cœurs plus ou moins cloisonnés, ce qui permet de séparer une circulation pulmonaire d'une circulation systémique et d'y entretenir des pressions différentes. La pression dans les capillaires pulmonaires est proche de celle qui règne dans les capillaires branchiaux. En revanche, la pression systémique est bien plus élevée lorsqu'il y a cloisonnement du cœur. Une conséquence est l'existence d'un débit plus élevé, ce qui autoriserait un métabolisme plus intense, voire dispendieux, comme l'endothermie.

B. Quelques remarques sur la prestation des candidats

La grande majorité des candidats admissibles a produit une composition de bonne voire de très bonne qualité, témoignant ainsi d'une bonne maîtrise des connaissances du programme général et des exigences d'une composition sur un sujet de synthèse.

Les notes très basses obtenues par beaucoup de candidats sont, la plupart du temps, le reflet de connaissances insuffisantes mais parfois également le reflet d'une incompréhension du sujet. Les remarques qui suivent visent à identifier les erreurs fréquemment relevées dans les copies.

Une incompréhension des termes du sujet a entraîné de nombreux développements hors-sujets. Parmi les plus fréquents on peut noter l'inclusion des végétaux dans les Métazoaires, l'étude de tous les fluides de l'organisme, de la ventilation pulmonaire, de la digestion et du liquide intracellulaire.

Inversement, un nombre conséquent de candidat a limité le sujet aux Mammifères alors qu'il fallait envisager les Métazoaires.

Enfin, très peu de candidats ont pensé à traiter les aspects évolutifs de la question dans le développement de la composition, alors que l'évolution a été fréquemment et parfois abusivement convoquée dans l'introduction. Cette « convocation » est d'ailleurs fréquemment accompagnée d'un finalisme profondément enraciné, qui affecte aussi le reste de la copie. Ce finalisme n'a pas lieu d'être et un certain nombre de formulations doivent être évitées.

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		n° de copie			
Épreuve du secteur :					
Introduction	Contexte : il doit servir d'ancrage clair à l'introduction				
	Analyse des termes du sujet à partir du contexte				
	Milieu intérieur: Liquides entourant les cellules et relativement indépendant du milieu extérieur (donc à partir des cnidaires) ou liquides endigués séparés du milieu extérieur Milieu intérieur = liquide interstitiel, plasma (sang) / hémolymphe, lymphe, liquide coelomique. Métazoaires: Organismes pluricellulaires mobiles et hétérotrophes partageant des caractères dérivés propres (Matrice extracellulaire contenant du collagène, centriole à la base des cils et flagelle). Mise en mouvement: convection forcée, obéit aux lois de la dynamique des fluides.				
	Problématique clairement posée et justifiée par l'analyse du sujet				
Axe directeur de la composition explicité et bien justifié					
Affinage des définitions en complément de l'introduction		<i>Limites justifiées du sujet : quels groupes?, quel milieu intérieur?</i> <i>Historique: Cl Bernard</i>			
Loi de Poiseuille: application à l'hémodynamique et limites		Débit= $\Delta P/R$ avec $R=8.\eta.l/\pi.r^4$			
Des ordres de grandeur et leur mesure: Pressions, volumes, débits		<i>Plasma = 3L, (sang = 5L dont les 2/3 dans les veines)</i> <i>Liquide interstitiel : 11L</i> <i>Lympe canalisée : 1,5L</i> <i>Débit cardiaque au repos : 5L/min soit un temps de circulation d'1 min.</i> <i>Débit lymphatique = 2 L/j</i> <i>Débit de filtration capillaire = 20L/j (mais débit de filtration glomérulaire = 180L/j)</i>			
Utilité de la convection	Distribution	Avantage de la convection sur la diffusion pour distribuer	Diffusion	Loi de Fick, $F = -D \times S \times \Delta C/l$ D : masse molaire et solubilité. D : gaz vs liquide Milieu intérieur liquide peu propice à la diffusion. Rapport surface corporelle / volume , intensité du métabolisme.	
			Convection	Déplacement de fluide. Permet une taille +++ $F = D \times C$ Solubilité / transporteurs. <i>Hémoglobine, protéines de transport d'hormones liposolubles, albumine</i>	
		Matière	Molécules	Nutrition : <i>Nutriments, déchets, ions, pigments respiratoires</i> Fonction de relation : <i>hormones</i> Défense : <i>anticorps, fibrinogène</i>	
			Cellules	Respiration : <i>GR</i> Défense : <i>cellules immunitaires, plaquettes</i>	
		Chaleur		Sang = fluide caloporteur. <i>Circulation cutanée dédiée.</i>	
		Pression, force		Organes érectiles, squelette hydrostatique, locomotion	
	Entretien des gradients		Principe et exemple	En absence de convection les gradients de diffusion s'annulent à cause de la diffusion. <i>Respiration, absorption intestinale</i>	
	Excrétion par filtration		coelome / néphridie: <i>annélides</i> plasma / néphron : <i>vertébrés</i>		
	Diversité des appareils circulatoires	Absence d'appareil CV		Circulation très limitée du liquide interstitiel. Petite taille, métabolisme faible. <i>Planaires, nématodes.</i>	
		Appareil circulatoire ouvert		Un exemple détaillé (<i>Arthropodes ou mollusques</i>)	Schéma fonctionnel complet (cœur + vaisseau) avec "plan" d'organisation de l'animal, explications sur le fonctionnement, la notion d'hémolymphe. Groupes concernés
Appareil circulatoire clos		Un exemple détaillé : <i>vertébrés, annélides, céphalopodes</i>		Idem. notion de sang et de liquide interstitiel + lymphe canalisée si vertébrés. Groupes concernés	
		Structure et propriétés des vaisseaux sanguins	<i>Principe</i>		Intima, media, adventice Ramification, irrigation en parallèle. La vitesse de circulation . Nécessité d'un contrôle (nerveux et local)
			<i>Artères</i>	Elastiques : Media élastique régularise le débit et pression. Réservoirs de pression	
				Musculaires et artérioles : Media musculieuse, vasomotricité, contrôle de la distribution et régulation de la PA	
<i>Capillaires</i>	Echanges diffusifs avec le liquide interstitiel. Vitesse lente, surface de contact importante faible épaisseur (endothélium). Filtration, réabsorption (Starling). Importance de l'albumine <i>Kwashiorkor</i>				

Fond

			<i>Veines</i>	Retour au cœur: pression résiduelle + pression tissulaire et valves. Paroi fine dont adventice, riche en collagène non étirable. Media faiblement contractile. Très compliantes, changement de forme, réservoirs de volume.	
		Le système lymphatique			
	Comparaison des deux systèmes			Notions: Volumes, pressions, résistance, débits, présence de capillaire, contractilité et élasticité des artères. Tableau comparatif	
Diversité des modes propulsion (51)	Ciliaire	Frottements des cils, échelle microscopique exploitation de la viscosité du fluide. <i>Echinodermes, C à flamme.</i>			
	Péristaltique	Musculature circulaire, propagation d'un anneau de contraction qui repousse le liquide devant lui. <i>Insectes, ascidies, amphioxus</i> (un exemple illustré suffit) Chez les insectes, l'hémolymphe pénètre par des ostia, la contraction des muscles aliformes crée une aspiration diastolique qui aide au remplissage.			
	Cœurs à chambre	Principe de fonctionnement	Contraction des parois musculaires (systole, raccourcissement des cardiomyocytes) entraîne une augmentation de pression (et une diminution du volume ventriculaire quand la pression est suffisante). Des valves (intracardiaques et artérielles) anti-retour rendent le mouvement unidirectionnel. La suction péricardique aide au remplissage des oreillettes pendant la systole ventriculaire. Un cycle cardiaque.		
		Groupes concernés	Mollusques, vertébrés, crustacés.		
		Automatisme et mécanismes intrinsèques	En général myogène. Tissu nodal, potentiel pace-maker. Rarement neurogène (Crustacés décapodes, limules) Du fait des jonctions Gap, toutes les cellules se contractent pendant une systole. Le mécanisme de Starling fait que la précharge conditionne le VES.		
		Contrôle nerveux	Adaptation du débit cardiaque aux besoins métaboliques. <i>Ex des Mammifères.</i>	Contrôle de la fréquence par le système nerveux végétatif (ortho et para) et l'adrénaline (stress uniquement) Contrôle du volume d'éjection systolique par l'ortho sympathique (inotropie).	
	Pompes accessoires et cœurs multiples	Adaptation de l'activité cardiaque par le baroréflexe Facilitation du retour veineux (mouvements respiratoires, muscles des membres) Autres exemples : <i>cœur caudal des myxines, pied des mollusques</i> <i>Cœur accessoire des insectes.</i> <i>Cœurs des céphalopodes, double circulation des oiseaux et Mammifères</i>			
Aspects évolutifs et adaptatifs	Un arbre phylogénétique	Un arbre phylogénétique des métazoaires avec les milieux intérieurs circulants (cœlome, sang/lymphe), les types d'appareil circulatoire (ouvert / clos) et la nature de la pompe (péristaltique / à chambres). Cet arbre permet ensuite d'ébaucher des scénarios évolutifs et de discuter d'éventuelles homologies vs homoplasies			
	Cœlome et système vasculaire	Le milieu intérieur consubstantiel aux métazoaires (synapomorphie du groupe) a plusieurs origines embryonnaires possibles. « Simple » liquide interstitiel chez les cnidaires, l'existence d'un troisième feuillet chez les bilatériens complexifie la situation. L'analyse de l'arbre amène à l'idée que le cœlome est lui aussi une synapomorphie des bilatériens et que son inexistence dans certains groupes résulte d'une régression. La métamérie, considérée par certains auteurs comme ancestrale chez les bilatériens, est avant tout « locomotrice » et peut avoir favorisé l'émergence d'un système vasculaire			
	Cœur	Cœurs à chambres présents chez les mollusques et les vertébrés. Cette situation peut refléter une homologie et une disparition chez les autres, pour lesquels un autre système est mis en place. Elle peut aussi résulter d'une homoplasie, par apparition indépendante dans ces deux groupes seulement, les autres systèmes étant alors homologues. Une troisième version est que tous les cœurs sont homoplasiques et dériveraient d'une couche de cellules contractiles présentes dans la paroi d'un vaisseau « ancestral » péristaltique.			
	Les insectes	Le système circulatoire ouvert est dépourvu de pigment Présence de trachées Système très efficace qui permet un métabolisme très élevé.			

Qualité générale de la construction de la copie	Evolution du cœur des vertébrés et sortie de l'eau		<p>Le cœur linéaire et « veineux » des téléostéens correspond sans doute à l'état ancestral. La pompe prébranchiale génère une pression qui décroît de l'échangeur respiratoire vers l'échangeur systémique. Ce dispositif anatomique (contrainte du plan d'organisation ?) limite la pression maximale délivrée par la pompe.</p> <p>Les vertébrés à respiration aérienne présentent tous des cœurs plus ou moins cloisonnés, ce qui permet de séparer une circulation pulmonaire d'une circulation systémique et d'y entretenir des pressions différentes. La pression dans les capillaires pulmonaires est proche de celle qui règne dans les capillaires branchiaux, en revanche la pression systémique est bien plus élevée lorsqu'il y a cloisonnement du cœur. Une conséquence est l'existence d'un débit plus élevé ce qui autorise l'endothermie.</p>	
	Conclusion		<p style="text-align: right;">Quelques idées clés ...</p> <p style="text-align: center;">... qui permettent de dégager des réponses concrètes aux questions posées en intro</p> <p style="text-align: right;">Ouverture pertinente</p>	
	Plan		Logique, cohérence, titres informatifs, adéquation entre titres et contenus des paragraphes	
	Transitions		Les transitions sont globalement : absentes, artificielles, logiques, logiques et bien justifiées	
	Approches expérimentales et		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			
	Forme	Rédaction		Clarté, concision
		Présentation		Orthographe, syntaxe Présentation et soin
Total de la forme				
TOTAL de la copie				

4.3 Epreuve écrite du secteur C:

4.3.1 Le sujet proposé :

Les mouvements verticaux des roches

4.3.2 Commentaires

4.3.2.1. Commentaires généraux sur l'épreuve

Ce sujet étant assez vaste il devait faire ressortir les grands processus et mécanismes guidant la surrection, la subsidence, l'exhumation et l'enfouissement des roches en s'appuyant sur des exemples. La grille de correction présentée à la suite de ces commentaires généraux a donc été réalisée de sorte à valoriser les copies qui ont fait ressortir, à partir d'exemples précis, les phénomènes principaux contrôlant et associés aux mouvements verticaux des roches.

Délimitation du sujet :

(1) De nombreux candidats n'ont pas correctement défini le terme de roche. Celui-ci doit être limité à la matière solide constituée d'un assemblage de minéraux, d'organismes minéralisés ou de verre. Si traditionnellement les hydrocarbures sont inclus dans les roches et pouvaient donc être traités, les magmas et volatils en tant que tels devaient être exclus. Dans le cadre de ce sujet ces derniers ne devaient être abordés qu'en tant que vecteurs du déplacement des roches (enclaves, projection pyroclastiques).

(2) le sujet portait sur le déplacement des roches. De trop nombreuses copies ne portaient quasi-exclusivement que sur les déplacements de la lithosphère ce qui excluait des aspects importants de la composition.

(3) la plupart des déplacements des roches impliquent une composante verticale et horizontale. Il appartenait donc aux candidats de sélectionner de façon justifiée les déplacements pour lesquels le déplacement est majoritairement vertical ou du moins où la composante verticale est significative. Par exemple la subsidence thermique de la lithosphère océanique s'inscrit dans un mouvement d'éloignement des roches depuis la dorsale dont la composante horizontale est dominante.

Introduction :

Globalement les introductions n'ont pas assez mis en avant l'intérêt de l'étude. Un tel sujet appelait à s'appuyer sur quelques observations simples et directes justifiant de s'interroger

sur l'existence, l'amplitude et les moteurs de mouvements verticaux. On pouvait ainsi partir de l'existence de fossiles marins en montagne ou de déplacements observés après un séisme. Ces exemples pouvant ensuite être détaillés dans la suite de la composition. Une approche historique, en relation avec la tectonique des plaques, pouvait permettre de donner un cadre épistémologique à la problématique, mais ne permettait par réellement de justifier le sujet.

La problématique est globalement mal amenée, principalement à cause de l'absence de démarche naturaliste (exemples d'observations quantifiées) à partir de laquelle il était possible de justifier un certain nombre d'interrogation. Trop de candidat se contente d'un « on peut se demander pourquoi » qui n'est pas justifié par le début de l'introduction.

Enfin, un nombre non négligeable de copies écrit un sommaire en fin d'introduction et s'affranchit d'une présentation justifiée du plan qui est choisi.

PREMIERE PARTIE : MISE EN EVIDENCES DES MOUVEMENTS VERTICAUX DES ROCHES, ECHELLE DE TEMPS ET QUANTIFICATIONS DE L'AMPLITUDE DES DEPLACEMENTS

Dans cette première partie, la présentation de différents marqueurs de mouvements était attendue et les observations et exemples choisis devaient montrer un mouvement vertical et sa quantification (par exemple pour les critères tectoniques). De même, les méthodes géodésiques devaient être illustrées à partir d'exemples de mouvements verticaux (surrection de reliefs, rebond post glaciaire) et non les cas plus classiques de mouvements horizontaux (déplacement des plaques).

Cette partie devait aboutir à la notion d'échelle de temps et d'espace des mouvements verticaux. Il était donc attendu que les candidats présentent des ordres de grandeurs des vitesses, des amplitudes, des durées des phases de déplacements ainsi que la taille des objets déplacés ce qui malheureusement a été trop peu souvent le cas.

Globalement cette partie a été assez mal traitée. Des marqueurs, pourtant très simples, de mouvements verticaux comme la présence de fossiles dans les chaînes de montagne, les déformations co-sismiques ou la géodésie n'ont été abordés que dans une minorité de copies. De plus peu d'exemples précis, en particulier à partir d'observations de terrain, ont été utilisés au profit d'exemples vagues et généraux.

La présentation des marqueurs était souvent assez peu démonstrative. L'exemple le plus représentatif de ce problème est celui du métamorphisme. Le métamorphisme est un marqueur fondamental du déplacement des roches et de la lithosphère sur des échelles de temps de l'ordre du million d'année à la centaine de million d'année, sur des amplitudes du kilomètre à plusieurs centaines de kilomètres et pour des vitesses de l'ordre du mm au cm par an. Cependant pour aboutir à ces caractéristiques il faut déterminer que les roches et les minéraux métamorphiques observés se sont formés dans des conditions de pression et de

température différentes de celle de leur protolithe mais aussi ~~de leur mise en place et~~ de celles de surface où elles ont été prélevées. Ceci peut se faire via la pétrologie expérimentale, qui permet entre autre de déterminer les conditions PT des faciès et la thermo barométrie mais également un calage temporel relatif ou absolu. Se contenter de présenter les faciès métamorphiques était insuffisant dans le cadre de ce sujet, il était nécessaire d'expliquer comment ils avaient été obtenu et donc de parler de la pétrologie expérimentale et en particulier dans ce cas de l'utilisation et du principe des autoclaves. A noter que les candidats ayant parlé de pétrologie expérimentale se sont quasi exclusivement limités aux cellules à enclumes de diamants. Si cet appareillage est important pour l'étude du métamorphisme dans les conditions extrêmes (en particulier les transitions de phase du manteau, ou l'étude des coefficients de partage), il est peu adapté à l'étude du métamorphisme des roches lithosphériques ou du magmatisme à cause de la taille des échantillons utilisés (dizaines de micron). Les appareillages les plus couramment utilisés étant l'autoclave ou les presses multi-enclumes.

Enfin les principes et limites de ces observations et méthodes de quantification des mouvements verticaux ont été assez peu abordés. Pour ce qui est par exemples de fossiles ou de marqueurs sédimentaires, l'influence de l'eustatisme ou des variations climatiques devait être présentée comme limite à l'interprétation. Les principes de la géodésie devaient être présentés et discutés pour justifier les domaines d'application des différentes méthodes.

DEUXIEME PARTIE : MOTEURS ET MECANISMES DE CONTROLE DES MOUVEMENTS VERTICAUX DES ROCHES

Cette partie devait faire ressortir les principaux moteurs des différents mouvements verticaux. La difficulté majeure était de ne pas tomber dans un catalogue d'exemples ou une suite de contexte géodynamique. Cette partie devait s'appuyer sur des mécanismes/processus décrit précisément et faire ressortir les paramètres physiques intrinsèques et extrinsèques qui guident ces mouvements. La signification des paramètres physiques comme la viscosité, la masse volumique étaient donc attendu, ainsi que l'explicitation des principales forces impliquées (pesanteur, poids des roches, force d'Archimède en particulier). Il fallait s'appuyer sur l'analyse d'exemples précis dont l'étude permettait de mettre en évidence les facteurs contrôlant et guidant les mouvements des roches.

Si cette partie a été globalement mieux traitée que la précédente, la plupart des candidats se sont contentés de décrire des processus sans partir d'observations ou en ne présentant des exemples qu'après une présentation théorique du processus étudié.

Les deux principaux processus abordés ont été l'isostasie et la convection mantellique. Si les candidats connaissent généralement bien les grands principes de ces phénomènes deux

points importants sont à souligner : (1) pour ce qui est de l'isostasie très peu de candidats ont présenté une étude **quantifiée** du processus. La réalisation d'un **calcul simple** était attendue pour expliquer par exemple la surrection d'une zone épaissie. Il fallait ensuite bien différencier l'équilibre isostatique et les facteurs modifiant cet équilibre et qui permettent donc d'induire des mouvements verticaux (érosion, évolution thermique, charge sédimentaire...); (2) pour ce qui est de la convection mantellique la majorité des candidats explique ce processus par le nombre de Rayleigh. Le nombre de Rayleigh n'explique pas la convection mais est simplement un moyen de mettre en évidence que la convection est possible. Si l'on veut utiliser ce nombre pour expliquer la convection il convient de revenir à son obtention ce qui n'était pas attendu ici. L'étude de la convection et de ces moteurs nécessitent de mettre principalement en évidence la compétition entre la poussée d'Archimède et les forces qui s'opposent aux déplacements (frottement, résistance à l'enfoncement). Il était important également de relier la poussée d'Archimède à la masse volumique qui constitue le paramètre principal de contrôle de ces mouvements. Il était ensuite possible de discuter des conditions dans lesquels cette masse volumique pouvait varier (changements de phase, de température) et ainsi de discuter les conditions de la convection mantellique.

En bilan, cette partie sur les moteurs des mouvements verticaux des roches devait aboutir à la mise en évidence que les modalités, localisations, périodes et amplitudes de déplacement étaient intrinsèquement liées à la géodynamique globale aussi bien interne qu'externe.

TROISIEME PARTIE : IMPACTS DES MOUVEMENTS VERTICAUX DES ROCHES SUR LA DYNAMIQUE DES PLANETES

Cette dernière partie demandait un important travail de synthèse pour mettre en avant l'influence de ces mouvements verticaux sur la dynamique des planètes. Cette partie a été souvent abordée de façon parcellaire et le rôle central des mouvements verticaux n'est pas toujours bien apparu. La place centrale des mouvements verticaux devait apparaître de façon explicite, par exemple en s'appuyant sur des schémas bilan. Ici encore la difficulté principale était de ne pas proposer un simple listing d'exemples mais de faire ressortir les grands processus où les mouvements verticaux des roches ont une place centrale et ceux sur lesquels ils peuvent avoir une influence. L'importance des échelles de temps et d'espace était ici aussi des paramètres importants.

Cette partie permettait également d'aborder les impacts économiques de ces mouvements, tant sur les aspects mise à disposition et création de ressources que sur les risques naturels.

Forme et illustrations :

Les copies sont généralement bien présentées et bien rédigées et présentaient généralement un plan cohérent proche de celui proposé ici. Par contre, les candidats ont rencontré plus de difficultés pour justifier leur plan en introduction. Les transitions sont également souvent sommaires et ne font pas ressortir clairement les liens entre les parties et la progression suivie.

Les schémas sont souvent simplistes, ne présentant pas d'échelles précises (en particulier pour les diagrammes), de légende et de titre adapté. Les échelles relatives entre les ensembles présentés (par exemple le relief par rapport à la racine crustale) sont rarement respectées. Peu de schémas bilan permettant d'illustrer plusieurs points à la fois et auxquels on peut faire référence à différents moments dans la copie. Dans de nombreuses copies, les idées sont fractionnées en plusieurs schémas incomplets et trop simplistes. Un schéma peut être utilisé dans plusieurs parties pour peu qu'il soit clairement numéroté et appelé dans le texte

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					
Épreuve du secteur : C					
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				
I - Mise en évidence des mouvements verticaux des roches, échelle de temps et quantification de l'amplitude des déplacements	Mise en évidence et quantification de mouvements verticaux des roches de l'échelle de la seconde à l'année	Déplacements suite à un séisme	A partir d'un ou de plusieurs exemples de séismes (Sumatra, El Asnam) mettre en évidence 3 grands types de déplacements verticaux: (1) Déplacement local lié au glissement le long du plan de faille (cm à plusieurs m). Peut être aussi mis en évidence par les mécanismes au foyer et l'interprétation des répliques (détermination de la taille de la zone de glissement et de la quantité de mouvement et calcul de la magnitude de moment sismique). (2) Déplacement régional avec subsidence ou surrection pouvant aller jusqu'à plusieurs mètres. (3) Déplacement élastique lointain enregistré par les sismomètres de l'ordre du millimètre à moins.		
		Erosion et enfouissement	Exemples d'écroulement/éboulement (Mont Granier) et d'événements météorologiques catastrophiques (événement cévenol, moussons, tempêtes...) associés à des pics d'érosion (pouvant aller jusqu'à plusieurs mètres d'incision dans des marnes ou des argiles).		
		Météorites et pyroclastes	Exemples de météorites, observation directe et marqueurs passés (cratères, roches, minéraux). Exemple d'éruptions avec projections pyroclastiques. Quelques exemples de pyroclastes (bombes, lapillis, pierre ponce, cendre).		
	Mise en évidence et quantification de mouvements verticaux des roches à l'échelle historique: la géodésie	Triangulation	Principe de la triangulation, notion de point géodésique		
		Géodésie spatiales	Principales méthodes de géodésie spatiales (VLBI, GPS voire DORIS, INSAR). Principes appliqués à l'altimétrie et limites d'utilisation (problème de positionnement des satellites, nombre de stations récepteurs, de satellites, récurrence des mesures, précision des mesures)		
	quantification de mouvements verticaux des roches à l'échelle des temps géologiques	Marqueurs morphologiques	Marqueurs morphologiques de paléo-altitude (terrasse, surfaces d'abrasion littorales, encoches tidales) associés à une surrection (terrasses au front de l'Himalaya) ou une subsidence (paléovallées enfouies dans le bassin molassique Suisse). Limites de l'interprétation (influence de l'eustatisme, du climat). Structures morphologiques directement associées à un mouvement vertical (glissement de terrain, cône de pied de pente).		
		Marqueurs sédimentologiques et paléontologiques	Exemples précis de fossiles de faciès et/ou de roches sédimentaires indicatifs de surrection ou subsidence (fossiles marins en altitude, pollen, succession sédimentologique dans une plaine abyssale). Limites des reconstitutions paléo-altimétriques (influences du climat, variations eustatiques).		
		Marqueurs Tectoniques long terme	Exemples précis de marqueurs tectoniques associés à du glissement à composante verticale: Marqueurs de tectonique cassante associés aux failles normales et inverses (stries, niveaux décalés, chevauchements). Marqueurs de tectonique ductiles (plis d'entraînement, linéations, relation C/S, zone de cisaillement ductile).		
		Marqueurs pétrologiques	Roches magmatiques: présence de roches océaniques en domaine continental (ophiolites). Interprétation de l'origine des ophiolites, apports de la pétrologie expérimentale. Autre exemple: mise à l'affleurement des roches plutoniques.		
			Roches métamorphiques	Notion de faciès métamorphiques et de paragenèse. Apports de la pétrologie expérimentale. Détermination historique des faciès métamorphiques par Eskola, principe de l'autoclave. Pétrologie expérimentale actuelle (presse multi-enclume, cellule à enclume de diamant), principe de la cellule à enclume de diamant et limites (taille échantillon, conditions PT). Un exemple de diagrammes de phase (silice, carbone, olivine, silicates d'alumines).	
				Thermobarométrie. Principe général, lien entre conditions PT, énergie du système, composition minéralogique et chimie des minéraux. Minimisation de l'enthalpie libre. Exemples de réaction thermomètre et de réaction baromètre.	
				Bilan: exemple de reconstitution d'un trajet PT. Problèmes de la rétrogenèse et de la préservation des conditions PT anciennes. Estimations minimales des conditions PT.	

	Mise en évidence et c		Minéraux et textures diagénétiques: diagenèse d'enfouissement/tardive, épigénisation, métasomatose, changements texturaux. Conditions PT et limite diagenèse / métamorphisme
		Marqueurs géophysiques	Principes généraux de la tomographie sismique, modèle PREM, variations de densité. Lien entre les anomalies et les zones de subduction et de point chaud. Interprétation cinématique. Limite de l'interprétation (pas d'observations directes de déplacement).
		Quantification des vitesses de déplacements à l'échelle des temps géologiques	(1) Exemples de mesure des décalages fins à partir de marqueurs déformés. Principales méthodes de datations des marqueurs (biostratigraphie, magnétostratigraphie, radiochronologie). Obtention de vitesses minimales. (2) reconstitution des histoires PT-temps. Signification des âges radiochronologiques, température de cristallisation (Géochronologie, U-Pb zircon, monazite) ou de refroidissement (thermochronologie, Rb/Sr, Ar/Ar, traces de fission). Exemples de températures de fermeture. Ordre de grandeur des vitesses d'exhumation et d'enfouissement (mm à cm/an).
II. Moteurs et mécanismes des mouvements verticaux des roches	Mouvements verticaux par transport tectonique	Compression	Exemples de failles inverses et surrection ou enfouissement des roches (Alpes, Himalaya). Exemples de déformation ductile en compression et subsidence (bassin flexural, cœur des synclinaux) ou surrection (bombement flexural, anticlinaux).
		Extension	Failles normales (fossé Rhénan) et dénudation tectonique. Détachements ductiles (Mont du Pilat, mer Egée, Montagne Noire).
		Conditions	Couplage entre tectonique et érosion pour induire l'exhumation. Influence des forces aux limites et de volume sur la tectonique (exemples des prismes orogéniques et d'accrétion).
	Mouvements verticaux d'origine gravitaire	Mouvements dans l'atmosphère	Projection et retombée des météorites et des pyroclastes. Importance de la puissance de l'éruption. Densité moyenne du panache (influence de la température et de la proportion de gaz), effondrement de panache. Attraction des planètes et capture des météorites.
		Mouvements de surfaces	Cas des glissements de terrain et éboulement, influence de la pente. Déstabilisation tectonique (séisme) ou météorologique (fortes précipitations).
		Mouvements crustaux	Diapirisme: structure d'un diapir, nature des roches impliquées (évaaporites, serpentinites, migmatites), principe. Sagduction. Initiation des diapirs par modification de la densité des roches (fusion partielle de la croûte, serpentinitisation du manteau, liquéfaction). Migration et piégeage des hydrocarbures. Influence de l'héritage tectonique pour guider et localiser la remontée. Amplitude des déplacements (centaine de m à dizaine de km).
		Mouvements mantelliques	Compétition entre poussée d'Archimède et force s'opposant au déplacement (frottement, résistance à l'enfoncement). Importance de la masse volumique. Evaluation de la capacité à convecter avec le nombre de Rayleigh. (1) enfouissement: Subduction de matériel de forte masse volumique, importance de l'éclogitisation de la croûte océanique, changements de phase de l'olivine. Problème de la subduction continentale, entrainement par la lithosphère océanique. (2) exhumation: Remontée de matériel de faible masse volumique: détachement et remontée guidée par la poussée d'Archimède (croûte continentale), exhumation des serpentinites au dessus du plan de subduction et entrainement de blocs de croûte océanique éclogitisés (éclogites alpines), ascension des points chauds et chauffage basal, remontée des xénolites.
	Mouvements verticaux et isostasie	Principe de l'isostasie	Poids des roches, niveau de compensation, modèle de Airy et de Pratt, isostasie régionale. Notion de racine crustale.
		Approche quantitative de l'isostasie	Exemple quantifié de mouvement isostatique (différence lithosphère océanique et continentale, épaissement crustal, rebond post glaciaire, érosion)
		Facteurs jouant sur l'équilibre isostatique	Modifications de l'épaisseur crustale (tectonique, dynamique lithosphérique, érosion, sédimentation, volcanisme) et exemples associées (surrection orogénique, pénéplanation post orogénique, délamination mantellique...) Variation de la charge au-dessus des croûtes (eau, glace, rebond post glaciaire). Variation de densité liée à des phénomènes thermiques (subsidence thermique de la lithosphère, bombement thermique d'un panache, granulitisation des croûtes épaissies). Les vitesses de ces mouvements sont de l'ordre du mm au cm/an.
Mouvements verticaux et viscosité	Définition de la viscosité. Cas 1: extrusion de chenaux de faible viscosité (croûte partiellement fondue en Himalaya, chenal de serpentinites des zones de subduction). Cas 2: fluage dans les coins de faible viscosité (coin mantellique ou prisme d'accrétion). Importance des forces compressives aux limites voire des forces de volume. Facteurs contrôlant l'évolution de la viscosité (serpentinitisation, fusion partielle).		
Mouvements verticaux et attraction	Exemple de l'accélérateur de particule du CERN. Principe des marées terrestres. Amplitude centimétrique.		
Bilan	Interaction entre facteurs intrinsèques et extrinsèques, entre processus externes et internes. Forçages et équilibre relief/tectonique/climat.		

III-Impacts des mouvements verticaux des roches sur la dynamique des planètes

Influence des mouvements verticaux des roches sur la dynamique interne	Convection et tectonique des plaques	Localisation des mouvements verticaux dans la convection: subduction et branches descendantes de la convection, points chauds (et dorsales) et zones d'ascension. Contrôles de la cinématique des plaques par la subduction. Lien entre dorsales et subduction.	
	Tectonique archéenne Risques sismiques	Spécificité de la dynamique archéenne par rapport à la tectonique des plaques (subduction archéenne, tectonique gravitaire). Risques associés aux déplacements le long de failles, propagation des ondes sismiques, phénomènes induits (tsunami, glissements de terrain). Importance de l'étude des déplacements inter-sismiques sur la connaissance du cycle sismique et la prédiction des séismes.	
Influence des mouvements verticaux sur la dynamique de la surface	Dynamique du relief	Formation et dynamique du relief associés à des mouvements verticaux: Transport tectonique et surrection (front de chevauchement) ou subsidence (bassin flexural, rift). Isostasie et relief (épaississement crustal, érosion, bombement thermique).	
	Dynamique des bassins sédimentaires	Mouvements verticaux et piégeage des sédiments: Subsidence tectonique (rift, bassin flexural). Subsidence thermique (plaine abyssale, marge passive). Amplification par subsidence sédimentaire (exemple du bassin de Paris ou des marges passives). Comparaison des vitesses et amplitudes de subsidence initiale et thermique et sédimentaire.	
	Variation des forces de volume et déformation	Rifting actif et ouverture océanique (exemple de l'Atlantique). Effondrement tardi-orogénique post surrection.	
	Risques gravitaires	Exemple de l'éboulement du Mont Granier. Risque induits (tsunami, lac de barrage). Prévention.	
Influence des mouvements verticaux sur la dynamique des enveloppes fluides	Déviations des courants atmosphériques	Effet des barrières orographiques sur le climat. Focalisation des précipitations (mousson Asiatique) et mise en place de courant descendant vers les plaines (Foehn).	
Influence des mouvements verticaux des roches sur les transferts de roches et de chaleur	Transferts de matières et de chaleur et cycle des roches	Roches sédimentaires	Mouvements verticaux et flux détritiques, influence sur le <u>niveau de base</u> . Subsidence et nature des sédiments (sédimentation des plaines abyssales). Subsidence et croissance des coraux atolls, cycles sismiques).
		Roches métamorphiques	Les mouvements verticaux sont à l'origine de la formation de la plupart des roches métamorphiques: Ils jouent sur la profondeur maximale d'enfouissement et d'exhumation. La vitesse d'enfouissement et d'exhumation contrôle la température subie (gradient froid des zones de subduction)
		Roches magmatiques	Fusion induite par flux de chaleur (fusion lithosphérique au dessus des têtes de panaches). Fusion par décompression adiabatique (points chauds, dorsales). Anatexie crustale et épaississement. Influence de la subduction sur la vitesse des dorsales et la production magmatique. Fusion hydratée liée au transfert d'eau dans les zones de subduction.
	Transferts de matières et cycles géochimiques	Exemples de cycles géochimiques impliquant la convection (cycles du CO2 et de l'eau). Ordre de grandeur des flux.	
	Transferts de matières et de chaleur et ressources	Ressources d'origine métamorphique (andalouite, corindon, diamant, marbre, amphibolite). Mouvements verticaux et mise à disposition des ressources (pluton, ophiolites, massifs métamorphiques, auréoles de contact) Ressources carbonées, enfouissement, flux détritiques et subsidence	

		Quelques idées clés ...
	Conclusion	... qui permettent de dégager des réponses concrètes aux questions posées en intro
		Ouverture pertinente
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 du fond	
	Bonus (exemples)	<i>Paléo-altimétrie sur isotopes stables (d¹⁸ O sur les carbonates lacustres ou pédogénétiques) et cosmogéniques. Développement de la thermobarométrie (thermodynamique, Clapeyron, grilles pétrogénétiques, pseudosection). Migration des hydrocarbures. Eustatisme et bombement des dorsales. Topographie dynamique. Flux d'eau dans les zones de subduction et volcanisme explosif. Magmatisme de marée (Io). Volcanisme de glace (Encelade). Hydratation du manteau et convection. Risques associés aux retombées pyroclastiques. Relief et évolution. Anomalies isotopiques du manteau. Mouvements verticaux et climats (cycle du carbone, nuages de cendres). Météorites et formation de la Terre. Panspermie. Origine de l'eau.</i>
Forme	Rédaction	Clarté, concision
		Orthographe, syntaxe
	Présentation	Présentation et soin
	Total de la forme	

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

5.1.1 Présentation de l'épreuve

L'épreuve pratique d'option du secteur A abordait cette année quelques aspects de la défense des animaux et des plantes contre les pathogènes. Le sujet, organisé en deux parties indépendantes, balayait différentes approches de ce thème. Une grande part de l'épreuve évaluait les capacités expérimentales des candidats: conception d'un plan d'expérience, aptitude technique, capacité à organiser le temps de travail, présentation et analyse des résultats. Les autres parties plus documentaires permettaient d'évaluer les capacités d'analyse et d'interprétation de données expérimentales des candidats.

5.1.2 Commentaires concernant la première partie

La partie 1 analysait quelques aspects de la réaction immunitaire innée et plus particulièrement de la réponse inflammatoire en se basant soit sur des expérimentations réalisées par les candidats soit sur des documents photographiques ou chiffrés fournis par le jury. Dans l'ensemble, le jury a été satisfait des travaux des candidats sur cette partie I et plus particulièrement sur la partie expérimentale où des lames de bonne qualité ont été produites et ceci malgré la difficulté de cette partie, qui utilisait des cellules eucaryotes vivantes. La majorité des candidats a ainsi pu montrer sa capacité à suivre et à comprendre un protocole expérimental. De même, leur connaissance de la phagocytose et de ses mécanismes cellulaires et moléculaires était plutôt satisfaisante.

Sous-partie 1, Expérience 1

Dans cette partie, les candidats étaient amenés à réfléchir sur le protocole expérimental avant de le réaliser. Dans l'ensemble, les différentes étapes du protocole ont été comprises même si certaines explications fantaisistes ont été données pour expliquer pourquoi les cellules adhéraient à la lame. Plusieurs candidats ont, par exemple, émis l'hypothèse que les cellules se fixaient aux molécules du milieu de culture, or ce milieu est enlevé plusieurs fois au cours de l'expérimentation !! D'autres candidats étaient persuadés que des anticorps étaient fixés au fond des puits, si ça avait été le cas, le jury l'aurait précisé! Les calculs de dilution étaient dans l'ensemble bien réalisés même si plusieurs candidats n'ont pas tenu compte dans leur calcul des 100µL de levures qui étaient ajoutés après l'incubation avec les différents inhibiteurs de la phagocytose. Le plan de l'expérimentation n'était pas toujours adéquat avec par exemple des contrôles sans levure (le paramètre mesuré étant la phagocytose des levures, ce contrôle est peu utile !!) ou encore des tests avec des sucres isolés alors que le protocole demandait de les ajouter conjointement.

La partie qui a le moins séduit le jury était l'interprétation des lames. Tout d'abord, la qualité des dessins était médiocre avec, souvent, un seul macrophage représenté ce qui ne rendait pas compte de l'intensité de la phagocytose. De même, les dessins n'étaient pas toujours en adéquation avec les observations sur les lames. Par exemple, de nombreux candidats étaient persuadés que la cytochalasine D allait inhiber la phagocytose (qui était ici évaluée dans son entièreté, c'est-à-dire en tenant compte des cellules qui ont adhéré sans être englobé comme cela était indiqué dans l'étape 5 du protocole), ils ont donc réalisé des dessins d'interprétation qui montraient cela même si leurs lames montraient le contraire

Sous-partie 1, Expérience 2

Cette partie a, dans l'ensemble, été très bien réalisée par les candidats qui l'ont faite. Le jury a été surpris que certains candidats n'abordent pas du tout cette partie basée sur un dosage colorimétrique rapide et sans gros risque.

Sous-partie B

Cette partie était basée sur l'analyse de données chiffrées et photographiques issues d'expériences réalisées par le jury avant les TP. Dans l'ensemble, les candidats ont bien compris les expériences et les ont bien analysées. Certaines données présentaient des moyennes et des écart-types. De nombreux candidats ont très mal utilisé ces données soit en ne représentant pas les écart-types soit en les représentant mais pas à l'échelle soit encore en les représentant correctement mais en ne les utilisant pas lors de leur interprétation. Enfin, de nombreux candidats avaient une idée préconçue des résultats et adaptaient leur interprétation à cette idée.

En conclusion de cette partie, le jury tient à rappeler que lorsque l'on s'inscrit dans une démarche scientifique (et plus particulièrement en biologie) il convient d'observer et d'analyser avec rigueur les résultats obtenus avant d'en tirer des conclusions. Modifier la réalité observée pour la faire correspondre à ses *a priori* va à l'encontre du principe de base que les enseignants de SVT doivent transmettre à leurs élèves.

5.1.3 Commentaires concernant la seconde partie

La partie 2 proposait une analyse documentaire concernant les mécanismes de défense innée des angiospermes face à une infection par des pathogènes. Cette étude permettait d'établir quelques éléments de comparaison avec la réponse innée chez les animaux vue en 1^{ère} partie. De plus, elle présentait les effets de la laminarine, une molécule prometteuse, déjà commercialisée et appliquée en champs.

Sous-partie A :

Cette partie permettait de décrire l'infection de diverses Angiospermes par un pathogène de type « champignon ».

Cette sous-partie a été la moins bien traitée de la partie II de manière étonnante.

Le tissu infecté a rarement été identifié ou son identification n'est pas justifiée par l'observation précise du cliché. De nombreux candidats ont vu ici des mycorhizes sur les feuilles ; l'haustorium a été souvent mal identifié ; les notions de pathogènes biotrophes et nécrotrophes sont mal maîtrisées. Les parois cellulaires ont été parfois confondues avec le mycélium. Pour finir, les mécanismes de défense sont rarement complets.

Sous-partie B :

On étudiait ici les effets d'une application de laminarine avant infection par un pathogène. Cette partie a souvent été traitée. L'analyse est souvent bien menée et les connaissances concernant les mécanismes de défense chez les plantes assez bien maîtrisées par de nombreux candidats. Certains cependant décrivent encore les résultats sans aucune interprétation.

Sous-partie C :

Celle-ci était un peu plus biochimique et visiblement a découragé de nombreux candidats.

Sous-partie D :

Cette partie permettait de dresser un bilan du TP abordé et d'établir quelques comparaisons entre défenses innées des animaux et des plantes.

On retrouve encore quelques confusions entre réponse innée et réponse non spécifique même si les notions de PAMP et PRR sont connus de beaucoup.

Enfin, la majorité des candidats a compris le traitement par la laminarine comme une vaccination, alors qu'il s'agit plutôt d'une immunostimulation (en effet, aucune donnée ici ne présentait la notion de « mémoire »). La laminarine est un composé parmi d'autres de type SDN, stimulateur de défenses naturelles.

5.1.4 [Sujet commenté :](#)

NOM :

Prénom :

Salle :

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2015

TRAVAUX PRATIQUES DE SPECIALITE DU SECTEUR A

Durée totale : 6 heures

Partie I : Quelques aspects de la réponse immunitaire des mammifères

page 2

durée conseillée : 4h- barème indicatif : 70 points sur 100

Partie II: Quelques aspects de la défense des plantes face aux micro-organismes.

page 29

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

Il est fortement conseillé de débiter par la partie I car elle comprend des temps d'incubation importants

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, VERIFIEZ QUE VOUS AVEZ BIEN INDIQUE VOS NOM,
PRENOM ET NUMERO DE SALLE EN TÊTE DE TOUS LES DOCUMENTS.**

VOUS DEVEZ RENDRE LA TOTALITE DES FEUILLES DU DOSSIER.

NOM :

Prénom :

Salle :

Partie I: Quelques aspects de la réponse immunitaire des mammifères

Nous allons centrer notre étude sur différents paramètres de la réponse immunitaire innée.

Sous-partie A :

Question I-A-1- A l'aide d'un schéma simple, expliquer les principales étapes qui permettent à un phagocyte de détruire un pathogène

Réponse à la question I-A-1

La figure doit montrer:

- **La reconnaissance du pathogène**
- **La capture avec la mise en place du phagosome**
- **La destruction du pathogène après fusion du phagosome avec un lysosome**

Nous allons réaliser une série d'expériences pour illustrer ces différentes étapes. Pour cela, nous utiliserons une lignée cellulaire (c'est-à-dire des cellules immortalisées) de monocytes/macrophages de souris, les cellules de la lignée RAW.

Question I-A-2- Faire le schéma d'un macrophage et préciser ses principales caractéristiques (lignée dont il est issu, fonction, caractéristiques morphologiques en relation avec sa fonction)

Réponse à la question I-A-2

Provient de la lignée hématopoïétique myéloïde ; cellule phagocytaire

On doit voir le noyau, le cytoplasme, quelques prolongements cytoplasmiques et les granules, voire des récepteurs aux pathogènes (si on veut être très précis)



NOM :

Prénom :

Salle :

Nous mettrons les cellules de la lignée RAW en contact avec des levures *Saccharomyces cerevisiae* qui ont été tuées par chauffage en présence de différents réactifs et analyserons le nombre de levures phagocytées ou en train d'être phagocytées par comptage en microscopie.

Question I-A-3- Quel est l'intérêt d'avoir tué les levures par chauffage ?

Réponse à la question I-A-3

Inhiber leur prolifération tout en maintenant les PAMP (Motifs moléculaires associés aux pathogènes) qui permettent aux macrophages de les reconnaître

Expérience 1

Il est conseillé de lire attentivement et jusqu'à la fin le protocole de l'expérience 1 (jusqu'à la page 7) avant de commencer à manipuler

La culture des cellules RAW a été effectuée dans des « lames séparables » aussi appelées « Labteck » (Annexe 1). Il s'agit de lames de verre recouvertes de puits de culture. La culture cellulaire et les incubations avec les différents réactifs sont réalisées dans les puits de culture. A la fin de l'expérience, le puits est enlevé (Annexe 1). On se retrouve alors avec une lame que l'on peut recouvrir d'une lamelle pour l'observation au microscope. Les examinateurs vont vous fournir une lame contenant 8 puits de culture de volume maximum 400µL dans lesquels ont été mises en culture, la veille, 10⁵ cellules RAW/puits. Vous n'aurez pas forcément besoin des 8 puits, certains sont là pour vous permettre de corriger une erreur ou d'ajouter un contrôle qui vous semble judicieux. Vous effectuerez l'ensemble de vos expériences dans ces puits de culture ***de manière simultanée pour limiter la durée de l'expérience***. Les cellules doivent rester le moins longtemps possible à sec. Si vous devez les faire patienter, ajouter 200 µL d'HBSS que vous enlèverez juste avant l'expérience.

Le protocole expérimental est le suivant :

Etape 1 : Lavage des puits

Effectuer 2 lavages. Pour effectuer un lavage, vider le contenu des puits en retournant la lame au dessus d'un récipient, puis ajouter délicatement 200µL d'un tampon salin adapté à la culture cellulaire (le HBSS) à ***température ambiante*** (surtout pas froid !). Il est conseillé ***de faire délicatement glisser le liquide le long de la paroi du puits pour protéger les cellules***. Vider les puits par retournement.

Question I-A-4- Comment se fait-il que les cellules RAW restent dans le puits après retournement ? Pourquoi ne pas laver avec du HBSS froid ?

NOM :

Prénom :

Salle :

Réponse à la question I-A-4

- **les macrophages sont des cellules adhérentes qui se fixent au verre et au plastique**
- **l'HBSS froid induit le décollement des cellules**

Etape 2 : Incubation avec les différents réactifs (Sucres, Cytochalasine D)

Dans les expériences où cela est préconisé, ajouter 300µL des réactifs dans le puits de culture de manière à ce que la concentration **finale** soit celle demandée (expérience 1.2 et expérience 1.3). Le liquide doit être déposé délicatement selon le protocole indiqué dans l'étape 1. Incuber les cellules pendant 15 min dans une étuve à 37°C.

Etape 3 : Incubation avec les levures et phagocytose

Ajouter dans le puits 100µL de la suspension de levures qui vous est fournie. **Ne pas oublier d'agiter la suspension de levures avant de l'ajouter dans les puits.** Le volume dans vos puits est alors de 400µL. Incuber vos lames pendant 45 min dans une étuve à 37°C.

Etape 4 : Coloration des lames

Réaliser tout d'abord 2 lavages selon le protocole indiqué à l'étape 1.

Ajouter ensuite délicatement 100µL de sérum de veau fœtal (SVF), le fond du puits doit être entièrement recouvert.

Enlever immédiatement à l'aide d'une pipette munie d'un cône jaune la totalité du liquide contenu dans les puits.

Sécher à l'aide d'un sèche-cheveux le liquide résiduel, le fond du puits doit être entièrement sec. **Ne pas mettre le sèche-cheveux trop chaud ou trop proche du fond des puits pour ne pas brûler les cellules.**

Ajouter sur les puits secs 200µL de colorant de Wright. Incuber 30s. Ajouter 200µL d'HBSS. Attendre 1 min.

Enlever le colorant et laver 2 fois à l'eau (protocole de l'étape 1).

Enlever les puits à l'aide d'une spatule (Annexe 1)

Laisser un peu d'eau sur les lames, éventuellement en ajouter, recouvrir d'une lamelle et observer au microscope.

Question I-A-5- Sachant que le colorant de Wright contient de l'alcool, pourquoi faut-il sécher entièrement le puits avant de l'ajouter ?

Sachant que le SVF est très riche en protéines, pourquoi l'avoir ajouté avant de passer les cellules sous le sèche-cheveux?

Réponse à la question I-A-5

- **Eau + alcool= réaction exergonique et donc libération de chaleur qui peut détruire les cellules**
- **Pour les protéger de la chaleur du sèche-cheveux et éviter la formation de cristaux autour de la cellule lors de la dessiccation du milieu. Cristaux qui pourraient endommager la cellule**

NOM :

Prénom :

Salle :

Etape 5 : Evaluation du niveau de phagocytose

Pour analyser le niveau de phagocytose :

- 1- Réaliser un dessin d'observation qui rend compte de votre interprétation de l'expérience
- 2- Sur un champ de microscope représentatif de la lame, évaluer le pourcentage de cellules ayant entrepris une phagocytose (c'est-à-dire ayant fixé à sa surface une levure ou ayant ingéré une levure) en analysant 20 cellules.

Expérience 1.1 : Effet de l'incubation des levures avec des molécules du complément

Un échantillon de la suspension de levures a été incubé pendant 30 min à 37°C avec une solution contenant des molécules du complément. Les levures ont alors été lavées puis remises en suspension dans du HBSS. La suspension porte le nom Lev-C. Comparer le degré de phagocytose des levures non traitées (Lev) et des levures traitées au complément (Lev-C).

Question I-A-6- A votre avis, quel mécanisme veut-on analyser en incubant les cellules avec du complément ?

Réponse à la question I-A-6

Le mécanisme d'opsonisation. On ajoute du complément qui va se fixer sur la levure. Le macrophage a des récepteurs au complément ,et cela favorise donc la reconnaissance du pathogène.

Expérience 1.2 : Effet de l'incubation conjointe des cellules avec un analogue du mannose (l'alpha-mannane) et un beta-glucane (la laminarine)

Deux solutions, une solution d'alpha-mannane (notée M) et une solution de laminarine (notée L), chacune à 6mg/mL vous sont fournies. Pour analyser l'effet conjoint de ces molécules sur la phagocytose des levures Lev ou Lev-C, vous devez les mettre ensemble à la concentration finale de 450µg/mL chacune et les incuber selon le protocole indiqué à l'étape 2. Nous rappelons que le volume maximal de réactif est 300µL et le volume final est de 400µL.

Question I-A-7- Pourquoi est-il intéressant d'analyser l'effet de ces deux sucres sur la phagocytose des levures ?

Réponse à la question I-A-7

Ce sont des analogues de sucres exprimés sur la paroi des levures. Donc on va pouvoir savoir si ces sucres sont impliqués dans la reconnaissance des levures par les macrophages

NOM :

Prénom :

Salle :

Question I-A-8- Expliquez comment vous allez réaliser la dilution des sucres pour obtenir une concentration finale de 450µg/mL chacun

Réponse à la question I-A-8

Exemple 1 : on met dans chaque puits 100µL de chaque sucre + 100µL d'HBSS + 100 µL de levure. Il faut donc préparer les sucres 4 fois concentré (1,8 mg/mL). On fait donc une dilution de chaque sucre au 1/3.

Exemple 2 : On prépare les sucres au 1/10 (4,5 mg/mL ; dilution 1/1,3) et on met 40µL de chaque sucre puis 220µL de HBSS + 100µL de levures

Exemple 3 : Si on veut 450 mg/ml dans 400 µL final, dans 300µL les sucre doivent être à 600 µg/mL, on peut alors les préparer 2X (1,2 mg/mL) et les mettre sous forme de 150µL ou au 1/10 et on en met 30 µL chacun +240µL HBSS etc...

Bien sûr la dilution se fait en HBSS (pas en eau !!!)

Expérience 1. 3 : Effet de l'incubation des cellules avec la Cytochalasine D

Une solution de cytochalasine D (Notée CKD) à 2 mM vous est fournie. Pour analyser l'effet de cette molécule sur la phagocytose des levures Lev ou Lev-C, vous devez la mettre à la concentration finale de 10µM dans du HBSS et les incuber selon le protocole indiqué à l'étape 2.

Question I-A-9- Expliquez comment vous allez réaliser la dilution de la cytochalasine D pour obtenir la concentration finale de 10 µM

Réponse à la question I-A-9

Exemple 1 : On met la cytochalasine dans 200µL + 100 µL HBSS + 100µL Levure. La CKD est préparée 2X donc à 20 µM. donc une dilution au 1/100.

Exemple 2 : dans 300µL, elle doit être à 13µM.. 2µL dans 300µL

Etc..

Bien sûr la dilution se fait en HBSS (pas en eau !!!)

NOM :

Prénom :

Salle :

Question I-A-10- A l'aide du plan de lame ci-dessous, indiquez comment vous allez organiser vos expériences.

Réponse à la question I-A-10

Le plan doit être le plus simple possible pour éviter les erreurs lors du dépôt

Milieu Sucres CKD.....(cas d'urgence)

LEV

LEV-C

Question I-A-11- Analyser les expériences comme cela est indiqué dans l'étape 5 du protocole. Appeler un examinateur pour qu'il vérifie l'adéquation entre vos dessins et vos lames.

-Qualité des lames + adéquation

-Qualité des lames (présence de levures - présence de cellules - coloration)

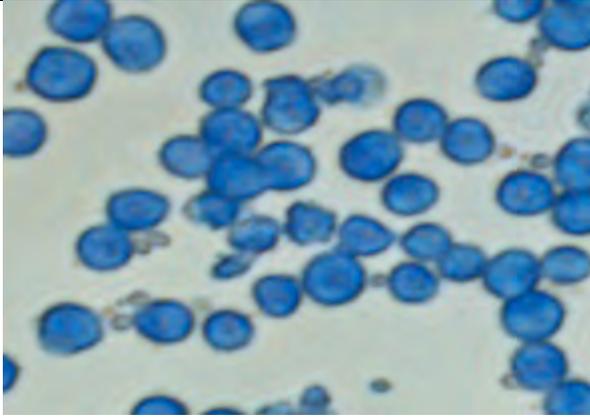
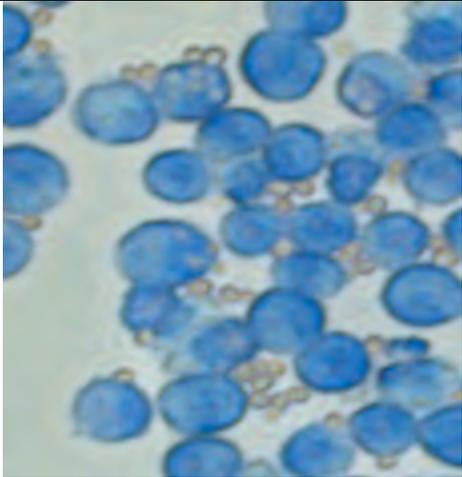
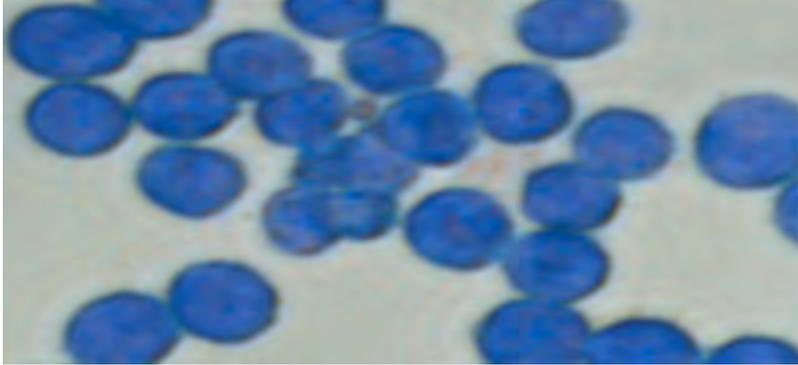
- Adéquation figures-% phagocytose et lames

-Qualité figures (légendes présentes, propretés etc..)

NOM :

Prénom :

Salle :

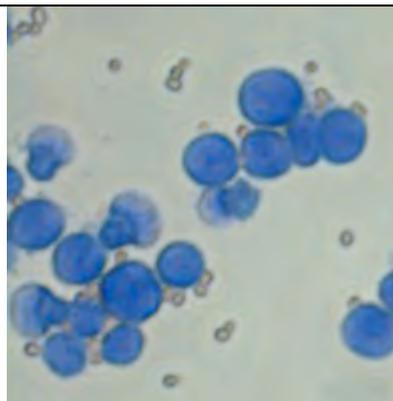
Conditions	Dessin d'interprétation
Lev- milieu	
Lev-C milieu	
Lev- sucre	

NOM :

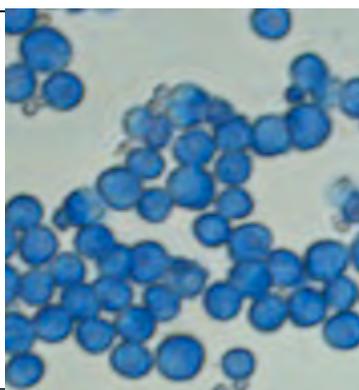
Prénom :

Salle :

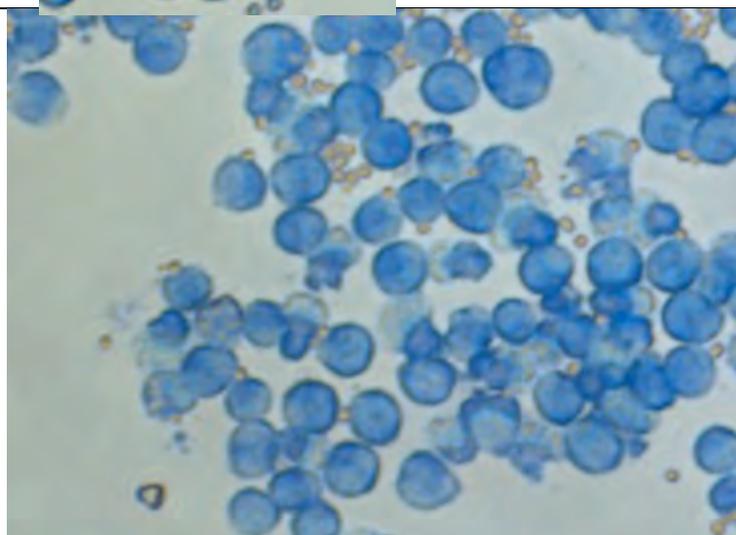
Lev-
c+sucre



Lev+
CKD



Lev-
C+CKD



NOM :

Prénom :

Salle :

Question I-A-12- Comment interprétez-vous les résultats de l'expérience 1.1 ?

Réponse à la question I-A-12

**Il y a plus de levures accrochées aux macrophages ou phagocytées avec le complément...
Opsonisation fonctionne**

Question I-A-13 Comment interprétez-vous les résultats de l'expérience 1.2 ?

Réponse à la question I-A-13

Les sucres inhibent la phagocytose des Lev mais pas des Lev-c. ;

Donc les sucres sont reconnus par les récepteurs des macrophages et permettent la phagocytose (on parle de lectinophagocytose).

En présence de complément, on ne voit pas d'inhibition car l'opsonophagocytose est plus efficace que la lectinophagocytose

NOM :

Prénom :

Salle :

Question I-A-14 - Comment interprétez-vous les résultats de l'expérience 1.3 ?

Réponse à la question I-A-14

On voit peu ou pas d'effet de la cytochalasine D.. Ce produit ne semble pas affecter la phagocytose

Des expériences complémentaires ont été effectuées sur les mêmes cellules en utilisant des levures fluorescentes et en analysant les résultats en microscopie à fluorescence. Dans les images ci-dessous (Figure 1), les levures sont en vert, le noyau en bleu et les microfilaments d'actine sont en rouge. A gauche, une photo de cellules RAW cultivées pendant 1h avec des levures incubées avec le complément (Lev-C) et à droite une photo de cellules RAW cultivées avec des levures incubées avec le complément (Lev-C) en présence de Cytochalasine D (10 μ M).

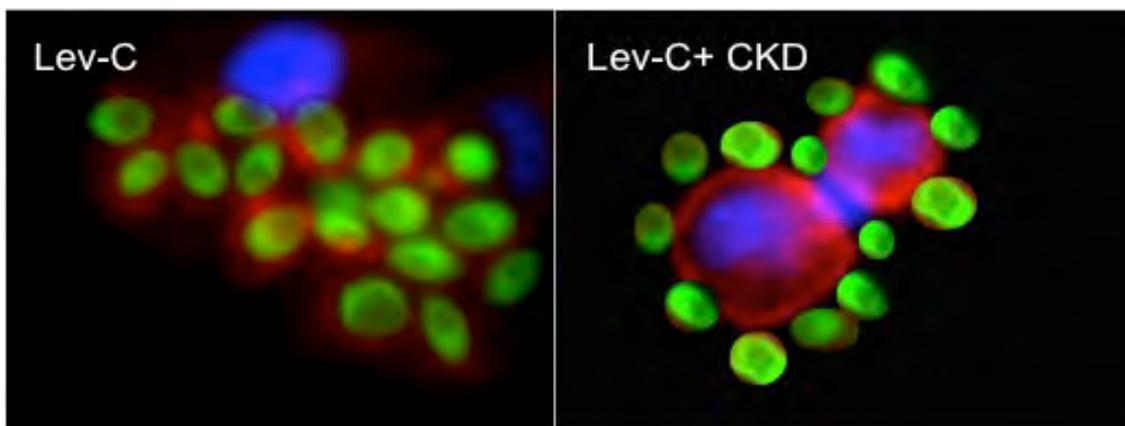


Figure 1: Images de microscopie à fluorescence de cellules RAW cultivées pendant 1h avec des levures incubées avec le complément (Lev-c) ou avec des levures incubées avec le complément (Lev-c) en présence de Cytochalasine D (CKD; 10 μ M).

NOM :

Prénom :

Salle :

Question I-A-15- Analyser ces images. Que peut-on en conclure? En quoi cela explique-t-il les résultats obtenus dans l'expérience 1.3? A votre avis, sur quel mécanisme agit la Cytochalasine D?

Réponse à la question I-A-15

On observe qu'en présence de CKD, les levures ne sont pas internalisées suite à la phagocytose. La CKD n'empêche pas la reconnaissance des levures mais leur internalisation, elle agit donc sans doute sur le cytosquelette qui est impliqué dans la mise en place du phagosome

Question I-A-16- Reprendre le schéma de la question I-A-1 et indiquer sur ce schéma quelle étape permet de comprendre chacune des expériences 1.1, 1.2 et 1.3

Réponse à la question I-A-16

1.1 et 1.2 : sur l'étape de la reconnaissance

1.3 : sur l'étape d'internalisation

Expérience 2

Dans cette expérience, vous allez doser par un test colorimétrique, appelé Test de Griess, la présence d'ions nitrite (NO_2^-) dans des surnageants de culture de cellules RAW activées pendant 24h avec différents stimuli.

Question I-A-17- Quel est l'intérêt de doser les nitrites lorsque l'on étudie la phagocytose? Quelles autres molécules impliquées dans le même mécanisme auraient pu être dosées?

Réponse à la question I-A-17

Les nitrites sont produites dans les phagolysosomes et participent à la destruction des pathogènes

Les radicaux libres de l'oxygène (on peut les doser en mesurant H_2O_2 par exemple)

Le principe du test de Griess est indiqué dans le schéma ci-dessous (Figure 2). L'acide sulfanilique qui est incolore (noté S) interagit avec les ions nitrites pour donner un sel de diazonium toujours incolore. L'addition de dihydrochloride naphthylethylenediamine (noté N) réagit avec le sel de diazonium pour former un composé coloré (rose) appelé réactif de Griess. Le spectre d'absorption de ce composé est présenté sur la figure 3.

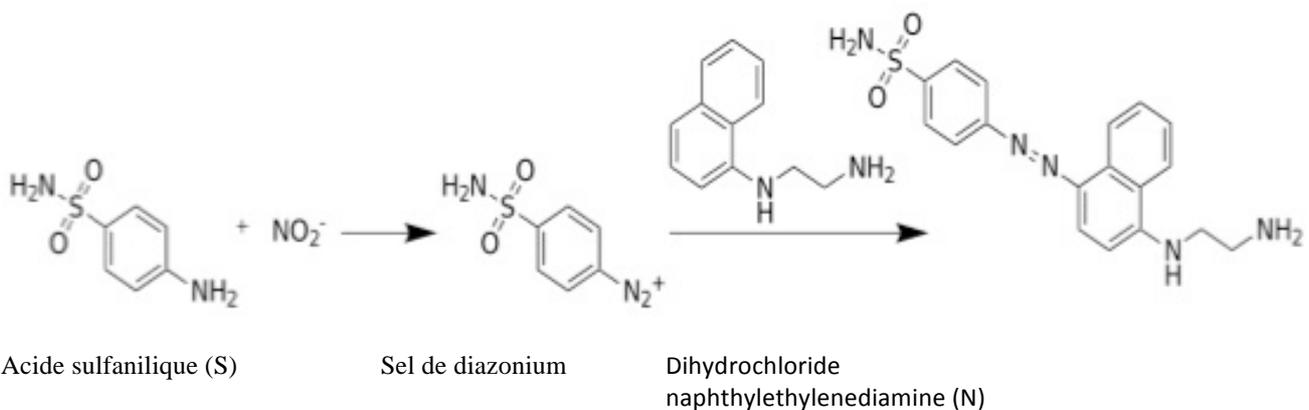


Figure 2: Principe du test de Griess

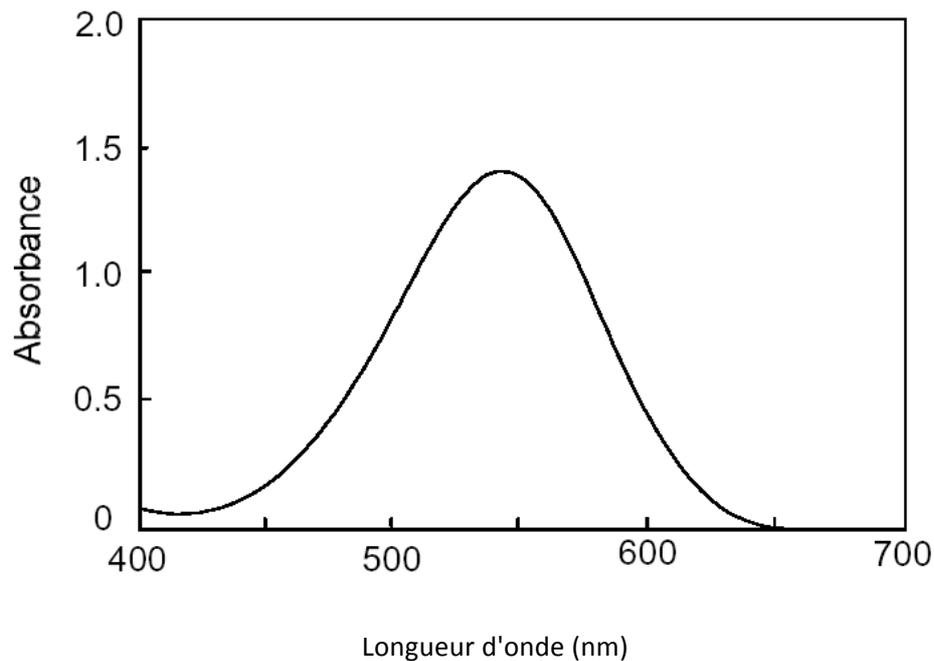


Figure 3: *Spectre d'absorption du réactif de Griess.*

Vous avez à votre disposition une solution d'acide sulfanilique (notée S), une solution de dihydrochloride naphthylethylenediamine (notée N) ainsi qu'une solution mère de sels de nitrite (notée NaNO_2) à $200\mu\text{M}$. Des cuves de spectrophotomètre et bien sûr un spectrophotomètre à cuve. Les solutions S et N s'utilisent pures et avec le même volume. Le volume final réactionnel doit être de 1mL, l'échantillon à tester ou le point de gamme est dans un volume de $200\mu\text{L}$. La gamme étalon du test contient 5 points allant de $100\mu\text{M}$ à $6,25\mu\text{M}$. Les dilutions de la solution mère seront réalisées dans l'HBSS.

NOM :

Prénom :

Salle :

Question I-A-18- A l'aide des informations ci-dessus, établir un protocole précis pour réaliser le test de Griess. On devra y retrouver l'ordre dans lequel vous allez mettre les différents réactifs, le volume de chaque réactif, les dilutions de la gamme étalon ainsi que la longueur d'onde que vous utiliserez pour faire la mesure.

Réponse à la question I-A-18

- Total 1mL :

-200 μ L « Echantillon à doser » ou « point de gamme »

- 400 μ L solution S

- 400 μ L solution N

- Lecture à 550 nm

- Gamme : 100 μ M, 50 μ M, 25 μ M, 12,5 μ M, 6,25 μ M

Dilution en cascade au $\frac{1}{2}$:

100 μ M : 100 μ L solution mère + 100 μ L HBSS

50 μ M : 100 μ L solution à 100 μ M + 100 μ L HBSS

etc...

- Ne pas oublier de faire le Zéro en mettant 200 μ L HBSS + 400 μ L S et 400 μ L N

NOM :

Prénom :

Salle :

Maintenant que vous avez établi le protocole, vous allez le réaliser. Nous vous avons préparé 3 tubes de surnageants de culture de cellules RAW.

Le tube 1 contient le surnageant de culture de cellules RAW cultivées seules

Le tube 2 contient le surnageant de culture de cellules RAW cultivées en présence de 1µg/mL de lipopolysaccharide (LPS).

Le tube 3 contient le surnageant de culture de cellules RAW cultivées en présence de 25µg/mL d'acide Polyinosine-polycytidylic (poly(I:C)), un analogue synthétique de l'ARN double brin.

Question I-A-19- Quels sont les récepteurs cellulaires du LPS et du poly(I:C)? A quelle grande famille de récepteurs appartiennent-ils? Quel est le nom générique des molécules reconnues par ces récepteurs?

Réponse à la question I-A-19

Ce sont des PRR et plus particulièrement des TLR : TLR4 pour LPS et TLR3 pour Poly (I :C)

PAMP pour Pathogen Associated Molecular Pattern (ou MAMP : Microbe..)

Question I-A-20- Pourquoi avoir cultivé les macrophages avec du LPS et du poly(I:C)? Quel type d'infection mime-t-on ?

Réponse à la question I-A-20

Pour les activer et donc mimer une infection.

Infection bactérienne pour LPS (composant de la paroi des bactéries gram -) et infection virale pour poly(I:C) (qui mime un ARN)

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

Vous allez réaliser le dosage, établir la gamme étalon et évaluer la quantité de nitrites contenus dans les 3 surnageants. Appelez l'examineur après la lecture de vos DO. **(Qualité de la gamme étalon et logique des chiffres)**

Question I-A-21- Remplir le tableau ci-dessous avec les valeurs d'absorbance et les concentrations en nitrites. La gamme étalon devra être tracée en utilisant l'Annexe 2.

	Points de gamme								
	1	2	3	4	5				
DO									
Concentration μM									

Question I-A-22- Interpréter les résultats obtenus et conclure.

Réponse à la question I-A-22

Il y a production de Nitrite avec le LPS mais pas avec le poly(I :C)... Les nitrites ne semblent pas produits dans les macrophages lors d'une infection virale mais plutôt lors d'une infection bactérienne

NOM :

Prénom :

Salle :

Question I-A-23- Reprendre le schéma de la question I-A-1 et indiquer sur ce schéma quelle étape permet de comprendre l'expérience 2.

Réponse à la question I-A-23

Etape 3 : la destruction du pathogène

NOM :

Prénom :

Salle :

Sous-partie B :

Pour continuer notre analyse de la réponse immunitaire innée, nous allons étudier la modification de plusieurs paramètres suite à l'activation des cellules RAW par le LPS.

Expérience 1: Test colorimétrique MTS

Principe du test

La méthode est basée sur la réduction d'un sel de tétrazolium, le MTS par les cellules viables pour générer un produit coloré, le formazan, qui est soluble dans les milieux de culture cellulaire. Cette conversion est réalisée par des déshydrogénases NAD(P)H-dépendante, uniquement dans les cellules métaboliquement actives. Le colorant formazan produit peut être quantifiée en mesurant l'absorbance à 490 nm.

Question I-B-1- Quel (s) paramètre(s) cellulaire(s) permet de mesurer le MTS?

Réponse à la question I-B-1

C'est la mitochondrie qui assure la transformation en formazan. La quantité de formazan est proportionnelle au nombre de mitochondries actives, donc au nombre de cellules métaboliquement actives. Le MTS permet donc de mesurer soit la prolifération cellulaire (si la quantité de formazan augmente/ au contrôle non traité) ou la mort cellulaire (si la quantité de formazan diminue/ au contrôle non traité)

Protocole de l'expérience et résultats

Les cellules RAW (10^6 cellules/mL) ont été cultivées pendant 24h avec des doses croissantes de LPS. Elles sont ensuite incubées pendant 3 heures avec du MTS et l'absorbance obtenue pour chacune des conditions est évaluée en spectrophotométrie. L'expérience est réalisée en triplicat. Les résultats sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1: Absorbance à 490 nm

Dose de LPS ($\mu\text{g/mL}$)	moyenne des DO	Ecart type
0	0,170	0,02
0,5	0,210	0,02
1	0,117	0,05
2	0,129	0,05

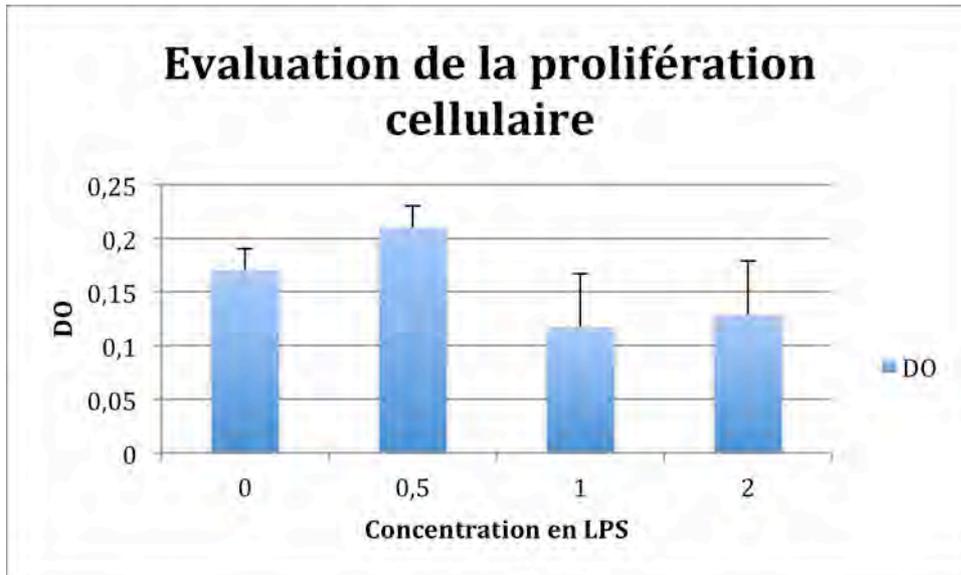
NOM :

Prénom :

Salle :

Question I-B-2- Faire une représentation graphique de ces résultats. Choisir le type de graphique qui vous semble le plus approprié.

Réponse à la question I-B-2



Question I-B-3 Interpréter les résultats obtenus et conclure

Réponse à la question I-B-3 /2

Pas de différence significative entre les valeurs donc le LPS n'agit pas sur la prolifération des macrophages

NOM :

Prénom :

Salle :

Expérience 2: Analyse de la morphologie

Les cellules RAW (10^6 cellules/mL) ont été cultivées pendant 24h avec du LPS à $1\mu\text{g/mL}$, puis observées en microscopie optique. Des images significatives sont présentées sur la figure 4.

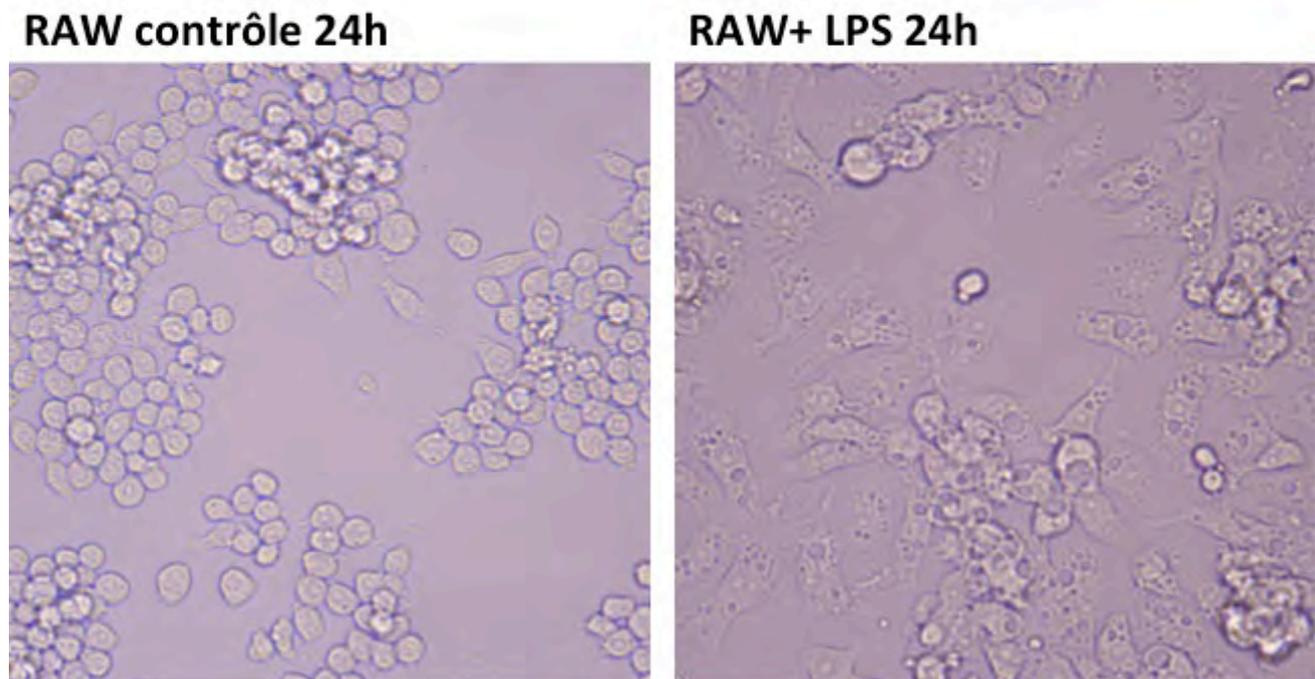


Figure 4: Images de microscopie optique de cellules RAW cultivées pendant 24h avec (cadran de droite) ou sans (cadran de gauche) LPS à $1\mu\text{g/mL}$

Question I-B-4- Analyser ces images. Que peut-on en conclure?

Réponse à la question I-B-4

On observe un changement de morphologie avec des cellules plus adhérentes qui présentent des granules donc des macrophages plus « aptes » à la destruction des pathogènes

NOM :

Prénom :

Salle :

Expérience 3: Dosage d'IL-6 dans les surnageants de culture par ELISA

Question I-B-5- Qu'est-ce que l'IL-6? Dans quel grand processus biologique cette molécule est-elle impliquée?

Réponse à la question I-B-5

L'IL-6 est une cytokine qui est centrale dans la réponse immunitaire inflammatoire (un élément central de la réponse immunitaire innée)

NOM :

Prénom :

Salle :

Question I-B-6 Quel est le principe de l'ELISA? Faire un schéma légendé expliquant les différentes étapes d'un test ELISA permettant de doser l'IL-6

Réponse à la question I-B-6

Le principe est d'utiliser des anticorps pour détecter des molécules dans des milieux complexes. Un des anticorps porte une enzyme qui permet une réaction colorimétrique proportionnelle à la quantité de la molécule à doser.

- « Coating » (Adsorption) d'un anticorps anti-IL-6 sur un support plastique (ou papier)
- Lavage pour enlever les Ac non fixés
- Saturation du support avec une protéine « collante » comme l'albumine bovine par exemple
- Ajout de l'élément à doser
- Lavage pour enlever les éléments non fixés
- Addition d'un second anticorps anti-IL-6 soit (1) qui porte directement une enzyme soit qui porte de la biotine (2)
- Lavage pour enlever les Ac non fixés
- Si cas (2), addition de stréptavidine portant une enzyme puis lavage
- Cas (1) ou cas (2) : ajout du substrat de l'enzyme qui permet la réaction colorimétrique

Ne pas oublier de faire une gamme étalon

NOM :

Prénom :

Salle :

Protocole de l'expérience et résultats

Les cellules RAW (10^6 cellules/mL) ont été cultivées pendant 24h avec des doses croissantes de LPS. Les surnageants ont alors été récupérés et la concentration en d'IL-6 a été évaluée par test ELISA. Les absorbances obtenues avec des gammes étalon contenant des doses croissantes d'IL-6 (Tableau 2) et les absorbances obtenues dans les puits de cellules RAW (Tableau 3) sont présentées dans les tableaux ci-joint.

Tableau 2: Absorbance obtenue lors d'un test ELISA avec des doses croissantes d'IL-6.

[IL-6] pg/mL	DO
0	0,063
7,8	0,077
15,62	0,106
31,25	0,124
62,5	0,189
125	0,287
250	0,485
500	0,823
750	1,182
1000	1,472

Tableau 3: Absorbance obtenue lors d'un test ELISA avec les surnageants de cellules RAW.

Dose de LPS ($\mu\text{g/mL}$)	moyenne des DO
0	0,066
0,5	0,672
1	0,726
2	0,869

Question I-B-7- Evaluer les concentrations en IL-6 dans les surnageants de culture. La gamme étalon devra être tracée en utilisant l'Annexe 3.

Réponse à la question I-B-7

Dose de LPS ($\mu\text{g/mL}$)	moyenne des DO	IL-6 (pg/mL)
0	0,066	0
0,5	0,672	415
1	0,726	454
2	0,869	556

NOM :

Prénom :

Salle :

Question I-B-8- Interpréter les résultats obtenus et conclure.

Réponse à la question I-B-8

L'activation par le LPS induit la production d'IL-6 par les macrophages.

Le LPS induit donc la réponse inflammatoire. Comme on sait que le LPS mime une infection bactérienne, on peut interpréter ces résultats en disant que les bactéries induisent une réaction inflammatoire (et donc active l'immunité innée) en utilisant les PAMP comme le LPS.

Question I-B-9 -Tirer un bilan des résultats obtenus dans les expériences 1, 2 et 3 de la sous-partie B. Quel grand mécanisme immunitaire ces expériences permettent-elles d'illustrer?

Réponse à la question I-B-9 /3

Lorsqu'un pathogène comme une levure ou une bactérie pénètrent dans l'organisme, il peut être reconnu par les macrophages soit directement (grâce à la reconnaissance des PAMP comme les sucres de la paroi ou le LPS ; Expérience 1.2) soit suite à la reconnaissance du complément qui recouvre les pathogènes (Expérience 1.1), le macrophage « englobe » le pathogène (inhibition par CKD ; Expérience 1.3). On a ensuite activation des mécanismes de destruction des pathogènes dans le macrophages comme par exemple les nitrites (Expérience 2). En parallèle, les macrophages se différencient pour être encore plus efficace dans la destruction du pathogène et produisent de l'IL-6 pour induire une réaction inflammatoire qui favorisera l'arrivée de nouvelles cellules immunitaires sur les lieux de l'infection et amorcera la réponse immunitaire adaptative.

Ces expériences illustrent donc la réaction inflammatoire, élément central de la réponse immunitaire innée.

NOM :

Prénom :

Salle :

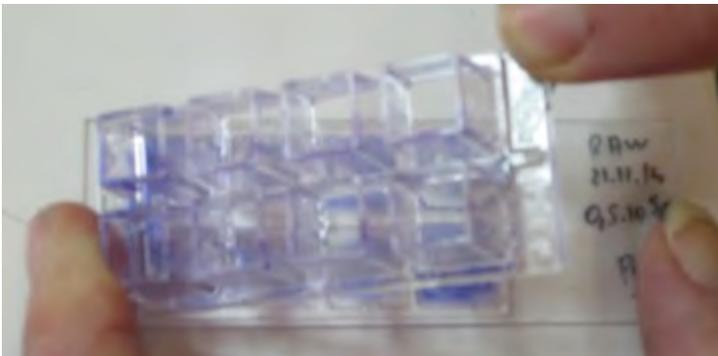
Annexe 1: Utilisation d'une "Labteck"

Toutes les étapes du protocole s'effectuent dans les puits de culture. A la fin de l'expérience, il faut enlever les puits pour avoir accès à la lame.

Etape 1: Glisser délicatement la spatule sous le support des puits



Etape 2: Soulever délicatement le support des puits



Etape 3: Enlever les puits



Etape 4: Laisser un peu d'eau sur les lames, éventuellement en ajouter. Déposer délicatement des lamelles.

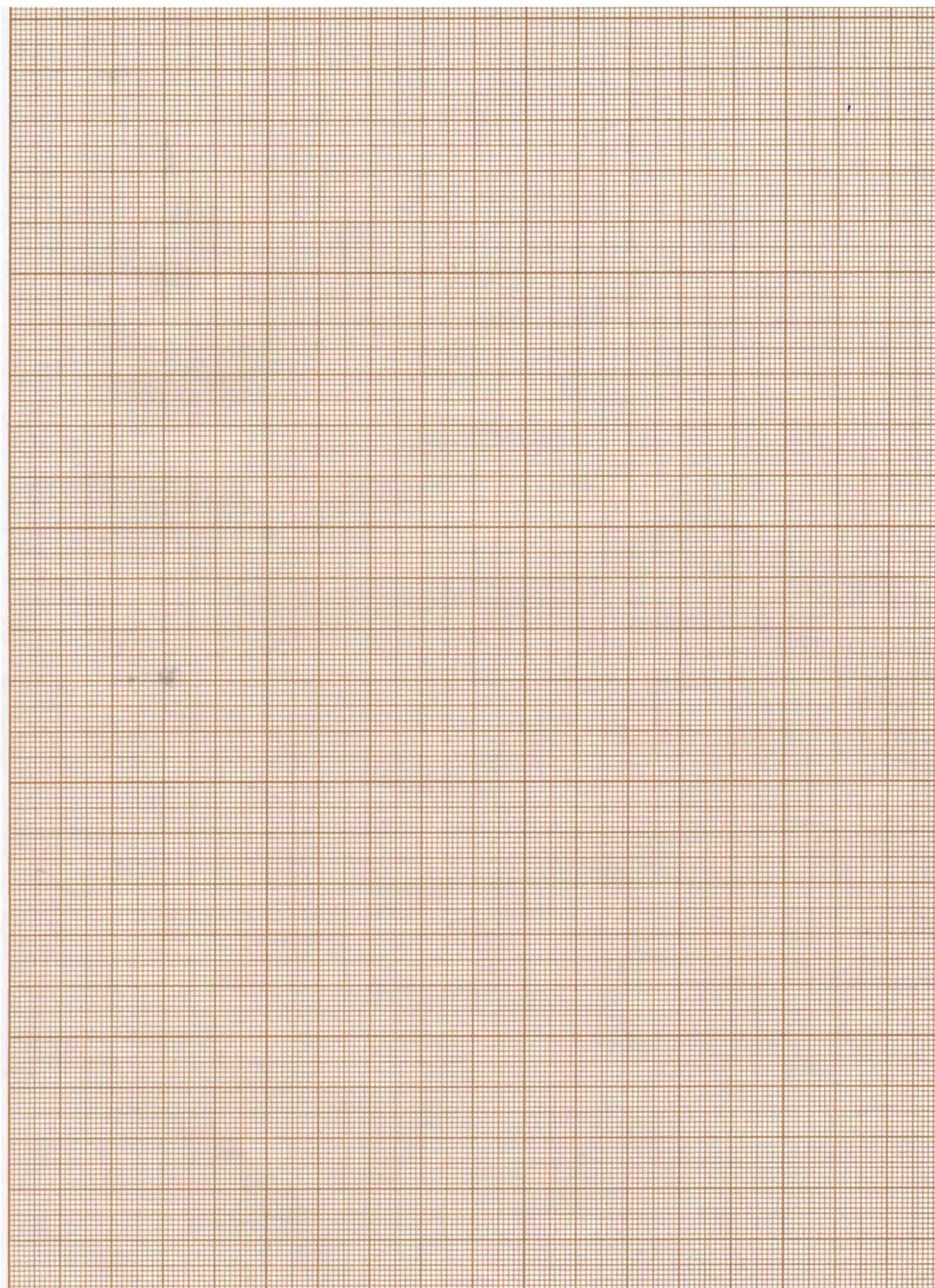


NOM :

Prénom :

Salle :

Annexe 2:

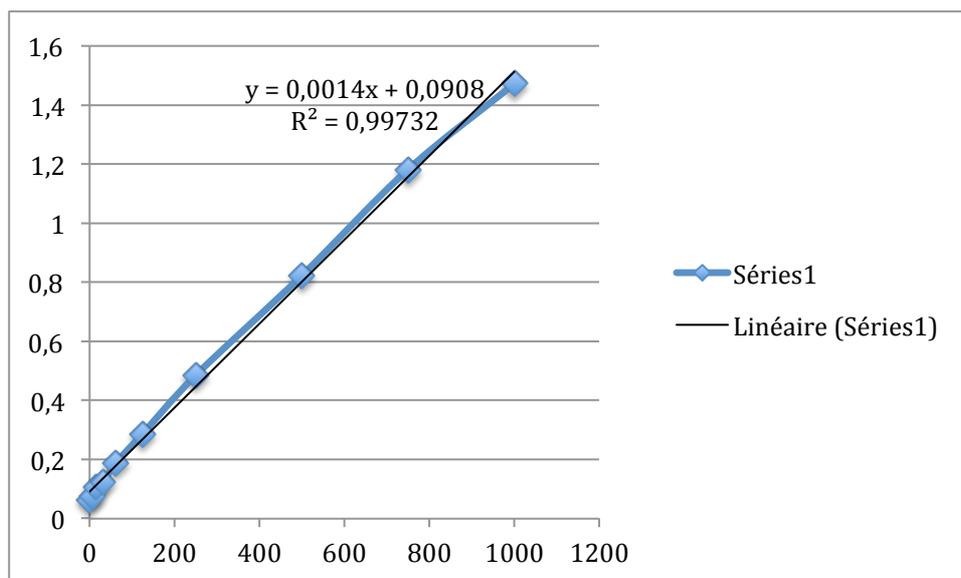


NOM :

Prénom :

Salle :

Annexe 3:



Partie II

Partie II : Quelques aspects de la défense des plantes face aux micro-organismes.

Les plantes peuvent être infectées par de nombreux types de micro-organismes pathogènes tels que des virus, des Eubactéries, des « Champignons ».

Sous-partie A :

On étudie dans un premier temps l'infection de plants de blé sensibles, par l'Eumycète *Blumeria graminis* f.sp *tritici*, parasite obligatoire. Il s'agit de l'agent pathogène responsable d'une maladie du blé appelé « blanc » ou encore « mildiou poudreux ».

Question II-A-1 : Caractérisez les étapes de l'infection du blé aux différentes échelles proposées grâce aux clichés des figures II-1 et II-2. En particulier, précisez le(s) tissu(s) infecté(s) et les modalités d'interactions physiques plante-pathogène.

Réponse à la question II-A-1

Echelle macroscopique :

- tâches blanchâtres et cotonneuses à la surface des feuilles de blé : ce sont des colonies fongiques dérivant de la germination de conidiospores.
- Augmentation de la surface des colonies par développement mycélien ; apparition des organes de sporulation (points noirs visibles sur la photo 3) jusqu'à coalescence des colonies.

Echelle microscopique :

- Observation de mycélium croissant à la surface de l'épiderme
- Pénétration des mycéliums dans les cellules épidermiques : mise en place d'un haustorium ou suçoir globuleux et plus ou moins ramifié de 40 μm de long environ.

Donc pénétration du parasite dans les cellules de l'hôte ; absorbotrophie des ressources de l'hôte.



Figure II-1 : Clichés de feuilles de blé infectées par *Blumeria graminis* : progression de l'infection de gauche à droite (Arvalis).

Question II-A-2 : Légendez les clichés de la figure II-2.

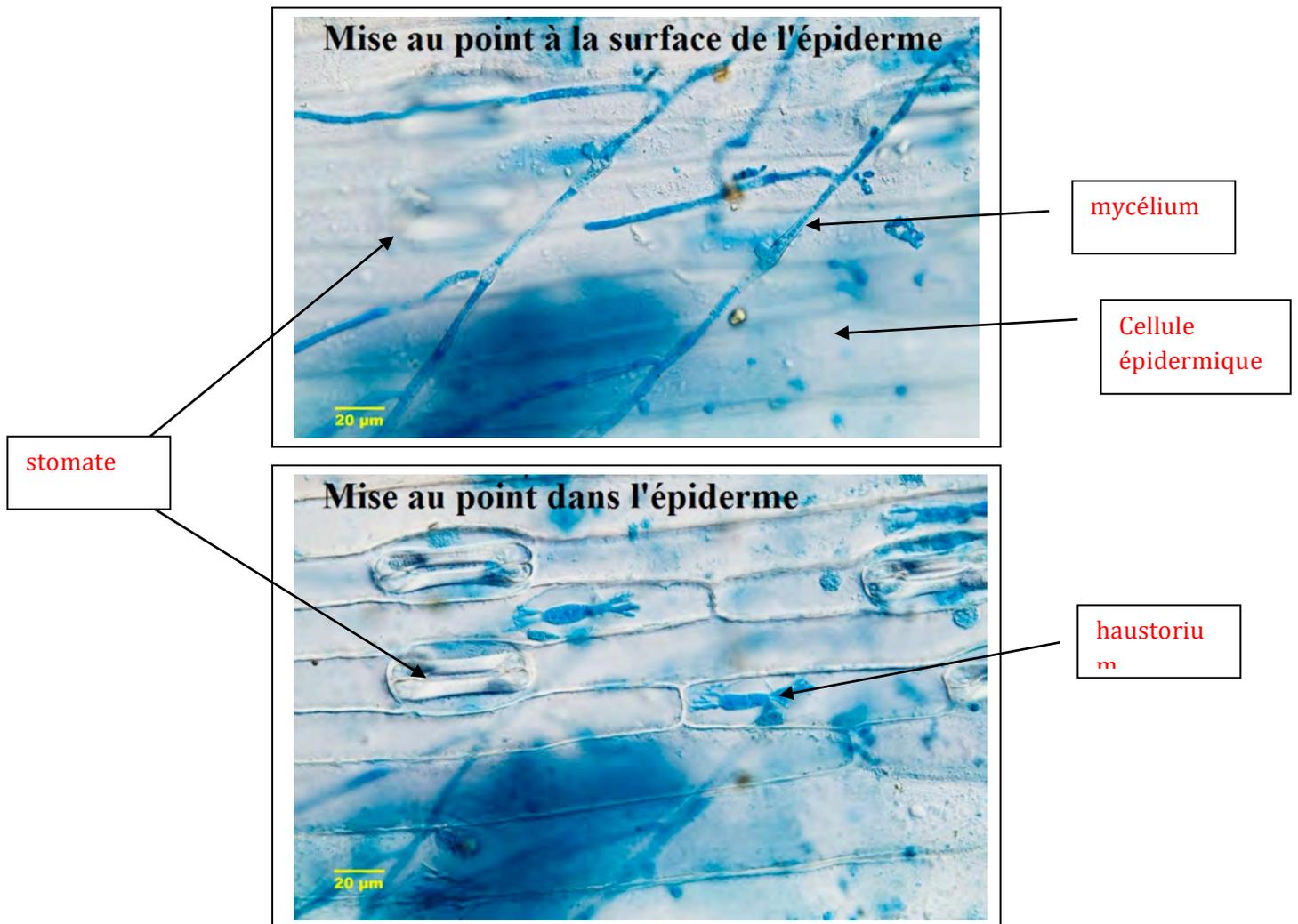


Figure II-2 : Observation au microscope optique de feuilles de blé infectées. Les feuilles ont été « blanchies » et la présence du champignon révélée par une coloration au bleu trypan. La mise au point est effectuée sur 2 plans différents. (clichés Gerd)

L'Oomycète, *Albugo candida*, parasite obligatoire lui aussi, est l'agent pathogène de la rouille blanche des Brassicacées.

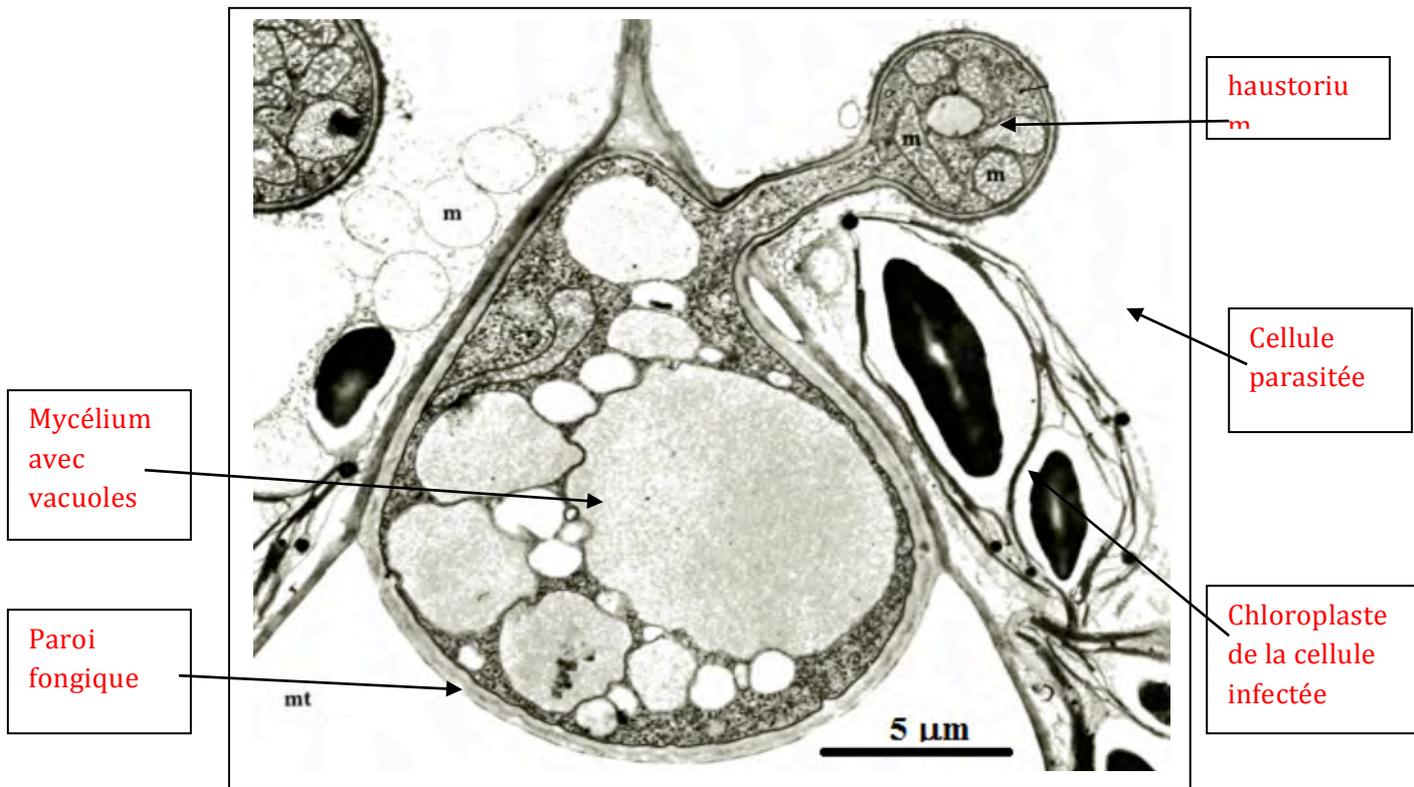


Figure II-3 : *Albugo candida*, infestant une feuille de chou. Cliché MET. (mt = méat ; m= mitochondrie ; M.D Coffey)

Question II-A-3 : Légendez le cliché de la figure II-3.

Question II-A-4 : Précisez si *Blumeria graminis* et *Albugo candida* sont des pathogènes biotrophes ou nécrotrophes. Justifiez votre réponse.

Réponse à la question II-A-4

Parasites se nourrissant par absorbotrophie sur des tissus vivants : ce sont des pathogènes biotrophes.

On étudie maintenant l'infection de feuilles de vigne par l'Oomycète *Plasmopara viticola*, agent pathogène du « mildiou » de la vigne.

Des feuilles de vigne de 2 espèces différentes ont été pulvérisées d'une suspension de sporanges de même titre (50 000 sporanges /ml) ; des disques foliaires sont prélevés 12, 24 et 48 heures après inoculation, marqués au bleu d'aniline (révélateur du mycélium entre autre), et observés au microscope à épifluorescence.

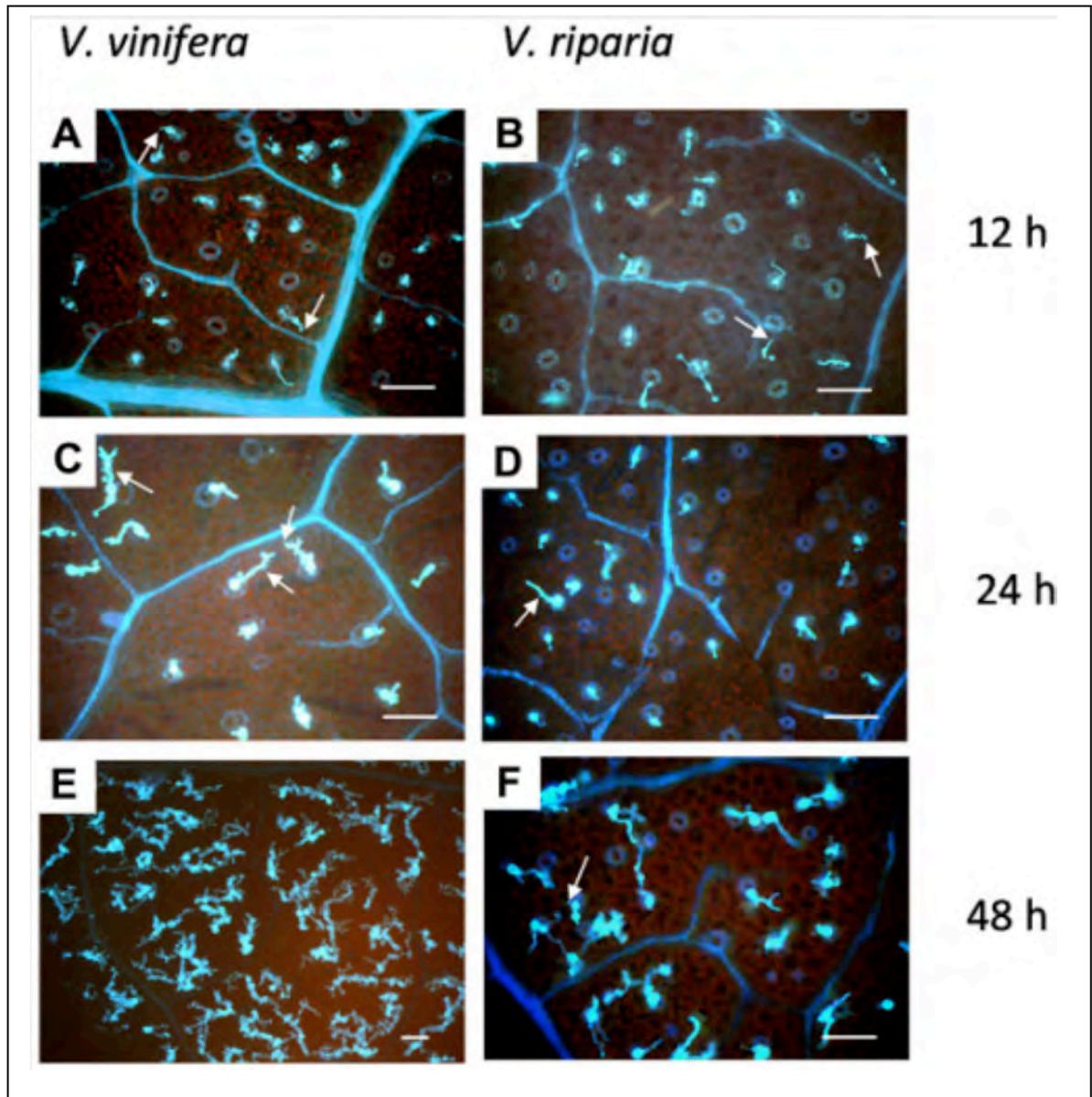


Figure II-4 : résultats d'inoculation de 2 espèces de vigne par *Plasmopara viticola* ; barres d'échelle = 80 μ m. D'après M.Polesani.et al, BMC Genomics 2010)

Question II-A-5 : Analysez les résultats de la figure III-4. A l'aide de vos connaissances, rappelez les grandes lignes des mécanismes de la réaction survenant chez *Vitis riparia* après inoculation de ce pathogène.

Réponse à la question II-A-5

- Observation des mycéliums en croissance , révélés par le bleu d'aniline qui les marque en bleu fluo. Attention, on voit aussi les nervures et les stomates de la feuille marqués en bleu fluo.
- Attention aux barres d'échelle :
 - Chez *Vitis vinifera*, développement majeur des mycéliums, meilleur taux de germination des spores : *V. vinifera* est sensible : interaction pathogène/hôte compatible.
 - pas chez *V. riparia* : *V. riparia* semble résister : interaction pathogène/hôte incompatible
- déclenchement d'un mécanisme de défense par le pathogène chez *V. riparia*.
- Ce mécanisme de défense implique en général plusieurs étapes :
 - Reconnaissance spécifique plante/pathogène
 - Réaction d'hypersensibilité ; défense locale avec production de formes réactives de l'O₂ comme H₂O₂ , toxiques pour les micro-organismes, renforcement fréquente des parois végétales par callose et lignine limitant la pénétration de mycéliums, activation de gènes de défense et production de PR protéines à action antimicrobienne, enfin mort cellulaire rapide des cellules autour du point d'infection , ce qui limite la nutrition de ces micro-organismes biotrophes : « politique de la terre brûlée. ».
- Induction d'un mécanisme de défense à plus grande distance : développement d'une résistance systémique acquise via des messagers intercellulaires comme acide salicylique, acide jasmonique.

Sous-partie B :

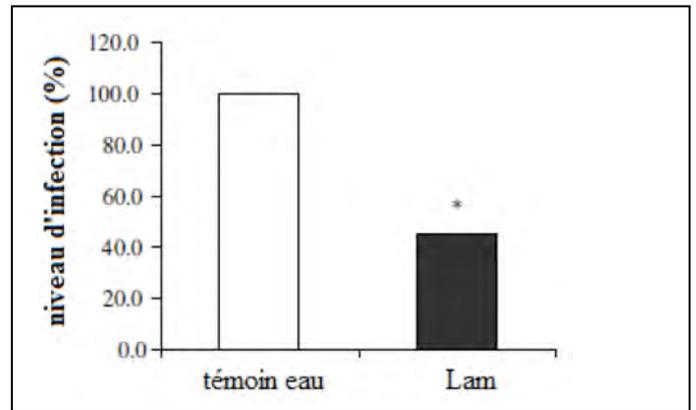
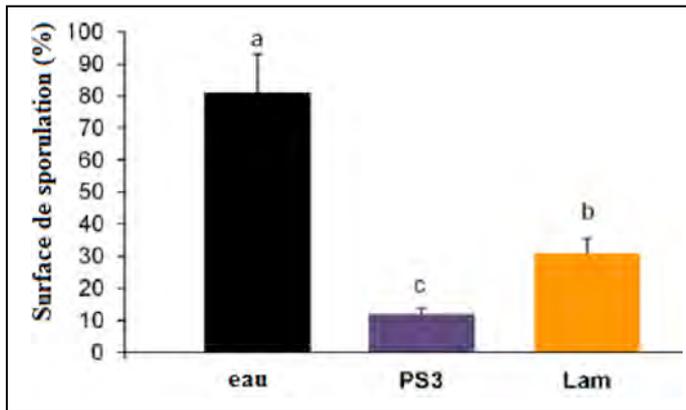
Depuis une dizaine d'années, la société française Goëmar commercialise un nouveau produit phytosanitaire obtenu à partir d'extraits d'algues brunes *Laminaria digitata* et homologué pour le traitement de diverses plantes de grandes cultures, comme le blé, contre différents pathogènes. Son principe actif est la laminarine. Un dérivé sulfaté de la laminarine, nommé PS3, a été aussi obtenu.

Les feuilles de différentes plantes (vigne, blé ou tabac) sont traitées par pulvérisation ou infiltration avec une solution de laminarine ou de PS3. 48 heures après traitement, les plantes sont inoculées avec leurs agents pathogènes respectifs suivants : *Plasmopara viticola*, *Blumeria graminis*, ou virus de la mosaïque du tabac (VMT).

Les régions de la feuille traitées par infiltration de laminarine ou de PS3 ont été délimitées par un trait noir.

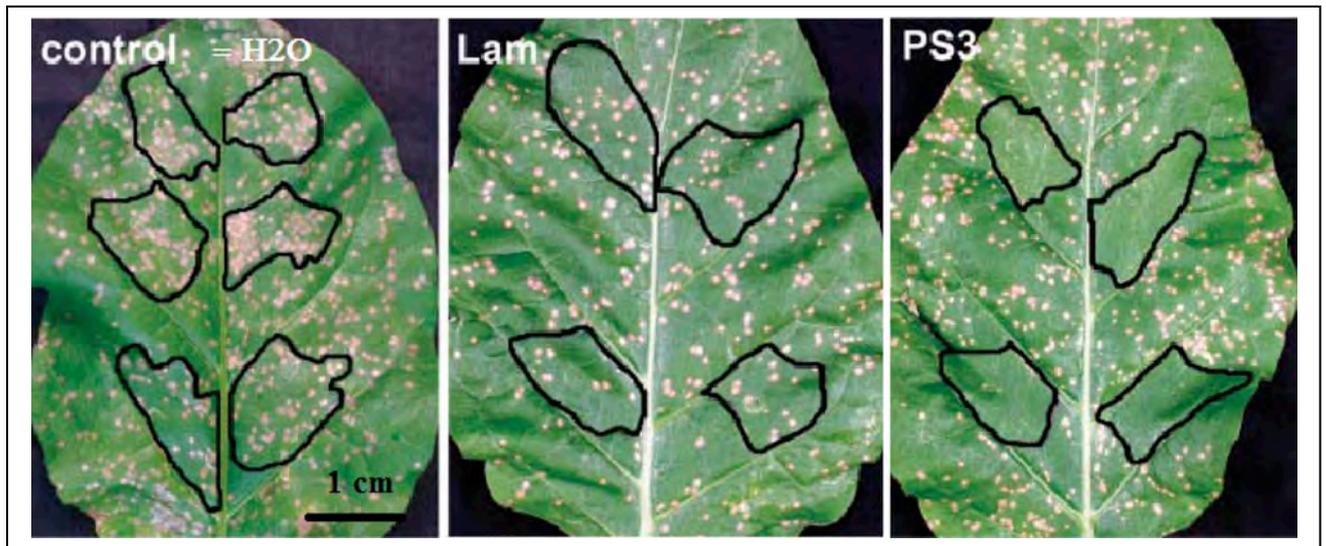
On observe alors les symptômes visibles sur les feuilles après un temps d'incubation propre à chaque pathogène.

Figure II-5 : Résultats des expériences : application de laminine (Lam) ou de PS3 + inoculation avec un pathogène 48h plus tard :



A-Plante/pathogène : *V.vinifera* / *Plasmopara viticola*. : quantification de la surface de sporulation 8 jours après inoculation.
(D'après Gauthier et al, PLOsone, 2014)

B-Plante/pathogène : *T.aestivum/Blumeria graminis* : quantification du % d'infection par mesure du nombre de colonies en sporulation 8 jours après inoculation.
(D'après Renard-Merlier et al, Phytochemistry, 2007)



C-Plante/pathogène : *N. tabacum/VMT* : observation des symptômes foliaires 7 jours après infection. (D'après Ménard et al, The Plant Cell, 2004)

Question II-B-1 : Analysez les résultats et proposez des hypothèses quant aux modalités générales d'action de la laminarine. Discutez vos hypothèses.

Réponse à la question II-B-1

Dans les 3 couples plante/pathogène étudiés, on constate que l'application de Lam ou PS3 diminue très nettement le niveau d'infection. Les effets de PS3 semblent plus efficaces.

- Action fongicide de ces molécules ?
- Augmentation de la défense des plantes ?

Les effets moléculaires et cellulaires de la laminarine ou de son dérivé sulfaté nommé PS3 ont été étudiés sur différentes plantes modèles.

Dans un premier temps, on travaille avec des cellules de tabac en culture traitées avec de la laminarine ou PS3. On quantifie la présence de H_2O_2 dans le milieu de culture.

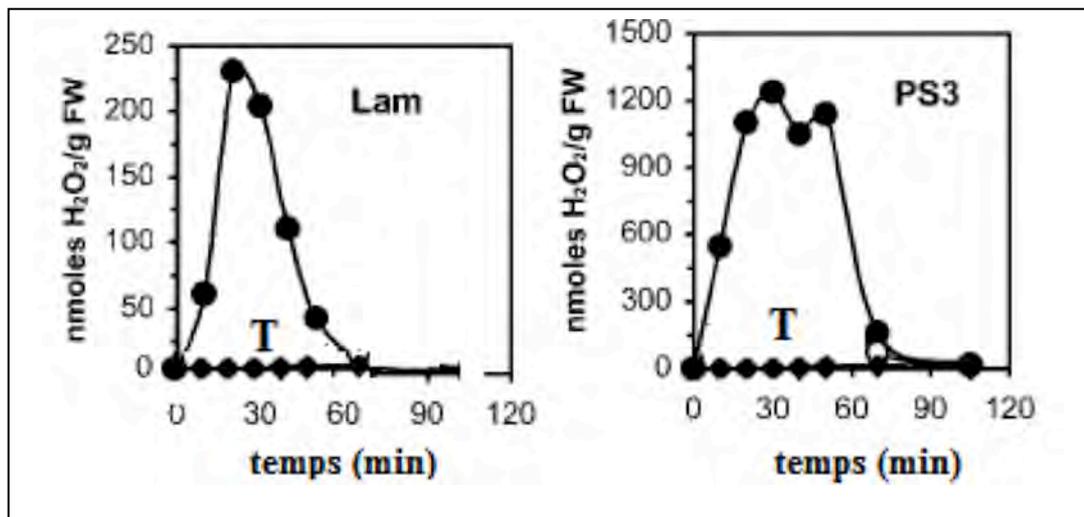


Figure II-6 : Quantification de H_2O_2 (en nmoles par g de matière fraîche) dans le milieu de culture après addition de laminarine ou PS3. (D'après Ménard et al, *The Plant Cell*, 2004)

Courbes avec cercles pleins : lam ou PS3 utilisé seul.

Courbes avec diamants pleins : témoin sans traitement

Question II-B-2 : Analysez les résultats obtenus sur la figure II-6. Précisez la signification biologique de ces effets.

Réponse à la question II-B-2

L'application de Lam et PS3 sur des cellules de tabac *in vitro*, en dehors de tout contact avec des pathogènes, induit une production rapide de H₂O₂ durant environ 1heure.

Lam et PS3 semblent induire une réaction hypersensible ou du moins un des mécanismes de la réponse hypersensible.

Dans un second temps, on travaille directement sur des feuilles de tabac qu'on infiltre avec une solution de laminarine ou de PS3 à 200 µg/ml. Après infiltration, on cherche à détecter dans ces feuilles les molécules ou les événements cellulaires suivants :

- Etude de l'expression de protéines PR (Pathogenesis Related) par western-blot, 3 jours après infiltration. PR1, PR2 sont des glucanases ; PR3 est une chitinase.
- Recherche des événements de morts cellulaires par marquage des feuilles au bleu Evans, 5 jours après infiltration.
- Quantification de l'acide salicylique dans les feuilles par HPLC pendant 10 jours après infiltration.

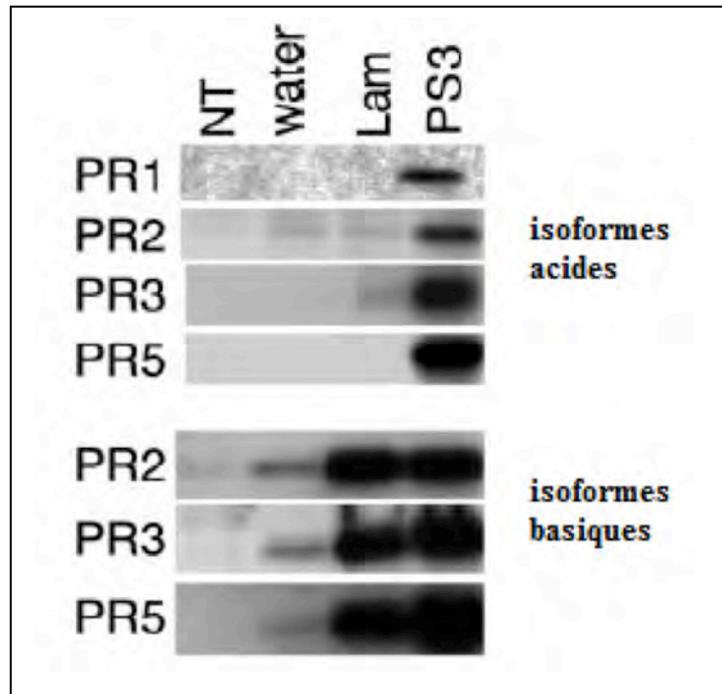


Figure II-7 : Résultats du western-blot ; Les feuilles ont été infiltrées avec de l'eau (water), ou de la laminarine (lam) ou PS3, ou encore ont été non traitées (NT). Les anticorps spécifiques de différentes isoformes de PR-protéines ont été employés. (D'après Ménard et al, *The Plant Cell*, 2004)

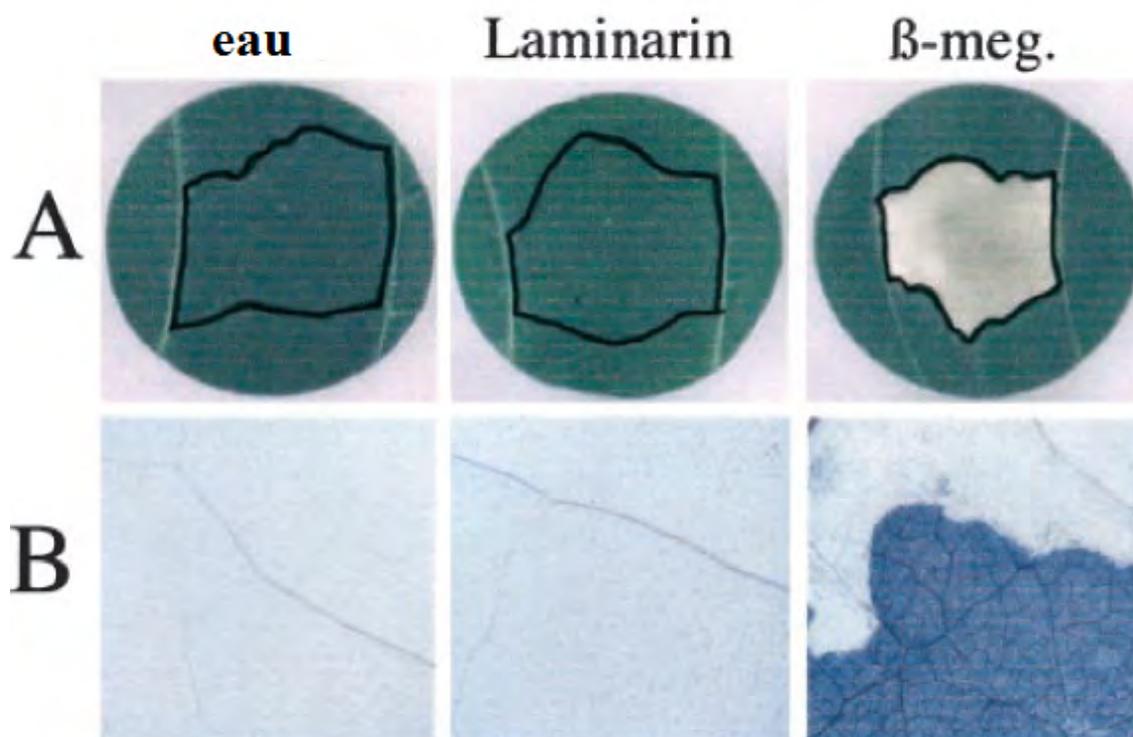


Figure II-8 : Résultats du marquage des feuilles au bleu Evans ; les zones infiltrées sont délimitées au marqueur noir ; des feuilles ont été infiltrées avec de l'eau ou avec de la β -mégaspermine (β -meg), une molécule induisant la mort cellulaire. A observation à la loupe, B observation microscopique X 15. Des résultats similaires sont obtenus avec infiltration de PS3 ou de laminarine. (D'après Klarzynski et al, *Plant Physiol*, 2000.)

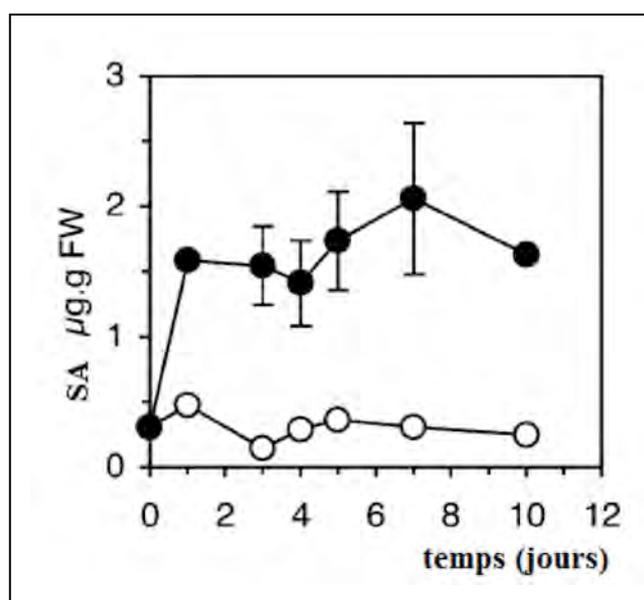


Figure II-9: Quantification de l'acide salicylique (SA en μg par g de matière fraîche) dans les feuilles de tabac infiltrées avec PS3 (cercles pleins) ou avec de la laminarine (cercles vides). (D'après Ménard et al, *The Plant Cell*, 2004.)

Question II-B-3 : Précisez les effets de la laminarine et de PS3 sur l'expression des PR-protéines. Quelles peuvent être les conséquences biologiques de ces effets ?

Réponse à la question II-B-3

Une infiltration de PS3 induit l'expression de toutes les isoformes de PR protéines (isoformes acides et basiques) ; l'infiltration de laminarine induit l'expression des seules isoformes basiques.

Les PR protéines étant des glucanases, ou des chitinases, glucanes et chitine étant des polysaccharides pariétaux des champignons, les PR protéines peuvent participer à la dégradation des parois des pathogènes.

Question II-B-4 : En quoi les effets de la laminarine ou de PS3 sur la mort cellulaire sont-ils surprenants ?

Réponse à la question II-B-4

Pas de mort cellulaire induite ; il n'y a donc pas de réponse hypersensible complète, seulement production d'espèces réactives de l'O₂, et de PR protéines.

Question II-B-5 : Rappelez l'importance biologique de l'acide salicylique chez les plantes ? Que signifient les résultats obtenus ?

Réponse à la question II-B-5

L'acide salicylique est un messager intercellulaire qui permet l'induction d'une défense à grande distance du site infecté dans toute la plante ; il participe à l'induction d'une résistance systémique.

PS3 active la production d'acide salicylique et pourrait donc induire une résistance systémique contrairement à la laminarine.

Dans un troisième temps, on étudie les effets sur le transcriptome d'une pulvérisation de feuilles de vigne par différentes molécules.

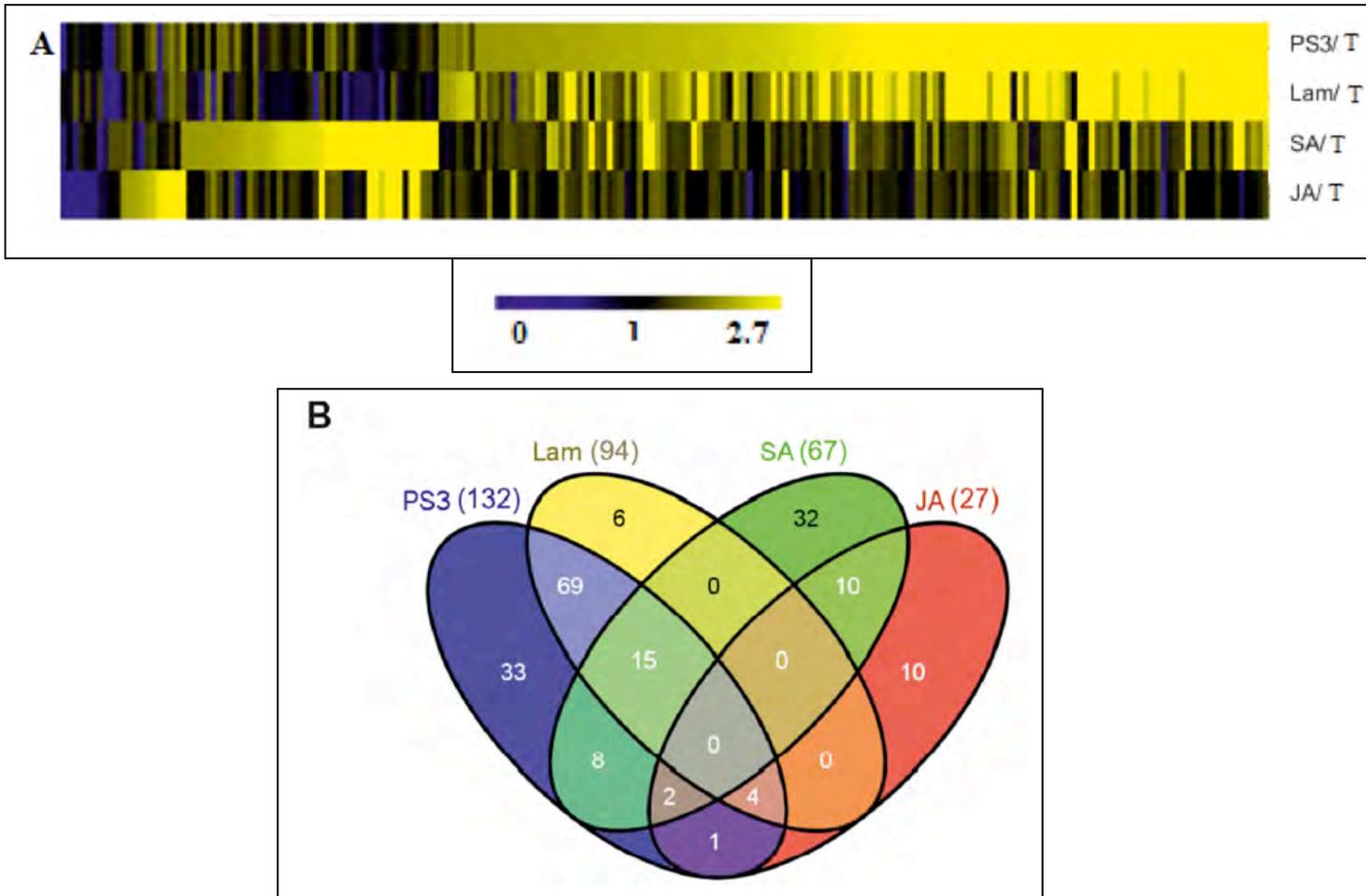


Figure II-10 : Analyse du transcriptome de feuilles de vigne 12 heures après pulvérisation par une solution de laminarine, ou de PS3, ou d'acide salicylique (SA), ou d'acide jasmonique (JA).

- A- La quantité des ARNm analysés a été évaluée pour chaque lot de feuilles traitées puis comparée à celle des feuilles recevant la solution témoin). L'échelle de couleur indique la valeur du rapport suivant : quantité ARNm après traitement / quantité ARNm avec solution témoin.
- B- Diagramme de Venn montrant les gènes communs ou spécifiques activés lors des différents traitements. (D'après Gauthier et al, PLOSone, 2014).

Question II-B-6 : Par quelle technique peut-on obtenir de tels résultats ?

Réponse à la question II-B-6

Microarrays

Question II-B-7 : Analysez ces résultats.

Réponse à la question II-B-7

La gamme de couleurs jaunes indique des rapports ARNm après traitement/ARNm avant traitement supérieur à 1, c'est-à-dire reflète l'activation de la transcription des gènes concernés.

On constate que la laminarine et PS3 activent l'expression de toute une série de gènes : des gènes activés spécifiquement par l'une ou l'autre molécule, des gènes communs (6 et 33 respectivement), d'autres activés par les 2 molécules (69).

On constate aussi que le profil des gènes activés par la laminarine et PS3 est sensiblement différent des profils de gènes activés par l'acide jasmonique et l'acide salicylique.

Bilan : *Confrontez les effets moléculaires et cellulaires de la laminarine que vous venez d'étudier dans la sous-partie II-B avec les mécanismes généraux de défense que vous avez proposés dans la question II-A-5 afin de conclure quant aux mécanismes de défense induits par la laminarine et PS3.*

Réponse au bilan :

La laminarine ou son dérivé sulfaté PS3 induisent en l'absence de tout pathogène le début d'une réponse hypersensible mais incomplète sans mort cellulaire, par contre ils semblent favoriser l'établissement d'une résistance généralisée similaire à une RSA, résistance systémique acquise.

Ces mécanismes assurent une bonne protection des végétaux ; ceci semble efficace sur une variété de couples pathogène/plante. Effet ubiquiste !

Sous-partie C :

On étudie la relation entre la structure moléculaire de la laminarine et son activité biologique.

Pour cela, on ajoute différents types de glucanes (tous appliqués à la concentration de 50 µg/ml) à des cellules de tabac en culture ; quelques heures après cet ajout, on quantifie l'activité enzymatique de la PAL (Phénylalanine ammonia-lyase), marqueur de défense.

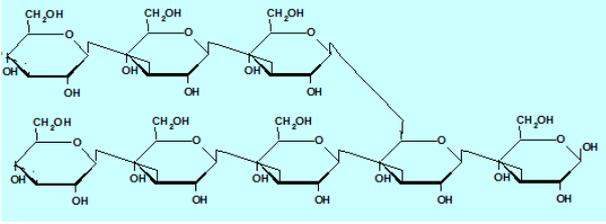
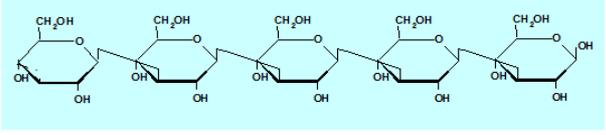
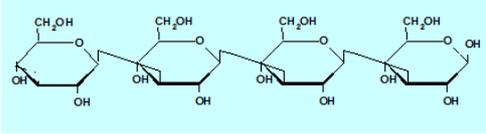
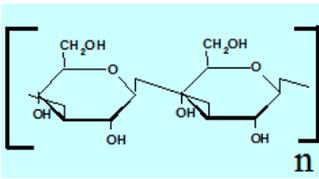
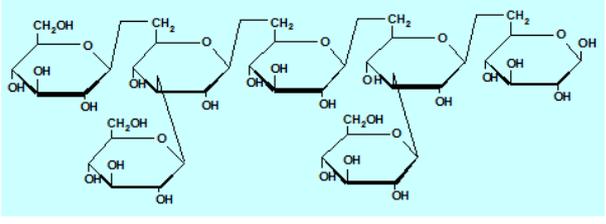
Glucane		Structure moléculaire	Nombre de monomères	ramification
Laminine (Lam) = Sucre de réserve vacuolaire de Laminaria digitata			25	1 à 3
PentaG = Oligomère de laminarine			5	0
TétraG, TriG, et DiG = Oligomères de laminarine		 TétraG	4, 3 ou 2	0
PsG = extrait brut de paroi cellulaire du « champignon » Phytophthora sojae (Oomycète)	Chaîne linéaire de beta 1-3 glucanes :		ND	0
	HeptaG		7	2

Tableau II-1 : Structure des différents glucanes testés sur des cellules de tabac en culture.
(ND = non déterminé)

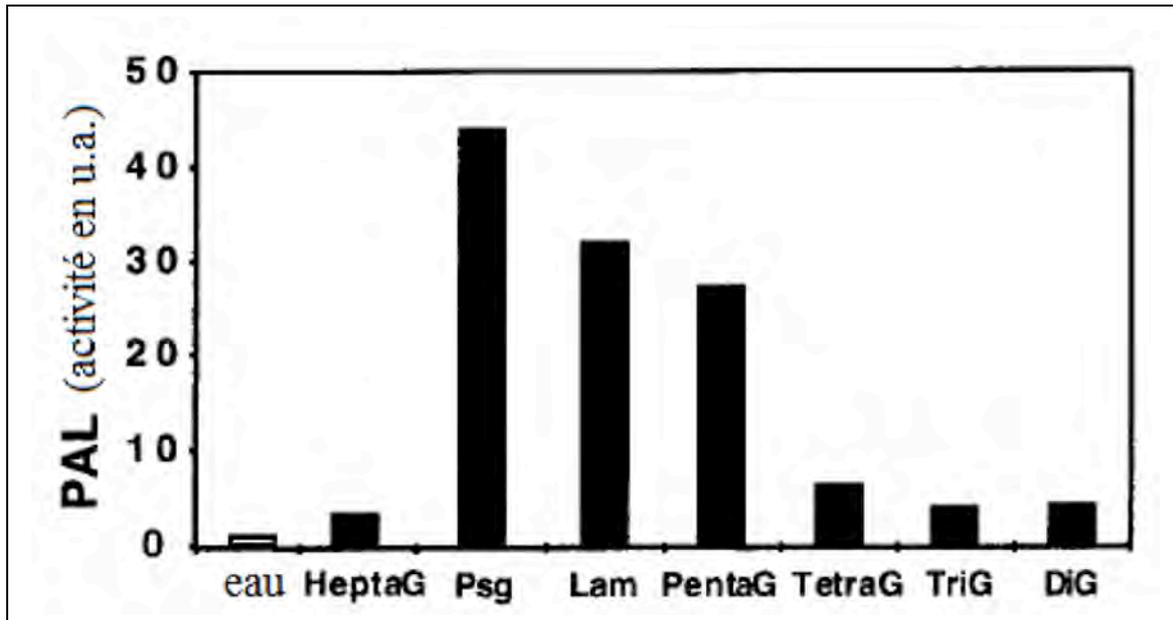


Figure II- 11: Quantification de l'activité enzymatique PAL, marqueur de défense, après traitement de cellules de tabac en culture avec divers glucanes. (D'après Klarzynski et al, Plant Physiol, 2000)

Question II-C-1 : Exploitez les données du tableau II-1 et les résultats de la figure II-11 afin de déterminer le motif élémentaire reconnu par les cellules de tabac et responsable de l'activité biologique de la laminarine.

Réponse à la question II-C-1

Motif élémentaire reconnu par les cellules de tabac et responsable de l'activité biologique de Lam :
Chaîne linéaire de 5 beta glucoses liés en beta 1-3.

De même, afin d'analyser la relation structure-activité de PS3, des feuilles de tabac sont infiltrées avec différents glucanes plus ou moins sulfatés (tableau II-2). Les protéines sont extraites 3 jours après ce traitement et soumises à un western-blot utilisant des anticorps spécifiques dirigés contre diverses protéines PR (Pathogen Related).

Glucane	Degré de polymérisation	Degré de sulfatation (DS)
Laminarine, Lam	25	0
PS3	25	2.4
Laminarine sulfate, LamS(0.4)	25	0.4
Laminarine sulfate, LamS(0.7)	25	0.7
Laminarine sulfate, LamS(1.5)	25	1.5
Laminarine sulfate, LamS(1.8)	25	1.8

Tableau II-2 : Caractéristiques des différents glucanes testés.

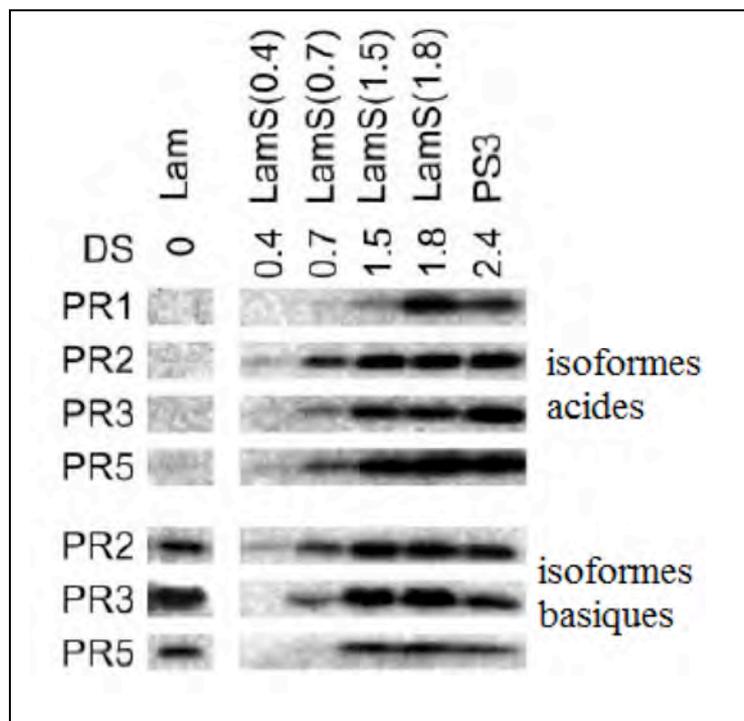


Figure II- 12: Western-blot réalisé à partir de protéines extraites de feuilles de tabac infiltrées par divers glucanes. (D'après Ménard et al, *The Plant Cell*, 2004)

Question II-C-2 : Interprétez les données du tableau II-2 et de la figure II-12.

Réponse à la question II-C-2

Augmentation de la production de PR protéines (isoformes acides et basiques) avec le degré de sulfatation.

PS3 étant la forme la plus sulfatée avec un DS = 2.4, on comprend mieux les effets biologiques vus précédemment.

Question II-C-3 : Comment expliquer les effets de la laminarine, glucide de réserve vacuolaire de Laminaria digitata, sur les mécanismes de défense des plantes ?

Réponse à la question II-C-3

Laminarine = glucide de réserve vacuolaire chez Laminaria.

Il y a aussi de nombreux glucanes qui ont une même structure globale que la laminarine dans la paroi des cellules fongiques. De nombreux fragments de parois sont reconnus comme des signaux de danger, et sont des éliciteurs de la réaction de défense.

La laminarine mime les effets moléculaires de ces éliciteurs.

Sous-partie D :

Question II-D-1 : De nombreux chercheurs évoquent la notion de « système immunitaire » chez les plantes. Dresser un comparatif simple des modes de défense abordés dans ce TP chez les animaux et les plantes.

Réponse à la question II-D-1

- Il s'agit dans les deux cas de réponse innée face à des pathogènes.
- Dans les deux cas, il y a un système de reconnaissance hôte/pathogène
- Dans les deux cas, production de molécules réactives protectrices

Question II-D-2 : Précisez à quel groupe de molécules évoqué dans la partie I, on peut apparenter la laminarine. Précisez aussi avec quels éléments celle-ci doit interagir.

Réponse à la question II-D-2

PAMP

PRR

Question II-D-3 : Expliquez à quoi s'apparente un traitement des grandes cultures avec la laminarine et expliquez aussi les perspectives de tels traitements à grande échelle.

Réponse à la question II-D-3

Ceci s'apparente à une immunostimulation ; la laminarine est un SDN = stimulateur de défense naturelle ; ceci est différent d'une vaccination.

Possibilités d'usage en champ à grande échelle : protection de grandes cultures en diminuant l'usage des produits phytosanitaires fongicides classiques, toxiques pour l'homme et l'environnement, rémanents.

Production facile et peu coûteuse de la laminarine.

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

5.2.1 Présentation de l'épreuve

Le TP d'option B portait sur l'étude des caractéristiques et des organismes des marais littoraux. Comme l'annonçait le libellé introductif, l'épreuve était subdivisée en trois parties indépendantes. La première partie avait pour objectif de définir quelques spécificités de ce milieu à partir d'un exemple, les marais de Guérande. La 2^{ème} partie consistait en l'étude morphologique et fonctionnelle d'un organisme abondant dans les marais maritimes, l'huître. Enfin, la 3^{ème} partie portait sur l'étude de deux organismes fréquents dans les marais salants, l'artémie et la salicorne.

Comme le conseillait le sujet pour une question de conservation d'échantillon, la majorité des candidats a généralement choisi de traiter la partie II-C et/ou II-B en premier. Ces deux sous-parties étaient les plus longues et les plus rétribuées du sujet. Le reste du sujet a ensuite été traité différemment selon les candidats, certains ayant su maîtriser la gestion du temps sur l'ensemble de l'épreuve. En revanche, de trop nombreux candidats n'ont pas lu suffisamment précisément l'énoncé et ont perdu des points sur des questions rapides et faciles à traiter.

Pendant la séance, un certain nombre de manipulations et d'observations ont fait l'objet d'une évaluation par le jury de manière à vérifier l'adéquation entre les observations et les dessins réalisés. A ce sujet, il est regrettable pour de futurs enseignants que, dans certaines copies, les dessins soient peu soignés et dépourvus de réalisme. De plus, ils ne sont pas toujours accompagnés d'un titre ou d'un grossissement adapté (objectif et oculaire pris en compte).

5.2.2 Commentaires concernant la première partie

La première partie consistait en une approche documentaire permettant de définir quelques caractéristiques des marais maritimes de Guérande, composés d'un marais libre et d'un marais endigué par l'Homme. Cette analyse se terminait par la construction d'un schéma structural à partir des conclusions formulées. Pour aider les candidats, une interprétation d'image satellite de la région avait été fournie. La partie I s'achevait par l'exercice de reconnaissance d'échantillons.

La partie de définition d'un marais littoral avait été construite de manière à être traitée rapidement par les candidats et à apprécier l'efficacité d'analyse et de mobilisation des connaissances. 8,6% des candidats ne l'ont pas abordée. De manière surprenante, la moitié des candidats (55 %) n'a pas représenté le schéma structural demandé dans la question I-A-3. De plus, alors que le plan pouvait aider les candidats à trouver une logique, la majorité d'entre eux n'a établi aucun lien entre les documents, qui ont été le plus souvent paraphrasés sans aucune conclusion.

L'analyse des documents proposés ne posait aucun piège et permettait aisément de définir un marais littoral. En étudiant les limites des marées les plus basses et les plus hautes (document I-1), le marais maritime de Guérande apparaît comme une étendue d'eau de faible épaisseur, séparée de la mer par une levée naturelle et communiquant avec elle au niveau de la passe du Croisic. Ce document permettait aussi de montrer la présence d'un marais endigué formant des marais salants figurant sur la photographie mise dans les documents complémentaires. Le document I-2 concernait la mobilité des eaux dans le marais en démontrant la présence d'un courant maximal (de flot ou de jusant) au niveau du goulot d'étranglement puis une forte diminution du courant vers le fond du marais. Très peu de candidats ont lu la totalité du document montrant que l'eau du marais libre est bien renouvelée (30-58% en 5 marées de coefficients 32 à 107). Le document I-3, parfois mal interprété par les candidats, illustre l'évolution de la salinité dans le marais en mesurant la dessalure, plus importante au nord du marais. Il permettait donc de confirmer que le marais libre de Guérande est un marais salé. L'ensemble de ces caractéristiques géographiques et hydrodynamiques devait être repris dans le schéma structural de la question A-3. Pour aider les candidats et leur faire gagner du temps, une interprétation d'image satellite de la région avait été fournie comme support. Malheureusement, les candidats ont généralement préféré refaire le schéma en entier.

En complément de cette première étude documentaire, un transect en bordure du marais était demandé aux candidats. C'était l'occasion de définir la zonation en milieu vaseux caractéristique des marais maritimes et de préciser quelques autres paramètres, pédologiques et botaniques, en relation avec les oscillations des niveaux d'eau. Étonnamment, plusieurs candidats n'ont pas compris que le marais maritime est un milieu salé à substrat meuble et vaseux. Ils se sont contentés de réciter de mémoire un transect, le plus généralement mal à propos car adapté à un estran rocheux avec une zonation de fucales... En revanche, certaines copies définissent parfaitement la slikke et le schorre en fonction des limites de marées et de la présence de vase plus ou moins recouverte d'une végétation spécifique.

Le document I-4 complétait cette première étude de zonation du marais en donnant des éléments sur le substrat (vase, sable vaseux, sable fin ou sable mobile), les espèces animales et végétales présentes et leur distribution, en particulier, au niveau du centre du marais et dans la passe du Croisic.

La partie I s'achevait par l'exercice de reconnaissance d'échantillons. Cet exercice nécessitait un passage de 30 minutes à un poste installé dans chacune des salles. A ce poste, et en complément des

échantillons, une planche photographique a été fournie. Pour les échantillons de plantes, la planche photographique illustre l'inflorescence ou des détails peu visibles de l'échantillon récolté. Par ailleurs, quelques échantillons animaux ont été associés à ces planches. Tous les candidats ont abordé cette sous-partie, même si elle révèle une incroyable disparité dans leur culture naturaliste. Si quelques candidats ont su identifier, nommer et localiser les échantillons dans la zonation mise en évidence précédemment, la très grande majorité a été incapable de faire le rapprochement entre les échantillons présentés et le marais littoral au faciès vaseux et salé. De même, la position étagée de chaque échantillon au niveau de l'estran a été souvent celle d'un milieu rocheux. On a donc assisté à une énumération d'organismes du milieu marin rocheux, voire de milieux non côtiers... Si certains organismes étaient plus difficiles à identifier comme l'hydrobie identifiée par seulement trois candidats, il est étonnant que les candidats ne puissent identifier une palourde ou une néréis (inconnue pour 15 candidats). On a pu noter de grossières erreurs telles que la confusion entre le carrelet et la morue, voire la raie... De même, la spartine ou l'obione n'a été identifiée que par 23% des candidats. En conclusion, cet exercice a donc été particulièrement discriminant et favorable aux candidats naturalistes.

5.2.3 Commentaires concernant la seconde partie

La partie II portait sur l'étude de l'huître, de sa morphologie à son fonctionnement, ce qui constituait une particularité du sujet de cette année. Cette approche fonctionnelle a révélé des lacunes majeures dans les calculs de dilution, exercice qui était demandé au moins deux fois dans le sujet. Il convient de rappeler qu'une dilution au 1/10 nécessaire pour obtenir les différentes solutions, consiste en l'ajout de 10 µL à 90 µL de solvant (eau de mer ou tampon physiologique) et non 10 µL à 100 µL ou 25 µL dans 100 µL! Sans remettre en question leurs calculs, de nombreux candidats n'ont pas obtenu le résultat attendu ou des résultats contradictoires faute d'une dilution appropriée. L'huître étant un animal fragile, il convenait aussi de le manipuler avec précaution, en particulier dans la région cardiaque. Trop de candidats n'utilisent pas ou mal (grossissement inadapté) la loupe binoculaire. Ainsi, il était préférable d'appliquer les différentes solutions et de les réaspirer sous la loupe afin d'éviter de léser le cœur. Les huîtres étant laiteuses en cette saison, l'utilisation de la loupe permettait également d'éviter des gestes malencontreux et la lésion de la glande reproductrice.

Presque tous les candidats ont su identifier l'huître et déterminer sa position systématique générale tout en étant capables de justifier leur réponse. Par contre, l'identification plus poussée de sa classification et son nom sont très largement méconnus. De même, la description de la coquille puis de l'animal dans sa coquille ont donné des résultats hétérogènes avec des difficultés d'identification des organes et d'orientation du courant d'eau.

Concernant l'étude fonctionnelle des branchies au moyen d'une solution d'encre de chine, les observations ont été globalement correctes même si, par la suite, les candidats ont eu plus de difficulté à expliquer l'organisation de cet organe. Ainsi, seulement 12% des candidats ont observé l'organisation en feuillet des hémibranchies et la présence des jonctions tissulaires et hémolympatiques (branchie de pseudolamellibranche). De la même façon, la mise en évidence de cils mobiles au niveau de la branchie de l'huître a été généralement effectuée alors que l'étude de son contrôle par la substance A a posé plus de problème. Le protocole d'application de la substance A étant proposé dans le sujet, il convenait d'expliquer la réalisation des dilutions et l'ordre d'application des solutions obtenues. La solution A étant une solution d'acétylcholine à 10^{-1} mol.L⁻¹,

un ralentissement ou un arrêt de la mobilité des cils était attendu autour de la concentration de 10^{-11} - 10^{-12} mol.L⁻¹. Peu de candidats ont obtenu ce résultat, principalement à cause de leur méthode de dilution erronée.

La sous-partie suivante était une étude du muscle adducteur de l'huître et une réflexion sur son rôle dans la mobilité de la coquille. L'observation de l'organisation bipartite du muscle adducteur devait être corrélée avec la mesure de l'écartement valvaire (document II-1) ce qui permettait de conclure à son implication dans la fermeture de la coquille. Les deux documents suivants permettaient ensuite de réfléchir sur le rôle respectif des deux parties nacrée et translucide du muscle adducteur. Ainsi, il était possible de relier la partie nacrée du muscle adducteur à une contraction prolongée, associée à l'exondaison et de durée variable en fonction de la position de l'huître sur l'estran. Ce muscle est de nature lisse. Inversement, la partie translucide du muscle adducteur est un muscle strié (strié oblique en réalité) responsable des micro-mouvements des valves, en relation avec la biologie de l'huître immergée. Seulement 22% des candidats ont réussi à mener correctement le raisonnement attendu jusqu'à son terme.

La 3^{ème} sous-partie était focalisée sur le cœur de l'huître et le contrôle de son activité contractile. Il s'agissait d'une expérience simple que les futurs professeurs peuvent être amenés à faire réaliser par leurs futurs élèves. Deux huîtres ont été fournies à chaque candidat, une huître ouverte et une huître fermée, ouverte à la demande. Néanmoins, une 3^{ème} huître a pu être fournie si le cœur des deux huîtres étudiées ne présentait aucune activité. Pour la plupart des candidats, deux huîtres ont suffi pour mener leur étude.

Quelques candidats n'ont pas su localiser le cœur de l'animal et ont essayé de repérer en vain les battements cardiaques. Malheureusement, la cavité péricardique est souvent pigmentée et/ou cachée entre le muscle adducteur et la glande reproductrice ce qui masque toute activité contractile rythmique. Pour les autres candidats, le dessin légendé et titré du cœur en place a permis de constater qu'ils n'intègrent pas bien les questions posées puisque la plupart ont représenté un cœur minuscule dans un dessin d'huître entière. De plus, seulement 13% des candidats ont visualisé les différentes parties du cœur, à savoir, les deux oreillettes et le ventricule. Quelques rares candidats ont ainsi réalisé d'excellentes observations et pu observer l'aorte antérieure dans le prolongement du ventricule et/ou le sinus veineux sous les oreillettes. La question suivante portant sur l'organisation du système circulatoire avait pour but de replacer l'observation du cœur dans l'organisme. Cette question qui ne posait aucun problème, surtout après la sélection de l'épreuve écrite, n'a cependant été traitée correctement que par 34% des candidats et complètement par 8% des candidats.

L'étude de l'activité cardiaque de l'huître et de sa modulation commençait par une description suivie de l'élaboration puis de la mise en œuvre d'un protocole expérimental. Le dénombrement et l'origine automatique myogénique des contractions ont été globalement présentés par les candidats. Une fréquence cardiaque définie n'était pas attendue compte tenu de la variabilité entre les animaux, de la température de l'animal et de celle du tampon physiologique appliqué. Une moyenne de 15 à 20 battements par minute pouvait être obtenue au repos, après la période de stress liée à l'ouverture de la coquille. Comme précisé dans le sujet, l'application de tampon physiologique était une condition nécessaire au maintien de l'activité contractile cardiaque si bien que la seule application de ce tampon a permis à certains candidats d'observer une accélération de l'activité cardiaque indépendamment de la présence ou non d'acétylcholine. En réalité, l'acétylcholine provoque un ralentissement du rythme cardiaque jusqu'à son arrêt pour une concentration d'environ 10^{-5} mol.L⁻¹. 35% des candidats ont visualisé cet effet. Pour les autres, soit la dilution de la solution

d'acétylcholine était aberrante, soit les résultats ont été visiblement inventés. Quelques candidats ont aussi directement appliqué la solution d'acétylcholine 10^{-1} mol.L⁻¹ sans dilution ce qui a nécessité des réanimations en urgence... Un tableau et un graphe donnant la relation entre dose et réponse étaient attendus et permettaient d'établir l'EC50. La définition de cette concentration efficace médiane n'est pas connue des candidats et pouvait être déterminée selon les huîtres entre $5 \cdot 10^{-5}$ mol.L⁻¹ et $5 \cdot 10^{-4}$ mol.L⁻¹.

18% des candidats ont poursuivi l'étude en proposant un protocole pour tester les récepteurs cholinergiques impliqués mais seulement 3,3% l'ont appliqué. En effet, il était indispensable de savoir que l'atropine est un antagoniste des récepteurs cholinergiques du sous-type muscarinique et le curare, un antagoniste des récepteurs cholinergiques du sous-type nicotinique. Le protocole devait proposer un témoin mettant en évidence l'absence d'effet sur le rythme cardiaque avec ces deux substances. En revanche, l'application d'une solution d'acétylcholine provoquant précédemment un ralentissement ou un arrêt cardiaque ne produit plus aucun effet sur le cœur si elle est appliquée après une incubation en présence d'atropine 10^{-4} mol.L⁻¹. Le curare n'a par contre aucun effet. Ainsi, ces résultats permettaient de conclure que l'action de l'acétylcholine sur le cœur de l'huître est médiée par des récepteurs cholinergiques muscariniques.

28,3 % des candidats ont effectué une dilution correcte de l'adrénaline puis observé une accélération notable des contractions du cœur de l'huître. Le schéma récapitulatif de conclusion (question II-C-2-2-4) devait reprendre les observations obtenues et non un schéma théorique adapté au cœur des Mammifères.

En bilan, cette deuxième partie révèle des compétences variables des candidats soumis à une approche à la fois descriptive et fonctionnelle.

5.2.4 Commentaires concernant la troisième partie

La troisième partie du sujet était centrée sur l'étude des caractéristiques et des adaptations au milieu sursalé de deux organismes abondants dans les marais littoraux, l'artémie et la salicorne.

Si la définition de macrozooplancton n'a pas posé de problème aux candidats, l'identification de l'artémie, un crustacé branchiopode, anostracé a été plus difficile; seulement 13% des candidats dépassent le niveau arthropodes et crustacés. Étonnamment, de nombreux candidats n'ont pas vu les deux paires d'antennes... En conséquence, la représentation du plan d'organisation avec tagmose et disposition des appendices a été souvent fantaisiste. Les échantillons étant dans des tubes eppendorfs, plusieurs candidats n'ont pas jugé utile de les sortir pour les observer au moyen d'une loupe binoculaire. Rares sont les copies où l'appendice phyllopodial a été légendé correctement malgré le fait que l'orientation permettait d'identifier sans souci l'exopodite de l'endopodite.

L'adaptation au milieu salé était abordée avec les documents III-1 et III-2 que les candidats devaient analyser. 91% ont traité cette question qui permettait de démontrer que l'artémie est une espèce euryhaline, halophile, hypo-osmotique et osmorégulatrice grâce probablement à l'implication de l'épithélium intestinal. L'analyse des deux documents a été le plus souvent une paraphrase sans aucune conclusion claire.

L'étude du stade larvaire de l'artémie à partir d'une lame a permis à certains candidats d'identifier le taxon de l'animal. Néanmoins, beaucoup n'ont pas dessiné le 1^{er} stade larvaire mais des stades plus âgés présents également sur la lame. De plus, l'identification des trois paires d'appendices caractéristiques de la larve nauplius a été plutôt surprenante puisque seulement 20 % des candidats ont identifié les deux paires d'antennes et les mandibules. De même, à la question concernant une

caractéristique majeure de ces larves, l'œil nauplien, seulement 18% des candidats ont donné une réponse correcte.

Dans 12% des copies, l'adaptation de la larve nauplius de l'artémie à la salinité n'a pas été traitée alors que les documents ne présentaient aucune difficulté. Le document III-1 permettait de démontrer que les larves d'artémie sont hypo-osmotiques par rapport à leur milieu environnant. L'étude du taux de Na^+ dans l'hémolymphe permet aussi de démontrer un rejet de NaCl responsable d'une osmorégulation comme chez les adultes. Si l'osmolarité du milieu varie (milieu d'acclimatation), on observe toujours cette osmorégulation, ce qui permet de conclure une capacité d'adaptation des larves nauplii à des milieux hypo-osmotiques comme à des milieux hyper-osmotiques sursalés. Si certaines copies ont su analyser de manière efficace, juste et rapide, d'autres se sont limitées à décrire sans conclusion l'évolution de l'osmolarité du milieu intérieur des larves en fonction du milieu extérieur. Enfin, l'interprétation du document III-4 a été en général correcte même si certaines conclusions fantaisistes ont pu être formulées.

En bilan, cette sous-partie sur l'artémie ne présentait aucune difficulté majeure et a été globalement traitée par les candidats.

La sous-partie suivante portait sur l'étude d'une plante abondante dans la haute slikke des marais littoraux et les marais salants, la salicorne. 90 % des candidats ont dessiné son appareil végétatif et identifié globalement les différentes parties, exceptées les feuilles réduites souvent oubliées. En revanche, beaucoup n'ont pas été capables de légendier correctement les photographies montrant les inflorescences et les pièces florales (stigmates et étamines) de la salicorne. Quant à la coupe transversale de la tige, il est très surprenant qu'elle puisse encore poser des difficultés à des candidats entraînés. 18,6% des candidats ne l'ont pas réalisée et 43,7% n'ont pas identifié l'endoderme. Les schémas comme les figurés sont le plus souvent hasardeux. 27,5% ont pris enfin le temps de faire un bilan sur les adaptations de la salicorne à son milieu aquatique et salé.

En bilan, le sujet de TP B couvrait cette année un certain nombre de thèmes qui ont obligé les candidats à utiliser plusieurs niveaux de connaissances scientifiques et plusieurs compétences techniques, tout en développant une gestion du temps optimale. Le jury de l'option B encourage les futurs candidats à travailler leur culture naturaliste, à maîtriser les techniques de base des SVT tout en développant des connaissances solides en zoologie, botanique, écologie et évolution. Il rappelle également que l'exercice d'expérimentation et d'analyse à partir de matériels biologiques concrets, que représente le TP B, n'est que le reflet de ce qu'ils seront amenés à montrer à leurs élèves.

5.2.5 Sujet commenté

Nom :

Prénom :

salle n :

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

Concours externe – Epreuves d'admission - session 2015

TRAVAUX PRATIQUES DE SPECIALITE DU SECTEUR B

Durée totale : 6 heures

LES MARAIS LITTORAUX

Au contact des milieux terrestre et marin, les marais littoraux constituent des milieux spécifiques d'une importante biodiversité en interaction avec l'Homme et ses activités. Cette épreuve de travaux pratiques, organisée en 3 parties indépendantes, se propose d'en étudier quelques aspects.

La partie I étudiera quelques caractéristiques de ces milieux.

La partie II s'intéressera à l'huître, un animal qui peut être affiné dans les marais littoraux gérés par l'Homme.

La partie III concernera les adaptations de deux organismes vivant dans les marais littoraux.

1- Les 3 parties I à III sont indépendantes. Néanmoins, pour une question de conservation de l'échantillon, il est fortement conseillé de commencer par la partie II-C puis par la partie II-B.

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

3- Vous devrez à plusieurs reprises appeler un examinateur afin qu'il puisse évaluer vos préparations et dessins. Toutes les précisions figurent en rouge dans le texte.

4- Avant de rendre votre copie, vérifiez que vous avez bien indiqué vos nom, prénom et numéro de salle sur chaque page. Vous rendrez la totalité de vos feuilles.

5- Sur la page suivante, la durée conseillée des différentes parties de l'épreuve est indiquée. Seule la partie I-B portant sur des reconnaissances est de durée imposée.

I- Des marais salés

page 3

Notation : 17 points

A- Etude d'un marais littoral

Durée indicative : 0 h 45

B- Reconnaissances raisonnées de quelques échantillons caractéristiques des marais littoraux

Durée imposée : 0 h 30

II- L'huître : étude morphologique et physiologique

page 16

Notation : 26 points

A- Etude de l'animal en vue externe

Durée indicative : 0 h 30

B- L'animal dans sa coquille

Durée indicative : 1 h 00

C- Etude physiologique du cœur de l'huître

Durée indicative : 2 h 00

III- Adaptations de quelques organismes à la vie dans les marais littoraux

page 37

Notation : 17 points

A- Etude d'un organisme du macrozooplancton

Durée indicative : 0 h 45

B- Etude de la salicorne, une plante des vasières

Durée indicative : 0 h 30

(Total : 60 points)

PARTIE I- DES MARAIS SALES

A- Etude d'un marais littoral

Les marais de Guérande situés sur la côte de la Loire-Atlantique sont une zone littorale humide, en partie endiguée et largement exploitée depuis le XVII^{ème} siècle par l'Homme pour la récolte du sel et l'élevage de coquillages.

Cette partie a pour objectif de caractériser ce marais littoral en définissant ses principales composantes et quelques facteurs impliqués dans sa dynamique.

Les paragraphes suivants serviront à construire un schéma structural de la région à partir de l'interprétation de la composition colorée d'une image SPOT, sur lequel vous ajouterez les figurés et les légendes souhaités.

Documents de présentation générale

Les cartes situées ci-dessous permettent de définir la localisation géographique des marais de Guérande et leur conformation.

Localisation géographique des marais de Guérande et extrait de la carte IGN Nantes – Les Sables d'Olonne au 1/100 000^{ème}

La flèche rouge indique l'angle de la prise de vue de la photographie aérienne (page suivante).



Photographie aérienne des marais de Guérande. L'orientation de la prise de vue est indiquée sur la carte topographique précédente par une flèche rouge (*photographie de P. François*).

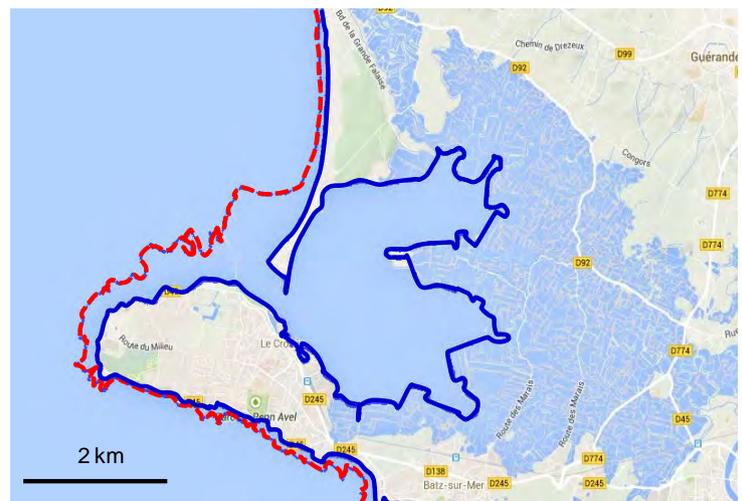


A-1. Un marais maritime

A-1-1. Avec l'aide du Document I-1 et des Documents de la présentation générale ci-dessus, donnez la définition d'un marais maritime et définissez les deux zones caractéristiques des marais de Guérande.

Document I-1.

Représentation des limites des marées les plus basses (- - -) et des marées les plus hautes (—) dans la région des marais de Guérande (d'après le site *Sextant d'Iffremer*).



Réponse à la question A-1-1.

Le marais maritime peut être défini comme:

- une étendue d'eau de mer de faible épaisseur et influencée par les marées (Document I-1)
- une étendue séparée de la mer par une levée naturelle (Document I-1 et documents de présentation générale)
- une étendue communiquant avec la mer par un goulot d'étranglement (Document I-1 et documents de présentation générale)

Dans les marais de Guérande, 2 types de marais peuvent être différenciés :

- le marais « sauvage » ou naturel, librement influencé par les marées en fonction de leurs coefficients (Document I-1)
- le marais salé, endigué, correspondant aux marais salants exploités par l'Homme. Indépendant directement des marées 4), ce marais est relié au domaine marin à partir du marais naturel au moyen d'ouvrages hydrauliques (Document I-1 et extrait de carte IGN de l'annexe).

A-1-2. Que permet de définir le Document I-2 quant à l'influence de la mer sur le marais ?

Document I-2. Les déplacements de l'eau dans le marais

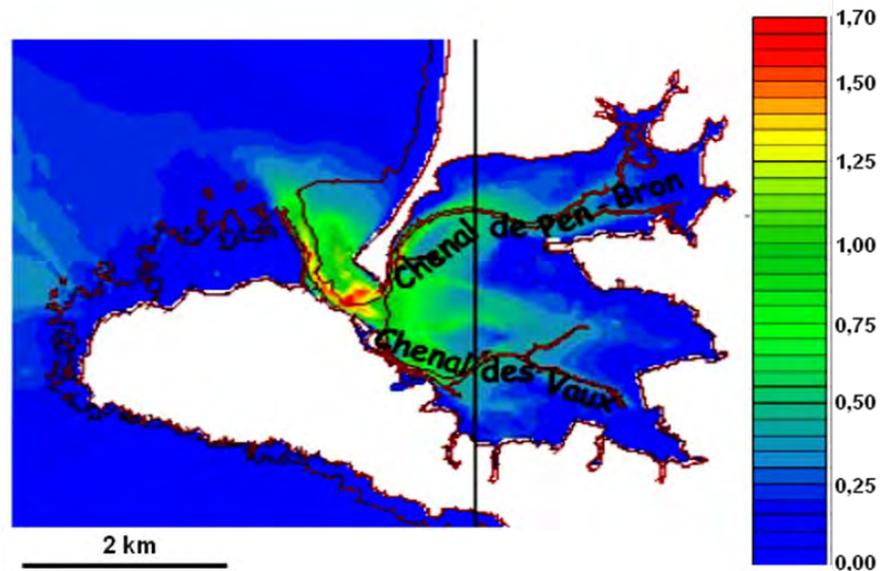
A. Représentation en fausses couleurs des vitesses maximales des courants (exprimées en $m \cdot sec^{-1}$) mesurées dans la région.

B. Etude du renouvellement de l'eau du marais

Afin d'évaluer le taux de renouvellement tidal, un traceur conservatif a été déversé quotidiennement pendant un mois (avril 2004).

Les résultats indiquent un taux de renouvellement de l'eau au bout de 5 cycles de marée variant de 30% (coefficient de marée de 32) à 58% (coefficient de marée de 107).

(Rapport d'Ifremer / LER / MPL / Nantes Croisic Pen-Bé B031113, 2002)



Réponse à la question A-1-2.

Analyse de la partie A du document I-2

- Observation de courants à forte vitesse au niveau de la passe du Croisic: non différenciés par ce document, il s'agit de courants d'entrée de l'eau de mer (de flot) et de courants de sortie (de jusant) qu'il sera possible de représenter dans le schéma de la question A-3.
- La vitesse maximale du courant diminue ensuite dans le marais libre mais reste non négligeable dans dans le petit et le grand traicts (ici rebaptisés chenaux de Pen-Bron et des Vaux).
- Au fond du marais naturel, le courant devient très faible ($0,10 - 0,20 m \cdot s^{-1}$) ce qui va avec l'idée d'une action plus réduite du flot à cet endroit. Cela provoque aussi un décalage temporel de l'arrivée de l'eau entre l'entrée et le fond du marais.

Analyse de la partie B du document I-2

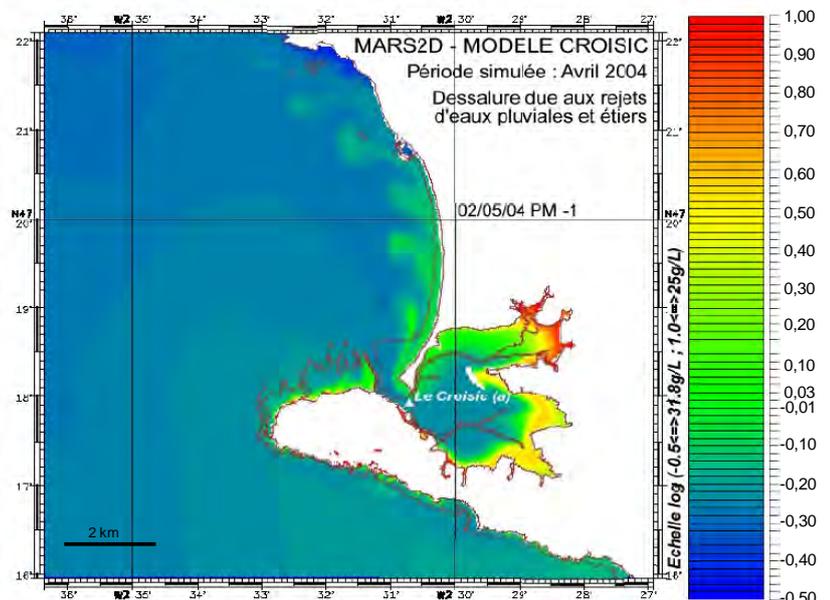
- Le marais naturel est soumis à l'influence régulière des marées allant de forts coefficients (95) à de faibles coefficients (32).
- 30-58% de l'eau du marais est renouvelée au bout de 5 marées de coefficients 32 à 107. Il existe donc, malgré le goulot d'étranglement, étroit un renouvellement non négligeable de l'eau du marais naturel.

A-1-3. La salinité des eaux

Document I-3.

Carte de dessalure des eaux de la région des marais de Guérande.

(Extrait du rapport d'Ifremer / LER / MPL / Nantes Croisic Pen-Bé B031113, 2002)



Commentez le Document I-3.

Les données qu'il fournit permettent-elles de confirmer vos conclusions du paragraphe A-1-2 ?

Réponse à la question A-1-3.

Le Document I-3 montre les variations de la salinité dans le marais en représentant la dessalure, c'est-à-dire les salinités plus faibles que celle de l'eau de mer.

- Le marais libre de Guérande est donc un marais salé, de salinité proche de celle de l'eau de mer de la côte.
- En bordure du marais, on observe la diminution de la salinité par la présence d'apports continentaux d'eau douce. On note ainsi une dissymétrie dans le marais avec des apports majoritaires à partir des rivières des bassins versants nord de la région de Guérande (voir la carte IGN en annexe).

Confirmation de l'analyse du Document I-2:

- Dépendance du marais naturel de Guérande avec l'eau de la mer
- Présence d'un bon renouvellement des eaux du marais libre lors des marées.

A-2. Un milieu de vie

Comme tous les marais littoraux, les marais de Guérande sont caractérisés par deux entités morpho-sédimentaires caractéristiques, différenciées à la fois par des critères hydrogéographiques et végétaux.

A-2-1. Réalisation d'un transect du paysage

La photographie ci-dessous montre le paysage observé à Sissable (en face du Grand Traict et de Batz) à mi-marée de vives-eaux (coefficient 88).



Dans le cadre ci-dessous, effectuez un transect du paysage photographié.

Sur ce schéma, que vous complétez à l'aide de vos connaissances, vous définirez les niveaux de la zone intertidale et leurs critères hydrologiques, pédologiques et botaniques.

Réponse à la question A-2-1.

La photographie permet de visualiser les différents niveaux de la zone intertidale du marais naturel à partir d'un point de vue localisable grâce à la carte IGN. On distingue la digue qui sépare le marais libre du marais endigué.

Le transect peut être effectué au choix dans le sens nord-sud en visant le clocher de Batz visible au lointain ou dans le sens du remblais (nord-sud est). Ce transect permet de définir deux grands milieux, la slikke et le schorre à partir de leur aspect (végétation, substrat apparent ou non) et du niveau intertidal (en sachant que la photographie a été prise à mi-marée de vives-eaux - de coefficient 88).

▪ **Le niveau de la slikke ou vase est localisé dans la partie inférieure de l'estran.**

Critère hydrologique: la slikke est inondée à chaque marée haute (de mortes et vives eaux) donc 2 fois par jour. Sa limite supérieure se situe au niveau moyen des pleines mers de mortes eaux. Sa limite inférieure est le niveau moyen des basses mers de vives eaux.

Critère pédologique: sédiments nus, très fins et de consistance molle (tange, sable vaseux et/ou vase)

Critère botanique: absence de végétation mais comme sur la photo, on peut trouver des laisses de mer.

▪ **Le schorre**

Critère hydrologique: il est uniquement recouvert lors des marées hautes de vives-eaux donc sa limite supérieure est le niveau des pleines mers de vives eaux exceptionnelles et sa limite basse le niveau moyen des pleines mers de mortes eaux. On différencie le schorre bas, moyen et haut en fonction de l'amplitude des marées et le nombre de fois que la végétation est recouverte : le haut schorre est recouvert par les marées d'équinoxe; le bas schorre et le moyen schorre sont recouverts jusqu'au niveau des marées hautes de vives eaux pour des coefficients faibles et moyens, respectivement.

Critère pédologique: le substrat est encore formé de sédiments fins mais est plus ferme.

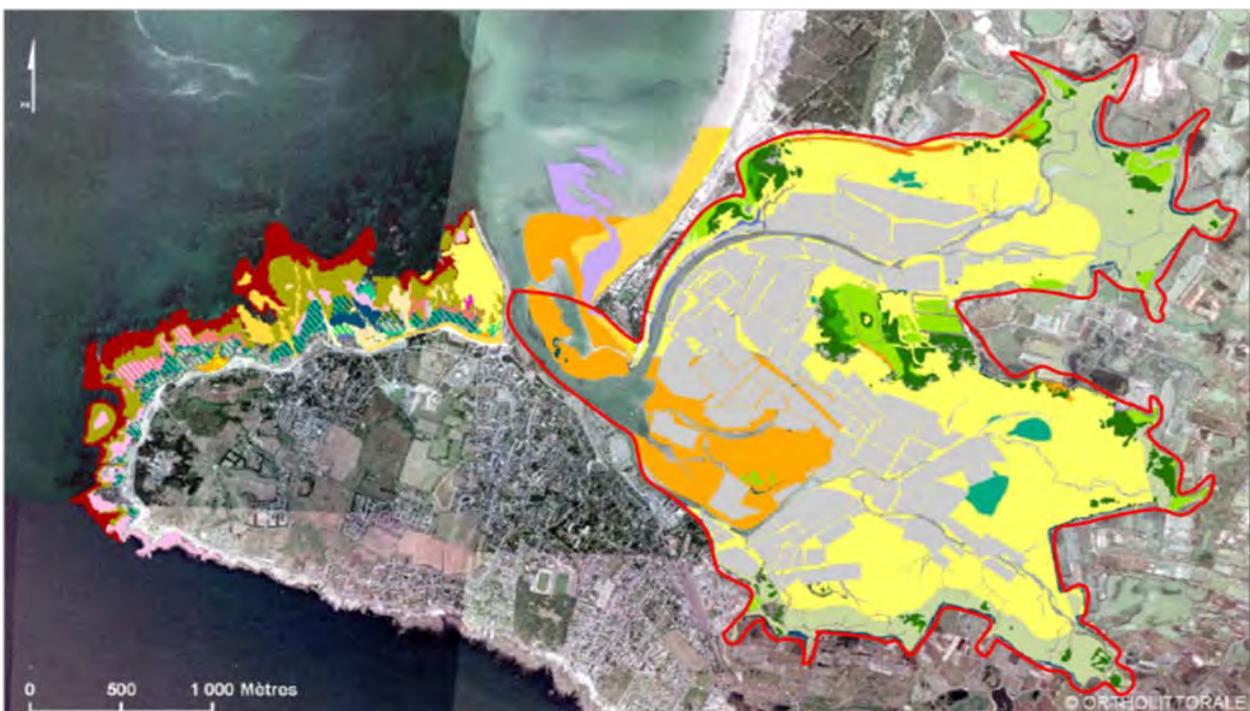
Critère botanique: couvert végétal continu, formant un tapis riche et dense d'espèces résistantes à l'arrachement et à l'érosion du substrat.

Comme sur la photographie, le schorre peut être interrompu par des dépressions (enclaves de slikke).

A-2-2. Les habitats intertidaux des marais de Guérande

Le Document I-4 est une carte des habitats intertidaux dans la région des marais de Guérande (d'après la cartographie des habitats en zone intertidale – secteur du Croisic, Bonnot-Courtois et collaborateurs, REBENT).

Document I-4



En vous focalisant uniquement sur le marais, délimité par un trait rouge et pour lequel vous disposez des légendes ci-contre, quelles informations complémentaires ce document apporte-t-il sur les différentes zones du marais libre ?

	Sable mobile sans faune apparente ou à amphipodes
	Sable fin à polychètes et amphipodes
	Sable vaseux à polychètes et bivalves
	Vase à polychètes et bivalves
	Secteur colonisé par des salicornes
	Bas shore à spartines
	Moyen et bas shore mosaïqué
	Moyen shore à obiones
	Haut shore à halophytes ligneuses
	Habitat sous influence anthropique
	Herbier de <i>Zostera noltii</i>
	<i>Pelvetia canaliculata</i> et <i>Fucus spiralis</i>
	Moyen shore à obiones
	Bancs de moules et/ou cirripèdes

Réponse à la question A-2-2.

Ce document confirme l'hétérogénéité du marais libre en fonction de ses relations périodiques avec la mer et sa forte biodiversité.

- Dans la zone soumise aux courants de flot et jusant à l'entrée du marais libre, il n'y a pas ni végétation, ni d'organismes, sauf quelques amphipodes capables de vivre dans le sable mobile.

- Dans le centre du marais, une vaste zone est légendée comme à influence maritime. Les parcelles apparentes sont utilisées pour la conchyliculture.

- En bordure du marais, on retrouve la zonation intertidale introduite précédemment avec la présence de la slikke formée de sables vaseux ou de vases peuplés de polychètes et de bivalves. Cette zone est relativement étendue et peut comporter quelques herbiers à zostères. Le shore avec une végétation de spartines, d'obiones puis d'halophytes ligneuses est aussi visible. Cette zone est beaucoup moins vaste et plutôt localisée sur la carte.

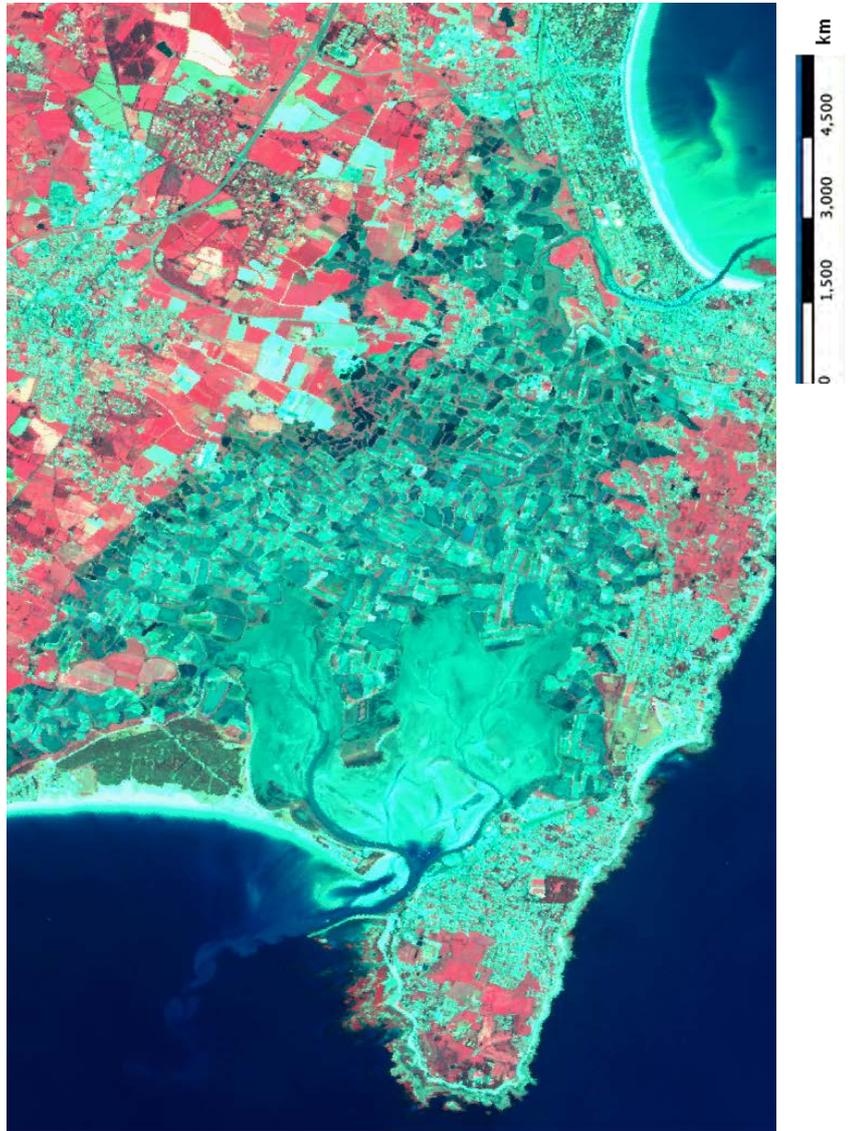
A-3. Elaboration d'un schéma structural

En tenant compte des diverses informations extraites des questions précédentes, vous réalisez un schéma structural des marais de Guérande.

Le document de la page suivante, représentant une interprétation de la composition colorée d'une image SPOT de la région, vous servira de support pour délimiter les principaux ensembles caractéristiques du marais et de son environnement.

Légendes des domaines de sensibilité spectrale de l'image SPOT :

-  Zones agricoles en végétation
-  Zones urbaines ou sans couverture végétale
-  Zones immergées



Interprétation de la composition colorée d'une image SPOT obtenue le 20 avril 2007 dans la région des marais de Guérande (Source REBENT CEVA-lfremer, 2008)

Réponse à la question A-3.

Le candidat pouvait faire son schéma structural en délimitant les zones sur l'image SPOT ou dans l'encart dévolu. Le candidat pouvait aussi noter qu'il s'agit d'une image du marais prise à marée basse ce qui permet de mettre en évidence la zonation décrite dans les parties précédentes. Au moyen des figurés adaptés, il est possible de représenter:

▪ **Les différentes zones**

- le marais naturel, le marais endigué salé par rapport à la terre ferme,
- les chenaux et les zones immergées par rapport aux vases,
- les zones habitées

▪ **La représentation de la dynamique hydraulique** sous la forme de flèches figurant:

- les courants de flot (entrée) et de jusant (sortie) au niveau de la passe du Croisic
- les apports continentaux d'eau douce responsables de la dessalure (rivières)
- des communications contrôlées avec les marais salants par les étiers

▪ **La zonation des organismes** avec les zones de schorre (bas schorre, moyen schorre et haut schorre) voire de slikke...

B- Reconnaissances raisonnées de quelques échantillons caractéristiques des marais littoraux

Cette question sera traitée au poste « exercice de reconnaissances » selon un planning affiché dans la salle. Durée maximale : 30 minutes.

Pour chaque échantillon, vous donnerez dans le tableau ci-dessous les noms vernaculaire et scientifique de l'espèce, sa position phylogénétique ainsi que sa localisation littorale en fonction de la zonation décrite précédemment.

Numéro	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Position phylogénétique	Répartition sur l'estran
1	<i>Spartine</i>	<i>Spartine maritima</i> (<i>anglica</i> accepté)	Monocotylédones. Famille des Poacées	Haute slikke
2	<i>Obione des ports</i> <i>ou pourpier de mer</i>	<i>Halimione portulacoides</i>	Dicotylédones. Famille des Amaranthacées (Chénopodiacées)	Schorre
3	<i>Betterave maritime</i>	<i>Beta vulgaris</i> subsp. <i>maritima</i>	Dicotylédones. Famille des Amaranthacées (Chénopodiacées)	Schorre
4	<i>Soude maritime</i>	<i>Suaeda maritima</i>	Dicotylédones. Famille des Amaranthacées (Chénopodiacées)	Haute slikke et surtout schorre surtout
5	<i>Lavande de mer</i> <i>ou Statice commun</i>	<i>Limonium vulgare</i> <i>ou Statice limonium</i>	Dicotylédones. Famille des Plombaginacées	Schorre
6	<i>Fenouil commun</i>	<i>Foeniculum vulgare</i>	Dicotylédones. Famille des Apiacées	Haut schorre
7	<i>Entéromorphe</i>	<i>Enteromorpha</i> sp.	E. Chlorophytes, Cl Ulvophytes, O. Ulvales	Slikke
8	<i>Plantain lancéolé</i>	<i>Plantago lanceolata</i>	Monocotylédones. Famille des Plantaginacées	Haut schorre
9	<i>Dunaliella salina</i>	<i>Dunaliella salina</i>	E. Chlorophytes, O. Chlamydomonadales	Eau du marais et des marais salants
10	<i>Diatomée</i> (<i>Haslea ostrearia</i>)	<i>Haslea ostrearia</i> (nom non exigé)	Straménopiles, E. Ochrophytes, Cl. Bacillariophycées, O. Naviculates, F. Naviculacées	Eau du marais et des marais salants
11	<i>Fabrea salina</i>	<i>Fabrea salina</i>	Protozoaire Ciliophora (Ciliés) infusoire hétérotriche	Eau du marais et des marais salants
12	<i>Aigrette garzette</i>	<i>Egretta garzetta</i>	Cl. Oiseaux, O. Pélécانیiformes, F. Ardéidés	Slikke
13	<i>Tadorne de Belon</i>	<i>Tadorna tadorna</i>	Cl. Oiseaux, O. Ansériformes, F. Anatidés	Slikke
14	<i>Avocette élégante</i>	<i>Recurvirostra avosetta</i>	Cl Oiseaux, O Charadriiformes, F Récurvirostridés (échasses)	Slikke

15	Carrelet (ou plie commune)	<i>Pleuronectes platessa</i>	Super- Cl Actinoptérygiens, infraCl. Téléostéens, O. Pleuronectiformes, F. Pleuronectidés	Fond des marais salants - slikke
16	Néréis	<i>Nereis diversicolor</i>	E. Annelides, Cl. Polychètes, s-Cl. Polychètes errantes, O. Aciculata, F. Néréidés	Slikke
17	Crabe vert	<i>Carcinus maenas</i>	E. Arthropodes, sous E. Crustacés, Cl. Malacostracés, O. Décapodes, infra-O. Brachyoures, F. Carcinidés	Slikke
18	Palourde commune (japonaise)	<i>Venerupis decussata</i>	E. Mollusques, Cl Bivalves, s-Cl. Hétérodontes, F. Vénéridés	Slikke
19	Hydrobie	<i>Hydrobia ulvae</i>	E. Mollusques, Cl. Gastéropodes, F. Hydrobiidés	Slikke
20	Coque commune	<i>Cerastoderma edule</i>	E. Mollusques, Cl. Bivalves, s-Cl. Hétérodontes, O. Vénéroidés, F. Cardiidés	Slikke

PARTIE II- L'HUÎTRE : ETUDE MORPHOLOGIQUE ET PHYSIOLOGIQUE

Cette partie est focalisée sur l'étude de l'huître dont l'affinage peut être assuré dans les marais littoraux gérés par l'Homme.

Vous disposez de 2 échantillons :

- une huître ouverte.
- une huître dans sa coquille fermée. Cet échantillon servira pour traiter la partie A et sera ouvert à votre demande.

Pour des questions de conservation de l'huître, il est fortement conseillé de traiter la sous-partie C puis le paragraphe B-2 avant la sous-partie A et les paragraphes B-1 et B-3.

A- Etude de l'animal en vue externe

A-1. Identification de l'animal

Identifiez l'échantillon proposé par son nom binomial puis indiquez le plus précisément possible sa position phylogénétique en explicitant les critères de classification utilisés.

Réponse à la question A-1.

- Il s'agit de ***Crassostrea gigas***, l'huître creuse ou l'huître japonaise
- **Embranchement des Mollusques – Eumollusques** : pied en forme de sole pédieuse, manteau formant une cavité palléale qui contient les cténidies, orifices excréteurs et génitaux et anus, production de plaques coquillères formant la coquille par des glandes du manteau
- Diasomes = acéphales, le manteau enveloppe la totalité de l'animal, pied plus ou moins important, larve véligère à coquille bivalve

- **Classe des Bivalves** : coquille à symétrie bilatérale formée de 2 valves comprimées latéralement et articulées entre elles par une charnière médio-dorsale et un ligament non calcifié, muscle adducteur assurant la fermeture
- **Sous-classe des Lamellibranches – Ptériomorphes**
 - *Anisomyaria* : muscle adducteur antérieur absent
 - **Prodissoconques** : charnière crénelée, manteau ouvert, feuillets branchiaux lisses à filaments uniformes ou plissés à filaments non uniformes
 - **Ordre des Ostréoidés** : coquille univalve irrégulière à valve gauche fixée, charnière édentulée, lobes palléaux, tête, pied et byssus atrophiés
 - **Famille des Ostréidés** : valve gauche en général plus profonde que la valve droite, bords des valves plissés
 - **Genre Crassostrea** : larve prodissoconque inéquivalve à charnière à ligament interne

A-2. Etude de la coquille

Faites un dessin titré et légendé de la coquille entière dans le cadre ci-dessous. Vous préciserez sur ce dessin les orientations.

Réponse à la question A-2.

Un dessin de la coquille en vue latérale était attendu de manière à représenter la coquille entière et les 2 valves, droite aplatie et gauche.

L'orientation (région dorsale / région ventrale / région antérieure / région postérieure) pouvait être retrouvée avec le crochet pointu indiquant la région antérieure. La région arrondie et élargie est la région postérieure. La zone de bâillement de la coquille correspond à la région ventrale. La région dorsale est donc celle de la charnière associée à un ligament abducteur. Les stries d'accroissement des valves pouvait aussi être observées.

B- L'animal dans sa coquille

B-1. Organisation de l'animal

Dans le cadre ci-dessous, dessinez l'animal en place dans sa valve creuse.

En plus du titre, vous légenderez les principales structures ou organes caractéristiques de l'animal.

Vous penserez également à orienter l'animal.

Enfin, vous indiquerez sous la forme d'un figuré explicite la position et le sens du courant d'eau auquel l'animal est soumis.

Vous appellerez l'examineur à la fin de la réalisation de votre dessin pour qu'il vérifie l'adéquation de votre dessin à vos observations.

Réponse à la question B-1.

▪ **Le dessin attendu** devait présenter l'organisation anatomique de l'huître dans sa valve gauche en légendant la coquille avec crochet et charnière, les 2 lobes du manteau, le capuchon oral, les branchies, la bouche avec 2 paires de palpes labiaux, la masse viscérale, le cœur, le muscle adducteur postérieur, la glande reproductrice d'aspect laiteux en période de reproduction et, éventuellement, l'intestin.

▪ **Le courant d'eau unidirectionnel** pouvait être placé entre le bord ventral du manteau situé du côté des branchies (cavité inhalante) et une cavité exhalante dorsale.

B-2. Etude des branchies

B-2-1. Sur une huître ouverte, déposez à la base d'une branchie une goutte d'encre de chine diluée.

Observez à la loupe le devenir du colorant appliqué.

Expliquez pourquoi les particules du colorant se sont agglomérées et concluez sur le phénomène mis en évidence.

Vous appellerez un examinateur pour une vérification de votre préparation.

Réponse à la question B-2-1.

▪ **Le dépôt d'une petite quantité d'encre de chine** doit être effectué à la base des branchies qui ne doivent pas être sèches.

Rapidement, les particules de colorant s'agrègent et migrent depuis la base des branchies jusqu'à leur extrémité puis sur le bord externe des branchies. Elles forment alors un cordon qui se déplace en direction de la bouche et des palpes labiaux

▪ **Explications sur l'agglomération des particules de colorant et le phénomène observé**

- Les particules sont agglomérées par du mucus produit par des mucocytes de l'épithélium branchial et formant un film muqueux à la surface des branchies

- Cette expérience permet donc de visualiser la capture et le transport de particules, alimentaires ou non, au niveau de la branchie de l'huître. Ce transport particulaire est indispensable au régime alimentaire microphage de l'huître.

B-2-2. La branchie de l'huître et sa ciliature

B-2-2-1. A l'aide d'observations de votre choix, décrivez la structure des branchies de l'huître ; vous différencierez en particulier les holobranchies, les hémibranchies, les feuillets et les lamelles.

Cette description devra être étayée par un ou plusieurs dessins d'observation légendé(s) et titré(s).

A l'issue du paragraphe suivant (B-2-2-2), vous montrerez à un examinateur votre préparation et le(s) dessin(s) correspondant(s).

Réponse à la question B-2-2-1.

▪ **Observation des branchies sur une huître ouverte à la loupe:** l'objectif est de montrer:

- 2 branchies droite et gauche = 2 holobranchies insérées ensemble sur le manteau du côté droit de l'animal, plutôt en position ventrale

- Chaque branchie est constituée de 2 hémibranchies.

- Chaque hémibranchie est constituée de 2 filaments descendant et ascendant. Les 2 filaments adjacents sont fusionnés et constituent des lamelles descendante et ascendante pour chaque hémibranchie. De plus, les lamelles fusionnées constituent des feuillets.

- L'emplacement de la gouttière ventrale de chaque hémibranchie peut être également observée.

▪ **L'observation au microscope à faible grossissement d'un fragment de branchie colorée ou non** permet de visualiser une structure en feuillet plus ou moins plissé, avec des jonctions tissulaires et hémolympatiques formant un quadrillage réfringent.

■ Dans l'encadrement ci-dessous, précisez à partir de vos observations précédentes le type de branchie de l'huître.

Suite de la réponse à la question B-2-2-1.

Branchies de type pseudolamellibranche caractérisé par des jonctions entre les filaments et les lamelles

Les branchies de l'huître sont aussi qualifiées de **branchies hétérorhabdiques plissées** car la surface des hémibranchies apparaît plissée sur la face frontale. Ces plis sont provoqués par la jonction irrégulière des filaments descendants et ascendants (paquets de 11-17 chez *Crassostrea gigas*).

B-2-2-2. Mettez en évidence sur une préparation microscopique les battements ciliaires de la branchie de l'huître. Vous préciserez la nature et le rôle des cils observés.

Vous montrerez à un examinateur les battements ciliaires observés ainsi que vos observations effectuées dans le paragraphe B-2-2-1.

Réponse à la question B-2-2-2.

▪ *Aucun dessin n'était demandé. Etait évalué le montage d'un **fragment de branchie entre lame et lamelle** à un grossissement suffisant (grossissement x400) pour mettre en évidence la ciliature.*

▪ **Nature et rôle des cils observés**

- *Le plus souvent, on observe la ciliature présente en bordure des feuillets au niveau de la gouttière ventrale, les cils latéro-frontaux. Ils sont impliqués dans la capture et le transport des particules captées par le mucus.*

- *Il existe d'autres types de cils branchiaux tels que les cils latéraux simples des filaments ordinaires présentant un battement régulier fronto-abfrontal et assurant le passage de l'eau à travers les branchies ou les cils fronto-médians présents dans la gouttière ventrale.*

B-2-2-3. Mise en évidence d'un contrôle des battements ciliaires

On souhaite étudier l'effet d'une substance A sur les battements ciliaires et déterminer à partir de quelle concentration cet effet peut être observé.

Vous disposez d'une solution A à la concentration de $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$. Des effets physiologiques sur la mobilité des cils peuvent être attendus entre $10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$ et $10^{-13} \text{ mol.L}^{-1}$.

Proposez un protocole permettant de tester l'effet de la solution A puis décrivez les résultats obtenus et concluez.

Pour cette étude, vous ferez un montage entre lame et lamelle d'un fragment de branchie.

L'application sous la lamelle des solutions diluées de la substance A sera effectuée en déposant une goutte de la solution au contact de la lamelle. Puis, vous aspirerez le contenu du liquide sous la lamelle en plaçant du côté opposé un morceau de papier absorbant.

Réponse à la question B-2-2-3.

▪ **Protocole pour tester l'effet de la substance A**

Le protocole d'application de la substance diluée sur un montage entre lame et lamelle d'un fragment de branchie est expliqué. Le protocole demandé dans la question concerne donc :

- *la réalisation des dilutions de la substance A*

- *le protocole d'application des différentes dilutions.*

1) Réalisation des dilutions

Pour obtenir des dilutions de 10^{-6} M et 10^{-13} M, il est possible de procéder par dilutions successives de $1/10^{\text{ème}}$ en sachant qu'on a besoin d'une petite quantité de solution diluée (500 μ L maximum). Donc pour chaque dilution au $1/10^{\text{ème}}$, 50 μ L de solution à 10^{-X} M ajoutés à 450 μ L eau de mer donnent 500 μ L de solution à 10^{-X+1} M

2) Protocole d'application des différentes solutions de solution A

Le traitement avec les solutions les plus diluées permet de déterminer assez rapidement la concentration seuil responsable d'un effet sur la mobilité des cils.

▪ Résultats

- On observe l'action inhibitrice de A sur la mobilité ciliaire
- Cette inhibition est observée à de très faibles concentrations de la substance A (autour de 10^{-11} M et 10^{-12} M).

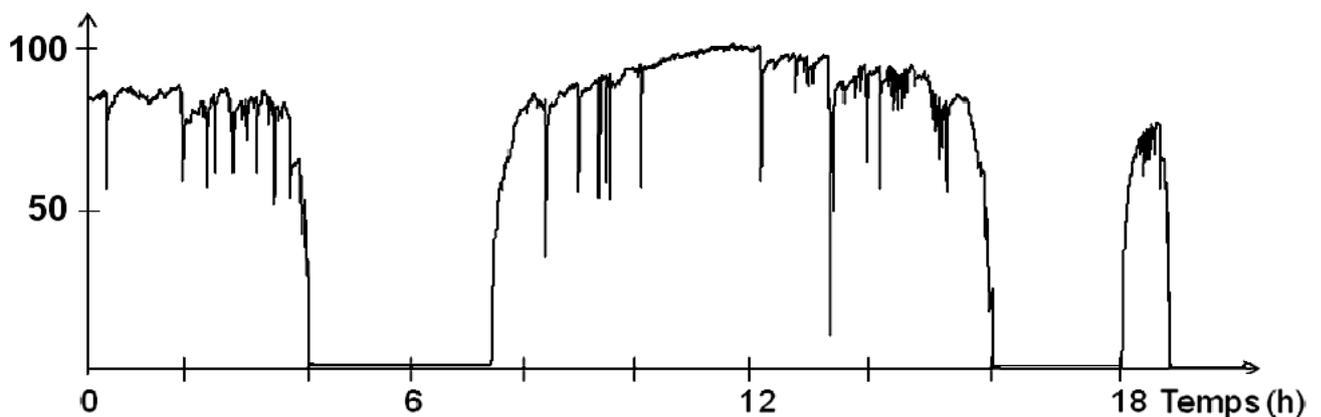
B-3. Etude du muscle responsable de la mobilité de la coquille de l'huître

B-3-1. Le mouvement des valves

La mobilité de la coquille de l'huître peut être suivie par valvulométrie en mesurant l'espacement entre deux électrodes fixées sur chaque valve. Le document suivant montre un exemple de tracé effectué sur une huître pendant une journée.

Document II-1. Suivi de l'écartement valvaire d'une huître. L'écartement valvaire est évalué en pourcentage d'ouverture horaire (d'après la thèse d'A. Mat, Université de Bordeaux, 2012).

Ecartement valvaire (%)



B-3-1-1. Décrivez et analysez avec précision le document II-1

Réponse à la question B-3-1-1.

Ce document montre que les mouvements valvaires ne sont pas aléatoires et associent des fermetures longues et des fermetures transitoires et rapides.

- **Suivi de l'écartement valvaire:** la coquille est majoritairement ouverte à 80%
- **Observation de fermetures périodiques longues** qui peuvent correspondre à des périodes de basse mer. Le mouvement des valves suit donc le rythme des marées et la fermeture de la coquille permet à l'huître de vivre émergée.
- **Observation de nombreux micro-mouvements** valvaires de fermeture de la coquille. Ces mouvements irréguliers, rapides et incomplets (à 50%) des valves auraient donc lieu quand l'huître est immergée. Ils interviendraient dans le maintien d'un courant d'eau permanent au niveau branchial,

indispensable à la ventilation mais aussi à la nutrition (évacuation des fèces) et à l'expulsion des gamètes.

B-3-1-2. En utilisant votre observation de l'animal dans la coquille (question II-B-1), citez l' / la / les organe(s) ou structure(s) impliqué(s) dans l'ouverture et la fermeture de la coquille de l'huître. Vous préciserez leur(s) fonction(s) respective(s).

Réponse à la question B-3-1-2.

Dans la question II-B-1, il est possible d'observer au niveau de la charnière le ligament et au milieu de la masse viscérale le muscle adducteur postérieur sectionné.

- **Le ligament abducteur** : rôle dans l'ouverture passive de la charnière (dysodonte - sans dents)
- **Le muscle adducteur** : rôle dans les mouvements de fermeture active des valves donc à rôle opposé au ligament. Il s'agit du muscle adducteur postérieur hypertrophié (bivalve monomyaire)

B-3-2. Le muscle de l'huître

B-3-2-1. Dans le cadre ci-dessous, réalisez un schéma détaillé, titré et légendé du muscle de l'huître.

Réponse à la question B-3-2-1.

Dessin représentant les 2 parties du muscle adducteur qui présentent un aspect différent :

- une zone nacrée, blanche, moins importante (1/3 du muscle), située du côté dorsal. C'est le muscle dit opaque (catch muscle).

- une région translucide, de couleur chair, plus volumineuse (2/3).

Ces 2 régions correspondent à des tissus musculaires différents dont la nature sera déterminée dans les questions suivantes. Le muscle opaque, nacré est un muscle lisse alors que le muscle translucide est un muscle strié oblique.

B-3-2-2. Caractérisation de la musculature impliquée dans la mobilité de la coquille

On souhaite comprendre le rôle des deux parties du muscle dans la biologie de l'huître.

■ Le rapport du poids de la partie translucide par rapport à celui de la partie nacrée varie en fonction de la profondeur à laquelle vivent les huîtres :

- 1,26 pour des huîtres élevées à la limite supérieure de la distribution verticale de l'espèce
- 2,51 pour des huîtres élevées 75 cm plus profondément. (Galtsoff, 1964)

Que suggère cette observation expérimentale sur le rôle de chaque partie du muscle ?

Réponse à la question B-3-2-2.

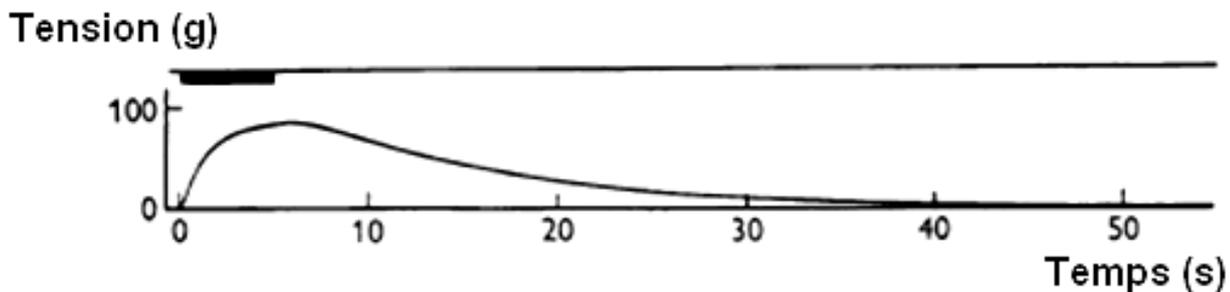
■ **Constat de la relation entre la profondeur et le volume des 2 parties du muscle** : plus l'huître se situe en surface, plus le rapport muscle translucide / muscle nacré diminue (passage de 2,51 à 1,26). Donc, la proportion de muscle nacré augmente quand l'huître se situe plus en surface et est susceptible d'être exondée plus longtemps.

■ **Hypothèse déduite:**

- Les 2 parties du muscle adducteur n'auraient pas la même fonction dans la fermeture de la coquille de l'huître
- Rôle du muscle nacré dans la fermeture prolongée de la coquille?

■ Analysez le document II-2 illustrant la contraction de la zone nacrée du muscle. A quel moment de la journée, illustrée dans le document II-1, ce muscle peut-il être impliqué ?

Document II-2. La contraction isométrique est enregistrée en réponse à une stimulation répétitive (indiquée par un trait noir) du nerf moteur à la fréquence de 10 chocs par seconde (Millman, 1964).



Suite de la réponse à la question B-3-2-2.

■ **Analyse du document**

La stimulation du nerf moteur provoque la contraction tonique (prolongée) du muscle nacré pouvant se maintenir jusqu'à 40 secondes. Ce type de contraction est caractéristique d'un type particulier de muscle, le muscle lisse. La partie nacrée du muscle adducteur serait donc un muscle lisse.

■ **A quel moment de la journée du document II-1?**

Dans le doc II-1, on peut observer la fermeture prolongée de la coquille entre 4 h et 7 h 30 puis entre 16 h et 18 h. Cela permet de confirmer l'hypothèse précédente: la partie nacrée du muscle adducteur serait responsable de cette fermeture prolongée de la coquille.

■ **Faites le bilan sur vos hypothèses concernant le rôle et la nature des deux parties du muscle de l'huître.**

Suite de la réponse à la question B-3-2-2.

Le muscle adducteur de l'huître est bipartite formé de 2 zones de rôles différents et de natures différentes.

■ ***la zone du muscle blanc nacré*** (muscle opaque) assez petite, dorso-postérieure, est formé de muscle lisse à contraction longue, impliqué dans la fermeture prolongée de la coquille lors de l'exondaison.

■ ***la zone du muscle translucide*** est plus volumineuse, plutôt antérieure. Son rôle n'a pas été mis en évidence dans les documents mais on peut supposer une fonction dans la fermeture de la coquille de l'huître mais dans des conditions complémentaires, lors des fermetures rapides et transitoires observées dans le document II-1.

On peut supposer alors que ce type de muscle n'a pas la même nature que le muscle nacré et serait du muscle strié. En réalité, il s'agit de muscle strié oblique.

C- Etude physiologique du cœur de l'huître

C-1. Observation de la région cardiaque

Repérez le cœur à l'aide de ses battements puis incisez avec l'aide de pinces fines la membrane transparente qui le recouvre. Lors de cette opération, faites très attention de ne pas abîmer le cœur qui est généralement situé juste en dessous.

Pensez à hydrater régulièrement votre préparation avec du liquide physiologique.

C-1-1. Dans le cadre ci-dessous, expliquez ce que représente la membrane qui recouvre le cœur.

Réponse de la question C-1-1.

*C'est le **péricarde**, délimitant la cavité péricardique qui est un reliquat du coelome chez les Mollusques*

C-1-2. Réalisez un dessin légendé et titré du cœur en place de manière à expliciter son organisation.

Après la réalisation de ce dessin, vous appellerez un examinateur pour montrer l'adéquation de celui-ci avec votre observation.

Réponse à la question C-1-2.

Localisé dans la cavité péricardique, le cœur apparaît avec:

- **2 oreillettes** d'apparence plus foncée (superposées)
- **un ventricule** plus clair et volumineux

En plus, il est possible d'observer l'aorte antérieure dans le prolongement du ventricule. La seconde aorte postérieure et le sinus veineux situé sous les oreillettes ne sont généralement pas visibles si le cœur est en place

C-1-3. En exploitant votre observation précédente, schématisez le système circulatoire de l'animal en indiquant la place du cœur, des branchies et des organes.

Réponse à la question C-1-3.

On peut donc imaginer différents types de schémas où figurent :

- une simple circulation avec la place centrale du cœur (2 oreillettes et 1 ventricule)
- une aorte qui sort du cœur et se dirige vers les organes (manteau, viscères)
- des vaisseaux entre les organes et les branchies
- le retour du sang oxygéné au cœur par le système veineux.

C-2. Etude de la fréquence cardiaque de l'huître et de son contrôle

Conseils : cette étude devra être effectuée sur une huître ayant été régulièrement hydratée avec du liquide physiologique après son ouverture. Si aucun battement cardiaque n'est observé pendant une minute après l'apport de liquide physiologique, utilisez un autre animal. Enfin, il est important, après l'hydratation initiale de la région cardiaque, de laisser se stabiliser le rythme cardiaque.

C-2-1. Mesure de la fréquence cardiaque du cœur *in situ*

■ **Décrivez comment se caractérisent les contractions du cœur de l'huître.**

Réponse de la question C-2-1.

■ **Contractions du cœur entier**

Le rythme cardiaque est visible par les mouvements alternatifs de la jonction entre l'oreillette et le ventricule. La contraction des oreillettes entraîne un déplacement du cœur vers la droite (côté ventral de l'animal) et la contraction du ventricule, un déplacement du cœur vers la gauche (côté dorsal de l'animal).

■ **Observation des cavités du cœur**

Observation de la contraction des oreillettes puis de celle des ventricules.

■ On souhaite mesurer la fréquence cardiaque de l'huître. Indiquez en le justifiant le mode de calcul choisi dans le cadre ci-dessous.
Appliquez cette méthode et reportez le résultat obtenu.

Suite de la réponse à la question C-2-1.

■ **Méthode de comptage**

- La fréquence de contraction étant faible et peu régulière, il est plus rigoureux d'évaluer le nombre de battements cardiaques sur 1 min. Les battements cardiaques sont en fonction du manipulateur soit les systoles auriculaires soit les systoles ventriculaires.

■ **Valeurs obtenues**

Le rythme cardiaque de l'huître dépend de nombreux facteurs dont la température. A température ambiante, les huîtres testées avaient 15-25 battements cardiaques par minute.

■ Si on prélève le cœur, il continue à se contracter.

Sans réaliser expérimentalement cette étape, vous expliquerez dans le cadre ci-dessous pourquoi un cœur isolé d'huître est encore capable de se contracter.

Suite de la réponse à la question C-2-1.

Il s'agit d'un automatisme intrinsèque d'origine myogénique.

C-2-2. Etude de l'action de substances pharmacologiques sur l'activité cardiaque de l'huître

Afin d'étudier le contrôle chimique de l'activité cardiaque, vous disposez de plusieurs substances pharmacologiques : acétylcholine, atropine, curare et adrénaline. Vous pourrez tester l'effet de ces substances pharmacologiques sur l'activité cardiaque au cours des questions suivantes.

C-2-2-1. Les effets de l'acétylcholine

Vous établirez une comparaison quantitative des effets de l'acétylcholine (ACh) sur la fréquence cardiaque de l'huître. Vous déterminerez la valeur de l'EC50.

Conseils méthodologiques :

- Il est conseillé de préparer à l'avance les solutions d'ACh de 10^{-3} à 10^{-11} mol.L⁻¹.
- Pour chaque solution, dont l'ordre de test sera judicieusement choisi, vous procéderez ainsi :
 - vous viderez la cavité péricardique en aspirant délicatement le liquide et en veillant de ne pas léser le cœur,
 - vous appliquerez 200-400 µL de solution d'ACh de manière à remplir la cavité,
 - vous attendrez 1 à 2 minutes avant de mesurer le rythme cardiaque.
 - Entre chaque dose, vous ne rincerez pas.
- A la fin de l'étude dose-effet, vous rincerez votre préparation au moins 3 fois 5 minutes avec la solution physiologique fournie.
- En cas de problème, il est toujours possible de rincer la cavité péricardique avec du liquide physiologique pendant 5 minutes puis recommencer le test à la concentration souhaitée.

■ **Rédigez dans le cadre ci-dessous la méthode choisie pour réaliser les solutions d'acétylcholine à 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} , 10^{-8} , 10^{-9} , 10^{-10} , 10^{-11} mol.L⁻¹ à partir de la solution fournie d'ACh.**

Avant de l'appliquer sur l'animal, vous appellerez un examinateur pour une vérification.

Réponse à la question C-2-2-1.

La solution d'ACh est fournie à 10^{-1} mol.L⁻¹. Pour obtenir des dilutions de 10^{-3} mol.L⁻¹ et 10^{-11} mol.L⁻¹, il est possible de procéder par dilutions successives de 1/10 en 1/10 en sachant qu'on a besoin d'une petite quantité de solution diluée (1 mL) Attention, les dilutions soient effectuées dans du tampon physiologique et non dans de l'eau distillée.

■ Testez l'action des différentes solutions d'acétylcholine sur le cœur de l'huître selon les conseils méthodologiques donnés précédemment.
Les résultats seront reportés dans le cadre ci-dessous sous la forme d'un tableau récapitulatif et d'un graphe.

Suite de la réponse à la question C-2-2-1.

- Mise en évidence par le candidat d'un **ralentissement du rythme cardiaque** ainsi que de l'amplitude des contractions cardiaques.
- Malgré les variations observées selon les huîtres, l'**arrêt complet de la contraction cardiaque** est observé entre 10^{-4} mol.L⁻¹ et 10^{-5} mol.L⁻¹.
- **Etablissement d'un tableau et d'un graphe résumant les résultats des mesures de la fréquence cardiaque.** Un minimum de 4 concentrations d'acétylcholine permet de tracer une courbe dose-réponse à allure sigmoïde.

■ Définissez et déduisez des données précédentes l'EC50 de l'ACh sur le cœur de l'huître.

Réponse à la question C-2-2-1.

La courbe dose-réponse précédente permet de déterminer très approximativement l'EC50 (concentration efficace médiane), c'est-à-dire l'effet inhibiteur à 50%, obtenu par l'ACh sur les battements cardiaques: **autour de 10^{-5} M, entre $5 \cdot 10^{-5}$ M et $5 \cdot 10^{-4}$ M selon l'animal.**
C'est un des principaux paramètres de caractérisation d'une courbe dose-effet.

■ Dans le cadre ci-dessous, résumez l'action modulatrice de l'acétylcholine sur le cœur de l'huître

Suite de la réponse à la question C-2-2-1.

- **Action cardiomodératrice de l'acétylcholine sur le cœur** comme chez de nombreuses espèces
- **Action relativement efficace de l'ACh qui agit à des concentrations faibles** ce qui témoigne de la présence de récepteurs sensibles.

C-2-2-2. A l'aide des substances proposées, que vous choisirez de manière judicieuse, identifiez le(s) récepteur(s) impliqué(s) médiant les effets de l'acétylcholine sur le cœur de l'huître.

■ Rédigez le protocole choisi dans le cadre ci-dessous.

Réponse à la question C-2-2-2.

Les candidats ont à leur disposition du curare et de l'atropine. Un traitement du cœur avec du curare ou l'atropine permet d'identifier le sous-type de récepteur cholinergique, nicotinique ou muscarinique. Le protocole à établir est de

- mesurer la fréquence cardiaque sans traitement (témoin)
- mesurer la fréquence cardiaque après un prétraitement du cœur en présence d'atropine (ou de curare) pendant 5-10 min pour que la substance pénètre bien puis le décompte du nombre de battements cardiaques pour vérifier que l'atropine ou le curare n'ont pas d'effet direct.
- L'application de la solution d'acétylcholine à une concentration efficace (provoquant un arrêt cardiaque ou un fort ralentissement) puis le décompte du nombre de battements cardiaques en présence des 2 substances.

■ Effectuez la manipulation et reportez les résultats dans un tableau suivant.
Que permet de conclure cette étude ?

Suite de la réponse à la question C-2-2-2.

- En présence d'atropine, un antagoniste des récepteurs cholinergiques muscariniques M2, l'action inhibitrice de l'acétylcholine est bloquée. Le cœur continue à battre globalement à la même concentration que le témoin.
- En présence de curare, l'acétylcholine provoque toujours un ralentissement du rythme cardiaque. Donc l'ACh agit sur le cœur de l'huître par des récepteurs cholinergiques muscariniques.

C-2-2-3. Action de l'adrénaline sur le cœur de l'huître

Après avoir bien rincé la région cardiaque ou isolé le cœur d'une autre huître, testez l'action de l'adrénaline sur le cœur. Pour cela, vous réaliserez une solution à 10^{-6} M à partir de la solution fournie.

Reportez dans le cadre ci-dessous le résultat obtenu et interprétez-le.

Réponse à la question C-2-2-3.

On observe une augmentation de la fréquence cardiaque, signe que l'adrénaline active l'activité cardiaque.

C-2-2-4. Bilan

Réalisez un schéma fonctionnel récapitulatif du contrôle du rythme cardiaque de l'huître.

Réponse à la question C-2-2-4.

Un schéma représentant l'action de substances étudiées sur le cœur était attendu:
- l'action inhibitrice de l'acétylcholine via des récepteurs muscariniques
- l'action activatrice de l'adrénaline via probablement des récepteurs adrénergiques.

PARTIE III : ADAPTATIONS DE QUELQUES ORGANISMES A LA VIE DANS LES MARAIS LITTORAUX

A- Etude d'un organisme du macrozooplancton

A-1. Définition du mode de vie de l'animal

Dans le cadre ci-dessous, définissez le terme de macrozooplancton et citez les principales caractéristiques des organismes en faisant partie.

Réponse à la question A-1.

- **Plancton** : vie en suspension, à déplacements nuls ou négligeables comparés aux grandes masses d'eau d'où une dérive au grès des courants.
- **Zooplancton** car animaux
- **Macroplancton** car taille comprise entre 5 mm et 5 cm.
- **Caractéristiques générales**
 - une vie en suspension grâce à une flottabilité accrue (appendices, soies, flotteurs...)
 - une densité proche de celle de l'eau de mer acquise par une composition riche en eau et une forte teneur en lipides
 - une transparence permettant d'échapper aux prédateurs ou autres moyens (bioluminescence permettant de masquer la fuite, couche de mucilages...)
 - une microphagie fréquente.

A-2. Identification de l'espèce

Identifiez l'espèce de l'animal fourni. Vous préciserez également sa position phylogénétique.

Réponse à la question A-2.

- **Artemia salina**
 - **Position phylogénétique:**
 - Arthropodes, Antennates Mandibulates, Crustacés
 - Branchiopodes et Anostracés
- Remarque : crustacés primitifs à squelette non calcifié, avec des appendices thoraciques caractéristiques foliacés, biramés et multilobés, porteurs de fortes soies filtrantes, un fort dimorphisme sexuel.

A-3. Plan d'organisation

Dans le cadre ci-dessous, schématisez selon l'axe antéro-postérieur la position des différents segments et appendices caractéristiques de l'animal.

Réponse à la question A-3.

- Attention, il n'était pas demandé un dessin de l'animal mais seulement une représentation schématique de son organisation selon l'axe antéro-postérieur. L'objectif est de comptabiliser les différents segments et appendices caractéristiques du plan d'organisation de l'Artémie:
- Représentation des tagmes
 - Représentation des 11 segments thoraciques et 8 pour l'abdomen

- Représentation des appendices associés: tête avec les appendices prébucaux (2 paires antennes) et post-buccaux, thorax avec 11 paires appendices locomoteurs (thoracopodes), abdomen terminé par une furca, sans appendice mais avec 2 premiers segments, porteurs des organes génitaux externes.

A-4. Un appendice caractéristique

Le schéma ci-dessous représente un appendice représentatif de l'animal étudié.

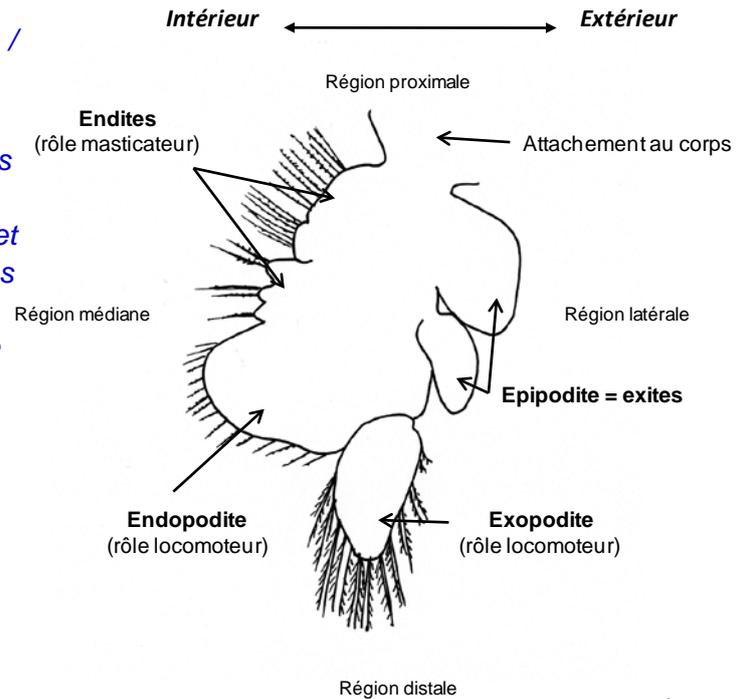
- Légendez les différentes parties identifiables sur le schéma ci-dessous.
- Vous préciserez ensuite les différentes fonctions faisant de cet appendice, un appendice multifonctionnel.

Réponse à la question A-4.

■ **Légendes:** endopodite et exopodite ou équivalent / rames, endites et exites

■ **3 fonctions:**

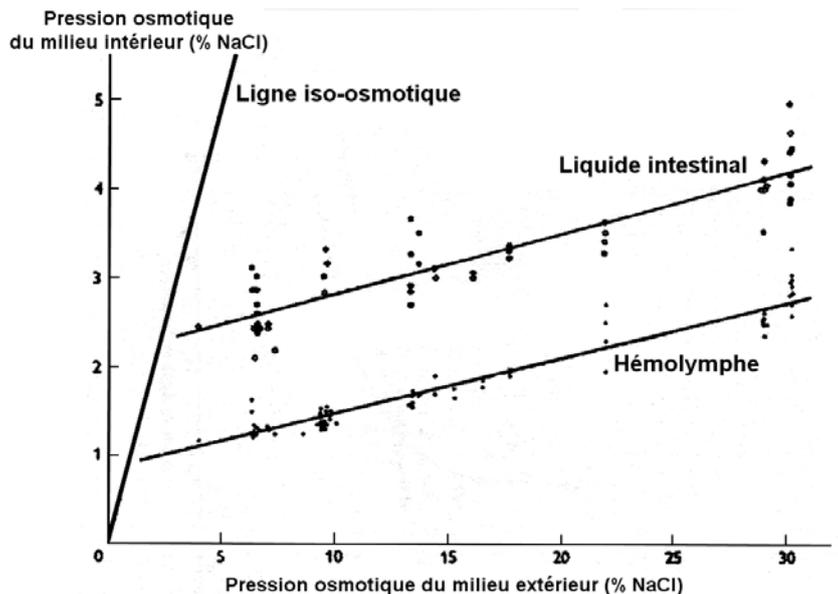
- Fonction locomotrice par des battements incessants ondulatoires (nage sur le dos)
- Fonction nutritive : particules alimentaires retenues et poussées dans une gouttière alimentaire formée par les deux rangées de pattes
- Fonction respiratoire : exite le plus distal renflé essentiellement branchial (cuticule fine)



A-5. Une vie dans les marais littoraux

Document III-1.

Relation entre la pression osmotique des fluides corporels et celle du milieu de vie (d'après Croghan, 1958).



Il s'agit d'une larve planctonique grâce aux nombreuses soies plumeuses qui assurent sa portance et sa locomotion (mouvements des appendices vers l'arrière) ainsi que sa nutrition par la capture de nourriture (microphagie).

A-6-3. Que représente la structure foncée située dans la région antérieure médiane et comment est-elle organisée ?

Réponse à la question A-6-3.

- Il s'agit de l'œil médian ou **œil nauplien** sensible à la lumière.
- Il est formé de la **fusion de 3 ocelles** ovoïdes juxtaposés (1 médian et 2 latéraux chez *Artemia*) et comprend des cellules rétinuliennes cristallines enchâssées dans une cupule de cellules pigmentaires – 25-29 cellules par ocelle latéral et 11 pour l'ocelle médian.

A-6-4. Adaptations de la larve à son milieu de vie

A-6-4-1. L'hémolymphe des larves a été prélevée par microponction au moyen de capillaires puis analysée. Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus chez des larves nouvellement écloses et des larves acclimatées pendant 200 minutes à 25°C dans différents milieux de vie.

Document III-3.

Evolution de la composition du milieu intérieur des larves en fonction du milieu de vie.

* Solution artificielle d'eau de mer (D'après Russler et Mangos, 1978).

	Milieu de vie		Hémolymphe	
	Osmolarité (mosm.L ⁻¹)	Composition ionique en Na ⁺ (meq.L ⁻¹)	Osmolarité (mosm.L ⁻¹)	Composition ionique (meq.L ⁻¹)
Milieu d'éclosion	1510	792	197 ± 11	Na ⁺ 102 ± 12
Milieux d'acclimatation	30	20	101 ± 8	Na ⁺ 49 ± 11
	155	80	118 ± 14	Na ⁺ 61 ± 11
	729	380	149 ± 16	Na ⁺ 80 ± 19
	932	500 *	161 ± 16	Na ⁺ 86 ± 14
		3500	194 ± 21	Na ⁺ 100 ± 15
		4900 *	224 ± 20	Na ⁺ 115 ± 14

A partir de ce document, que pouvez-vous conclure sur le comportement osmotique des larves ?

Réponse à la question A-6-4-1.

Le tableau compare l'osmolarité et la composition ionique du milieu intérieur (hémolymphe) de larves nauplii placées dans différentes conditions d'osmolarité.

▪ **Analyse du comportement osmotique des larves dans leur milieu d'éclosion (milieu témoin) à 1510 mosm.L⁻¹ (comme l'eau de mer)**

- Les larves nauplii sont hypo-osmotiques (197 mosm.L⁻¹ dans leur hémolymphe par rapport à 1510 mosm.L⁻¹) donc osmorégulent.
- Le taux de Na⁺ dans l'hémolymphe est très inférieur au milieu extérieur (102 meq.L⁻¹ par rapport à 792 meq.L⁻¹). Elles rejettent donc du NaCl ce qui participerait à leur osmorégulation.

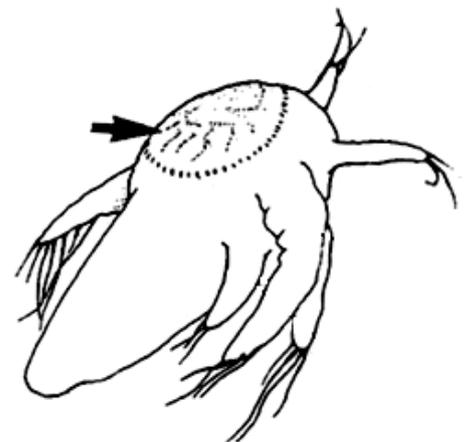
▪ **Dans divers milieux d'acclimatation caractérisés par une salinité et une osmolarité plus faibles et des milieux à salinité croissante :**

- Quelque soit le milieu, les larves nauplii possèdent une osmolarité de leur hémolymphe différente de celle du milieu. Il existe donc toujours une osmorégulation.
- L'osmorégulation est donc présente pour des milieux plus dilués que l'eau de mer comme pour des salinités très importantes.

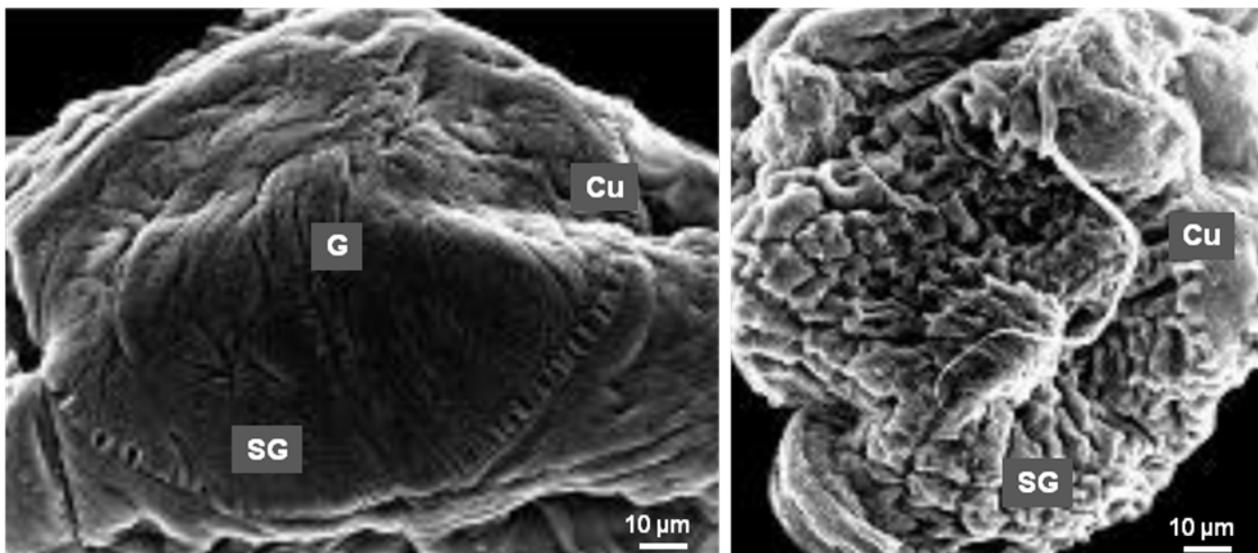
Bilan : les larves nauplii peuvent s'adapter à des milieux hyper-osmotiques comme à des milieux dessalés (comme après la pluie).

A-6-4-2. L'organe nucal de la larve

Situé en arrière des yeux sur la partie cervicale de la tête de la larve, l'organe nucal ou dorsal apparaît comme une plaque ovoïde blanchâtre (flèche sur la figure - d'après Martin et Laverack, 1992)



Le document III-4 illustre l'aspect en microscopie électronique à balayage de l'organe nucal de jeunes larves.



Document III-4.

Etude en microscopie à balayage de l'organe nucal de jeunes larves en fonction de la teneur de sel dans le milieu (concentration à 40 g.L⁻¹ à gauche et à 140 g.L⁻¹ à droite). Pour effectuer cette observation, la cuticule (Cu) a été retirée, permettant l'observation de la surface de l'organe nucal (SG). G, gorge (d'après Mahfouz et collaborateurs, 2013).

■ Quelle(s) hypothèse(s) pouvez-vous formuler à partir de ces photographies quant au rôle de l'organe nucal dans le comportement osmotique des larves ?

Réponse à la question A-6-4-2.

- **Structure très développée chez les larves nauplii élevées dans un milieu riche en sel avec l'apparition de circonvolutions ce qui suggère une augmentation d'une surface d'échanges).**
- **Hypothèse d'un rôle en faveur d'échanges en relation avec la forte concentration en NaCl dans le milieu**

B- Etude de la salicorne, une plante des vasières

B-1. Etude macroscopique

B-1-1. Dans le cadre ci-dessous, vous réaliserez un dessin d'observation annoté de l'appareil végétatif de la salicorne. Vous indiquerez dans le titre la famille de cette plante.

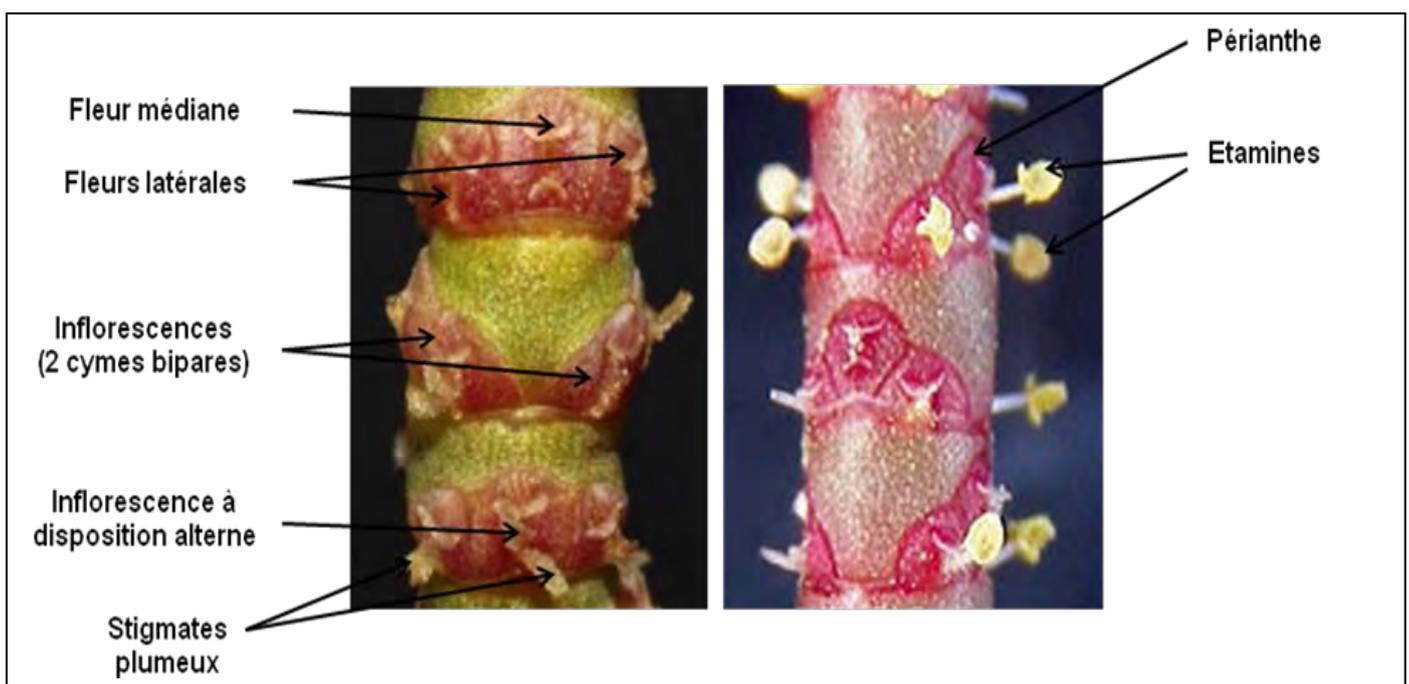
A la fin de votre dessin, vous appellerez un examinateur pour qu'il évalue votre dessin.

Réponse à la question B-1-1.

- **Dessin de l'appareil végétatif de la salicorne représentant**
 - la tige verte très charnue et épaisse, à cuticule épaisse, ramifiée
 - les feuilles réduites à de minuscules écailles
 - le système racinaire pivotant
- **Famille des Amaranthacées (classification phylogénétique) ou des Chénopodiacées**

B-1-2. Les photographies suivantes représentent la tige fleurie de salicorne à deux stades de maturation (d'après Kadereit et collaborateurs, 2007).

A l'aide de flèches, identifiez les fleurs et les pièces florales.



Réponse à la question B-1-2.

Etaient évalués l'identification

- **des fleurs** (incluses dans la tige au niveau de chaque article)
- **des différents organes visibles de la fleur**: le périanthe rougeâtre, les stigmates plumeux et les étamines
- **des inflorescences**: cymes de 3 fleurs dont une fleur médiane plus grande et 2 fleurs latérales, à disposition alternée

B-2. Etude microscopique de la structure de la tige

B-2-1. Vous réaliserez une coupe transversale de la tige puis une coloration appropriée avant d'effectuer une représentation schématique de la coupe, titrée et légendée.

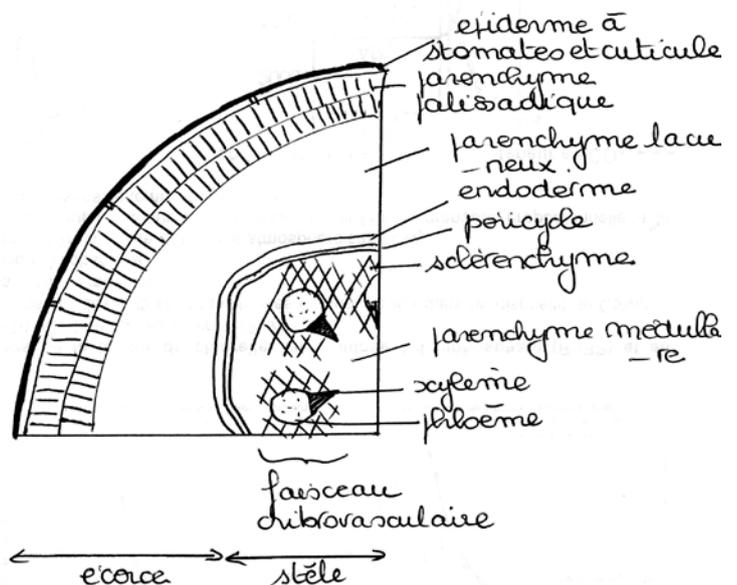
Les codes habituellement utilisés

A la fin de votre dessin, vous appellerez un examinateur pour qu'il évalue votre préparation microscopique ainsi que l'adéquation entre votre observation et votre représentation.

Réponse à la question B-2-1.

Représentation schématique de:

- **l'épiderme** à cuticule épaisse contenant quelques stomates
- **du cortex** externe différencié en tissu chlorophyllien palissadique avec des cellules, organisées sur 2-3 rangées, allongées et serrées sans méats, très riches en chloroplastes
- de la **partie profonde du cortex** formée d'un parenchyme aquifère riche en méats, avec des cellules à paroi fine, sans chloroplastes, organisées sur plusieurs couches (responsables de la succulence de la plante)
- de **l'endoderme unisérié** formé de cellules allongées dans le sens de l'axe tangentiel, à paroi fine, parfois riches en grains d'amidon
- **du péricycle** doublant l'endoderme



formé de cellules de petite taille et à paroi fine.

- de la stèle contenant du sclérenchyme et **6 faisceaux cribro-vasculaires** organisés en un cercle, avec xylème et phloème superposés
- du **parenchyme médullaire** avec parfois une petite cavité

B-2-2. Qu'observez-vous à la jonction du cortex et de la stèle centrale ? Comment interprétez-vous la présence de cette structure dans une tige d'Angiosperme ?

Réponse à la question B-2-2.

▪ Observation d'un endoderme associé à un péricycle, structures normalement **caractéristiques de coupes de racines chez les Angiospermes**

▪ **Endoderme caractéristique des tiges des Angiospermes aquatiques**

- **Rôle de l'endoderme des tiges des plantes aquatiques** : barrière sur le trajet du transport apoplastique de l'eau et des sels minéraux depuis le milieu extérieur jusqu'au xylème impliquant un contrôle membranaire obligatoire des molécules absorbées.

- Hypothèse sur le rôle de l'endoderme chez la salicorne : **contrôler l'entrée de sel.**

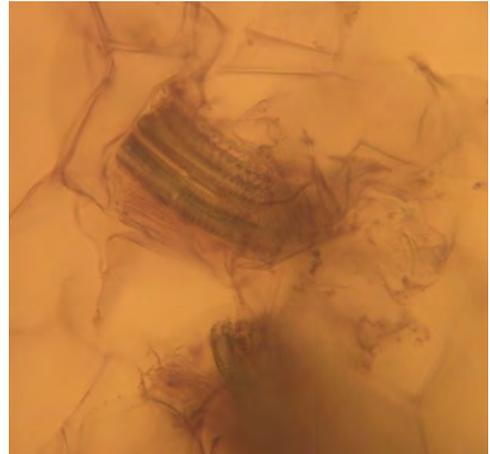
B-2-3. Dans le parenchyme cortical, vous pouvez observer des ensembles d'éléments cellulaires colorés en vert. Quelles sont ces structures identifiables ? Formulez une hypothèse sur leur rôle.

Réponse à la question B-2-3.

▪ Observation d'éléments allongés caractérisés par des **épaississements en spirale de lignine (coloration verte) rappelant des vaisseaux du xylème (des idioblastes trachéoïdes)**.

▪ **Rôle hypothétique**

La présence des épaississements en spirale de lignine peut aider les candidats à supposer un rôle de ces structures corticales dans le transport de l'eau au sein des tissus périphériques.



B-3. Bilan

En prenant en compte les différentes étapes de cette étude, vous récapitulerez dans le cadre ci-dessous les caractéristiques adaptatives de la salicorne à son milieu de vie en précisant le rôle de chacune.

Réponse à la question B-3.

Adaptations en faveur d'une économie d'eau :

▪ **Limitation des pertes d'eau foliaires tout en permettant une photosynthèse**

- Réduction de l'appareil foliaire (écailles)
- Développement d'un parenchyme palissadique caulinaire
- Cuticule épaisse
- Stomates peu nombreux

▪ **Rétention et contrôle de l'entrée de l'eau et des solutés au niveau des tissus**

- Succulence caulinaire et parenchyme caulinaire aquifère
- Endoderme et péricycle.

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

5.3.1 Présentation de l'épreuve

Le thème du TP d'option C portait sur « Les caractéristiques du climat terrestre ». La première partie du sujet (exercices 1 à 3) avait pour objectifs de dégager les caractéristiques du climat et d'en comprendre les mécanismes. La seconde partie (exercice 4) traitait des variations climatiques Quaternaire récentes en Europe associées à la réduction de l'aire de répartition de l'Homme de Neandertal. Des manipulations d'échantillons macroscopiques (roche, crane), lame mince, carte géologique étaient proposées ainsi que des modélisations (analogique et numérique). Des exercices d'analyse de données et des questions d'interprétation venaient aussi compléter les manipulations.

L'objectif du TP étant d'évaluer la capacité des candidats à mener une réflexion scientifique à partir de données, aucun des exercices du sujet ne nécessitait d'importants pré-requis. Le jury a remarqué qu'un nombre important de candidats a répondu à partir d'éléments erronés issus de leurs connaissances propres sans utiliser le plus souvent les informations fournies par les documents. La méthode, la démarche et la réflexion étant évaluées, le jury encourage les candidats à corriger cette approche. Le jury conseille au candidat d'utiliser le barème comme un indicateur du temps à passer sur chaque question (la taille des encarts étant volontairement assez importante pour laisser de la place aux éventuels schémas). Le jury encourage également les candidats à consolider leur maîtrise des outils mathématiques de base, de nombreuses maladresses ayant été constatées dans les exercices nécessitant des calculs.

5.3.2 Commentaires concernant la première partie

Le premier exercice du sujet traitait du paradoxe du Soleil jeune et des mécanismes expliquant le maintien de l'habitabilité de la Terre depuis 4Ga. Cet exercice était volontairement axé sur la quantification afin d'évaluer l'aptitude des candidats à manipuler des équations simples et utiliser les outils informatiques pour les résoudre. Bien que l'ensemble des équations nécessaires aux calculs étaient données, une partie non négligeable des candidats n'a pas réussi cet exercice, le rendant très discriminant.

Le second exercice s'appuyait sur l'analyse d'objets géologiques (cartes géologiques, échantillons de roches et photos d'affleurement) et visait à évaluer la capacité des candidats à élaborer un raisonnement cohérent à partir d'observations tels que cela pourrait être fait directement lors d'une excursion de terrain et à partir d'analyses en laboratoire. L'exercice était centré sur des aspects sédimentaires et géomorphologiques ayant pour cadre le Jura. Les candidats ont globalement bien traité cette partie, avec toutefois des difficultés dans la réalisation de la coupe géologique qui pourtant n'offrait pas de difficultés particulières. Les failles sont souvent mal orientées et représentées. Les plis sont souvent représentés de façon symétrique, sans dysharmonie. Les photos sont souvent interprétées de façon fantaisiste et simpliste et notamment les morphologies glaciaires, rares sont les candidats qui ont annoté les photos et illustrations.

Le troisième exercice concernait les cycles glaciaires/interglaciaires au Quaternaire et la théorie astronomique des climats comme mécanisme expliquant cette variabilité naturelle du climat. Peu de pré-requis étaient nécessaires pour résoudre cet exercice, les

caractéristiques des paramètres orbitaux et leur évolution étaient fournis dans l'énoncé. Cependant cet exercice fut le moins bien traité par les candidats. Prêt de la moitié des candidats n'a pas réussi à identifier l'inégale durée des périodes glaciaires/interglaciaires. Seule une minorité a réussi à relier les configurations orbitales et les effets sur le climat, la rétro-action de l'albédo de la glace fut quasiment systématiquement oubliée. La modélisation analogique fut par conséquent très sélective.

5.3.3 Commentaires concernant la seconde partie

Le dernier exercice avait pour objectif de déterminer les conditions environnementales associées aux derniers néandertaliens en France et aux changements climatiques associés. Comme pour une étude de terrain, la première étape était de déterminer l'appartenance de fossiles, ici des crânes (moulages) à une espèce éteinte, puis de dater les sites (méthode du ^{14}C) pour enfin discuter le contexte environnemental associé. Cet exercice a révélé une capacité médiocre de comparaison de spécimens et une approche encore trop théorique de la méthode de datation au ^{14}C . Les notions d'incertitudes et de contaminations restent mal maîtrisées.

5.3.4 Sujet commenté

NOM :

Prénom :

Salle :

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2015

TRAVAUX PRATIQUES DE SPÉCIALITÉ DU SECTEUR C

Durée totale : 6 heures

Les caractéristiques du climat terrestre

L'épreuve se compose de 4 parties :

Partie I : la stabilité du climat terrestre aux longues échelles de temps **page 2**

Durée conseillée : 1h15 dont 30 minutes sur poste informatique – barème : 25/120

Partie II : Le Jura : contexte géologique et enregistrements climatiques **page 7**

Durée conseillée : 2h00 dont 20 minutes au poste d'observation – barème : 40/120

Partie III : Comprendre les variations climatiques du Quaternaire **page 16**

Durée conseillée : 1h35 dont 10 minutes devant l'examineur – barème : 30/120

**Partie IV : Les variations climatiques de la fin du Quaternaire
en Europe et l'Homme de Neandertal** **page 24**

Durée conseillée : 1h10 dont 20 minutes au poste d'observation – barème : 25/120

Cette épreuve de travaux pratiques est consacrée à l'étude du climat terrestre, ses grandes caractéristiques et aux interactions avec l'Homme. Les différentes parties peuvent être traitées de manière indépendante

Ce sujet contient 29 pages de texte et de figures, plus 3 documents qui sont à rendre avec la copie (feuilles non incluses au dossier : le document A est au format A3, les documents B et C sont au format A4.)

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 :

Partie I - La stabilité du climat terrestre aux longues échelles de temps

Durée conseillée : 1h15 dont 30 minutes sur poste informatique – barème : 25/120

A. Calcul de la température de la Terre à l'équilibre radiatif

La planète Terre effectue ses échanges énergétiques avec son environnement par l'intermédiaire du rayonnement. Le rayonnement solaire incident au sommet de l'atmosphère constitue la seule source d'énergie du système Terre-Atmosphère. La somme du rayonnement solaire réfléchi et du rayonnement tellurique (sous forme d'infrarouges) sont les seules sorties de ce même système. Cette description simple du fonctionnement du climat terrestre illustre combien l'équilibre radiatif de la Terre est déterminant. Pour obtenir cet équilibre, le rayonnement solaire incident doit être compensé par un flux d'énergie quittant notre planète équivalent.

I.A.1 Dans le cas théorique d'une Terre possédant une atmosphère dépourvue de gaz à effet de serre, le bilan radiatif peut s'exprimer de la manière suivante :

$$\text{Equation (1)} \quad 4.\pi.R_T^2.\sigma.T_E^4 = S_0.\pi.R_T^2.(1-\alpha)$$

Où R_T est le rayon de la Terre, S_0 est la constante solaire moderne, α est l'albédo de la planète, et σ , est la constante de Stefan-Boltzmann, T_E étant la température d'équilibre de la Terre (en Kelvins). Exprimer T_E en fonction de S_0 , α , et σ , puis calculer T_E . Discuter la valeur de l'albédo utilisée dans ce calcul. 3 points

Réponse I.A.1

$$T_E = [S_0(1-\alpha)/4\sigma]^{1/4}$$

$$\text{AN : } T_E = 254 \text{ K} = -19^\circ\text{C}$$

La valeur α dépend au premier ordre des états de l'eau (présence de glace, nuages, ...) donc de la température terrestre. Si T_E est assimilée à la température de surface en l'absence de gaz à effet de serre alors, pour une valeur de -19°C , α devrait être supérieur à 0.31. La valeur de -19°C est donc une valeur théorique qui ne rend pas compte de la rétro-action de la température sur l'albédo terrestre.

Commentaire :

A l'exception de la valeur théorique de l'albédo utilisée, cette question fut assez bien traitée.

Données : $S_0 = 1368 \text{ W.m}^{-2}$, $\alpha = 0,31$, $\sigma = 5,67051 \cdot 10^{-8} \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$

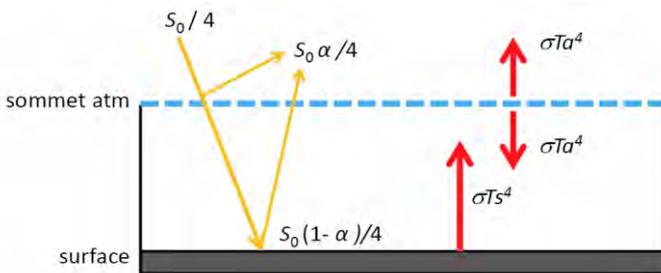
NOM : _____ Prénom : _____ Salle : _____

I.A.2 Le réchauffement induit par l'effet de serre peut être exprimé simplement comme suit :

$$\Delta T_{ES} = T_S - T_E \quad \text{où } T_S \text{ (température globale actuelle) } = 15^\circ\text{C}.$$

En utilisant la valeur de T_E obtenue dans la question I.A.1, calculer ΔT_{ES} . Expliquer, à l'aide d'un schéma, le mécanisme de l'effet de serre. *3 points*

Réponse I.A.2



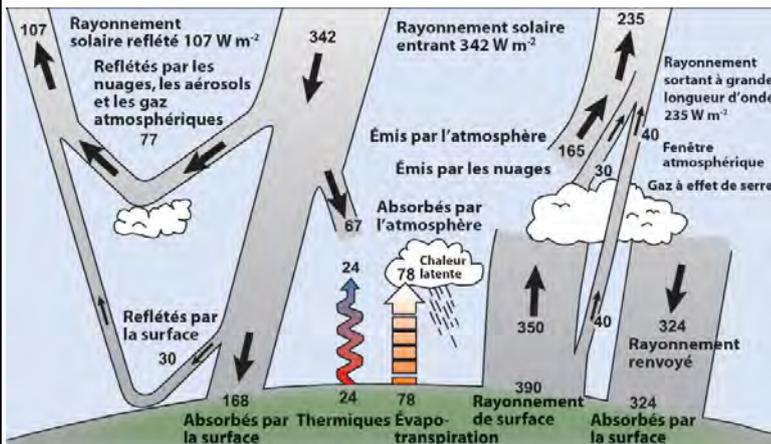
AN : $\Delta T_{ES} = 15 - (-19) = + 34^\circ\text{C}$

T_a température de l'atmosphère

T_s température de la surface

On suppose ici une atmosphère transparente au rayonnement solaire incident et qui se comporte comme un

corps noir isotherme dans les ondes longues (atmosphère opaque aux infra-rouges). Le flux d'infra-rouges émis par la surface est d'autant plus important que la température de surface est importante. L'atmosphère, opaque aux infra-rouges, absorbe ce rayonnement. Dans le cas d'une atmosphère parfaitement opaque, la moitié de ce qu'elle absorbe est réémis vers la surface, l'autre moitié étant réémis vers l'espace (selon la relation σT_a^4).



Les propriétés de l'atmosphère vis à vis du rayonnement sont liées à ses constituants, notamment les gaz à effet de serre, très minoritaires en quantité, mais prépondérants dans le bilan radiatif terrestre.

Source : GIEC, 2007

On peut quantifier l'effet de serre en observant la différence entre le rayonnement infra-rouge émis à la surface moins le rayonnement infra-rouge émis vers l'espace au sommet de l'atmosphère, la différence étant conservée dans le système Terre-atmosphère. Sur Terre cette différence équivaut à 155W/m^2 et explique le réchauffement de $+34^\circ\text{C}$ calculé dans la question I.A.1

Commentaire : l'effet de serre a été mal présenté par les candidats. Le phénomène d'absorption/réémission fut très largement confondu avec le phénomène de réflexion.

B. Effet de l'évolution solaire sur la température terrestre

Les questions I.B.1 et I.B.2 s'effectuent sur poste « informatique » suivant le planning de passage affiché au tableau. Vous disposez de 30 minutes maximum sur ce poste. La partie B nécessite que la partie A soit traitée au préalable.

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

Observations et modèles suggèrent que le Soleil était bien moins lumineux par le passé. En 1981, le professeur Gough publia un modèle retranscrivant l'évolution de la luminosité solaire en fonction du temps. Exprimé sous la forme d'une simple loi paramétrique, ce modèle demeure aujourd'hui encore raisonnablement précis pour calculer la luminosité solaire dans le passé.

→ Equation (2).....
$$\frac{S(t)}{S_0} = \frac{1}{1 + 0.4(t/4.6)^4}$$

$S(t)$ est la luminosité solaire au temps t , S_0 est la luminosité solaire actuelle (en $W.m^{-2}$), et t est le temps (exprimé en milliard d'années ou Ga) avant la période actuelle (à $t=0$ Ga, $S(t)$ égale S_0).

I.B.1 Calculer l'évolution de $S(t)$ tous les 0,2 Ga de 4 Ga jusqu'à nos jours (**le protocole d'utilisation du logiciel Excel est fourni et est disposé à côté du poste travail informatique**). 4 points

I.B.2 Calculer l'évolution de T_S tous les 0,2 Ga de 4 Ga jusqu'à nos jours, si seule $S(t)$ varie (on supposera que l'albédo terrestre ($\alpha = 0,31$) et l'effet de serre (ΔT_{ES}) sont restés constants) (**le protocole d'utilisation du logiciel Excel est fourni et est disposé à côté du poste travail informatique**). 6 points

Réponses I.B.1 et I.B.2 : **Enregistrer votre réponse sous la forme d'un fichier Excel ayant pour titre « Nom_prenom_salle.xls »**

Données	unités
Constante Solaire Actuelle	1368 $W.m^{-2}$
Constante de Stefan-Boltzmann	5,67E-08 $W.m^{-2}.K^{-4}$
Albédo terrestre actuel	0,31

temps géologique (Ga)	S(t) / So	$T_S = T_E + \Delta T_{ES}$	
		à compléter S(t) [W/m^2]	à compléter Ts [Kelvin]
0,00	1,00	1368,00	287,99
0,20	0,98	1344,62	286,90
0,40	0,97	1322,02	285,83
0,60	0,95	1300,17	284,78
0,80	0,93	1279,02	283,76
1,00	0,92	1258,56	282,75
1,20	0,91	1238,74	281,77
1,40	0,89	1219,53	280,80
1,60	0,88	1200,92	279,86
1,80	0,86	1182,86	278,93
2,00	0,85	1165,33	278,01
2,20	0,84	1148,32	277,12
2,40	0,83	1131,80	276,24
2,60	0,82	1115,74	275,38
2,80	0,80	1100,14	274,53
3,00	0,79	1084,97	273,69
3,20	0,78	1070,20	272,87
3,40	0,77	1055,84	272,07
3,60	0,76	1041,85	271,28
3,80	0,75	1028,24	270,50
4,00	0,74	1014,97	269,73

terre gelée
terre gelée
terre gelée
terre gelée
terre gelée
terre gelée

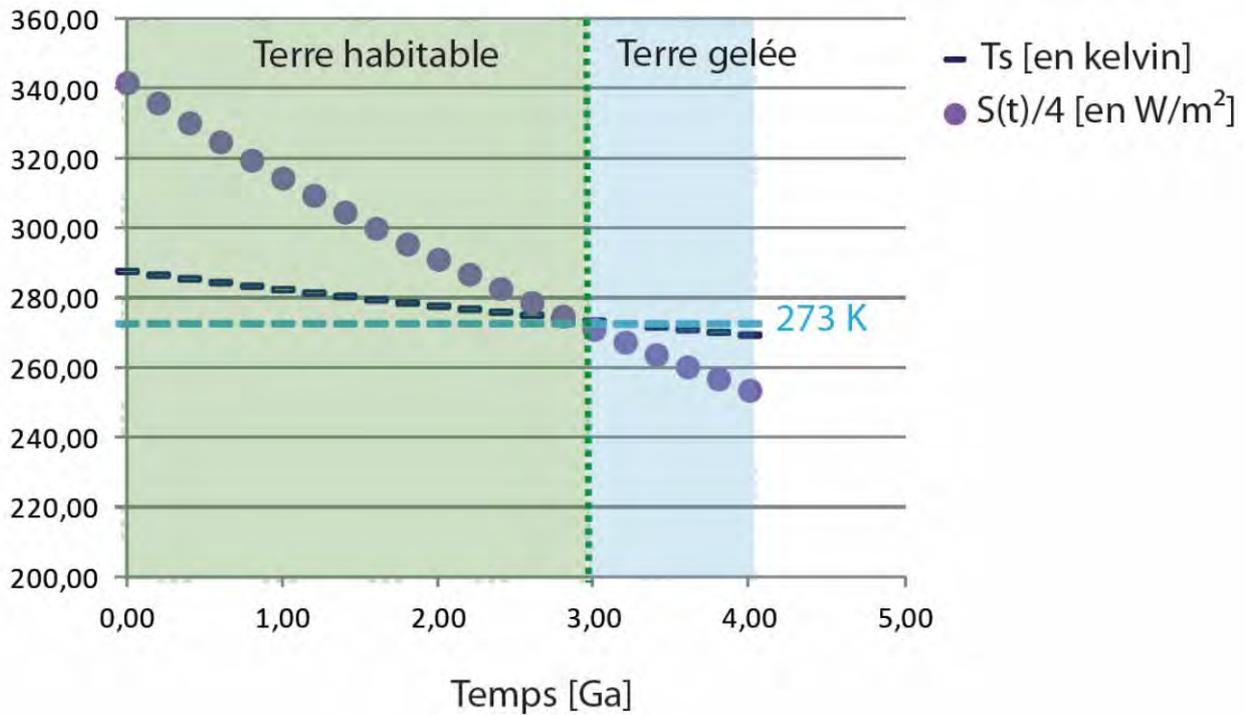
NOM :

Prénom :

Salle :

I.B.3 Tracer sur un même graphique l'évolution conjointe de $S(t)$ et de T_S depuis 4 Ga jusqu'à aujourd'hui. Indiquer la période où l'habitabilité de la Terre est théoriquement possible (on supposera que cette habitabilité est associée à une température globale supérieure à 0°C et un albédo terrestre (α) de 0,31). 2 points

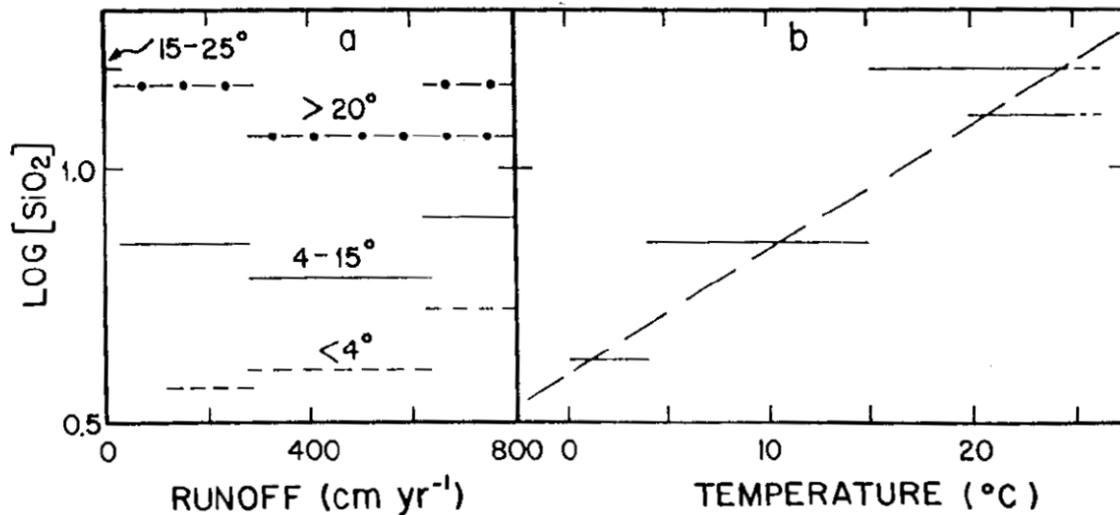
Réponses I.B.3



Commentaire : les conditions d'habitabilité proposées dans cette question sont données à titre indicatif. Dans le détail, une température théorique de 0°C de la Terre ne signifie pas que la Terre est entièrement gelée, cet état n'intervient que si la température moyenne passe sous -20°C . De même la rétroaction de l'albédo est ici ignorée.

C. La théorie du thermostat terrestre ou comment la température de la Terre est régulée à long-terme.

L'enregistrement géologique suggère la présence d'eau liquide à la surface de la Terre depuis plus de 3,8 Ga, ainsi qu'une remarquable stabilité de la température terrestre à des valeurs proches de 15°C. Ces observations supposent l'existence d'un mécanisme permettant de réguler la température de la Terre à long-terme.



Figure

I : concentration de silice dissoute [mg.l^{-1}] (échelle logarithmique) mesurée dans les rivières (Meybeck, 1979) : (a) en fonction du ruissellement (ou runoff en anglais, donné en cm/an) pour différentes températures moyennes annuelles ($^{\circ}\text{C}$) ; (b) en fonction de la température moyenne annuelle ($^{\circ}\text{C}$). La ligne pointillée montre la pente déduite de mesures obtenues en laboratoire (travaux de Lagache, 1965) (source Walker et al. 1981).

I.C.1 A partir des contraintes établies précédemment, calculer la valeur théorique de ΔT_{ES} il y a 3,8 Ga nécessaire pour maintenir l'habitabilité de la Terre. 2 points

Réponse I.C.1

$$\Delta T_{\text{ES}} = T_s - T_E \quad T_{E(3.8\text{Ga})} = 270.5 - 34 \text{ (cf question I.A.2)} = 236.5 \text{ K}$$

AN : les 2 cas sont acceptés ($T_s = 273$ ou 288K)

$$\text{Si } T_s = 273\text{K}, \Delta T_{\text{ES}(3.8\text{Ga})} = 273 - 236.5 = 36.5 \text{ K (ou } ^{\circ}\text{C)}$$

$$\text{Si } T_s = 288\text{K}, \Delta T_{\text{ES}(3.8\text{Ga})} = 288 - 236.5 = 51.5 \text{ K (ou } ^{\circ}\text{C)}$$

NOM :

Prénom :

Salle :

Partie II - Le Jura : contexte géologique et enregistrements climatiques

Durée conseillée : 2h00 dont 20 minutes au poste d'observation – barème : 40/120

Les questions II.A.3 et II.A.4 s'effectuent sur le poste d'observation « pétrologie » suivant le planning affiché au tableau. Vous disposez de 20 minutes maximum sur ce poste. Cette partie peut être traitée indépendamment des autres.

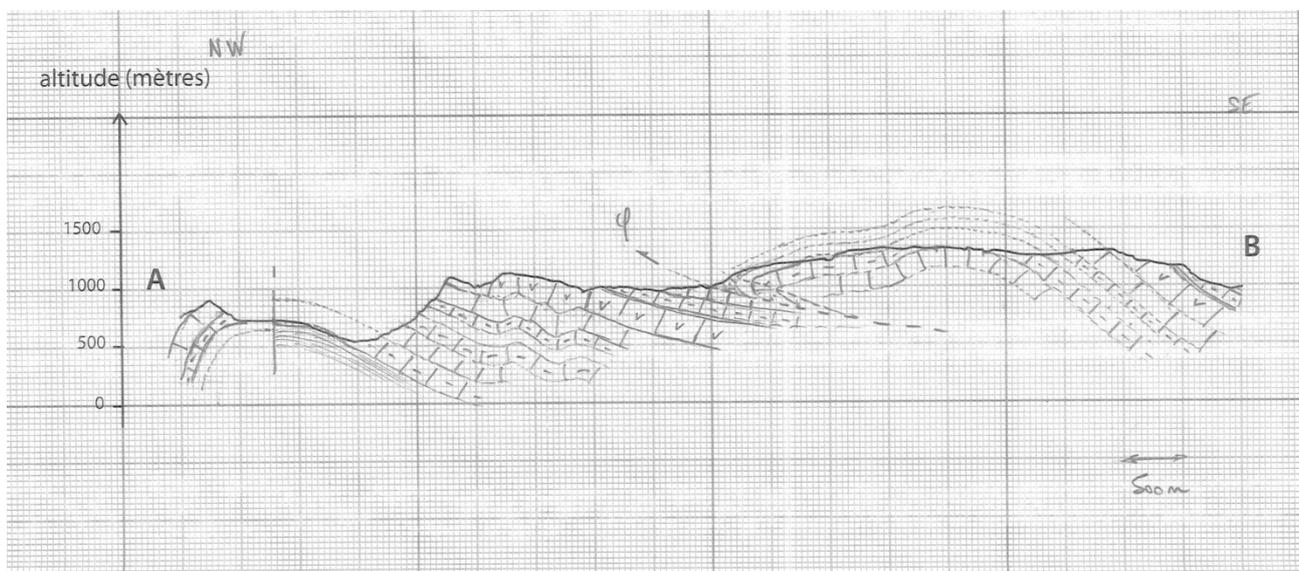
A. Le contexte géologique du Haut-Jura

Le document A (format A3) est un extrait de la carte géologique de Saint Claude (Haut-Jura) au 1/50 000^{ème}, le document B (format A4) est un extrait de la légende de la carte géologique de Saint Claude. Le document C (format A4) est une feuille de papier millimétré sur lequel figure le profil topographique associé au trait de coupe présent sur le document A.

II.A.1 Réaliser une coupe géologique selon le trait indiqué sur le document A (à réaliser selon le profil topographique fourni – document C). *10 points*

Réponse II.A.1: **sur le document C directement**

Les valeurs de pendage (doc. A) indiquent une importante disharmonie des couches (sur la coupe la zone de chevauchement a été simplifiée).



Commentaire : Les candidats ont rencontré des difficultés dans la réalisation de la coupe géologique qui pourtant n'offrait pas de difficultés particulières. Les failles sont souvent mal orientées et représentées. Les plis sont souvent représentés de façon symétrique, sans dysharmonie.

NOM :

Prénom :

Salle :

II.A.2 En vous aidant de la coupe géologique (document C) et des documents A et B, relever les arguments cartographiques vous permettant de reconstruire les grandes lignes de l'histoire des reliefs de la région de Saint-Claude. Vous reproduirez à l'aide de calques (format A4; **indiquer votre nom sur les calques**), les indices cartographiques utilisés pour votre argumentation puis vous schématiserez simplement les mécanismes à l'origine de ces reliefs dans l'encadré ci-dessous. *6 points*

Réponse II.A.2

Relief d'origine tectonique :

- reliefs selon des structures orientées NE-SO
- sur la coupe – l'anticlinale des Molunes est associé à un chevauchement vers l'Ouest.
- second chevauchement vers l'Ouest celui de Saint Claude qui amène une structure anticlinale sur une structure synclinal
- ces structures plissées génèrent de forts dénivelés

Interaction tectonique/érosion

- cluse du Flumen, entre les 2 chevauchements (action érosive de la rivière au cours du plissement Jurassien)
- combe (érosion préférentielle dans un plissement anticlinal favorisé ici par la nature calcaire des couches (fracturation des couches calcaires lors du plissement dans l'extrados)

accélération de l'érosion par l'action glaciaire (omniprésence des dépôts glaciaires dans les dénivelés). A l'Est du secteur on observe le cône de déjection de Gex qui provient de l'accumulation du matériel érodé au niveau de la combe de l'Envers (à l'Ouest de Gex)

II.A.3 L'échantillon 1 (**disposé sur le poste d'observation « pétrologie »**), est une roche commune des terrains de la carte de Saint Claude. Décrivez cette roche en indiquant les structures caractéristiques témoignant de son histoire géologique. *4 points*

Réponse II.A.3



Description

Echantillon de roche sédimentaire (biogène). Il s'agit d'une roche carbonatée comme le montre la réaction à l'acide et le test de dureté avec l'acier ou le verre met en évidence la présence de quartz. L'échantillon montre des fragments de bioclastes (bivalves, échinodermes, coraux, etc.) dans une matrice finement grenue qui permet d'attribuer une texture de type packstone à wackestone.

NOM :

Prénom :

Salle :

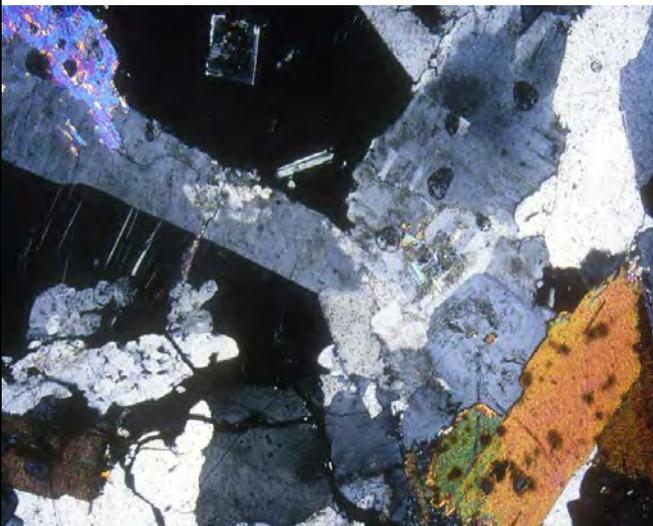
Cet échantillon présente un aspect arrondi à sub-arrondi, avec des arrêtes le plus souvent fortement émoussées et une forme caractéristique ovoïde, souvent bosselée. Localement des stries peuvent être observées sur certaines des faces de l'échantillon avec une orientation préférentielle difficile à mettre en évidence. Il s'agit d'un galet.

Formation et histoire de la roche

Il s'agit d'une roche carbonatée issue d'un sédiment marin composé de fragments de bioclastes et d'une matrice finement grenue. Ce sédiment a ensuite été consolidé au cours de la diagenèse et de l'enfouissement. Cette roche a ensuite subi une déformation avant d'être érodée et soumise à des processus de transport et sédimentation. Le caractère émoussé, la morphologie de ce galet font penser à un transport sous aquatique en domaine de rivière par exemple et la présence de strie est indicatrice d'un transport probablement sous glaciaire en lien avec la mise en place de moraines.

II.A.4 L'échantillon 2 (**disposé sur le poste d'observation « pétrologie »**), est une lame mince. Dessiner, légènder une zone de cette lame mince, puis indiquer les conditions de formation de la roche dont est issue la lame mince. *3 points*

Réponse II.A.4



Description

Roche entièrement cristallisée à texture grenue:

En LPNA on distingue :

Minéraux clairs à faible relief, aspect altéré (feldspaths), d'autres d'aspect limpide et peu altéré (quartz)
Minéraux colorés de couleur brune, pléochroïsme net et clivages parallèles (mica noir)

lame de granite (source : banque nationale de photo SVT)

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

en LPA
minéraux clairs à biréfringence faible gris du 1^{er} ordre allant du blanc au gris très foncé, des extinctions roulantes (quartz), macles polysynthétiques (feldspaths plagioclases), d'autres à l'aspect craquelé (macle Carlsbad présente) (orthose).

Minéraux principaux présents : quartz, orthose, feldspaths plagioclases, micas (biotite)
Roche : granite

conditions de formation
échantillon issu des complexes plutoniques alpins formés par anatexie

B. Enregistrements des variations climatiques dans le massif du Jura

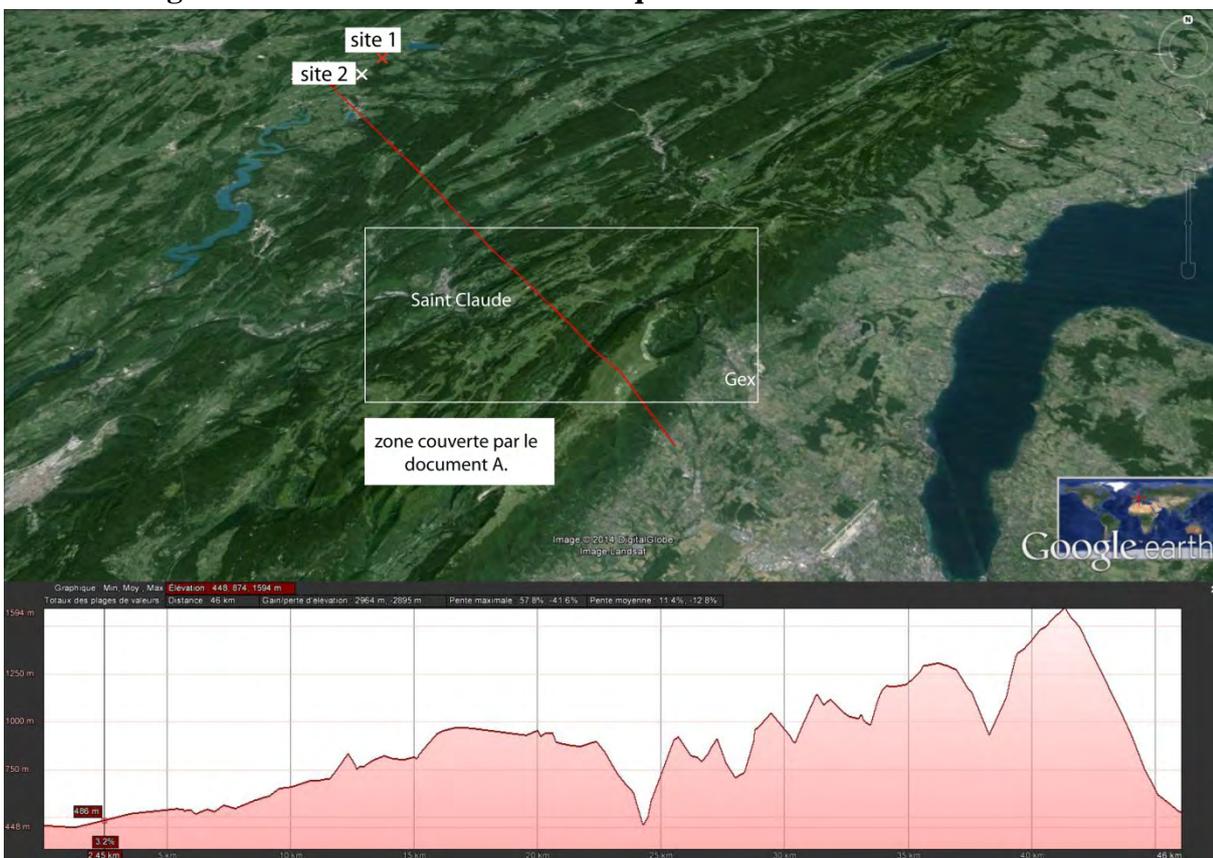


Figure 2. Image Google Earth du massif du Jura indiquant la zone couverte par le document A, la localisation des sites 1 et 2, ainsi qu'un profil topographique général SE-NO (selon le trait de coupe en rouge) illustrant les limites du massif du Jura (en terme de relief) à l'Est et à l'Ouest.

II.B.1 L'échantillon 2 provient d'une roche prélevée dans les formations GxJ à l'Est de la ville de Gex. Expliquer sa provenance en vous basant sur la figure 2 et les documents A et B. 2 points

Réponse II.B.1

Les dépôts glaciaires sur la bordure Est du massif du Jura contiennent des roches non observées à l'Ouest (cf document A). Compte tenu de la topographie du massif (fig.2), la

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

présence de roches granitiques (ech.2) dans les dépôts glaciaires (GxJ) serait expliquée par une « contamination » par du matériel alpin. L'absence de matériel alpin plus à l'Ouest dans les dépôts glaciaires suppose que le massif du Jura aurait joué un rôle de barrière à l'écoulement des glaciers alpins par la présence de glaciers jurassiens (présence déduite des nombreux vestiges de dépôts glaciaires/indices cartographiques observables sur le doc.A).

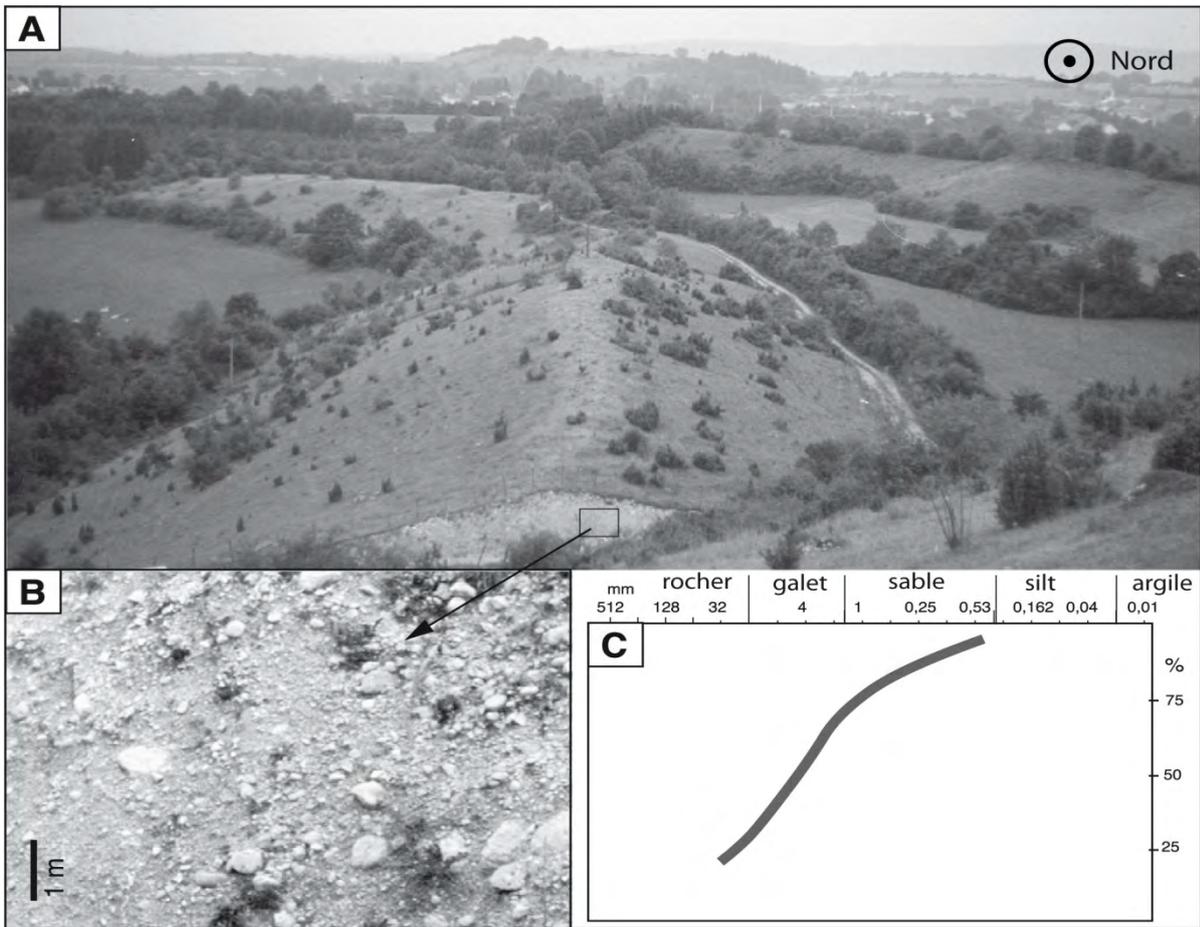


Figure 3. (A) et (B) sont des détails d’affleurement observables à la Combe d’Ain (site 1 de la figure 2) associés aux formations GxJ (âge ~24-21,5 kans (1 kans égale 10³ ans)). La figure 3C illustre la distribution granulométrique observée dans l’affleurement (B) (pourcentage en fonction du diamètre des grains exprimé en mm) (modifié de Buoncristiani et Campy, 2004).

II.B.2 A partir de l’étude de la figure 3, présenter les conditions de formation des structures géologiques observées. 2 points

NOM :

Prénom :

Salle :

Réponse II.B.2

Fig.3B et C : Hétérogénéité des tailles des grains présents (du sable aux galets), absence des particules fines (argiles, silts). Faible cohésion de l'ensemble. Les blocs, bien qu'ébouffés, sont moins arrondis que des galets fluviaux, pas de litage ni de granoclassement.

Interprétation : accumulation liée à l'action d'un glacier, absence de particules fines (emportées par l'eau – fonte estivale)

Fig. 3A : morphologie du dépôt en arc (cordon morainique) ou drumlin ici on observe 2 cordons (un au premier plan, un second moins visible au second plan)

Interprétation : ancien front glaciaire (s'écoulant depuis l'Est vers l'Ouest)

Commentaire : les photos sont souvent mal décrites et les interprétations fantaisistes



Figure 4. (A) et (B) sont des détails d'affleurements observables à Charcier (site 2 de la figure 2) associés aux formations GxJ (âge ~24-21,5 kans (1 kans égale 10^3 ans)) (modifié de Buoncristiani et Campy, 2004). Le personnage mesure 1,75m et la barre échelle = 1 m

II.B.3 Expliquer les conditions de formation des structures géologiques de la figure 4. 2 points

Réponse II.B.3

Observation

Alternance de facies sableux et conglomératiques. On observe un litage mais l'absence de gros éléments est caractéristique. Les dépôts présentent des lamines obliques pour la partie inférieure de l'affleurement à horizontales vers le haut.

Interprétation

Il s'agit de dépôt fluvio-glaciaire ; la zone de rupture de pente souligne le passage du toit du delta (topset) au front du delta.

Il s'agit de la mise en place d'un système deltaïque sous lacustre qui correspond à la fonte d'un glacier et la mise en place d'une dynamique sédimentaire contrôlée par l'action de la gravité (écoulement sur les pentes)

Commentaire : les candidats ont des difficultés à interpréter les photos, elles sont rarement commentées, annotées et décrites. Les environnements restent imprécis et peu de candidats ont interprété les structures sédimentaires. Par ailleurs encore trop de candidats n'ont pas fait de lien avec la thématique de l'exercice en proposant des environnements marins.

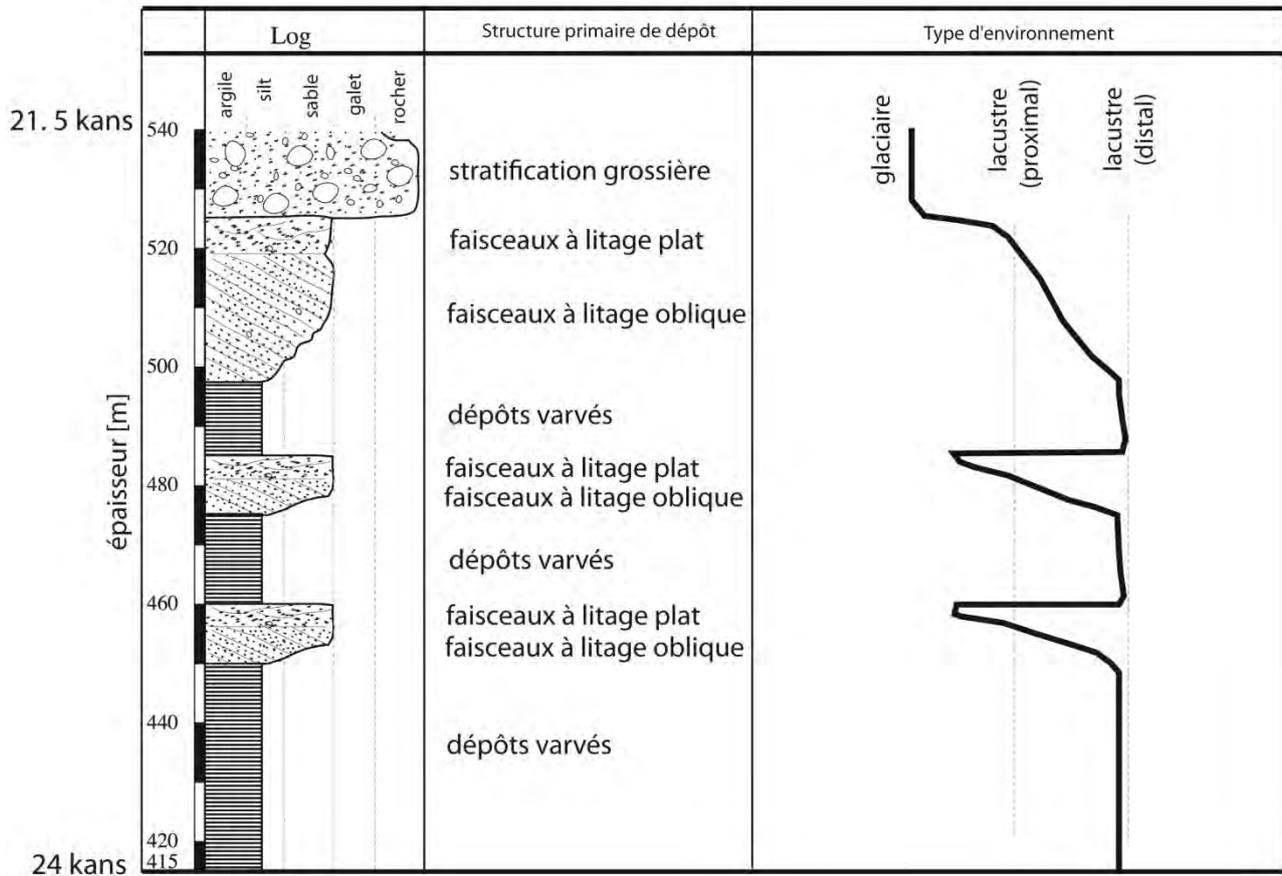


Figure 5. Log synthétique des formations observées sur les sites 1, 2 (figures 3 et 4) entre 24 et 21,5 kans (1 kans égale 10^3 ans). (modifié de Buoncristiani et Campy, 2004)

II.B.4 Proposer un scénario expliquant l'évolution environnementale enregistrée sur la bordure Ouest du massif du Jura entre 24 et 21,5 kans en cohérence avec les données extraites des figures 3 à 5 (vous complétez la figure 5) ? 6 points

Réponse II.B.4

Différentes générations de dépôts lacustres varvés (visible par l'accumulation en épaisseur) entrecoupées de dépôts glaciaires présentant des litages obliques et plans.

Scénario : bordure Ouest d'un glacier Jurassien. Les fluctuations de l'avancée du glacier retranscrivent les modifications du volume du glacier (positives/dépôts glaciaires – négatives/dépôts lacustres plus ou moins distal). Ces variations de volume sont liées aux modifications du bilan de masse du glacier, donc au bilan précipitations-évaporation, donc au climat. La contrainte en âge de la séquence suggère que ces fluctuations interviennent sur des échelles courtes lors du maximum glaciaire, donc lorsque le volume de glace continentale est déjà important.

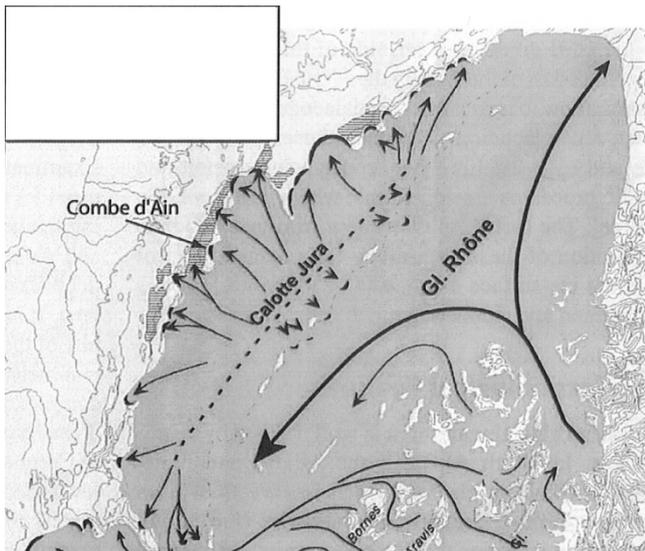
NOM :

Prénom :

Salle :

II.B.5 En vous appuyant sur les informations récoltées précédemment dans la partie II.B, reconstruire le maximum d'extension de la calotte glaciaire du Jura lors de la dernière glaciation. Vous utiliserez pour cela **du papier calque** (format A4; **indiquer votre nom sur le calque**) - la figure 2 délimite la zone à considérer. Vous indiquerez la direction et le sens d'écoulement de la calotte lorsque cela est possible ainsi que les types d'environnements au contact de cette calotte glaciaire sur ses bordures Est et Ouest. *5 points*

Réponse II.B.5 : répondre sur une feuille calque



modifié de Buoncristiani et Campy, 2011

Partie III : Comprendre les variations climatiques du Quaternaire

Durée conseillée : 1h35 dont 10 minutes devant l'examineur – barème : 30/120

Si très tôt les civilisations humaines ont supposé un lien entre les astres et le climat terrestre, Joseph Adhémar fut le premier scientifique à élaborer une théorie quantifiable et cohérente (1842) reliant les paramètres astronomiques et le climat terrestre. Sur la base des travaux d'Adhémar et Croll, Milutin Milankovitch (1941) fonda la théorie astronomique des climats, une théorie toujours d'actualité.

A. L'existence des cycles glaciaires/interglaciaires

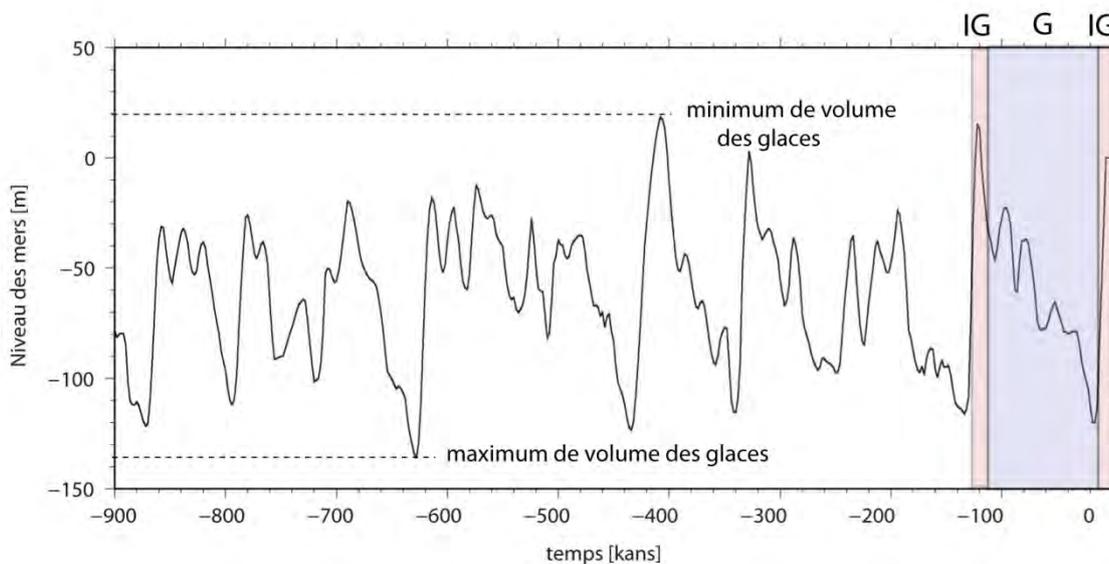


Figure 6. Reconstruction du niveau des océans sur 900 000 ans à partir des données isotopiques des foraminifères. Unité de temps en kans (1 kans égale 10^3 ans) (source Imbrie et McIntyre, 2006).

III.A.1 En supposant que les variations du niveau des mers global reflètent les variations du volume de glace mobilisé sur les continents, calculer les volumes minimal et maximal des glaces continentales sur la période des derniers 900 kans (on supposera que la surface des océans est restée constante, les données sont disponibles dans l'encadré ci-dessous). Identifier les périodes glaciaires (**vous les noterez G sur la figure 6**) et les périodes interglaciaires (**vous les noterez IG sur la figure 6**). 5 points

Réponse III.A.1

$$V_{gl}(\text{mini/max}) = \Delta V_{gl} + V_{gl} \text{ actuel} \quad \text{où } V_{gl} \text{ indique le volume de glace continentale}$$

$$\Delta H_{oc} = \Delta V_{oc} / S_{oc} \quad \Delta V_{oc} = \Delta V_{gl} * \rho_{gl} / \rho_{oc} \quad \text{donc } \Delta V_{gl} = S_{oc} * \Delta H_{oc} * \rho_{oc} / \rho_{gl}$$

$$\text{AN : volume maximal } (\Delta H_{oc} = -135\text{m}) \quad V_{gl} = 86 \cdot 10^6 \text{ km}^3$$

$$\text{volume minimal } (\Delta H_{oc} = +20\text{m}) \quad V_{gl} = 24 \cdot 10^6 \text{ km}^3$$

NOM :

Prénom :

Salle :

commentaire : peu de candidats ont correctement calculé les deux volumes. Les erreurs les plus communes sont une relation $V_{gl}(\text{mini/max}) = \Delta V_{gl} + V_{gl} \text{ actuel}$ mal posée et/ou l'omission du ratio de masse volumique entre la glace/l'eau liquide.

Données :

$\rho_{\text{glace}}=920 \text{ kg.m}^{-3}$, $\rho_{\text{ocean}}=1025 \text{ kg.m}^{-3}$, surface océan = 361.10^6 km^2 , volume actuel des océans = $1,37.10^9 \text{ km}^3$, volume actuel des calottes de glaces continentales = 32.10^6 km^3

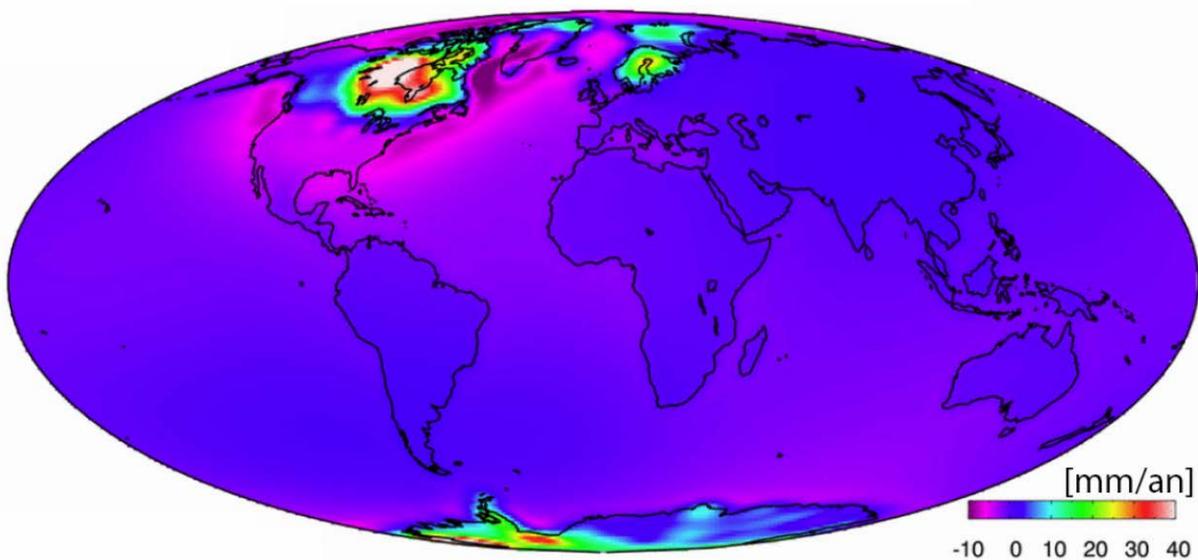


Figure 7. Modèle illustrant le rebond isostatique (en mm/an) déduit des anomalies de distribution des masses en surface (source Wahr and S. Zhong, 2013).

NOM :

Prénom :

Salle :

III.A.2 Reconstruire l'extension maximale des glaces continentales lors de la dernière période glaciaire (**directement sur la figure 7**). Quelles sont les variables climatiques contrôlant le volume des glaces continentales et comment évoluent-elles entre les périodes glaciaires (G) / interglaciaires (IG) pour expliquer les variations du volume de glace observées ? *3 points*

Réponse III.A.2

L'évolution du bilan de masse des calottes de glace concerne les hautes latitudes, suggérant un lien important avec la température de l'air, cependant le maximum de variation ne s'opère pas aux pôles mais vers 60° de latitudes Nord, donc proche de l'isotherme 0°C sur les continents. Cette observation suppose l'existence d'un second facteur d'importance, la masse de neige pérenne potentiellement accumulable, elle-même liée à la balance précipitations moins l'évaporation/sublimation.

B. Comprendre les fluctuations d'extension des calottes de glaces continentales

La question III.B.2 comprend un exercice de modélisation analogique qui s'effectue sur le poste de manipulation « climat », devant le correcteur, suivant le planning affiché au tableau. Vous disposez de 10 minutes maximum sur ce poste.

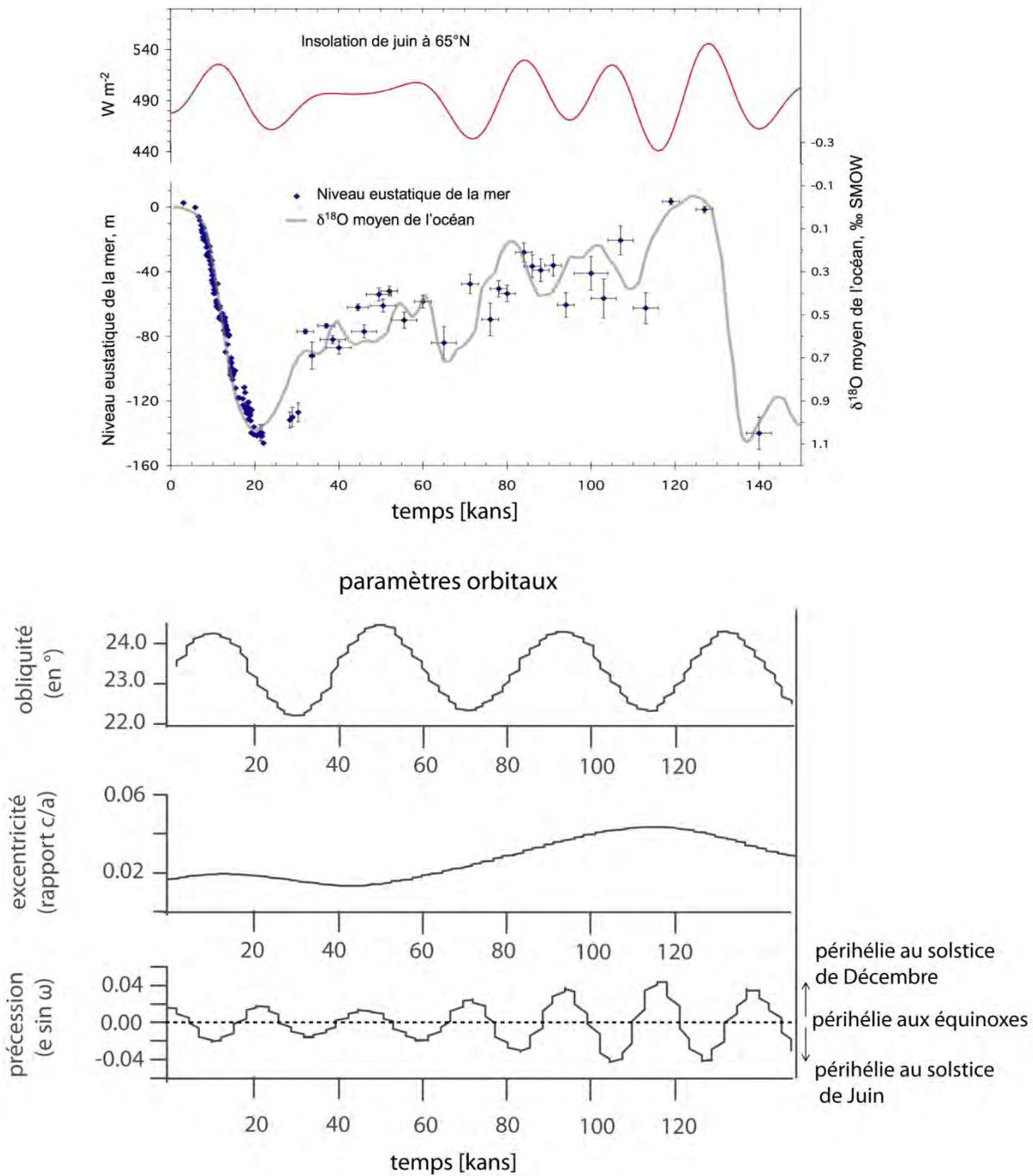


Figure 8. Evolution du niveau des mers global, de l'insolation en Juin à 65°N (adaptée de Peyaud, 2006) et des paramètres orbitaux depuis 150 kans (1 kans égale 10^3 ans). L'obliquité correspond à l'inclinaison par rapport au plan orbital. L'excentricité « e » est définie par le rapport « c/a », soit le rapport entre la distance au foyer au centre de l'ellipse « c », et la longueur du demi grand axe « a » de l'ellipse. Le paramètre de précession est exprimé en $e \sin \omega$, ω étant l'angle entre le périhélie et la position du soleil (vu de la Terre) à l'équinoxe de printemps (point vernal). Actuellement la Terre est au périhélie (distance Terre-Soleil la plus courte) le 4 Janvier.

NOM :

Prénom :

Salle :

La période appelée Dernier Maximum Glaciaire (ou DMG, 21 kans) intervient 10 kans avant la fin de la dernière période glaciaire (dénommée Würm, datée de 120kans à 11kans). Les variations eustatiques de la figure 8 suggèrent que ce Dernier Maximum Glaciaire (21 kans) fut très rapidement suivi d'une période de déglaciation (21-11 kans) conduisant à la période interglaciaire actuelle (ou Holocène, période allant de 11 kans à aujourd'hui).

III.B.1 En supposant que les variations du niveau des mers global reflètent les variations du volume de glace mobilisé sur les continents, identifier sur la figure 8, les configurations orbitales les plus propices à la variation négative ou positive du volume de glace. Pourquoi étudier l'insolation du mois de Juin à 65°N (figure 8) au lieu de l'insolation moyenne annuelle ? 4 points

Réponse III.B.1

Configurations orbitales propices aux fluctuations du volume de glace : combinaison d'une obliquité forte à un paramètre élevé de précession (associé à une excentricité non nulle).

Le bilan de masse de la glace continentale dépend de la température de l'air et des précipitations neigeuses (cf question III.A.2). La fonte survient essentiellement l'été (précipitations < évaporation/sublimation) si l'on est proche de l'isotherme de 0°C (cad proche de 65° de latitude Nord). Donc le bilan de masse de la glace varie selon des processus saisonniers. L'insolation d'été indique la perte de masse potentielle de glace liée au forçage orbital, ce que n'indique pas l'insolation moyenne (qui reste constante sur une année sauf modification d'excentricité).

commentaire : l'analyse de la figure 8 a été généralement bien réalisée ; mais peu de candidats ont réussi à expliquer les raisons d'utiliser l'insolation de Juin à 65°N au lieu de l'insolation moyenne.

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

III.B.2 Pour réaliser une modélisation, vous disposez du matériel suivant : un globe terrestre, 2 marqueurs de couleurs différentes pour représenter le front de glace dans l'hémisphère Nord. L'objectif est de montrer comment les paramètres orbitaux agissent sur le climat. *12 points*

Dans un premier temps vous allez schématiser le protocole expérimental. Pour cela vous présenterez tout d'abord la position astronomique actuelle de la Terre par rapport au Soleil au mois de Juin en indiquant l'équateur géographique pour distinguer les hémisphères Nord et Sud. Vous indiquerez sur ce schéma l'extension actuelle des calottes de glaces dans l'hémisphère Nord par un trait. Puis en partant de ce schéma vous montrerez comment les paramètres orbitaux influencent le climat et comment ils peuvent conduire à l'entrée et à la sortie d'une période glaciaire.

Une fois votre protocole établi, appeler l'examineur afin de réaliser votre expérience devant lui. **Vous disposez de 10 minutes maximum** devant l'examineur. Le temps disponible peut être utilisé pour réaliser plusieurs tests.

<p>Réponse III.B.2</p> <p>Comment les paramètres orbitaux influencent-ils le climat ?</p> <p>Obliquité (définie l'amplitude de température équateur/pôle - une forte obliquité amplifie la saisonnalité). Excentricité (variation saisonnière de l'énergie reçue, ce phénomène est global, pas d'effet hémisphérique). Précession (modification de la position relative des saisons (effet hémisphérique, pas d'effet global cf fig.8). Pas d'effet si l'excentricité est nulle.</p> <p>Comment les paramètres orbitaux peuvent-ils conduire à l'entrée / sortie d'une période glaciaire ?</p> <p><i>Entrée</i> : le périhélie est atteint en hiver dans l'hémisphère nord (HN), Le contraste saisonnier était donc réduit à ce moment (étés plus frais, hivers plus doux). Le bilan de masse de la glace devient positif sur l'année, du fait de la faible fonte de la glace en été.</p> <p><i>Sortie</i> : le périhélie est atteint en été (dans l'HN), situation il y a 11 000 ans. Le contraste saisonnier (étés plus chauds, hivers plus froids), était renforcé par la forte obliquité. Le bilan de masse de la glace devient négatif sur l'année, du fait de la fonte importante de la glace en été.</p> <p>Dans les 2 cas l'extension/réduction de la surface des calottes de glace amplifie les variations de température du fait de la rétro-action de l'albedo de la glace</p> <p><u>Commentaire</u> : Si paradoxalement les candidats ont globalement réussi à retrouver les configurations orbitales favorables aux variations des volumes de glaces, très peu ont réussi à déduire les implications sur les calottes de glaces, et encore moins à intégrer les effets au cours d'un cycle glaciaire/interglaciaire.</p>
--

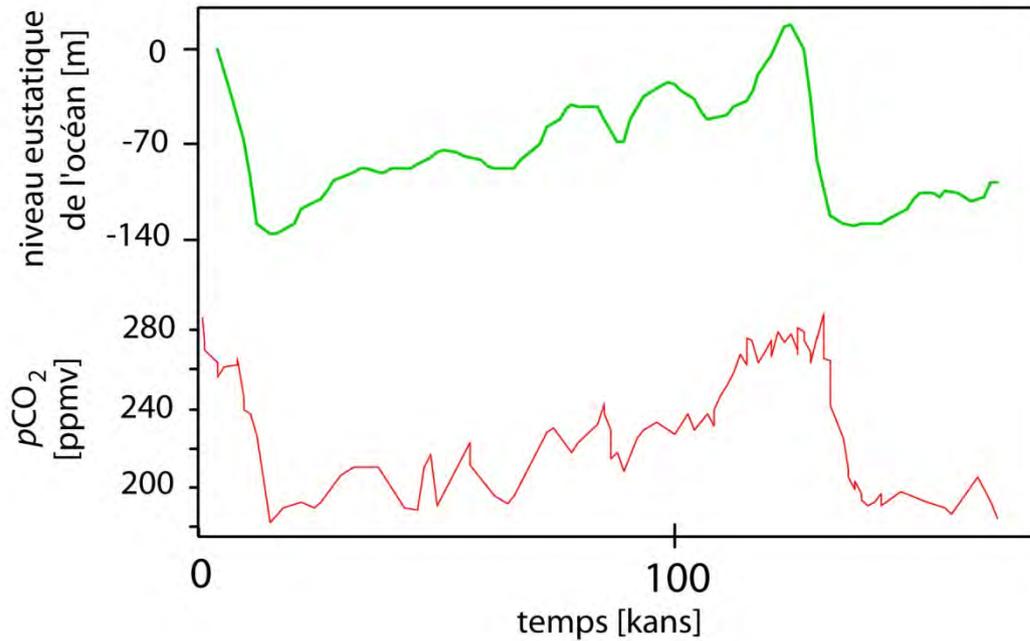


Figure 9. Evolution du niveau global des mers et de la pression partielle de CO_2 (exprimée en ppmv, valeur mesurée sur les bulles d'air contenues dans les glaces de Vostok) depuis 150 kans (1 kans égale 10^3 ans).

III.B.3 Au moment de la formulation de leur théorie astronomique du climat, ni Joseph Adhémar, ni Milutin Milankovitch, ne disposaient des enregistrements issus des carottes de glace. Sur la base de la figure 9, proposer un mécanisme climatique permettant de relier les variations des paramètres orbitaux aux fluctuations de la teneur de CO_2 atmosphérique, et du volume de glace. Comment expliquez vous l'existence du Dernier Maximum Glaciaire (ou DMG, 21 kans) ? 6 points

Réponse III.B.3

La synchronicité entre les périodicités des paramètres orbitaux et celles du climat du Quaternaire semble clairement démontrée un pilotage astronomique. Cependant les configurations orbitales propices à la variation négative ou positive du volume de glace interviennent bien plus souvent que les cycles G/IG. Cette observation suppose un second facteur de contrôle : le CO_2 .

Le DMG est la conjonction d'un forçage orbital propice à l'englacement de l'HN associée à une faible pCO_2 . Au premier ordre on peut considérer que la pCO_2 est un facteur amplificateur (comme l'albédo), la solubilité du CO_2 dans l'océan (plus grand réservoir de carbone de l'exosphère) décroît avec le réchauffement des eaux océaniques. Dans le détail ce phénomène est insuffisant pour expliquer les fluctuations de CO_2 observées (280-180ppmv). Du fait de la grande quantité de carbone stocké dans les eaux océaniques (surtout les eaux profondes), un changement de la dynamique océanique est fortement suspecté.

NOM :

Prénom :

Salle :

Commentaire : l'effet du CO₂ est bien expliqué. Aucun candidat n'a relevé sur la figure 8 la non linéarité entre le forçage orbital et la fluctuation du volume de glace correspondant, suggérant l'existence de phénomènes amplificateurs.

Commentaire concernant l'exercice 3:

Les candidats ont très souvent une idée préétablie de la théorie astronomique du climat, leur étude des cycles G/IG et des phénomènes associées se basent davantage sur cette idée que sur les observations et l'étude des documents fournis.

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

Partie IV : Les variations climatiques de la fin du Quaternaire en Europe et l’Homme de Neandertal

Durée conseillée : 1h10 dont 20 minutes au poste d’observation – barème : 25/120

Après 400 000 ans d’existence, l’homme de Neandertal s’éteint il y a près de 30 000 ans. Cette extinction fait suite à la réduction graduelle de son aire de distribution au Sud de l’Europe puis dans la seule péninsule ibérique. En France, les derniers représentants sont connus dans le sud du pays et notamment au Pays Basque. Les causes et modalités de son déclin et de son extinction sont toujours débattues. L’identification des restes fossiles et leur datation sont au cœur de ces débats.

A. L’identification de l’homme de Neandertal

Cette partie inclut un travail d’observation qui s’effectue sur le poste d’observation « paléontologie » suivant le planning affiché au tableau. Vous disposez de 20 minutes maximum sur ce poste. Cette partie peut être traitée indépendamment des autres points.

IV.A.1 Justifier l’appartenance du crâne fossile à l’*homme de Neandertal* en le comparant aux crânes de *Pan* et d’*Homo sapiens* (**disposés sur le poste d’observation « paléontologie »**). Vous nommerez six caractères dans le tableau et les localiserez sur les vues anatomiques (**vous complétez sur la figure 10**). *6 points*

Réponse IV.A.1 :

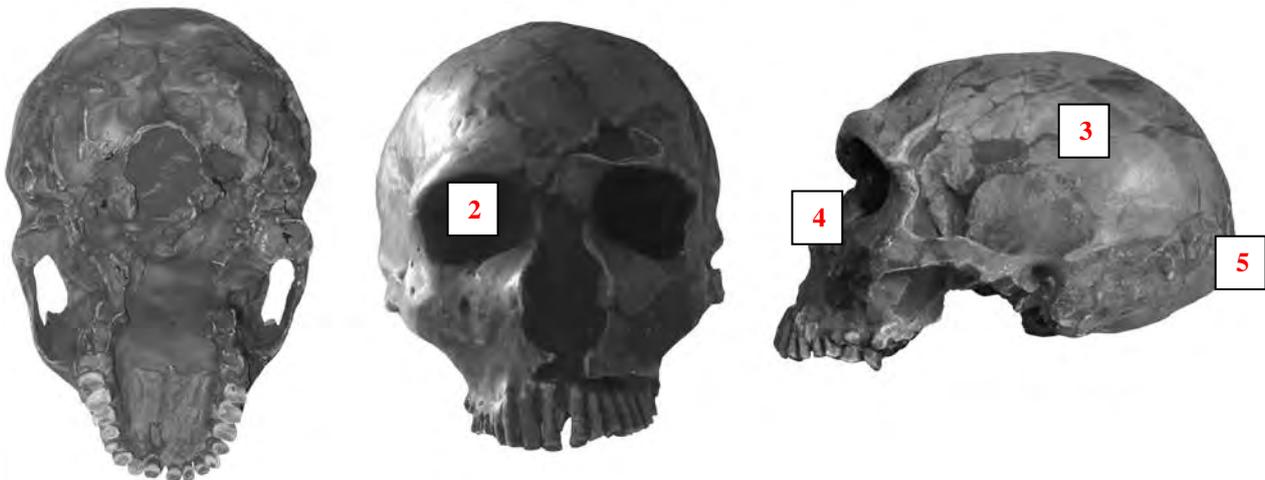


Figure 10. Vues ventrale, faciale et latérale d’un crâne d’homme de Neandertal

présent	chez <i>Homo</i> et <i>Pan</i>	chez <i>Homo</i>	chez <i>H. neanderthalensis</i>
Numéros portés sur les vues anatomiques et noms des caractères	<p>1• dents bunodontes</p> <p>2• orbites fermées (os ectotympanique en tube, vision stéréoscopique...)</p>	<p>3• volume crânien important</p> <p>4• face plate (mâchoire parabolique, foramen magnum en position antérieure localisée par des marqueurs anatomiques)</p>	<p>5• chignon occipital</p> <p>6• trou auditif à l’arrière de l’arcade zygomatique (bourrelet sus-orbitaire – sulcus median)</p>

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

commentaire :

C'est un simple travail d'observation sur des représentants d'espèces actuelles et fossile d'hominidés qui était attendu. De nombreuses autres caractéristiques que celles proposées dans le corrigé étaient présentes sur les spécimens et pouvaient être utilisées, des mesures d'angle pouvaient aussi être proposées et figurées. Cet exercice a été plutôt bien réussi, excepté les cas d'absence totale de connaissance des régions osseuses et des structures clefs dans la diagnose de ces taxons. Enfin, d'autres erreurs sont venues d'une incompréhension du système de nomenclature binomiale : *H. sapiens* et *H. neanderthalensis* sont deux espèces du genre *Homo* : c'est ce que veut dire le *H.* Enfin, si les caractères attendus n'étaient forcément des apomorphies, un minimum de potentiel discriminant était attendu pour les caractères présentés : par exemple, la présence de dents n'a pas été gratifiée.

Nb : les spécimens de néanderthaliens étaient des moulages d'un crâne de la Chapelle aux Saints

B. Datation des derniers néanderthaliens en France

La datation au ¹⁴C est applicable sur les restes fossiles, avec des erreurs de l'ordre de la centaine d'années pour la période de temps concernée. Elle apparaît donc comme la plus performante pour l'étude du processus qui nous intéresse. Pourtant son utilisation a longtemps été limitée par la difficulté d'éviter des pollutions organiques du matériel et par l'amélioration constante de la connaissance des fluctuations du rapport ¹⁴C/¹²C au cours des dernières dizaines de milliers d'années.

IV.B.1 Calculer l'âge des 6 échantillons en utilisant le jeu de données disponibles dans la figure 11, sachant que la demi-vie du ¹⁴C est de 5730 ans, qu'à t=0 ¹⁴C/¹²C=10⁻¹², et qu'à t N(t) = N₀.e^{-λt} où λ est la constante de désintégration. Justifier. 4 points

Echantillon	¹⁴ C/ ¹² C
Isturitz 1	1,138.10 ⁻¹⁴ ± 2,43.10 ⁻¹⁵
Isturitz 2	1,098.10 ⁻¹⁴ ± 2,67.10 ⁻¹⁵
Isturitz 3	1,166.10 ⁻¹⁴ ± 1,27.10 ⁻¹⁵
Isturitz 4	1,061.10 ⁻¹⁴ ± 1,05.10 ⁻¹⁵
Isturitz 5	7,728.10 ⁻¹⁵ ± 4,22.10 ⁻¹⁵
Isturitz 6	1,138.10 ⁻¹⁴ ± 1,04.10 ⁻¹⁵

Figure 11. Mesures du rapport isotopique du radiocarbone dans des os de la couche à néanderthaliens du site d'Isturitz (Pays Basque, France), d'après Szmjdt et al. (2010).

Réponse IV.B.1

Pour t=T on a $N_T = \frac{1}{2} N_0$ et $N_T = N_0 e^{-\lambda T}$

On en déduit $\lambda = \ln 2 / T$

Comme $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$ (1)

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

$\Leftrightarrow \lambda t = \ln(N_0/N_t) \quad (2)$
 $\Leftrightarrow t = \ln(N_0/N_t) * T / \ln 2 \quad (3)$

Comme ^{12}C est stable, $^{12}\text{C}_t = ^{12}\text{C}_0$, donc $N_0/N_t = [^{14}\text{C}/^{12}\text{C}]_0 / [^{14}\text{C}/^{12}\text{C}]_t$

alors $\Leftrightarrow t = \ln([^{14}\text{C}/^{12}\text{C}]_0 / [^{14}\text{C}/^{12}\text{C}]_t) * T / \ln 2 \quad (4)$

On peut donc calculer l'âge des échantillons car seul « t » reste inconnu dans (3)

Echantillon	âge (ans)
Isturitz 1 =	37 001 ans
Isturitz 2 =	37 296 ans
Isturitz 3 =	36 800 ans
Isturitz 4 =	37 580 ans
Isturitz 5 =	40 200 ans
Isturitz 6 =	37 001 ans

Commentaire :

C'est une des questions les mieux réussies, mais encore trop de candidats proposent $\lambda=1/T$, ou encore suppriment le signe "-". La transposition $N_0/N_t = [^{14}\text{C}/^{12}\text{C}]_0 / [^{14}\text{C}/^{12}\text{C}]_t$ n'est généralement pas évoquée. La formule liant λ et T pouvait plus élégamment être tirée de la définition même de la demi-vie. Le calcul ou une remarque sur l'erreur associée à chaque âge aurait dû être présentée dès ici.

IV.B.2 À partir âges calculés question IV.B.1, estimer l'âge probable de la couche à néanderthaliens du site d'Isturitz. *4 points*

Réponse IV.B.2

Si on ne tient pas compte des erreurs associées à chaque mesure, 5 âges différents sont obtenus pour des objets d'une même couche. Théoriquement, une approche graphique permet d'estimer l'âge probable de la couche, correspondant à la période de temps commune à tous, incluant les erreurs. Les erreurs associées aux mesures, importantes, peuvent signifier une trop faible concentration de carbone dans les échantillons. Néanmoins les âges moyens obtenus ici sont cohérents entre eux, ce qui est alors rarement le cas.

Commentaire :

Cet exercice avait pour but d'attirer l'attention des candidats sur les erreurs associées aux mesures, s'il ne l'avait pas fait spontanément lors de la question précédente. En fait, seuls deux candidats leur ont porté attention, l'un d'entre eux dès la question précédente. Lorsque cette question est traitée, les candidats ont généralement proposé un nuage de points dans un diagramme temps/n° de site, et ce sans aucun autre ajout ou commentaire : il n'y a pas plus d'information, donc aucune plus-value, par rapport à la fin de la question précédente. Certains candidats ont proposé une moyenne. Cette solution impliquerait que l'âge dépendra des échantillons sélectionnés (et ce d'autant plus qu'un faible nombre d'échantillons a pû être daté). Enfin, certains ont tracé une droite entre les échantillons pour tenter de dater le site à la manière d'une droite isochrone.

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

Nb : Pour ne pas risquer de voir diffuser un tableau de valeurs fausses, les erreurs présentées dans la figure 11 sont des valeurs cohérentes avec les résultats présentés dans l'article de Szmidt et al. (2010) : elles ont été recalculées, à partir des âges et des erreurs associées présentées dans leur article. On peut alors proposer une approche graphique pour estimer l'âge probable de la couche, correspondant à la période de temps commune à tous les échantillons (ce qui n'était pas possible lors de l'examen).

IV.B.3 Calculer l'effet induit par la contamination d'un échantillon si 1% du carbone provient d'une source actuelle. (Vous prendrez un échantillon d'Isturitz de votre choix pour illustrer cet effet). *4 points*

Réponse IV.B.3
 Sachant qu'à $t=0$ $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}=10^{-12}$
 pour une pollution de n %, on aura

$$[^{14}\text{C}/^{12}\text{C}]_{\text{mesuré}} = (1-n/100) \cdot [^{14}\text{C}/^{12}\text{C}]_{\text{natif}} + (n/100) \cdot 10^{-14}$$
 que l'on transpose dans l'équation (4) du IV.B.1 :

$$(4) \quad t_{\text{mesuré}} = \ln([^{14}\text{C}/^{12}\text{C}]_0 / [^{14}\text{C}/^{12}\text{C}]_{\text{mesuré}}) \cdot T / \ln 2$$

pour l'échantillon d'âge brut de 37 001 ans (Isturitz 1) et une pollution de 1%,
 on aura un âge apparent de 31 832 ans soit un âge rajeuni de 5169 ans, c'est-à-dire de plus de 15 % par rapport à l'âge réel.

Commentaire :
 On pouvait aussi considérer l'âge apparent comme étant celui mesuré dans un échantillon et calculer son âge réel (plus ancien). Cette question a très rarement été traitée alors qu'il ne présentait aucune difficulté.

L'amélioration des techniques de datation a permis de constater, qu'au fil du temps, l'âge d'un objet daté historiquement divergeait de son âge ^{14}C . Cet écart est notamment dû à la variation à long terme dans le taux de production du ^{14}C en haute atmosphère. A la recherche de la meilleure référence possible, de nouvelles courbes de calibration sont régulièrement produites. Ces améliorations peuvent entraîner des changements substantiels de l'âge calibré des sites à néanderthaliens.

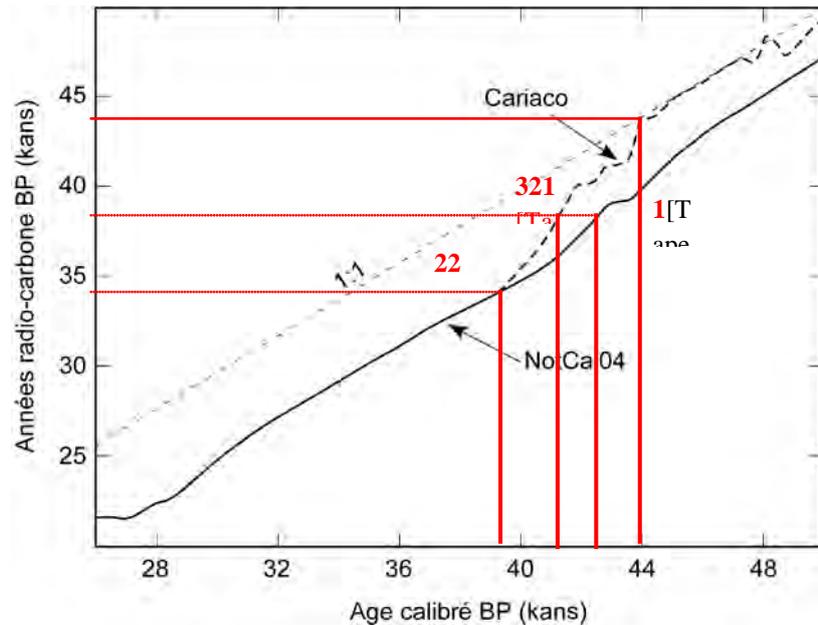


Figure 12. Deux courbes de calibration des datations radiocarbones, d'après les données de *Hughen et al. (2004)* et *Van der Plicht et al. (2004)*, synthétisées par *Mellars (2006)*. La courbe 1:1 correspond à un taux constant de production de radiocarbone.

IV.B.4 À partir résultats précédents, **compléter la figure 12** pour discuter l'impact de la calibration sur la détermination de l'âge des derniers néanderthaliens en France. 2 points

Réponse IV.B.4 :

- 1- Pendant les derniers 44 000 ans (qui couvre la période d'extinction des néanderthaliens), la calibration induit systématiquement un vieillissement par rapport aux âges mesurés.
- 2- En outre, pour des âges mesurés entre 34 000 et 44 000 ans deux courbes de calibration sont proposées.
- 3- Pour des gammes d'âges correspondant à Isturitz (par exemple pour 38 000 ans mesurés), on a un âge calibré plus jeune avec la courbe Cariaco (environ 41 000 ans calibré BP) que pour la courbe NotCal04 (environ 42 500 calibré BP)

Ainsi l'âge calibré des derniers néanderthaliens est relatif à la calibration choisie. Le choix de la référence peut induire des différences significatives (près de 3,5% de l'âge dans le cas choisi). Cela reste supérieur aux erreurs généralement associées aux datations des sites à néanderthaliens (quelques centaines d'années, cf. en-tête IV.B.).

Commentaire :

Trop souvent, l'impact de la calibration et son évolution au cours du temps (en particulier la période de temps concernant la fin d'occupation des néanderthaliens) est éludée, soit pour traiter directement à un exemple, donc un moment dans l'histoire qui ne pourra être généraliser à priori), soit pour discuter des deux différentes calibrations seulement.

C. Le contexte climatique associé à l'extinction des néanderthaliens en France

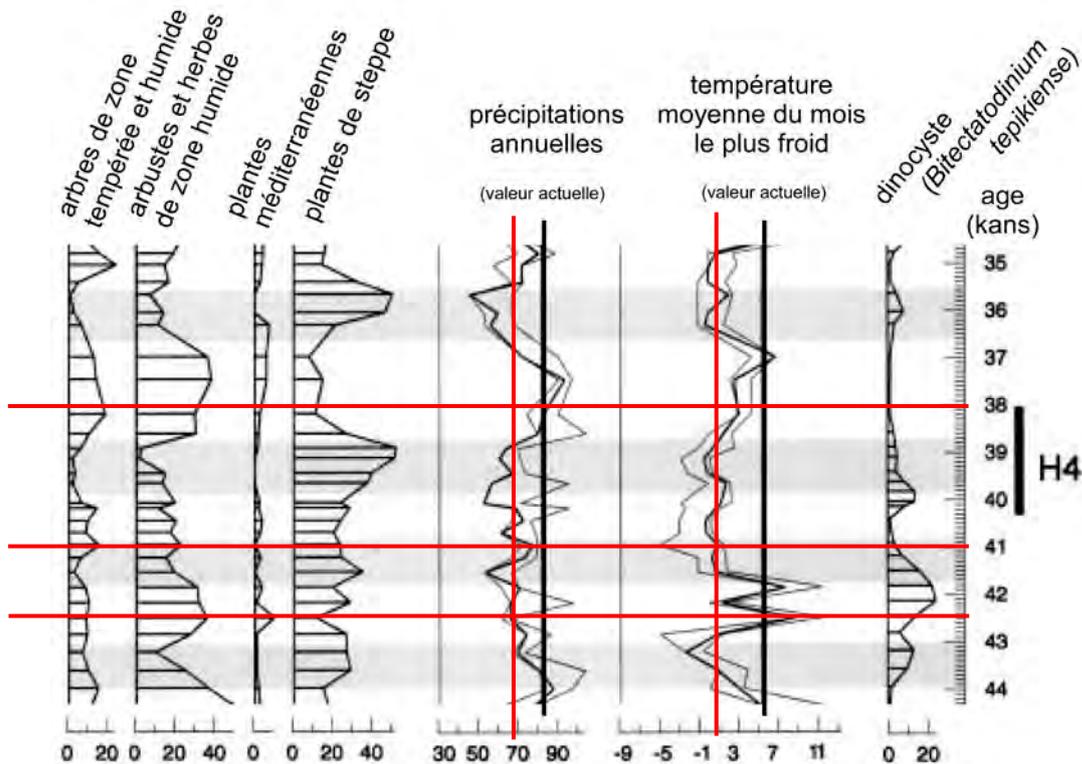


Figure 13. Profil palynologique interprété, obtenu à partir de données extraites d'une carotte sédimentaire marine prélevée en Atlantique Nord, au large des côtes ibériques à près de 40° de latitude nord (d'après Sanchez Goni et al. 2002). Les données palynologiques sont exprimées en pourcentage, les précipitations en mm/an, les températures en degrés Celsius; les épisodes de Dansgaard–Oeschger sont signalés par les bandes gris clair. L'événement d'Heinrich numéro 4 est signalé par H4. Les températures et précipitations sont estimées à partir des données palynologiques. Le dinocyste est un taxon caractéristique d'un climat froid.

IV.C.1 A partir de l'analyse de la figure 13, décrire le contexte environnemental associé aux derniers néanderthaliens en France. Commenter l'importance de la datation ? 5 points

Réponse IV.C.1

Entre 44 et 35 kans, l'environnement enregistré en Europe atlantique méridionale correspond à un contexte globalement plus froid et plus sec qu'à l'heure actuelle.

Températures : à part deux exceptions autour de 41 800 et 42 500 ans, les hivers sont toujours plus rigoureux avec jusqu'à 5°C de moins qu'aujourd'hui pour les températures moyennes du mois le plus froid.

Précipitations : mis à part entre 37 000 ans et 38 000 ans, les précipitations ne dépassent jamais franchement les valeurs actuelles et elles sont généralement plus de 15% inférieures aux précipitations annuelles actuelles.

La distribution des plantes des différentes strates permet de constater des changements dans le paysage enregistré : comme par exemple une dominance marquée de paysages de steppes lors des deux dernier épisodes D-O ou encore des paysages globalement mixtes avant l'événement H-IV.

NOM :

Prénom :

Salle :

Les précipitations et les températures ne covarient pas exactement entre elles et avec la végétation. Par exemple, il fait plus chaud et humide vers 38 000 ans et plus chaud et sec vers 42 000. Pendant certaines périodes le contexte environnemental dans lequel vivent les néanderthaliens est assez stable (ou se modifie lentement), ce qui peut laisser supposer que les ressources alimentaires sont globalement stables aussi. A d'autres moments, au moins un des facteurs fluctue rapidement (comme par exemple la température entre 42 et 43 kans).

Ainsi, suivant son exactitude, la datation d'un site à néanderthaliens permet de le placer dans son contexte environnemental à l'échelle régionale ou au contraire dans un contexte différent ; on le placera aussi soit avant soit après un événement climatique donné, ou encore dans un contexte de changement soit graduel soit rapide de l'environnement. **Par exemple, pour un âge brut de 38000 ans on se placera entre deux épisodes DO avec une calibration et à la fin du second avec une autre (cf. figure). Dans le cadre de la sélection naturelle, la connaissance du contexte environnemental des spécimens connus, donc leur datation précise, est essentielle.**

Commentaire :

Sur ce point en particulier, les candidats ne dégagent que trop rarement les grands traits généraux sur l'environnement pendant la période de temps concernée, avant d'aborder les variations et fluctuations particulières. L'exemple ne sert qu'à illustrer et ne peut convenir au-delà. Le rythme et vitesse des changements, leur durée et leur corrélations ou non entre les différents facteurs ne sont généralement pas présentés. Sur les liens entre des changements globaux, leur déclinaison locale et l'histoire évolutive d'un groupe, qui plus est au sommet de la chaîne alimentaire, il faut rester prudents et évoquer des corrélations plutôt que des causes directes.

En comparaison avec le nombre de fois où elle a été traitée, c'est probablement l'analyse de cette figure qui est la moins bien réussie.

5.4 Epreuve de travaux pratiques de contre-option du secteur A : Sujet et commentaires

5.4.1 Présentation de l'épreuve

Cette année, les travaux pratiques de contre-option du secteur A proposaient une étude des mouvements cellulaires à travers 3 modèles : les mouvements des mélanophores des mélanocytes d'écaillés de truite, la cyclose des chloroplastes d'élodée et les battements ciliaires de la moule.

Des manipulations simples, facilement réalisables avec le matériel disponible dans les établissements du second degré servaient de bases à cette étude. Des électrographies et des modèles moléculaires complétaient les informations fournies au candidat.

Dans une première partie, les mouvements des mélanophores étaient observés avant et après ajout d'adrénaline. Les candidats disposaient ensuite d'EDTA pour perturber l'homéostasie calcique et de caféine pour perturber le métabolisme de l'AMPc. Ils étaient invités à proposer puis mettre en œuvre un plan d'expérience pour analyser la voie de transduction de l'adrénaline et plus généralement les voies de signalisation qui contrôlent le regroupement et la dispersion des mélanophores dans les mélanocytes. L'analyse de la trajectoire des mélanophores et d'électrographies suggéraient l'implication du réseau de microtubules comme support de ces mouvements.

La seconde partie visait à généraliser ces mouvements, discuter le rôle des différents réseaux de cytosquelette et aborder la notion de moteur moléculaire. L'observation de la cyclose dans les feuilles d'élodée et de l'épithélium cilié de la branchie de moule illustre deux autres types de mouvement faisant intervenir les cytosquelettes d'actine et de microtubules respectivement. L'inhibition de la production d'ATP montrait la dépendance des mouvements vis-à-vis d'une source d'énergie et conduisait à invoquer la notion de moteur moléculaire. L'annotation de la structure et le lien avec la fonction d'une kinésine terminait cette partie.

Enfin, les candidats devaient rédiger un bilan des observations réalisées : schéma illustrant l'action de l'adrénaline, de sa réception à la membrane jusqu'au contrôle des moteurs moléculaires ; texte soulignant les éléments solidement établis lors des manipulations ou de l'analyse des documents ainsi que les points restant à démontrer.

5.4.2 Commentaires concernant la première partie

Cette première partie débutait par quelques questions visant à cadrer la réflexion des candidats. Les définitions de transduction et de second messagers sont souvent convenables, bien que le codage en concentration ou la capacité à diffuser des seconds messagers aient été parfois omis.

La plupart des candidats ont suivi l'ordre du sujet et débuté avec l'analyse des mouvements des mélanophores. Les mélanophores sont initialement dispersés dans la totalité de grandes cellules étoilées, les mélanocytes. L'ajout d'adrénaline déclenche leur concentration autour du noyau cellulaire. L'ajout de caféine entraîne au contraire la dispersion, qui n'est complète qu'en présence d'EDTA.

La plupart des candidats ont correctement préparé la chambre de perfusion selon les instructions de l'énoncé, même si certains l'ont construite trop épaisse ce qui complique l'observation. A quelques exceptions près, les écaillés étaient effectivement disposés face externe en haut, faute de quoi on ne voyait que des lambeaux de fibres musculaires masquant les mélanocytes. En revanche une part

non négligeable a déposé trop de vaseline, compromettant la perfusion des solutions au contact de l'écaille.

Une fois la préparation correctement réalisée, les candidats ont tous présenté des résultats corrects. De façon très surprenante, une large majorité a pourtant représenté et décrit des résultats contraires aux observations... comme si celles-ci étaient contraires à leurs *a priori*. Il s'agit d'une attitude regrettable pour des scientifiques, et évidemment préjudiciable dans cette épreuve.

Les candidats devaient ensuite étudier la voie de transduction de l'adrénaline à l'aide de la caféine qui était présentée comme un inhibiteur de la phosphodiesterase et de l'EDTA, chélateur des ions Ca^{2+} . La construction d'un plan d'expérience était attendue : il s'agit d'un exercice classique et qui s'est révélé très sélectif. On pouvait *a priori* proposer au moins la comparaison de l'effet des deux substances, avec ou sans traitement préalable à l'adrénaline et également des traitements simultanés. Ces conditions ont été testées par de nombreux candidats, malheureusement très peu proposent des conditions témoins adaptées.

La réalisation et la collecte des résultats n'a pas en soi posé de problème, l'analyse au contraire en a été plus délicate. Le cas de l'EDTA était assez simple car il bloque la voie de signalisation classique. Pour la caféine, elle inhibe une enzyme qui dégrade l'AMPc : on obtient donc des conditions qui favorisent la signalisation par la protéine Gs mais bloquent la signalisation par Gi. Seuls deux candidats ont complètement et correctement déduit la voie de transduction. Aucun n'a remarqué – bien cela ait été visible – que le calcium était nécessaire à la dispersion complète des pigments. Dans cette partie, certains candidats confondent actine G (pour globulaire) et protéine G (pour GTP)...

Enfin, mêlant observations et analyse d'électronographies, les candidats devaient proposer une hypothèse quant au réseau de cytosquelette impliqué. La plupart ont proposé à raison l'implication des microtubules ; aucun n'a envisagé que l'actine pourtant visible sur les électronographies puisse participer. Cette partie questionnait aussi les connaissances sur la préparation des échantillons pour l'observation au microscope électronique à transmission. Si la nécessité de coupes ultrafines est connue, la fixation puis l'inclusion dans une résine dure sont rarement évoqués. Les techniques de contrastes révèlent de nombreuses confusions et seuls de trop rares candidats parlent de sels de métaux lourds et de tétr oxyde d'osmium, la plupart citant des sels d'argent ou d'or, se rappelant sans doute bien mal à propos les grains d'argent des expériences de Palade ou les billes d'or colloïdal.

5.4.3 Commentaires concernant la deuxième partie

La seconde partie s'intéressait à la notion de moteur moléculaire.

Dans un premier temps, il fallait observer les battements de cils de la branchie de moule et la cyclose dans les feuilles d'élodées, puis bloquer ces mouvements avec un extrait de laurier cerise contenant des hétérosides cyanogéniques. On demandait la quantification des mouvements de cyclose. Cette série de manipulations est couramment réalisée dans les lycées.

Tous ont présenté des fragments de branchies de moules, trop souvent très épais et bien peu observables. Certains nous ont présenté des branchies ou des feuilles d'élodée sans aucun mouvement en regard d'un schéma ou d'un texte affirmant le contraire. Le jury rappelle qu'il vérifie les observations : un tel manque d'honnêteté intellectuelle ne peut que l'indisposer... Mieux vaut

explicitement indiquer que c'est là le résultat espéré, ou mieux refaire la préparation. Certains sont allés encore plus loin : sur des préparations d'élodée sans aucune cyclose, on obtient des vitesses de déplacement calculées sur une quinzaine de chloroplastes, avec des valeurs souvent extraordinaires, atteignant plusieurs millimètres par seconde. Ces attitudes ont bien sûr été sanctionnées dans la notation.

La description des observations a donné lieu à des propos surprenants : selon les candidats, les cils battaient de droite à gauche (et vice versa) ou de gauche à droite quand ce n'était pas de haut en bas ; le cytosquelette impliqué dans la cyclose est celui en bas à droite...

Dans cette partie, le calcul de l'écart-type a posé de sérieux problèmes, nombre de formules fantaisistes ayant été utilisées par les candidats. Le résultat de ce calcul était pour le jury un bon indicateur de la qualité des mesures effectuées. Par ailleurs, on trouve chez certains des temps de parcours déterminés au 1/100^{ème} de seconde, dénotant un regard bien peu critique face à la précision de leurs mesures.

Enfin, la notion de moteur moléculaire ainsi introduite était complétée par une étude du rapport structure fonction d'une kinésine dont le modèle moléculaire était proposé.

Dans cette partie, on constate quelques lacunes ou erreurs regrettables. En particulier, moins d'un tiers des candidats connaît l'effet et le site d'action du cyanure. Dans leurs tentatives d'explication on trouve pêle-mêle le piégeage du Ca^{2+} , la réaction avec les acides aminés chargés positivement ou un effet de dépolymérisation de l'actine... De nombreux candidats ont confondu le *coiled-coil* de la tige de la kinésine avec un microfilament d'actine, car beaucoup ne connaissent pas les niveaux de structure des protéines. On a relevé de nombreuses confusions comme la présentation de la myosine comme un filament intermédiaire, la chaîne respiratoire qui serait une chaîne d'électrons.

5.4.4 Commentaires concernant la troisième partie

Concernant les deux questions bilans, elles n'ont été que peu traitées, parfois très bien mais souvent en oubliant d'intégrer l'adrénaline dans la réponse ou en n'allant pas jusqu'au mouvement des mélanophores. Le bilan était séparé en deux parties : un schéma et un texte ; le jury n'attend donc pas deux fois du texte...

En conclusion, le jury rappelle qu'il s'agit bien d'une épreuve de travaux pratiques. La qualité des réalisations, l'humilité face aux résultats et la précision des observations sont la clé de la réussite. La capacité à mener une démarche explicative intégrant une démarche expérimentale est une exigence du concours de l'agrégation. La science ne sort pas des livres mais bien des laboratoires ! [on a le droit de dire ça ?]

5.4.5 Sujet commenté

NOM :

Prénom :

Salle :

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2015

**TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE-OPTION DU SECTEUR A
CANDIDATS DES SECTEURS B ET C**

Durée totale : 2 heures

Cytosquelette et organisation cellulaire

Partie I :

page 2

durée conseillée : 1 heure – barème indicatif : 100 points sur 200

Partie II :

page 9

durée conseillée : 50 minutes – barème indicatif : 80 points sur 200

Partie III :

page 13

durée conseillée : 10 minutes – barème indicatif : 20 points sur 200

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

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

Préambule :

**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 :

I- Le cytosquelette des mélanocytes d'écaillés de truite (*Salmo trutta*)

Les écaillés de poisson osseux comme la Truite (*Salmo trutta*) présentent des cellules pigmentées, les chromatocytes. La pigmentation est due à des vésicules pigmentées, les chromatophores. Le nombre et la diversité de ces chromatophores est très variable entre écaillés d'un même individu, entre individus et bien sûr entre espèces. Chez la truite, on s'intéressera aux chromatophores noirs appelés en conséquence mélanophores.

L'objectif de cette partie est d'étudier la physiologie des modifications de pigmentation des écaillés et de caractériser le cytosquelette qui les sous-tend.

Dans un premier temps, vous allez caractériser les effets de l'adrénaline sur la pigmentation des écaillés, puis analyser les mécanismes de la transduction du signal.

A. Analyse des mouvements des mélanophores

Les mélanophores ont une répartition intracellulaire qui est contrôlée par le système nerveux chez l'animal. Les effets du système nerveux peuvent être mimés par l'ajout d'adrénaline. L'adrénaline donne les mêmes résultats quelle que soit la concentration entre 10 et 60 $\mu\text{mol.L}^{-1}$.

Vous disposez également d'une solution saline appelée PBS-Ca contenant un tampon phosphate, du chlorure de sodium pour contrôler l'osmolarité et du chlorure de calcium.

Pour étudier la transduction du signal, vous disposez d'une solution de caféine qui donne les mêmes résultats quelle que soit la concentration entre 5 et 15 mmol.L^{-1} . La caféine est un inhibiteur de la phosphodiesterase, l'enzyme qui hydrolyse l'AMPc en AMP. Vous disposez également d'une solution d'EDTA qui donne les mêmes résultats quelle que soit la concentration entre 1 et 5 mmol.L^{-1} . L'EDTA est un chélateur du calcium c'est-à-dire un composé qui se complexe à l'ion Ca^{2+} et le séquestre.

Ici, l'adrénaline vous est fournie à 60 $\mu\text{mol.L}^{-1}$, la caféine à 15 mmol.L^{-1} , et l'EDTA à 5 mmol.L^{-1} ; ces trois composés sont dissouts dans du PBS-Ca.

L'adrénaline est une hormone qui agit en se liant à un récepteur de la membrane plasmique couplé à une protéine G. Il existe plusieurs types et sous-types de récepteur de l'adrénaline. Par exemple, le récepteur de sous-type α_1 est couplé à la protéine G_q qui active la phospholipase C et la voie de l'inositol tri-phosphate ; le récepteur de sous-type α_2 est couplé à la protéine G_i qui inhibe l'adénylate cyclase ; les récepteurs de type β sont couplés à la protéine G_s qui stimule l'adénylate cyclase.

I.A.1- Définissez « transduction du signal ». Précisez ce que signifie « second messenger intracellulaire »

Réponse à la question I.A.1

La **transduction du signal** désigne le mécanisme par lequel une cellule répond à l'information qu'elle reçoit, par des agents chimiques ou autres signaux (tension,...). Elle commande une cascade de signaux secondaires, internes à la cellule : les **seconds messagers intracellulaires** et des processus cellulaires interne (métabolisme, cycle cellulaire, motilité,...). La nature et la concentration du signal extracellulaire est codée par la nature et la quantité de second messenger intracellulaire.

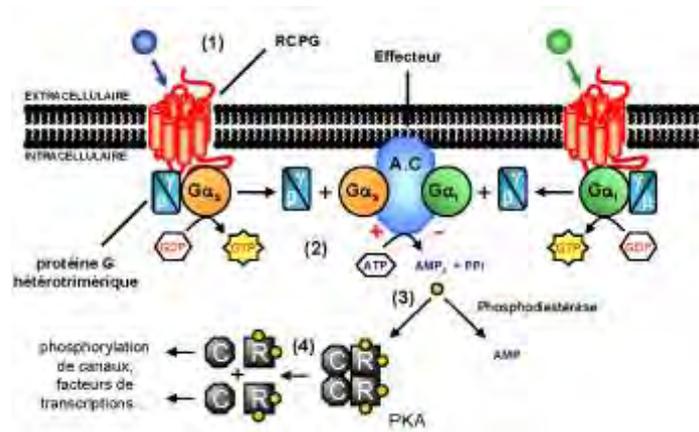
NOM :

Prénom :

Salle :

I.A.2- Schématisez les éléments de la voie de transduction de l'adrénaline pour chacune des protéines G qui peuvent-être impliquées, depuis le message extracellulaire jusqu'aux messagers intracellulaires.

Réponse à la question I.A.2



Un exemple de schéma, à compléter par la voie Gq, IP₃, DAG, Ca²⁺ et PKC

Pour caractériser l'effet de l'adrénaline, observez une écaille montée dans du PBS-Ca que vous traiterez ensuite à l'adrénaline. Pour cela, préparez une chambre de perfusion et déposez une écaille de truite fraîchement prélevée dans la partie dorsale, au-dessus de la ligne latérale :



Déposer les 4 plots de pâte à modeler selon la taille de la lamelle.



Déposer un plot de vaseline au centre.



Déposer l'écaille sur le plot de vaseline face tissulaire en-dessous, couvrir de PBS-Ca, ajuster la lamelle et compléter éventuellement avec du PBS-Ca déposé avec une poirette et entrant par capillarité.

Observez immédiatement au microscope à l'objectif x10. Attention, compte-tenu de l'épaisseur de la chambre de perfusion, les objectifs x40 ou x100 ont de grandes chances de s'écraser sur la lamelle sans qu'il soit possible de faire la mise au point.

Traitez ensuite à l'adrénaline : directement sur la platine du microscope, avec un papier absorbant, éliminez le plus complètement possible la solution présente dans la chambre de perfusion ; immédiatement, déposez à côté de la lamelle la solution d'adrénaline fournie avec une poirette : elle entrera par capillarité.

NOM :

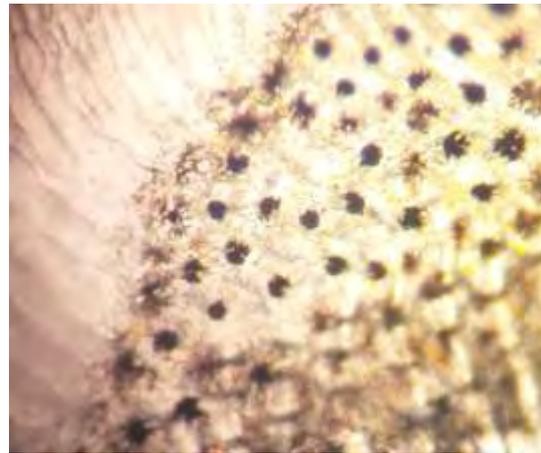
Prénom :

Salle :

Observez immédiatement en chronométrant. Déterminez en combien de temps l'effet complet est observable.

I.A.3- Schématisez l'écaille observée en représentant la position et la forme des mélanocytes avant et après traitement à l'adrénaline. Appelez un examinateur après traitement à l'adrénaline pour qu'il vérifie le résultat obtenu et la concordance avec vos schémas.

Réponse à la question I.A.3



I.A.4- Décrivez les effets de l'adrénaline sur les mélanophores dans les mélanocytes.

Réponse à la question I.A.4

En absence d'adrénaline, les mélanocytes présentent un aspect étoilé ; après traitement par l'adrénaline, ils prennent pour la plupart un aspect circulaire. Ce changement montre que les mélanophores initialement dispersés dans une cellule étoilée se regroupent au centre de la cellule.

NB : il n'est pas possible de déterminer ici si la cellule change de forme ou déplace les mélanophores dans une cellule dont la forme ne change pas.

I.A.5- Sachant que le diamètre d'un mélanocyte est en moyenne de $100\ \mu\text{m}$, calculez la vitesse de déplacement des mélanophores.

Réponse à la question I.1.5

Le temps nécessaire au changement de forme est d'environ 60 secondes. Les pigments situés à la périphérie du mélanocyte parcourent donc $50\ \mu\text{m}$ en 60 secondes soit environ $0,8\ \mu\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

NOM :

Prénom :

Salle :

Vous allez maintenant analyser les mécanismes de transduction du signal impliqués dans la réponse des mélanocytes à l'adrénaline. Pour cela, Vous pourrez observer une écaille incubée dans chacune des quatre solutions fournies (PBS-Ca, EDTA, adrénaline, caféine) ou dans des mélanges. Vous pourrez combiner ces solutions par deux ou par trois. Pour cela, vous préparerez dans des microtubes des mélanges en volumes égaux de façon approximative à l'aide de poirettes. Pour chaque essai, prévoyez 2 mL solution. Compte-tenu des concentrations efficaces de chacune des substances, la mesure des volumes ne nécessite pas une grande précision.

I.A.5- Proposez un plan d'expérience qui permette d'identifier le second messenger responsable des mouvements des mélanophores en réponse à l'adrénaline. Il vous est conseillé de commencer par un traitement par l'adrénaline immédiatement suivi par la caféine. Réalisez toutes vos observations sur une seule écaille, fraîchement prélevée et montée dans une chambre de perfusion. Entre deux solutions, effectuez un rinçage par du PBS-Ca. Votre réponse précisera l'objectif de chacun des essais proposés.

Réponse à la question I.A.5

Prévoir des essais simples :

PBS-Ca : témoin négatif

Adrénaline seule : témoin positif, suivi d'un traitement par la caféine comme suggéré dans l'énoncé

Caféine seule : témoin montrant que l'effet observé par la suite dépend d'une activation de la voie de signalisation de l'adrénaline et non d'un effet propre à la caféine

EDTA seul : témoin montrant que l'effet observé par la suite dépend d'une activation de la voie de signalisation de l'adrénaline et non d'un effet propre à l'EDTA

Des essais combinés :

Adrénaline + caféine pour tester le rôle de l'AMPC dans le regroupement des mélanophores.

Adrénaline + EDTA pour tester le rôle du calcium dans le regroupement des mélanophores.

Adrénaline PUIS caféine + EDTA pour tester les effets du calcium dans la dispersion des mélanophores.

NOM :

Prénom :

Salle :

B. Analyse des résultats

I.B.1- Une fois les observations réalisées, regroupez vos résultats dans un tableau contenant de façon structurée un schéma de l'aspect des mélanophores et une conclusion quant à la répartition des pigments.

Réponse à la question I.B.1

Condition	Aspect des mélanocytes	Commentaire
PBS-Ca		Forme étoilée : mélanophores dispersés
Adrénaline		Forme circulaire : mélanophores regroupés au centre de la cellule
Caféine		Forme étoilée : mélanophores dispersés Donc pas d'effet de la caféine seule
EDTA		Forme étoilée : mélanophores dispersés Donc pas d'effet de l'EDTA seul
Adrénaline + caféine		Forme étoilée : la caféine bloque la réponse à l'adrénaline NB : la dispersion des mélanophores est tout de même moindre qu'avant traitement par l'adrénaline. On peut vérifier qu'un rinçage + traitement à la caféine ne suffit pas pour rétablir la dispersion initiale des mélanophores.
Adrénaline + EDTA		Forme circulaire : l'EDTA ne modifie pas la réponse à l'adrénaline
Adrénaline PUIS caféine + EDTA		Forme étoilée : à première vue, l'EDTA ne modifie pas l'inhibition de la réponse à l'adrénaline par la caféine. NB : un examen attentif permet de constater que la dispersion des pigments est ici plus forte qu'en présence de caféine seule. L'EDTA renforce donc l'effet de la caféine et permet de revenir à la situation de départ.

NOM :

Prénom :

Salle :

I.B.2- Analysez ces résultats pour identifier la voie de transduction et le second messenger qui sont probablement responsables de la réponse à l'adrénaline. Précisez quel est l'effet de l'adrénaline sur la concentration intracellulaire de ce second messenger.

Réponse à la question I.B.2

L'effet de l'adrénaline est de déclencher le regroupement des pigments initialement dispersés.

La substance qui perturbe spécifiquement cette réponse à l'adrénaline est la caféine. Or la caféine est un inhibiteur de la phosphodiesterase qui hydrolyse l'AMPc en AMP, l'inactivant ainsi. C'est donc en empêchant une baisse de la concentration intracellulaire que la caféine bloque la réponse à l'adrénaline. On peut donc conclure que l'adrénaline provoque le regroupement des mélanophores en déclenchant une diminution de la concentration intracellulaire en AMPc. L'adrénaline se fixerait donc sur un récepteur de type α_2 activant une protéine G_i qui inhibe l'adénylate cyclase.

On peut remarquer que cette inhibition est incomplète puisque la dispersion des pigments est incomplète en présence de caféine. La dispersion n'est totale qu'en présence de caféine et EDTA. L'EDTA étant un chélateur de l'ion Ca^{2+} , on peut en conclure que la dispersion des mélanophores en absence d'AMPc nécessite du calcium. Toutefois, le calcium ne semble pas impliqué dans le regroupement des pigments en réponse à l'adrénaline puisque l'effet de l'adrénaline est le même en absence ou en présence d'EDTA.

IC- Caractérisation du cytosquelette des mélanocytes

I.C.1- Rappelez quels sont les principaux réseaux qui constituent le cytosquelette des cellules animales et comment ils s'organisent. Votre réponse pourra inclure des schémas de la disposition des réseaux de cytosquelette.

Réponse à la question I.C.1

Microtubules : réseau d'agrégats hélicoïdaux tubulaires formés à partir de tubuline α/β ; organisation généralement rayonnante à partir du centrosome (aussi appelé centre organisateur des microtubules), situé à proximité du noyau cellulaire.

Actine : réseau d'agrégats hélicoïdaux filamenteux (actine F) formés à partir d'actine G ; organisation généralement en un maillage sous-membranaire, le cortex d'actine.

Filaments intermédiaires : réseau d'agrégats filamenteux formés d'un assemblage de protéines spécifiques du type cellulaire, généralement associés à l'un ou l'autre des réseaux précédents (à l'exception des laminines, ubiquitaires et structurant l'enveloppe nucléaire).

NOM :

Prénom :

Salle :

I.C.2- D'après la trajectoire des mouvements observés dans la partie I.2, quel est probablement le réseau de cytosquelette qui guide les déplacements des mélanophores ?

Réponse à la question I.C.2

On observe des mouvements centripètes en présence d'adrénaline, centrifuges en présence de caféine : la trajectoire le long de rayons semble impliquer le réseau de microtubules.

Un bras de mélanocyte de truite a été préparé pour la microscopie électronique à transmission et observé (figure I.1).

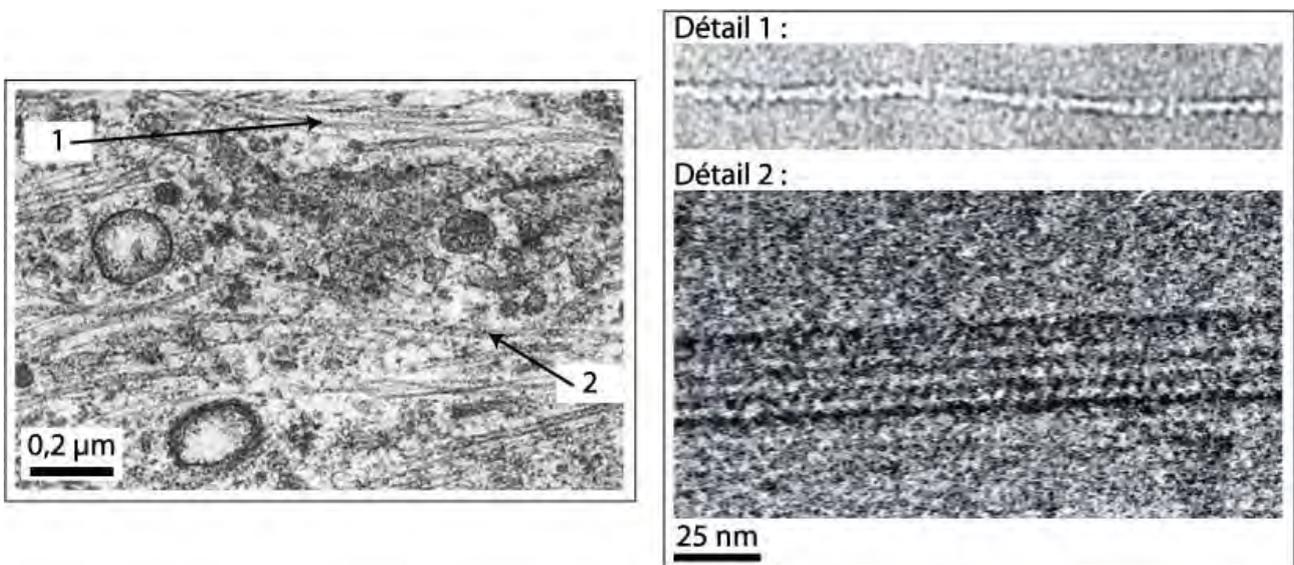


Figure I.1 : Le cytosquelette des mélanocytes. A gauche, électronographie d'un bras de mélanocyte de truite (Schliwa, 1977). A droite, détail des deux éléments pointés sur le cliché de gauche. La barre d'échelle est la même pour ces deux clichés (1 : Craig R., 2008 ; 2 : Wade R., 2008).

I.C.3- Rappelez quelles sont les principales étapes de la préparation d'un échantillon pour l'observation au microscope électronique à transmission.

Réponse à la question I.C.3

Fixation (des structures protéiques par la glutaraldéhyde, des membranes par l' OsO_4), (déshydratation), inclusion dans une résine dure (type EpoxyTM), réalisation de coupes ultrafines, contraste avec des sels de métaux lourds (acétate d'uranyle, citrate de plomb).

NOM :

Prénom :

Salle :

I.C.4- Quels éléments du cytosquelette pouvez-vous identifier sur l'électronographie de la figure I.1 ? Justifiez.

Réponse à la question I.C.4

1 : microfilament d'actine. Structure hélicoïdale fine à deux protofilaments, diamètre environ 7 nm.

2 : microtubule. Structure hélicoïdale, on voit 5-6 protofilaments, diamètre environ 25 nm.

II. Energie et mouvements cellulaires

A- Analyse des mouvements de cyclose

La cyclose peut être observée dans les feuilles d'Elodée.

Prélevez une feuille d'élodée préalablement conservée à l'obscurité et montez-la dans de l'eau dans une chambre de perfusion (Cf. I.1.2). Observez-la au microscope immédiatement. Laissez-la en place éclairage allumé et observez-la après 5 puis 15 minutes. Attention à ne pas laisser sécher la préparation, ajoutez régulièrement de l'eau sur le côté de la préparation.

II.A.1- Lors de l'observation à 15 minutes, déterminez le temps pour qu'un chloroplaste parcoure la longueur de la cellule. Réalisez cette mesure pour 3 cellules différentes et cinq chloroplastes différents dans chaque cellule. Sachant que la longueur moyenne d'une cellule de feuille d'élodée est de 50 μm , calculez la vitesse du déplacement. Déduisez-en la vitesse moyenne de déplacement des chloroplastes en $\text{nm}\cdot\text{s}^{-1}$, ainsi que l'écart-type. Présentez vos mesures et les résultats de vos calculs dans un tableau.

Réponse à la question II.A.1

Cellule	Chloroplaste	Temps de parcours de la longueur de la cellule (s)	Vitesse ($\mu\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
1	1 :		
	2 :		
	3 :		
	4 :		
	5 :		
2	1 :		
	2 :		
	3 :		
	4 :		
	5 :		
3	1 :		
	2 :		
	3 :		
	4 :		
	5 :		
Moyenne :			Env. $0,8 \mu\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
Ecart-type :			

NOM :

Prénom :

Salle :

Sur la même préparation que vous aurez soin de ne pas laisser sécher, ajoutez par capillarité 1 à 2 mL d'extrait de feuille de laurier cerise (*Prunus laurocerasus*). Observez pendant 5-10 minutes. Après 10 minutes, comme précédemment, déterminez la vitesse du mouvement des chloroplastes.

II.A.2- Résumez l'effet de l'extrait de feuille de laurier cerise sur les mouvements de cyclose des chloroplastes de la feuille d'élodée.

Réponse à la question II.A.2

Les mouvements sont abolis par cet extrait de laurier cerise.

II.A.3- D'après la trajectoire des mouvements des chloroplastes, quel réseau de cytosquelette est-il probablement mis en jeu ici ?

Réponse à la question II.A.3

Mouvements circulaires entre la vacuole et la membrane plasmique, dans le cortex de cytoplasme : cela semble impliquer le cytosquelette d'actine.

B. Analyse des mouvements des cils de branchies de moule (*Mytilus sp.*)

Ouvrez une moule et prélevez un fragment de branchie de moule et déposez-le dans de l'eau de mer dans une chambre de perfusion. Observez et repérez des cils en mouvement.

Après quelques instants d'observation des mouvements, ajoutez quelques gouttes d'extrait de feuille de laurier cerise, dont les composés actifs diffuseront par capillarité. Observez pendant 5-10 minutes.

II.B.1- Résumez vos observations : décrivez les mouvements des cils et l'effet de l'extrait de feuille de laurier cerise.

Réponse à la question II.B.1

Les cils présentent un mouvement de battement régulier et synchrone – responsable des flux d'eau dans la cavité palléale. L'extrait de laurier cerise abolit ces mouvements.

C- Effet du cyanure

La feuille de Laurier-Cerise contient un hétéroside cyanogénique, c'est-à-dire qu'il libère spontanément des ions cyanure (CN⁻) en milieu acide. Cette réaction est initiée lorsque la vacuole se rompt et libère son contenu acide. Ces hétérosides sont un moyen de défense efficace contre les ruminants.

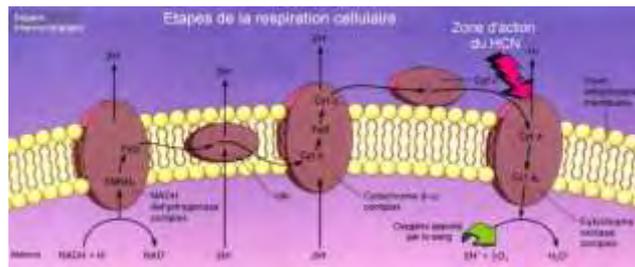
II.C.1- A l'aide d'un schéma, localisez la cible moléculaire du cyanure dans une cellule animale.

NOM :

Prénom :

Salle :

Réponse à la question II.C.1



La molécule cible est le complexe IV de la chaîne respiratoire mitochondriale ou cytochrome c oxydase.

II.C.2- Expliquez les résultats observés avec l'extrait de feuille de laurier cerise. Quelles molécules importantes pour les mouvements cellulaires sont-elles révélées ici ? Précisez leur nom dans chacun des phénomènes étudiés : mouvements des mélanophores, cyclose, battements ciliaires. ?

Réponse à la question II.C.2

Le cyanure bloque les transferts d'électrons dans la chaîne respiratoire. Le pompage des protons couplé à ces transferts d'électrons est donc stoppé, la réoxydation des coenzymes du catabolisme oxydatif ($NADH$, H^+ et $NADPH^+$) est également stoppé dans les cellules incapables de fermenter : la production d'ATP est donc très fortement voire totalement bloquée.

Les mouvements utilisent de l'ATP qui est hydrolysé par des moteurs moléculaires :

- dynéine pour le regroupement des mélanophores (mouvements vers l'extrémité moins des microtubules localisée au centrosome), kinésine pour leur dispersion (mouvements vers l'extrémité plus des microtubules localisée à la périphérie de la cellule).
- myosines pour les mouvements de cyclose
- dynéine pour les battements ciliaires

La figure II-1 présente un modèle moléculaire de l'un de ces acteurs.

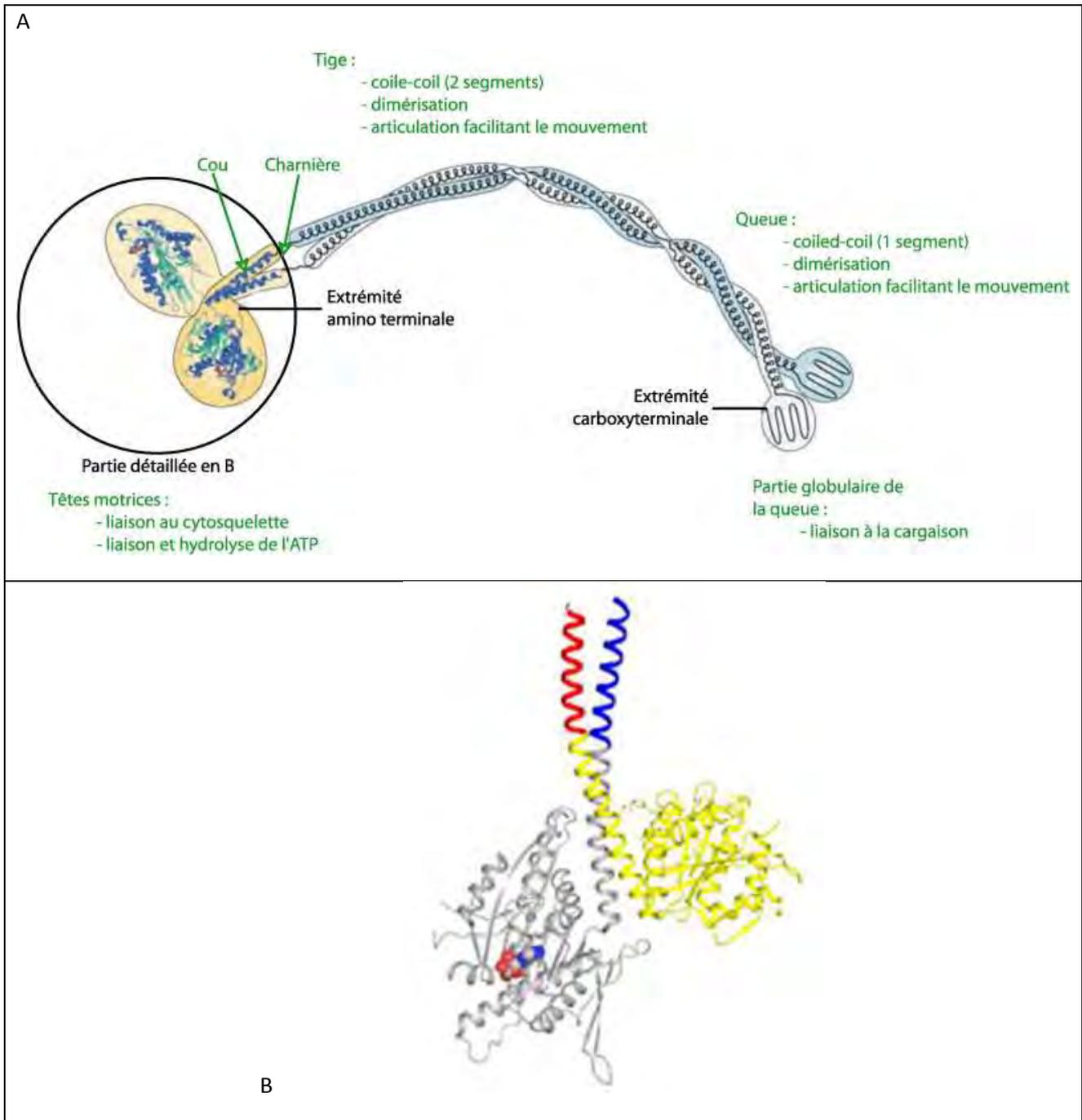


Figure II.1 : modèle moléculaire en ruban d'une molécule impliquée dans le mouvement des mélanophores. A : structure globale. B : détail de la partie entourée en A ; la structure représentée en boules et bâtonnets est une molécule d'ADP.

II.C.3- Directement sur la figure II.1, annotez ce modèle moléculaire pour en caractériser la structure générale.

II.C.4- Décrivez l'organisation fonctionnelle de cette molécule : activité des différents domaines, sites d'interaction et partenaires.

Réponse à la question II.C.2

Cette molécule est formée par l'assemblage de deux sous-unités très semblables : il s'agit d'une protéine à structure quaternaire, un dimère, sans doute homodimère.

Dans le détail (B), on observe une molécule d'ADP liée à la protéine : il s'agit donc d'une hétéroprotéine.

Les seuls éléments de structure secondaire reconnaissables sont des hélices α , on ne voit pas de brins β .

Chacune des sous-unités présente une extrémité carboxyterminale formant un petit globule et une extrémité aminoterminal formant une tête globulaire. Les deux sous-unités sont disposées parallèlement : les deux extrémités aminoterminales se font face, les deux extrémités carboxyterminales aussi.

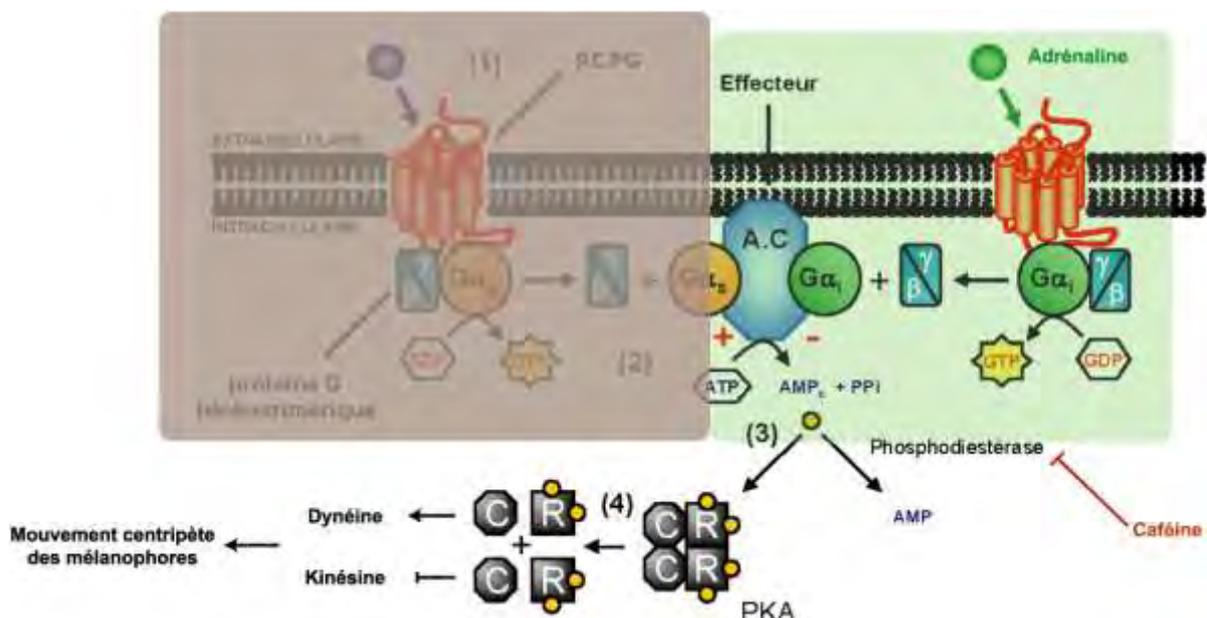
Les deux sous-unités sont associées le long de très longues hélices α légèrement torsadées : une structure en *coiled-coil*.

Cette molécule étant un moteur, on peut supposer que les parties motrices sont celles liant un nucléotide à adénine : la partie aminoterminal globulaire de chacune des sous-unités représenterait donc un des pieds de ce moteur, se liant au cytosquelette ou s'en détachant selon l'état di- ou tri-phosphate du nucléotide. À l'opposé, les parties globulaires carboxyterminales seraient responsables de la liaison à la cargaison transportée (vésicule par exemple).

III. Bilan

III.1- Réalisez un schéma fonctionnel de l'effet de l'adrénaline sur les mélanocytes en précisant les relais qui assurent la conversion de l'information reçue en réponse cellulaire, ainsi que les acteurs moléculaires de cette réponse.

Réponse à la question III.1



NOM :

Prénom :

Salle :

III.2- Rédigez un texte précisant ce que, dans ce schéma, vous avez démontré lors de ces manipulations et ce qui reste hypothétique ou incomplet.

Réponse à la question III.2

Lors de ces manipulations, on a démontré :

- que l'adrénaline déclenche le mouvement centripète des mélanophores
- que ce mouvement nécessite une baisse de la concentration en AMPc : l'adrénaline se lierait donc à un récepteur de type α_2 .

L'électronographie laisse penser que ces mouvements peuvent dépendre du cytosquelette d'actine et/ou de microtubules.

Il reste donc à démontrer quel réseau de cytosquelette est impliqué, identifier quel moteur est impliqué et expliquer comment l'AMPc contrôle l'activité de ce moteur.

5.5 Epreuve de travaux pratiques de contre-option du secteur B : Sujet et commentaires

5.5.1 Présentation de l'épreuve

L'épreuve de travaux pratiques de contre option B, destinés aux candidats des secteurs A et C, avait pour thème général le pollen et la pollinisation.

La partie I, très classique, proposait l'étude de la formation du pollen dans les anthères de Lys à partir de deux préparations microscopiques du commerce : une anthère jeune qui présentait au moins deux stades de division reconnaissables et une anthère déhiscente contenant des grains de pollens murs.

La partie II s'intéressait à la pollinisation entomophile en proposant dans un premier temps, de dégager à partir de dissections les caractéristiques adaptatives chez une fleur et chez un insecte pollinisateur. Un exercice de génétique des populations était ensuite proposé puis des études d'interaction plantes-insectes.

La partie III correspondait à un exercice de reconnaissance de diverses plantes et insectes et d'identifier les éventuelles relations plantes-insectes.

Le jury a constaté de façon générale que les candidats ne lisaient pas le sujet avec suffisamment d'attention pour respecter strictement les consignes afin de se limiter à ce qui est demandé. Toute activité supplémentaire ne peut pas être prise en compte dans la notation et occasionne une perte de temps préjudiciable. Les sujets sont toujours longs de façon à valoriser les candidats rapides qui gèrent efficacement leur temps, mais également pour donner à chacun la possibilité de réaliser une bonne partie des exercices sans être trop pénalisé par l'incapacité à exécuter certains d'entre eux. La diversité des exercices permet par ailleurs de tester des capacités à la fois pratiques et cognitives mais aussi les connaissances de base des candidats qui se destinent à l'enseignement.

5.5.2 Commentaires concernant la première partie

Le dessin interprétatif de la lame 1, une anthère de Lys jeune, devait faire apparaître les structures anatomiques et histologiques de l'anthère intervenant dans la formation du pollen. Était attendu le dessin d'une coupe d'au moins une demi-anthère avec une représentation du connectif et du faisceau cribrovasculaire assurant les relations trophiques, de l'assise mécanique nécessaire à la déhiscence, des tissus nourriciers et du tissu sporogène en cours de division. Les lames avaient été observées auparavant pour contrôler qu'au moins deux stades de division étaient reconnaissables, deux dessins de détail de ces stades étaient donc requis.

Le dessin de détail de la lame 2 devait faire apparaître la déhiscence de l'anthère après fonctionnement de l'assise mécanique, la résorption des tissus nourriciers et l'organisation d'un grain de pollen mur, bien visible puisqu'avec un bon réglage les deux cellules étaient discernables à l'intérieur.

Les candidats ont en très grande majorité réalisé l'exercice. Le jury déplore cependant que beaucoup de dessins ne soient pas fidèles à l'observation alors que ce point était explicitement demandé et soumis à notation. La fidélité était une condition essentielle à l'illustration des relations structures-fonctions. Par ailleurs, beaucoup trop de dessins sont brouillons et mal disposés sur la page et certains candidats négligent même l'usage de la règle. Moins de 20% des candidats ont représenté les figures de division qui étaient visibles alors que ce point est crucial pour la formation du pollen ainsi qu'une représentation correcte d'un grain de pollen mur. Le dessin doit mettre l'accent sur ce

qui est fonctionnellement significatif dans un objet biologique et c'est de ce fait, un outil qui ne doit pas être négligé.

5.5.3 Commentaires concernant la seconde partie

La partie II débutait par une dissection florale qui était notée sur place. Il était précisé que la dissection florale devait correspondre à la formule florale et au diagramme floral. Cet exercice devait donc permettre de reconnaître la position du pédoncule floral, la symétrie bilatérale, le nombre des pièces florales et leur disposition en verticilles alternes, les soudures (gamosépalie et gamopétalie), la structure de l'ovaire et sa position supère. Peu de candidats ont bien réussi la dissection (moins de 5%) alors que 30% ont tracé un diagramme floral de Lamiacée correct, peut-être de mémoire ? Il est à noter aussi que beaucoup ignorent les conventions d'écriture de la formule et du diagramme floral.

Les caractères intervenant dans la pollinisation en revanche, ont été le plus souvent reconnus. Très bizarrement, les avis divergeaient quant au mode de pollinisation qui était non seulement entomophile mais aussi entémophile, enthomophile, anthémophile, anthéroophile, entomophylle pour ne citer que ces avatars...

Si au moins la moitié des candidats a reconnu le Lamier blanc, le jury a eu la surprise de constater que plus de 10% des candidats faisaient la confusion avec une Fabacée ce qui est tout de même une confusion triviale.

La dissection de l'abeille et la présentation des appendices a été particulièrement décevante. C'est l'exercice pratique qui a été le moins réussi. Les pièces sont abîmées, incomplètes et disposées sans ordre logique.

Peu de candidats connaissent l'organisation de l'appareil buccal de l'abeille et encore moins ont reconnu des adaptations particulières au niveau des pattes qui étaient pourtant remarquables même sans connaissances particulières par la simple observation à la loupe binoculaire.

Enfin si beaucoup ont identifié un hyménoptère, certains ont reconnu un diptère (ils pouvaient pourtant compter les ailes !) et seulement la moitié connaissent les noms de genre et d'espèce.

L'exercice de génétique des populations a été correctement traité par moins de 5% des candidats. Force est de constater que de nombreux candidats ne connaissent pas la relation de Hardy-Weinberg (relation entre les fréquences alléliques parentales et les fréquences génotypiques attendues dans la descendance). Ecrire que $p^2 + 2pq + q^2 = 1$ revient à écrire que la somme des fréquences génotypiques est égale à 1, ce qui est toujours le cas si on ne se trompe pas dans ses calculs ! Parmi les hypothèses émises pour expliquer le déficit en hétérozygotes observés, la sélection naturelle est citée par la majorité des candidats. Cependant, l'évolution ne se limite pas à la sélection naturelle, la dérive génétique pouvait être envisagée. L'effet Wahlund est méconnu de la plupart des candidats. Enfin, les écarts à la panmixie ont été assez mal exploités.

Le document portant sur le syndrome de pollinisation demandait une description et une analyse rigoureuse des arbres phylogénétiques sans difficultés particulières. Quelques candidats n'ont pas correctement lu le sujet et ont vu des phylogénies en miroir avec une (très) bonne congruence. Et

pour cause (!), sur la même phylogénie étaient cartographiés, la symétrie florale et le syndrome de pollinisation.

L'analyse des documents sur les relations plantes-pollinisateurs était également sans difficultés notables. Une analyse précise et rigoureuse était attendue ainsi qu'un déroulé logique de l'argumentation. Les candidats ont, dans l'ensemble, bien analysé les documents. L'argumentaire concernant la possibilité d'une co-évolution reste toutefois faible scientifiquement.

5.5.4 Commentaires concernant la troisième partie

La partie III correspondait à l'identification de 14 échantillons (7 insectes et 7 plantes), à la détermination de leur régime alimentaire pour les insectes et de leur mode de pollinisation le plus probable pour les plantes. Cette partie nécessitait un passage à un poste de reconnaissance au niveau duquel les 14 échantillons étaient exposés (10 minutes de passage à ce poste par candidat). Une loupe binoculaire était par ailleurs mise à disposition du candidat à ce poste. Les candidats ont tous traité cette partie, mais la réussite à cet exercice reste très variable. La position systématique des échantillons était demandée – ce qui nécessitait de préciser le nom scientifique de l'espèce, le nom vernaculaire de l'espèce, ainsi que l'ordre pour les insectes ou la famille pour les plantes. Ceci a permis notamment de bien différencier un candidat ne connaissant pas l'espèce présentée, mais ayant suffisamment de connaissances pour identifier l'ordre/la famille de l'échantillon présenté, d'un candidat n'ayant aucune idée de l'appartenance systématique de l'échantillon présenté. Les échantillons étaient de difficulté variable – certains échantillons étaient ainsi très classiques (par exemple la Piéride du Chou ou le Dactyle aggloméré), d'autres moins ce qui, une fois encore, permettait une gradation entre les différents candidats. Le jury a été étonné que de nombreux candidats n'aient pas reconnu certains des échantillons jugés très communs, et déplore que certains candidats proposent des identifications parfois très minimalistes – indiquer « insectes » ou « angiospermes » ne pouvait bien évidemment pas suffire à obtenir des points. Concernant les indications complémentaires, trop de candidats ont confondu « régime alimentaire » et « type de pièces buccales ». En revanche, les candidats ont réussi dans l'ensemble à bien qualifier le mode de pollinisation le plus probable des plantes exposées (même si de très nombreux termes fantaisistes ont été proposés pour qualifier la pollinisation entomophile ...). Le jury, tient, comme l'an dernier, à souligner qu'il est très regrettable que le niveau des connaissances naturalistes des candidats à l'Agrégation externe de SV-STU soit si faible, et ne peut qu'encourager les futurs candidats à améliorer leurs connaissances dans ce domaine.

5.5.5 Sujet commenté

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

CONCOURS EXTERNE- ÉPREUVE D'ADMISSION –session 2015

TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE-OPTION DU SECTEUR B

CANDIDATS DES SECTEURS A ET C

Durée totale : 2 heures

Pollen et pollinisation

Ce sujet est fondé sur l'étude de différents pollens et les processus de la pollinisation. Les différentes parties du sujet sont indépendantes.

Certaines d'entre elles comprennent des manipulations, il faudra organiser votre temps de travail en conséquence. Vous ferez appel à un examinateur pour l'évaluation de vos dissections lorsque vos dessins s'y rapportant sont terminés.

La partie « reconnaissance » s'effectuera à partir de spécimens présentés dans la salle. Ils seront consultables en un temps limité et selon un planning préétabli.

Partie I – La production du pollen chez une angiosperme

Durée conseillée : 40min

Partie II – Les adaptations à la pollinisation chez les plantes et les pollinisateurs

Durée conseillée : 65 min

Partie III – Reconnaissance

Durée conseillée : 15 min

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

Partie I – La production du pollen chez une angiosperme

I – A - 1 : Etude d'anthères de Lys à différents stade de maturité

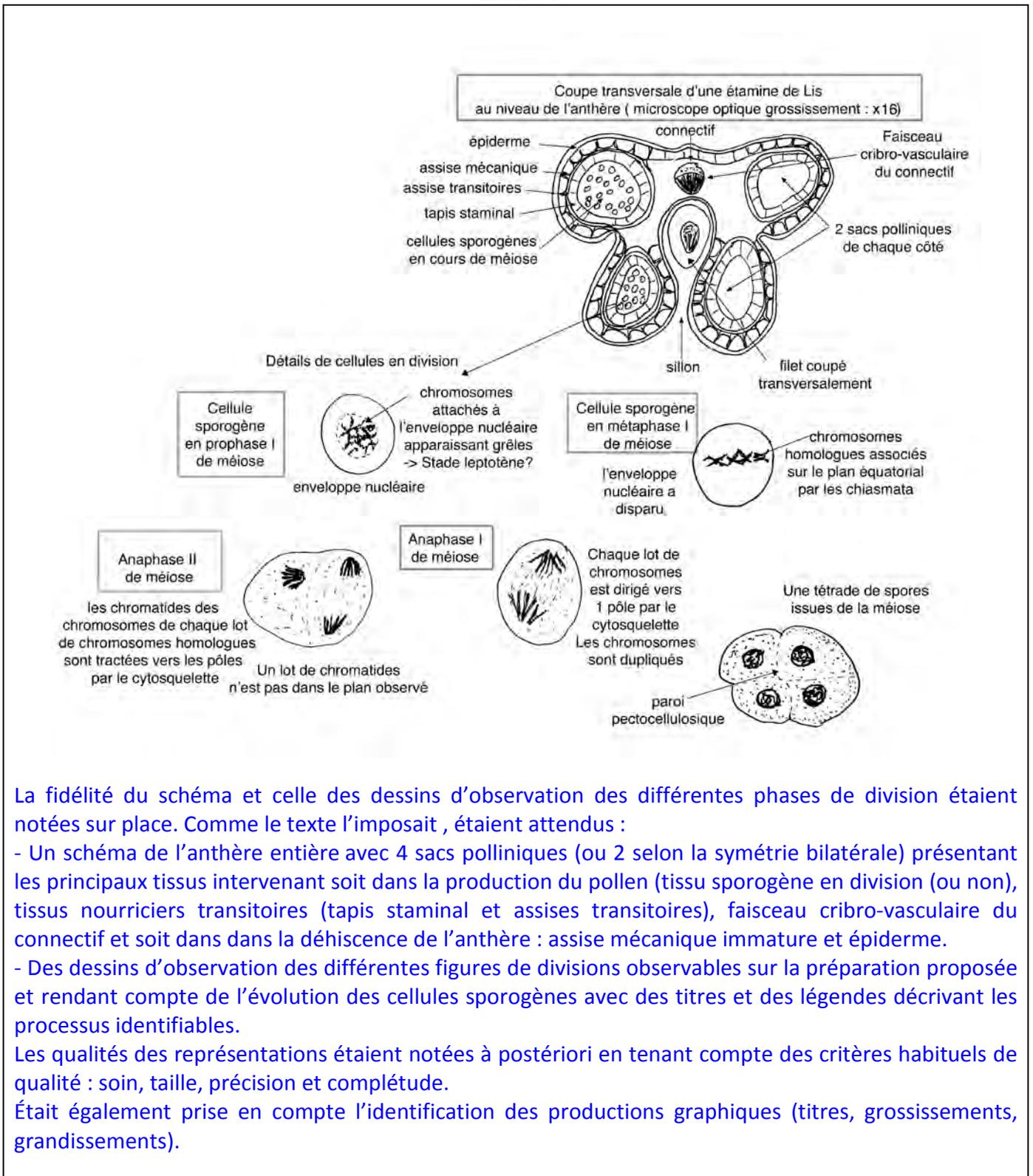
Dans cette première partie, on se propose d'étudier la formation du pollen chez une angiosperme à partir de l'étude des 2 lames proposées.

Réalisez un dessin interprétatif de la coupe histologique proposée (lame 1) :

L'observation devra en particulier vous permettre de mettre en évidence les structures anatomiques et histologiques associées à la production de pollen.

Quand votre dessin sera terminé, vous appellerez un examinateur qui vérifiera l'adéquation entre la lame étudiée et l'observation réalisée

Lame 1



La fidélité du schéma et celle des dessins d'observation des différentes phases de division étaient notées sur place. Comme le texte l'imposait, étaient attendus :

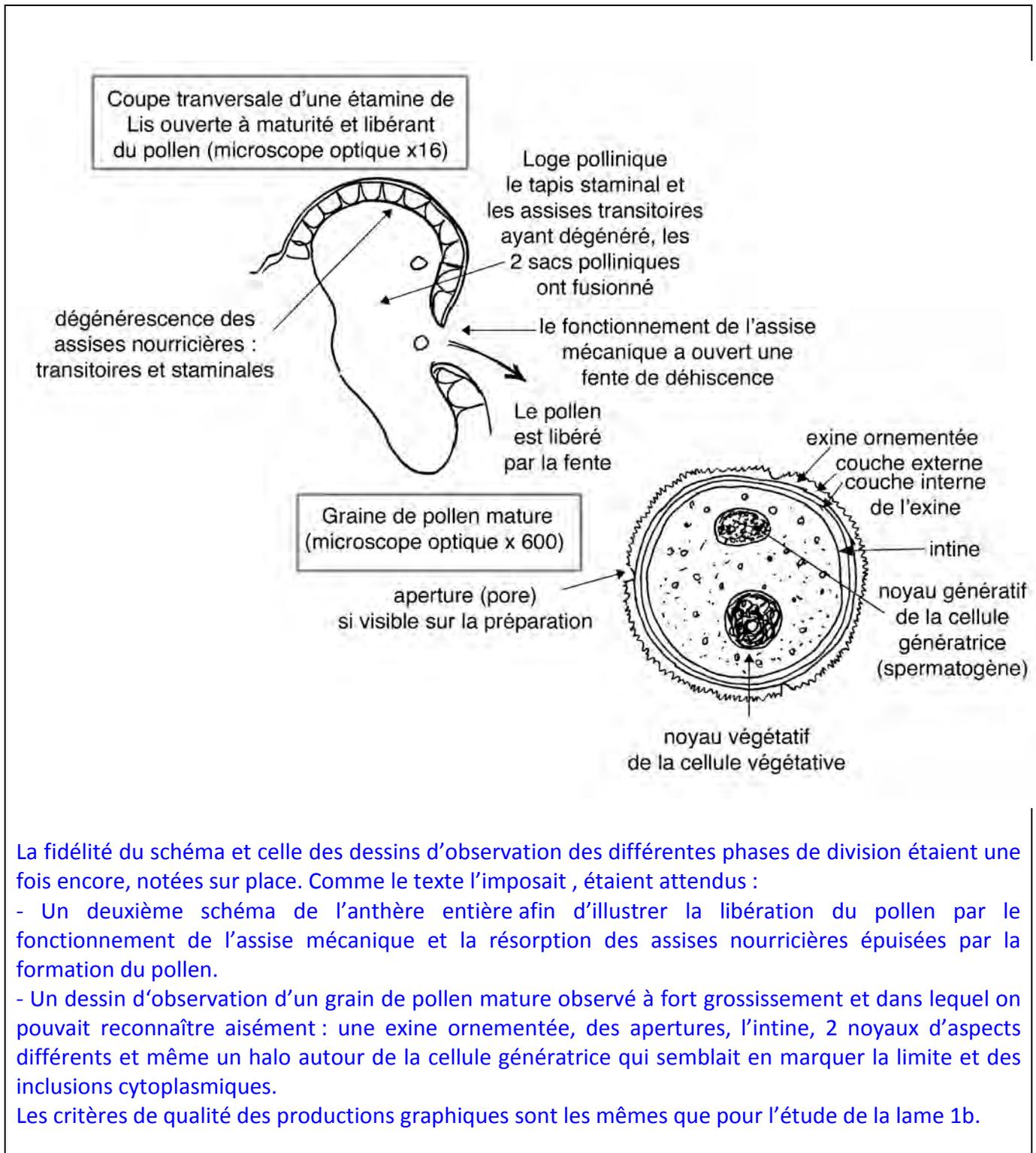
- Un schéma de l'anthere entière avec 4 sacs polliniques (ou 2 selon la symétrie bilatérale) présentant les principaux tissus intervenant soit dans la production du pollen (tissu sporogène en division (ou non), tissus nourriciers transitoires (tapis staminal et assises transitoires), faisceau cribro-vasculaire du connectif et soit dans la déhiscence de l'anthere : assise mécanique immature et épiderme.
- Des dessins d'observation des différentes figures de divisions observables sur la préparation proposée et rendant compte de l'évolution des cellules sporogènes avec des titres et des légendes décrivant les processus identifiables.

Les qualités des représentations étaient notées à posteriori en tenant compte des critères habituels de qualité : soin, taille, précision et complétude.

Était également prise en compte l'identification des productions graphiques (titres, grossissements, grandissements).

Lame 2

Réalisez un dessin de détail d'une région judicieusement choisie de la lame 2.



Partie II –

II – A – 1 Réalisez une **dissection florale** à partir de l'échantillon proposé (espèce A). Vous indiquerez la **formule florale** et représenterez le **diagramme floral** dans le cadre ci-dessous ainsi que les **caractères intervenant dans la pollinisation**, et vous **proposerez un mode de pollinisation**. La dissection doit être réalisée sur **une feuille libre** et **présentée à un examinateur pour évaluation**. La **correspondance de la dissection avec la formule florale sera également évaluée** par l'examinateur.

Vous ferez appel à l'examinateur lorsque l'ensemble de cette partie sera terminé.

Réponse à la question II – A – 1

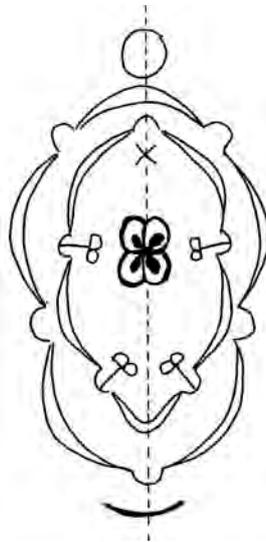
La dissection florale devait permettre à un observateur de réaliser un diagramme floral complet et exact sans qu'il connaisse autrement la fleur étudiée, il s'agissait donc :

- de positionner bractée et pédoncule,
- de séparer les différentes pièces florales,
- de les disposer sur des verticilles elliptiques en alternance d'un cycle au suivant et de placer une coupe transversale de l'ovaire au centre,
- d'indiquer les soudures à côté en plaçant un calice et une corolle (avec les étamines soudées) ouverts dans le plan de symétrie,
- de placer un fragment de pédoncule portant le réceptacle floral et l'ovaire inséré au dessus des stigmates pour attester de l'ovaire supère.

Formule florale

$[5S] + [[5P] + 4E] + 2C$

Diagramme floral



Caractères intervenant dans la pollinisation et mode de pollinisation

Corolle colorée, odorante, zygomorphe : lèvre inférieure constituée de 3 pétales soudés et qui fonctionne comme une plateforme pour l'insecte butineur qui pénètre dans la fleur pour récolter le nectar, et heurte les étamines, le nectar enfoncé dans la corolle contraint l'insecte à toucher le gynécée.

Type de pollinisation

Pollinisation entomophile

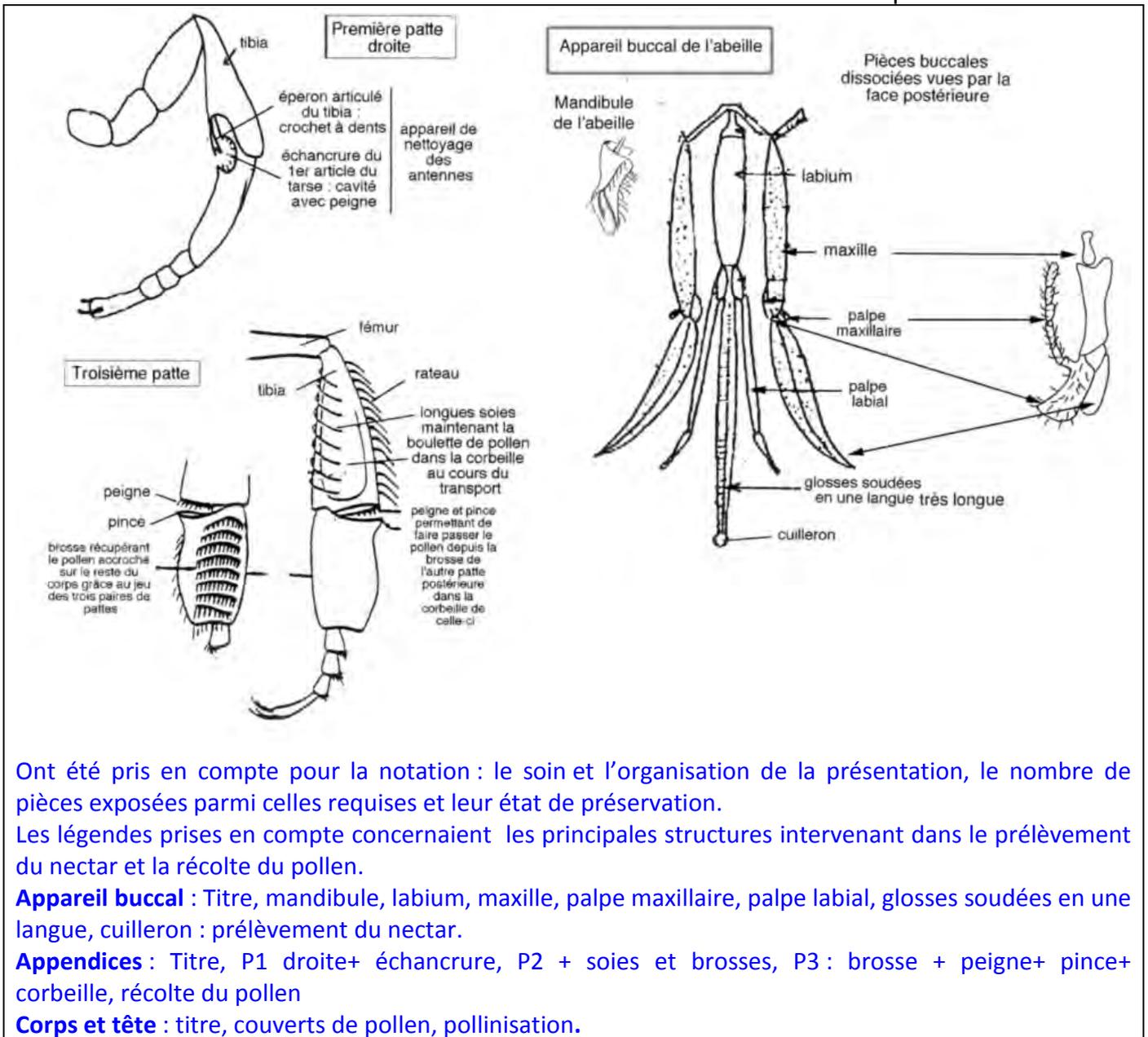
II – A – 2 Précisez la position systématique de l'échantillon proposé (espèce A) dans le cadre ci-dessous

Réponse à la question II – A-2

Lamium album, Lamiacée

II – B – Dissections et réalisation de panoplies d'appendices :

II – B – 1 À partir des échantillons présentés dans le verre de montre (espèce B), vous réaliserez **sur une feuille libre une panoplie légendée et annotée** des structures impliquées directement ou indirectement dans l'alimentation et éventuellement dans la pollinisation.



Ont été pris en compte pour la notation : le soin et l'organisation de la présentation, le nombre de pièces exposées parmi celles requises et leur état de préservation.

Les légendes prises en compte concernaient les principales structures intervenant dans le prélèvement du nectar et la récolte du pollen.

Appareil buccal : Titre, mandibule, labium, maxille, palpe maxillaire, palpe labiale, glosses soudées en une langue, cuilleron : prélèvement du nectar.

Appendices : Titre, P1 droite+ échancrure, P2 + soies et brosses, P3 : brosse + peigne+ pince+ corbeille, récolte du pollen

Corps et tête : titre, couverts de pollen, pollinisation.

II – B – 2 Vous discuterez dans le cadre ci-dessous de la pertinence du choix de l'espèce B et de ses adaptations à la fonction de pollinisateur.

Vous ferez appel à l'examinateur lorsque l'ensemble de cette partie sera terminé pour noter votre présentation.

Réponse à la question II – B – 2

Caractères intervenants

L'**appareil buccal** de l'abeille est lécheur suceur. Il est bien adapté à la récolte d'un aliment liquide, le nectar.

La langue, formée par la soudure des 2 glosses du labium, est garnie de soies qui assurent une montée du nectar par capillarité. Lorsque le nectar est abondant les pièces s'emboîtent pour constituer une série de tubes concentriques dans lesquels le nectar est aspiré par pompage au niveau du pharynx.

Le cuilleron qui termine la langue et la pilosité de celui-ci permet à l'abeille de récolter comme une éponge des quantités de liquide plus faibles.

Les mandibules sont réduites et servent d'outil pour déchirer les étamines et les maxilles encadrent la langue.

Les **patte**s garnies de nombreuses soies, elles collectent le pollen saupoudré sur tout le corps.

La **patte P1** présente au sommet du 1^{er} article du tarse une échancrure qui sert au nettoyage des antennes et de la partie antérieure du corps.

La **patte P2** nettoie le thorax et la région ventrale et la patte P1, le pollen est rassemblé sur la brosse qui se trouve sur le 1er article du tarse.

La **patte P3** chez l'ouvrière est très bien adaptée à la récolte du pollen.

Le pollen est d'abord transféré des P2 sur les brosses à pollen de la face interne des P3.

La brosse d'une patte P3 est ensuite peignée par le peigne de l'autre P3, le peigne entraîne le pollen vers la pince qui le tasse en boulettes, celles-ci sont alors poussées vers la face externe dans la corbeille où elles sont agglomérées et maintenues par de longues soies.

II – B – 3 Précisez la position systématique de l'échantillon B proposé dans le cadre ci-dessous :

Réponse à la question II – B-2

Espèce B : *Apis mellifera*, Hyménoptères

II – C – 1 Quarante individus femelles de l'espèce B sont échantillonnés dans un champ. Une analyse de la structure génétique de cette population est réalisée. Pour le locus L à deux allèles (A,a), les effectifs suivants sont observés : 20 homozygotes de type AA, 6 hétérozygotes de type Aa, 14 homozygotes de type aa.

Après avoir vérifié si cette population présente les proportions attendues à l'équilibre de Hardy-Weinberg, vous discuterez sur les différents facteurs théoriques pouvant expliquer ces résultats et préciserez les plus probables pouvant s'appliquer à cet exemple.

Table de Chi2

ddl / α	0.05	0.01	0.005
1	3.841	6.635	7.879
2	5.991	9.210	10.597
3	7.815	11.345	12.838

Formule du Chi2 :

$$\chi^2 = \sum_{\text{Génotypes}} \frac{|(\text{Effectif observé} - \text{Effectif théorique})|^2}{\text{Effectif théorique}}$$

Réponse à la question II – C – 1

Proportions attendues EHW

	AA	Aa	aa	N
Effectifs observés	20	6	14	40
Effectifs théoriques	13,225	19,55	7,225	40

$f(A) = [20+(6/2)] / 40 = 0,575$ on pose $f(A) = p$

$f(a) = [14+(6/2)] / 40 = 0,425$ on pose $f(a) = q$

$f(A) + f(a) = 1$

Réponse à la question II – C – 1 (suite)

Ho : pop à l'équilibre de Hardy Weinberg (unions panmictiques, pas de forces évolutives, taille infinie de la population), il existe une relation entre les fréquences alléliques parentales et les fréquences génotypiques attendues dans la descendance telles que :

$$f(AA) = p^2 ; f(Aa) = 2pq ; f(aa) = q^2 \text{ d'où}$$

$$f(AA) = (0,575)^2 = 0,330625 \Rightarrow AA = 0,330625 \times 40 = 13,225$$

$$f(Aa) = 2 \times 0,575 \times 0,425 = 0,48875 \Rightarrow Aa = 0,48875 \times 40 = 19,55$$

$$f(aa) = (0,425)^2 = 0,180625 \Rightarrow aa = 0,180625 \times 40 = 7,225$$

$$ddl = 3 \text{ (nb de génotypes)} - 2 \text{ (paramètres utilisés: } p \text{ et } N) = 1$$

pour ddl = 1

$$\text{Chi2 cal} = [(20 - 13,225)^2 / 13,225] + [(6 - 19,55)^2 / 19,55] + [(14 - 7,225)^2 / 7,225]$$

$$= 3,47 + 9,39 + 6,35$$

$$= 19,21$$

Chi2cal > Chi2 theo (alpha 0,5 ; 0,01 ; 0,005)

Donc rejet Ho : Une au moins des conditions d'application du test n'est pas respectée, unions non panmictiques et/ou présence d'une ou de plusieurs forces évolutives. Si on regarde les effectifs observés et les termes du Chi², le plus élevé concerne les hétérozygotes

On observe un déficit significatif d'hétérozygotes.

Hypothèses (non exclusives et toutes aussi probables les unes que les autres) dont :

- unions en mode fermé (consanguine ou homogamie positive) : échantillonnage dans le champ d'abeilles appartenant à la même ruche ou de différentes ruches dont les reines sont apparentées (consanguinité)

- sélection favorisant l'un des allèles (le terme du chi² pour les homozygotes aa plus élevé que pour les homozygotes AA) : échantillonnage dans un champ cultivé, avantage sélectif d'un allèle conférant une résistance à un pesticide (ou tout autre réponse, caractère adaptatif)

- dérive génétique (fixation ou perte au hasard d'un allèle) : effet de fondation (peu de femelles, voir une seule femelle reine pour constituer une ruche), échantillonnage d'abeilles appartenant à la même ruche

- effet Wahlund (échantillonnage de deux populations ayant des fréquences alléliques différentes) : échantillonnage dans le champ d'individus appartenant à deux ruches différentes

II – C – 2 La relation complexe entre les fleurs et leurs pollinisateurs a longtemps été considérée comme un facteur clé dans la diversification des angiospermes et a conduit à la reconnaissance de « syndromes de pollinisation ». Chez les Solanacées, il existe une très grande diversité de morphologie florale et de type de pollinisateurs. La symétrie florale et le type de pollinisateur ont été cartographiés (d'après Knapp, 2010, Phil. Trans. R. Soc. B) sur une phylogénie moléculaire de cette famille des Solanacées réalisée à l'aide de deux gènes plastidiques (d'après Olmstead et al. 2008).



Figure 1. Cladogramme de droite : Répartition de la forme de fleurs. La symétrie radiale est indiquée en blanc, la symétrie bilatérale en noir. **Cladogramme de gauche :** syndromes de pollinisation. Pollinisation par les abeilles en bleu (B); pollinisation par des papillons diurnes en turquoise (T); pollinisation par des papillons nocturnes en jaune (J); pollinisation par d'autres insectes en blanc (I); pollinisation par des oiseaux en rouge (R); pollinisation par des chauves-souris en noir (N). Les lettres associées à chaque branche terminale résument les différents syndromes.

Après avoir donné une définition du « syndrome de pollinisation », commentez la figure ci-dessus (Figure 1), en numérotant, si besoin, les nœuds ou les branches qui vous semblent les plus pertinents pour vous y référer dans vos commentaires.

Réponse à la question II – C – 2

Syndrome pollinisation :

Le syndrome de pollinisation regroupe un ensemble de traits floraux. Ces traits ont évolué en réponse à la sélection naturelle imposée par les divers vecteurs de la pollinisation qui peuvent être abiotiques (vent, eau) ou biotiques (oiseaux, abeilles, autres insectes).

Les caractéristiques de la fleur renseignent sur le type de pollinisation.

Il permet de classer les relations-plantes mais cette classification présente des limites.

Phylogénie:

Définition d'un clade : un ensemble de taxons partageant des caractères dérivés.

Définition de l'homoplasie : partage d'un caractère non hérité d'un ancêtre commun.

Les fleurs à symétrie radiale sont en position basale, et les clades dérivés présentent pour la plupart une symétrie radiale mais la symétrie radiale apparaît trois fois au cours de l'évolution de façon indépendante ce qui signe une évolution parallèle, une homoplasie.

Symétrie bilatérale est apparue aussi plusieurs fois, les fleurs à symétrie bilatérale ne forment pas un groupe monophylétique (idem pour symétrie radiale).

Discussion sur l'état ancestral : le plus basal est la symétrie radiale.

Le mode de pollinisation entomophile le plus répandu et celui par les chiroptères le moins répandu.

Un même type de pollinisateur peut polliniser des fleurs à symétrie radiale ou bilatérale (exemple les abeilles sur les taxons 1 et 2).

Différents types de pollinisateurs peuvent polliniser un même taxon (exemple des taxons 2 et 17).

Pour certains taxons phylogénétiquement proches 5 à 15 (sauf 9), la pollinisation est assurée par le même type de pollinisateur (Abeille). Alors que d'autres taxons très proches phylogénétiquement (par exemple 65 à 73) ayant une symétrie bilatérale sont pollinisés par une très grande diversité de pollinisateurs.

Il n'y a donc pas de relation stricte entre morphologie florale et le type de pollinisateur ce qui remet en question la pertinence de définir un syndrome de pollinisation.

II – C – 2 En 1862 Charles Darwin publiait un ouvrage sur la pollinisation des orchidées. Concernant l'orchidée de Madagascar *Angraecum sesquipedale* caractérisée par un éperon de 30cm, il avançait l'hypothèse de l'existence d'un papillon nocturne ayant une trompe d'une longueur comprise entre 25 et 27cm. En 1903 un sphinx *Xanthopan morgani praedicta* est découvert présentant les caractéristiques prédites. Cependant, il faudra attendre 1997 soit 135 ans après la prédiction de Darwin pour confirmer par des observations directes le statut de pollinisateur de ce sphinx pour l'orchidée comète de Madagascar.

En Afrique du Sud, un Diptère, *Prosoeca ganglbaueri*, pollinise une dizaine d'espèces d'Angiospermes, mais sa source principale de nectar est une Scrophulariacée, *Zaluzianskya microsiphon*, qui est pollinisée exclusivement par cet insecte. Anderson et Johnson, 2007 (Evolution) ont étudié 16 populations de chacun des deux partenaires en Afrique du Sud.



Figure 2 : *Prosœca ganglbaueri* et une des fleurs visitée (barre d'échelle = 20 mm)



Figure 3 : *Prosœca ganglbaueri* pompant le nectar de *Zaluzianskya microsiphon*

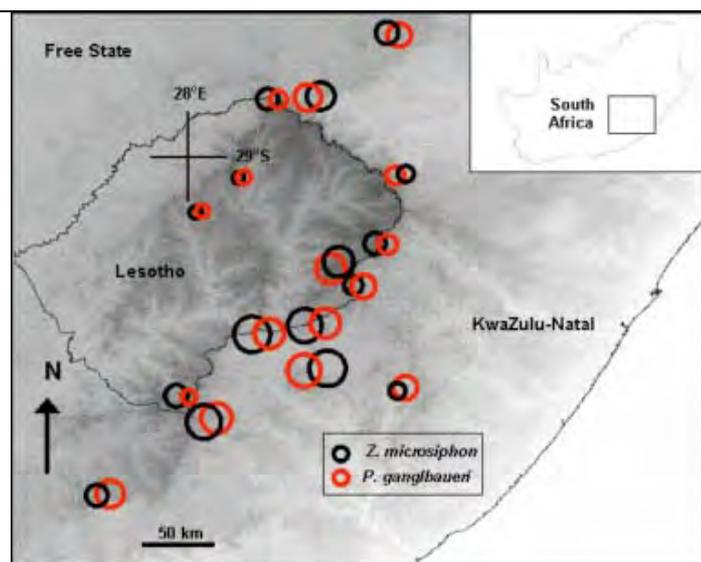


Figure 4 : Variation de la longueur de la trompe chez *Prosœca ganglbaueri* et de celle de la corolle chez *Zaluzianskya microsiphon*. La longueur de ces traits est proportionnelle au diamètre des cercles. Le diamètre du cercle dans le carton de légende représente 25 mm.

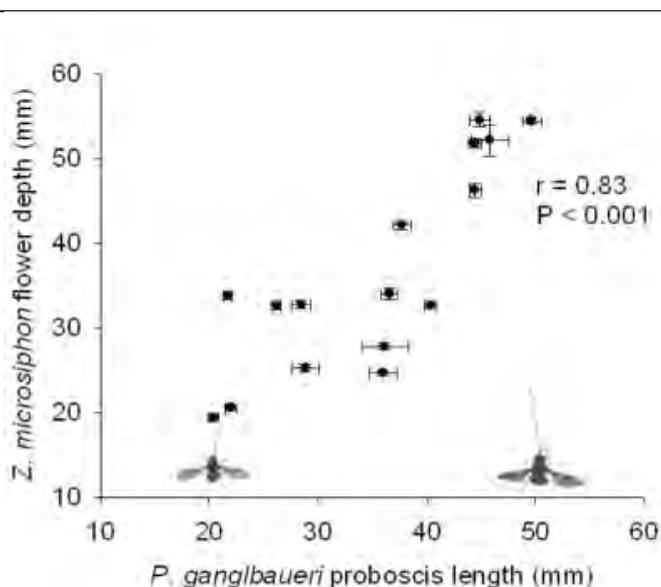


Figure 5 : Longueur de la trompe et longueur de la corolle dans les différentes populations. Chaque symbole représente la valeur moyenne du trait dans chaque population. Les deux diptères (dessins) sont représentatifs des deux populations présentant soit la plus longue trompe soit la plus courte.

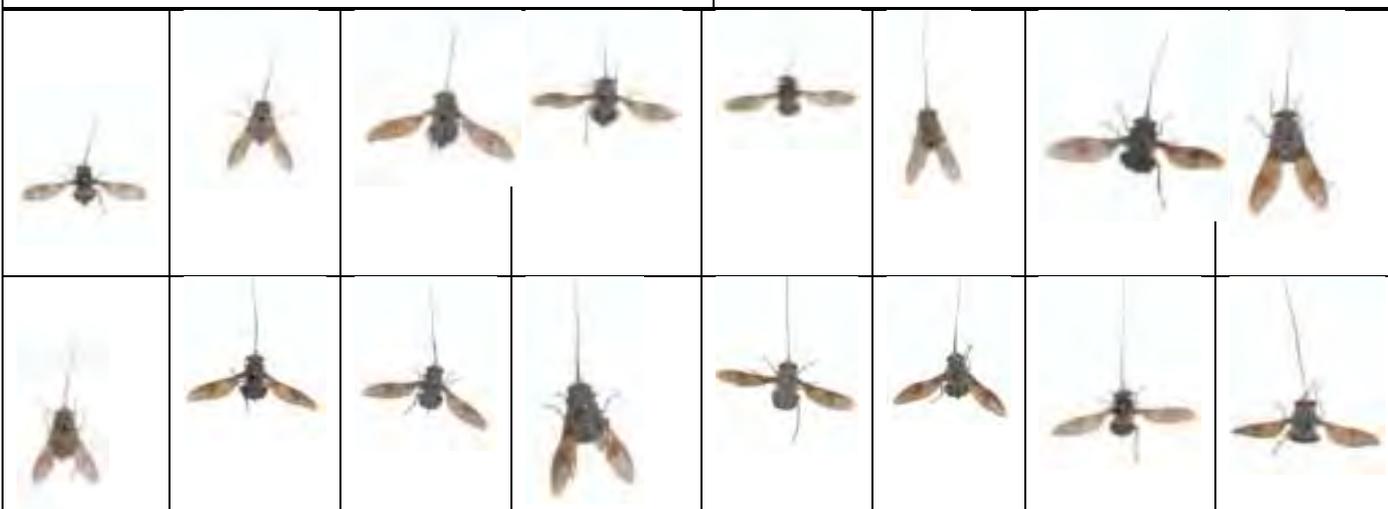
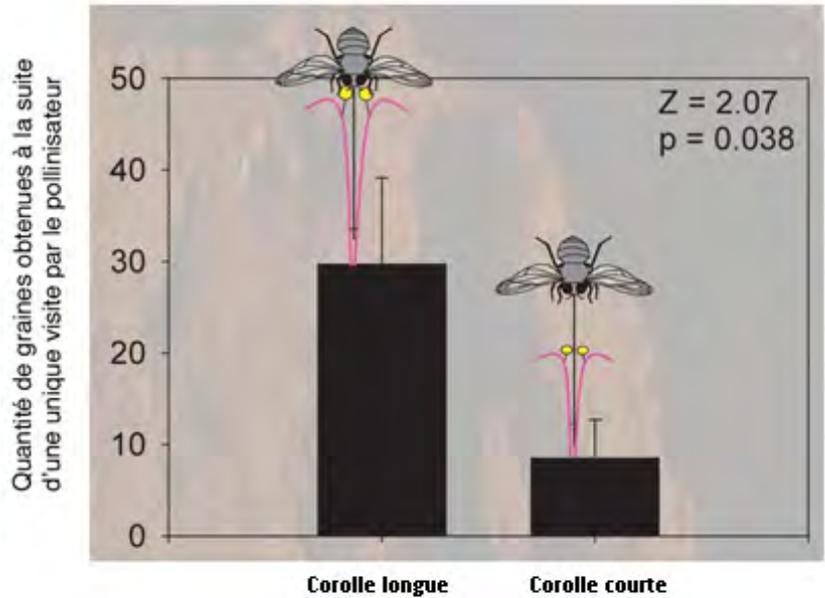


Figure 6 : Les diptères *Prosœca ganglbaueri* capturés dans ces populations.

Figure 7 :

A la suite de ces observations, Anderson et Johnson ont testé expérimentalement l'hypothèse d'une coévolution entre les plantes et leurs pollinisateurs. Ils ont mesuré la quantité de graines produites par des plantes à corolle allongée et des plantes à corolle plus courte qu'ils ont plantées dans la zone de distribution des premières. Les deux catégories de fleurs pouvaient donc être visitées par les mêmes pollinisateurs à longues trompes. A la suite de la visite du pollinisateur, la quantité de graines est mesurée.



Exploitez les documents proposés (Figures 2 à 7) pour préciser, en argumentant votre réponse, la nature de la relation entre les deux organismes. Vous exposerez les forces évolutives susceptibles d'être intervenues et justifierez l'hypothèse d'une coévolution.

Réponse à la question II – C -3

Étaient pris en compte : la précision et la rigueur de l'analyse ainsi que l'organisation de la réponse.

Sont étudiées des corrélations structurales entre un insecte pollinisateur *Prosæca ganglbaueri*, et sa source principale de nectar, une Scrophulariacée, *Zaluzianskya microsiphon*, qui est pollinisée exclusivement par cet insecte.

Sur la figure 3, le diptère enfonce sa trompe dans l'éperon, sans doute pour y aspirer le nectar.

La **figure 2** suggère une corrélation entre la longueur de la trompe du diptère et l'éperon de la fleur pollinisée (longueurs à peu près égales $5 \times 20 \text{ mm} = 10 \text{ cm}$).

Ce constat conduit à formuler l'hypothèse d'une co-adaptation.

La **figure 6** indique que les tailles des trompes du diptère varient du simple au double : ce trait est très variable entre les différentes populations de l'insecte. Par ailleurs, la longueur de l'éperon chez la scrophulariacée pollinisée varie également selon les populations étudiées

Les **figures 4 et 5** montrent que La répartition des populations du diptère coïncide avec celle de la scrophulariacée.

Chez les sous-populations étudiées on constate une corrélation linéaire des dimensions des trompes et des éperons.

Il apparaît donc que les deux traits : longueur de la trompe chez l'insecte et de l'éperon chez la fleur ne sont pas distribués aléatoirement dans les 2 espèces ($r=0,83$ et $P<0,001$).

Du résultat de l'expérience schématisée figure 7 : on peut conclure que comme les fleurs à corolles courtes « non adaptées » au pollinisateur produisent un nombre de graines plus faibles, leur valeur sélective sélective est moindre que celles qui sont adaptées.

Tous ces résultats plaident en faveur d'une co-évolution entre les deux espèces. Le pollinisateur exerce une pression de sélection du vers la plante sur le trait « longueur de l'éperon ». La relation insecte-pollinisateur confère un avantage sélectif, les corolles adaptées à la longueur de la trompe de leur population de diptères présentant une meilleure fitness.

Toutefois il faudrait démontrer de façon génétique que les caractères de la plante ont été sélectionnés en réponse à cette variation du fait de l'avantage sélectif procuré et l'on pouvait remarquer que l'effet de la plante sur le pollinisateur n'a pas été testé.

Pour montrer totalement la coévolution, il faut vérifier que la longueur des pièces buccales du pollinisateur ne varie pas en fonction d'un autre facteur.

Partie III – Reconnaissance de matériel biologique (10 minutes maximum devant les échantillons)

Vous indiquerez dans le tableau ci-dessous la position systématique aussi précise que possible des échantillons proposés. Vous indiquerez le mode de pollinisation le plus probable pour les plantes, le régime alimentaire pour les insectes ainsi que l'existence d'une éventuelle relation plantes insectes en reportant le numéro du ou des échantillon(s) dans la ou les case(s) concernée(s).

Numéro de l'échantillon	Position systématique	Mode de pollinisation ou régime alimentaire
1	Punaise arlequin <i>Graphosoma italicum</i> HEMIPTERES HETEROPTERES	Phytophage (Sève élaborée)
2	Demoiselle Calopteryx éclatant <i>Calopteryx splendens</i> ODONATES ZYGOPTERES	Zoophage (Prédateur)
3	Faux Bourdon <i>Apis mellifera</i> mâle HYMENOPTERES	Nectarivore Alimentés par les ouvrières
4	Taon Tabanidés DIPTERES BRACHYCERES	Mâle : butineur - nectarivore Femelle : Hématophage
5	Piérade du chou <i>Pieris brassicae</i> LEPIDOPTERES	Nectarivore
6	Chenille de papillon	Phytophage (maïs)

	Noctuelle du maïs <i>Sesamia nonagrioides</i> LEPIDOPTERES	
7	Braconidés <i>Cotesia congregata</i> HYMENOPTERES	Parasitoïde de chenille de lepidoptère
8	Phacélie à feuilles de tanaïsie <i>Phacelia tanacetifolia</i> BORAGINACEES	Pollinisation entomophile (mellifère)
9	Passerage drave <i>Lepidium draba</i> BRASSICACEES	Pollinisation entomophile
10	Sedum âcre (= Orpin âcre, Poivre des Murailles) <i>Sedum acris</i> CRASSULACEES	Pollinisation entomophile
11	Ray-grass des anglais (=Ivraie vivace) <i>Lolium perenne</i> POACEES	Pollinisation anémophile
12	Séneçon du cap <i>Senecio inaequidens</i> ASTERACEES	Pollinisation entomophile
13	Réséda jaune <i>Reseda lutea</i> RESEDACEES	Pollinisation entomophile
14	Dactyle aggloméré <i>Dactylis glomerata</i> POACEES	Pollinisation anémophile

5.6 Epreuve de travaux pratiques de contre-option du secteur C : Sujet et commentaires

5.6.1 vPrésentation de l'épreuve

L'épreuve de TP de secteur C en contre option était constituée de deux parties distinctes mais complémentaires. Dans une première partie, la région des Caraïbes servait à caractériser des contextes géodynamiques de frontières de plaques variés à partir d'outils géophysiques afin de tester la maîtrise de ces outils. Dans une deuxième partie, la région du massif de l'Estérel permettait de caractériser des roches magmatiques d'âges divers (Permien et Oligocène) à partir des outils cartographiques et pétrographiques ainsi que des photos de terrain. La troisième partie permettait de relier ces roches à des contextes géodynamiques qui se sont succédés dans la région par une étude très simple de la chimie des majeurs.

5.6.2 Commentaires concernant la première partie

La première partie était consacrée aux contextes géodynamiques récents à partir de la région Caraïbes en testant les aptitudes des candidat(e)s à utiliser des données géophysiques. Cette partie a globalement été la mieux réussie des trois avec une moyenne de 34 sur 80. Le principe des mécanismes au foyer semble compris de la plupart des candidat(e)s mais le lien entre les mécanismes en faille inverse et les zones de subduction n'a pas toujours été clairement explicité. La description des parties d'un prisme d'accrétion à partir de la coupe sismique du prisme de la Barbade n'a été donnée de manière satisfaisante que par peu de candidats (moins du tiers). Si le principe de calcul de vitesses par les anomalies magnétiques océaniques semble acquis, les valeurs obtenues sont souvent sorties de la tolérance autour de la valeur attendue (problème de mesure de la

distance, mauvaise lecture dans la table ou erreur de calcul) aboutissant à un taux de réussite inférieur à la moitié. L'exercice simple de calcul de vitesse entre plaques Cocos et Caraïbes a donné lieu le plus souvent à une mauvaise paraphrase de la figure sans conclusion claire. L'exercice de synthèse par la réalisation d'un schéma structural à l'échelle des plaques a été relativement décevant avec un taux de réussite inférieur à 50%, les mouvements relatifs des plaques ayant été correctement représenté par moins du quart des candidat(e)s ! Je rappelle qu'en absence de légende claire, il est préférable de représenter ces mouvements par des doubles flèches pour éviter toute confusion avec des mouvements absolus. Des nombreuses erreurs qui ne sont pas du niveau de l'agrégation ont pu y être trouvées comme une plaque Atlantique séparée des Amériques ou une plaque Pacifique dans l'océan Atlantique !

5.6.3 Commentaires concernant la seconde partie

L'étude des roches magmatiques de la carte de Nice au 1/250 000^e se composait de deux parties : une étude de carte par réalisation d'une coupe et réflexion sur la chronologie puis une 2^e partie sur l'analyse d'échantillons. De façon générale, de sérieuses lacunes dans la réalisation de coupe géologique sont à noter. Les failles sont souvent indiquées sans pendages et sans orientation, la relation entre dépôts sédimentaires et roches magmatiques souvent mal comprises. Les rhyolites et dolérites de la carte de Nice sont souvent mal comprises et mal intégrées dans la série stratigraphique. L'exercice de cartographie est celui qui a eu le taux de réussite le plus bas de cette épreuve. L'interprétation des roches à partir d'échantillons, de lames minces et de photos a été à peine mieux réussie que l'exercice de cartographie, un nombre insuffisant de candidat(e)s ayant reconnu la rhyolite, une roche volcanique avec des phénocristaux de quartz et de feldspath alcalin pourtant bien visibles sur l'échantillon à main et confirmés par les photos de lames minces. Les prismations dans les laves de la « Batterie des Lions » n'ont également pas été suffisamment reconnues, probablement du fait que les prismations sont trop souvent associées exclusivement aux coulées basaltiques.

5.6.4 Commentaires concernant la troisième partie

Le but de cette partie était de proposer un contexte géodynamique pour les deux séquences de roches volcaniques du massif de l'Estérel vues précédemment à l'aide de leurs caractéristiques géochimiques en se contentant des majeurs. Après avoir vérifié la connaissance par les candidat(e)s de la ligne de séparation des domaines alcalins et subalcalins (souvent présentée improprement comme une ligne de saturation en silice), les reports ont été globalement corrects mais les conclusions géodynamiques (contexte géodynamique **probable** au vu de la série) ont rarement été tirées. On peut noter que de nombreux candidat(e)s n'ont pas essayé de traiter cette partie.

5.6.5 Sujet commenté

NOM :

Prénom :

Salle :

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

CONCOURS EXTERNE – EPREUVES D'ADMISSION – SESSION 2015

TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE-OPTION DU SECTEUR C

CANDIDATS DES SECTEURS A ET B

Durée totale : 2 Heures

CONTEXTES GEODYNAMIQUES ET MISE EN PLACE DE ROCHES MAGMATIQUES

L'épreuve comprend trois parties distinctes

Partie I Géophysique et tectonique des plaques dans les Caraïbes

(durée conseillée : 50 minutes - barème 8 / 20)

L'objectif de cette partie est d'utiliser vos connaissances en géophysique et en géodynamique pour mieux préciser le cadre de la région des Caraïbes dont les Antilles françaises forment la bordure orientale avec des applications à la cinématique des plaques.

Partie II : Le massif de l'Estérel ; de la carte aux échantillons : nature et mise en place des roches magmatiques.

(durée conseillée : 50 minutes - barème 8 / 20)

Dont 10 minutes maximum au poste d'observation

Le massif de l'Estérel est marqué par de nombreux corps magmatiques. L'objectif de cette partie est d'utiliser cartes géologiques ; photos de terrain et échantillons pour mieux contraindre leur chronologie, leur géométrie et le contexte tectonique de mise en place

Partie III : Le massif de l'Estérel; Pétrographie et contexte géodynamique de mise en place des roches magmatiques

(durée conseillée : 20 minutes - barème 4 / 20)

L'objectif de cette partie est d'utiliser des données chimiques sur les échantillons déjà décrits pour contraindre le contexte géodynamique de mise en place des roches magmatiques de l'Estérel.

Vous répondrez directement sur les feuilles dans les espaces prévus à cet effet

AVANT DE RENDRE VOTRE DOSSIER, VERIFIEZ QUE VOUS AVEZ BIEN INDIQUE VOS NOM, PRENOM ET NUMERO DE SALLE EN TÊTE DE TOUS LES DOCUMENTS.

MÊME EN CAS DE NON REPONSE, VOUS DEVEZ RENDRE LA TOTALITE DES FEUILLES DU DOSSIER.

Ce sujet contient 21 pages de textes et figures numérotées de 1 à 21, une feuille de papier calque pour la partie I et une feuille A4 en annexe comme support pour votre coupe géologique (II-A-1).

Partie I Géophysique et tectonique des plaques dans les Caraïbes

La plaque Caraïbe est située entre les grandes plaques Amérique du nord et Amérique du sud. L'objet de cette partie est d'utiliser des données géophysiques variées pour déterminer les mouvements relatifs aux frontières de cette plaque (questions I-A à I-D) puis de réaliser un schéma de synthèse géodynamique de la région (question I-E).

Les figures I-1 et I-2 ont pour but de vous donner le cadre géographique et géologique de la région étudiée. On ne vous demande pas d'analyser spécifiquement la figure 1-1 mais la figure 1-2 sera le support de la synthèse attendue en question I-E.



Figure I - 1 : Localisation de la zone d'étude et des sites détaillés dans la suite sur un fond comprenant une image satellitaire pour la partie émergée et la bathymétrie pour la partie immergée.

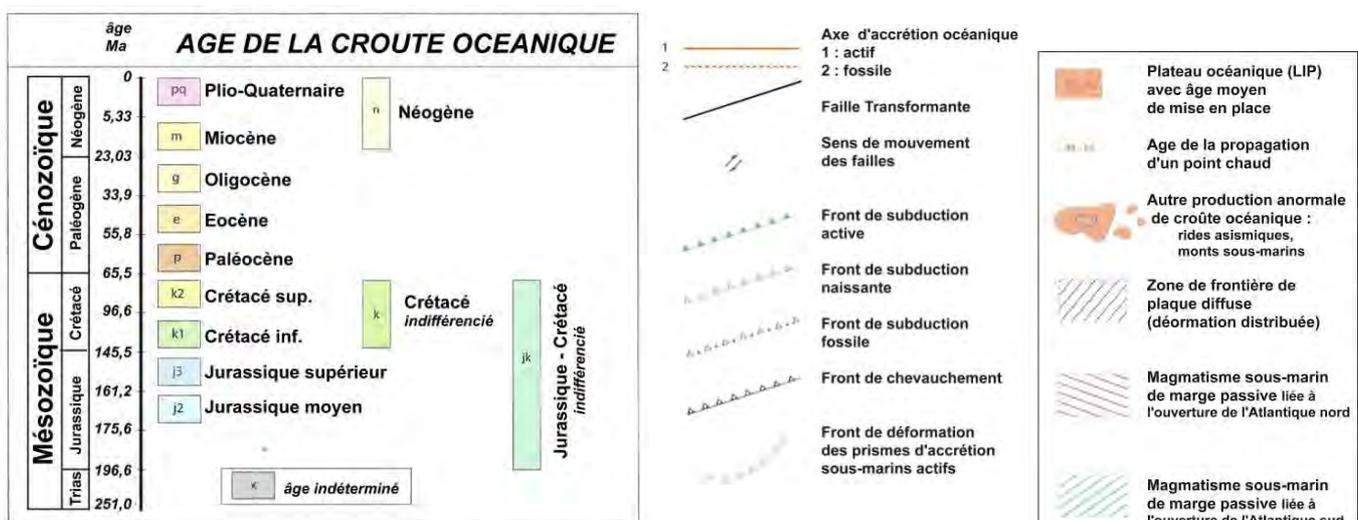
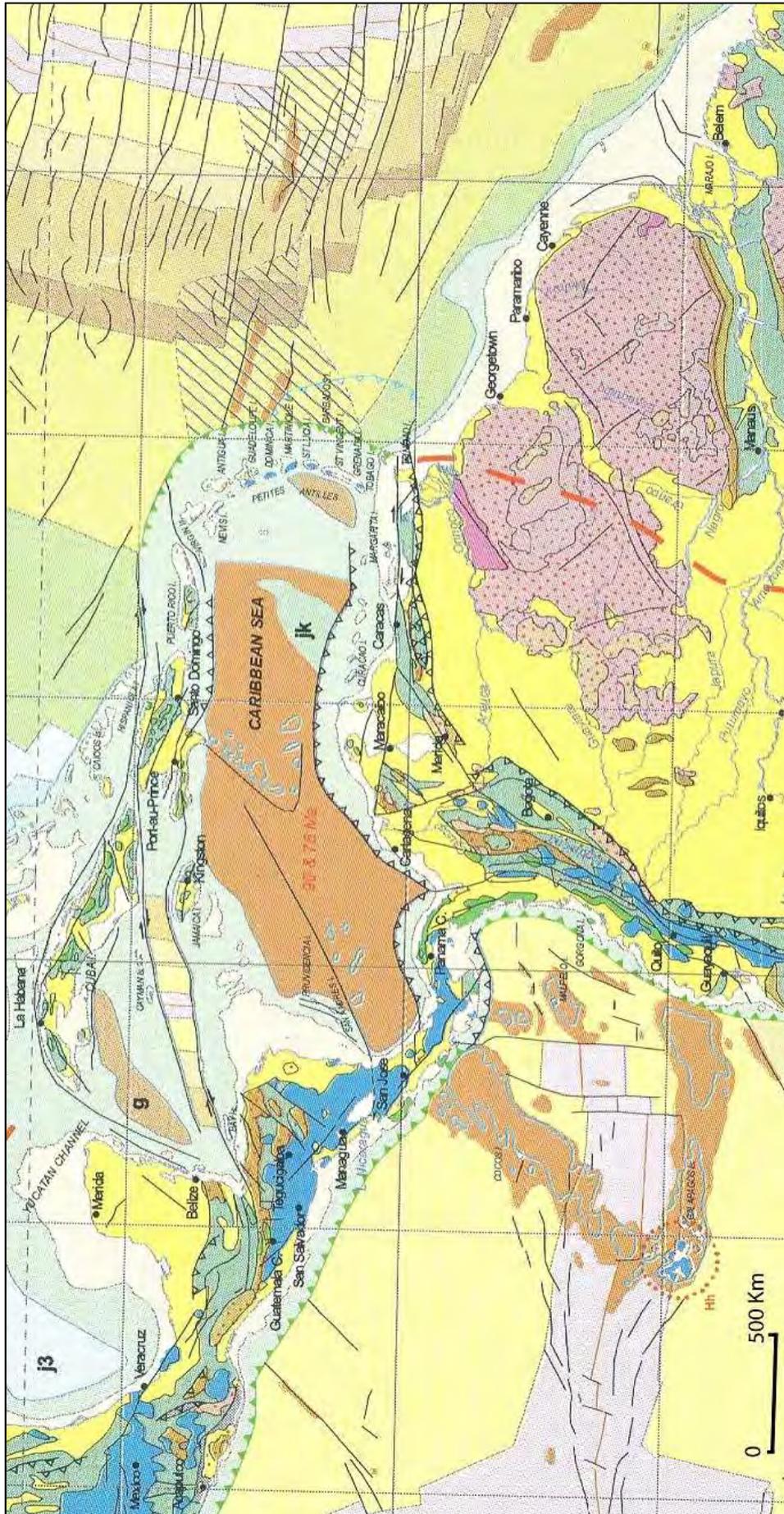


Figure I - 2 : Extrait de la carte géologique du monde (en page suivante) dans la région des Caraïbes avec les parties utiles de sa légende (ci-dessus). (CCGM, 3^e édition, 2010).

NOM :

Prénom :

Salle :



I-A) Mécanismes au foyer de séismes.

* A partir des mécanismes au foyer des principaux séismes autour du domaine Caraïbe représentés dans la figure I-3a, vous décrierez les types de failles (en expliquant votre choix) qui ont joué sur les frontières nord, est, sud et ouest de cette région. Vous déterminerez également à quels types de frontières de plaques ils pourraient être associés ? Vous pourrez vous aider de la géométrie de la distribution des séismes en figures I-3b et I-3c

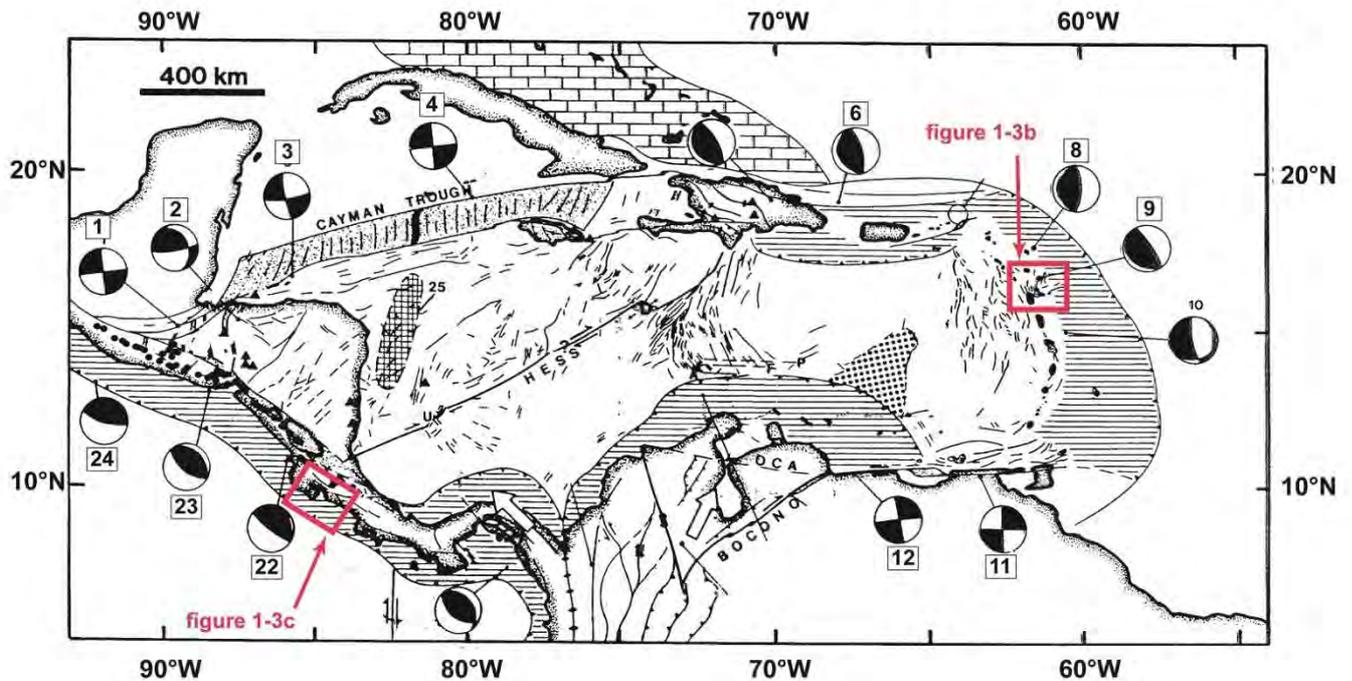


Figure I-3a : Carte des mécanismes au foyer des principaux séismes autour du domaine Caraïbe en projection de Wulff, hémisphère inférieur (Simplifié à partir de : Mann & Burke, Neotectonics of the Caribbean, Reviews of Geophysics, 1984).

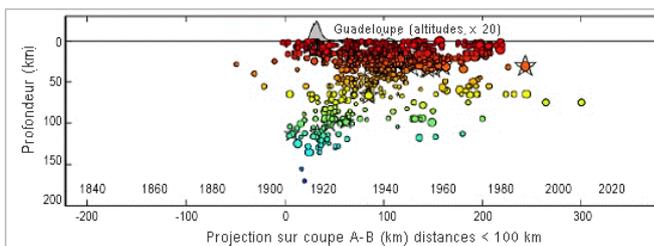


Figure I-3b : Coupe en profondeur de la sismicité enregistrée sur une période de 5 ans autour de la Guadeloupe. Chaque séisme est représenté par un cercle coloré (la couleur dépend de la profondeur). L'étoile est le séisme des Saintes qui n'est pas discuté ici. Source: D. et col. Séisme des Saintes, rapport de synthèse, Centre de Données Sismologique des Antilles, 8 décembre 2004).

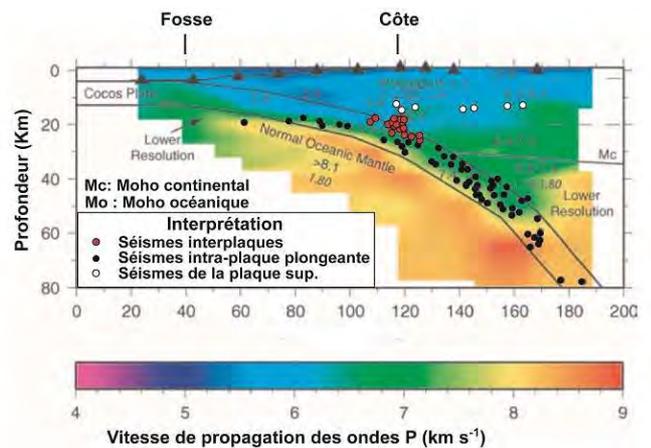
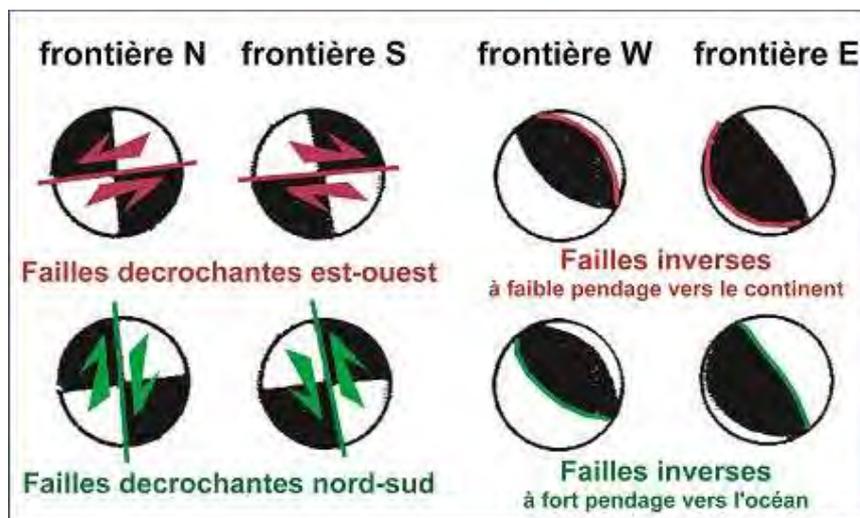


Figure I-3c : Distribution hypocentrale des séismes au large du Costa-Rica (fosse d'Amérique centrale) sur un modèle des vitesses de propagation des ondes P. Points rouges : séismes interplaques. Points noirs : séismes intra-plaque plongeante. Source : De Shon et col., J.G .R., 2006.

Réponses aux questions I-A

* **La frontière nord** ou septentrionale est représentée par les mécanismes caractéristiques 1 à 4 qui peuvent s'interpréter soit comme des **failles verticales décrochantes sénestres d'orientation est-ouest**, soit comme des failles verticales décrochantes dextres d'orientation nord-sud. L'alignement des séismes le long d'une frontière globalement est-ouest nous amène à préférer les cas sénestres. **C'est une frontière en faille transformante sénestre.**

* **La frontière sud** ou méridionale est représentée par les mécanismes caractéristiques 11 et 12 qui peuvent s'interpréter soit comme des **failles verticales décrochantes dextres d'orientation est-ouest**, soit comme des failles verticales décrochantes sénestres d'orientation nord-sud. L'alignement des séismes le long d'une frontière globalement est-ouest nous amène à préférer les cas dextres. **C'est une frontière en faille transformante dextre.**

* **La frontière est** ou orientale est représentée par les mécanismes caractéristiques 8,9 et 6 qui peuvent s'interpréter soit comme des **failles inverses à faible pendage vers la plaque Caraïbe**, soit comme des failles inverses à fort pendage vers l'océan. En coupe (fig 1-5b), L'alignement des séismes le long d'une surface de Wadati-Benioff à pendage vers l'ouest amène à choisir la première solution. **C'est une frontière en convergence (subduction) où la plaque Caraïbe est la plaque supérieure.**

* **La frontière ouest** ou occidentale est représentée par les mécanismes caractéristiques 22 à 24 qui peuvent s'interpréter soit comme des **failles inverses à faible pendage vers la plaque Caraïbe**, soit comme des failles inverses à fort pendage vers l'océan. En coupe (fig 1-5c), L'alignement des séismes le long d'une surface de Wadati-Benioff à pendage vers l'est amène à choisir la première solution. On peut noter que le pendage est d'abord faible avant d'augmenter vers l'est. **C'est aussi une frontière en convergence (subduction) où la plaque Caraïbe est la plaque supérieure.**

I-B) Profil de sismique réflexion

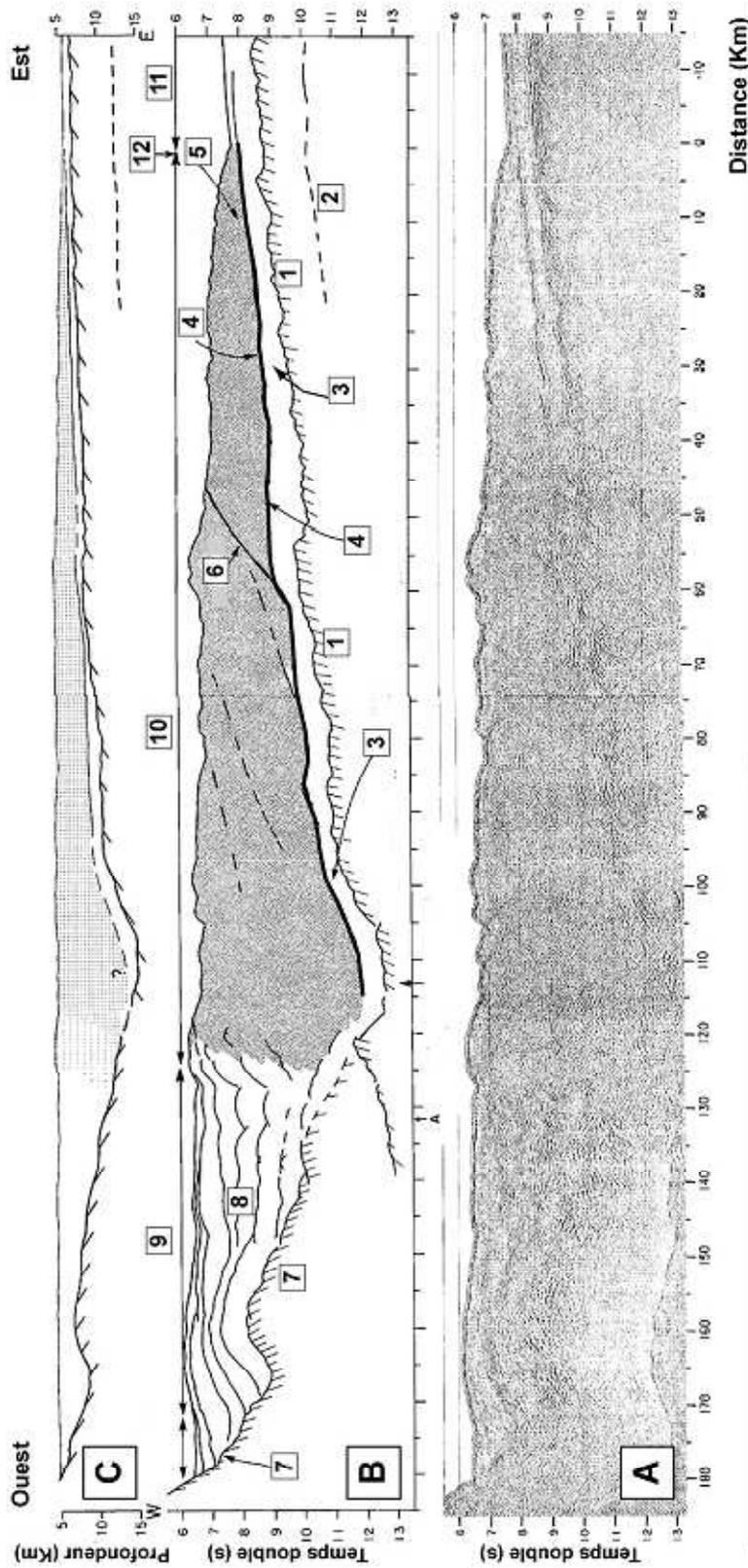
Le complexe de la ride morphologique de la Barbade est localisé en figure I-1. Sur le profil de sismique réflexion de la figure I-4, douze éléments géologiques ont été identifiés et localisés. **Utilisez le cadre sous la figure pour les nommer, en précisant la signification, si nécessaire.**

Figure I - 4 (page suivante): Profil de sismique réflexion à travers le complexe de la Barbade, d'orientation E-W à la latitude 16°N. Source : Westbrook et col., Geo logy, 1988.

NOM :

Prénom :

Salle :



	Distance (Km)
1 (toit de la) croûte océanique	7 (toit de la) croûte de l'arc volcanique de subduction
2 MOHO (ou discontinuité de Mohorovicic) océanique	8 Sédiments peu déformés du bassin d'avant-arc
3 Sédiments subduits (solitaires de la croûte océanique)	9 Bassin d'avant-arc (domaine)
4 décollement (majeur à la base du prisme d'accrétion)	10 Prisme d'accrétion (domaine)
5 Sédiments déformés du prisme d'accrétion	11 Fosse de subduction (domaine)
6 Chevauchement (probablement hors séquence)	12 Front de déformation (limite)

I-C) Anomalies magnétiques

Le fossé Caïman (« Cayman Trough ») est localisé en figure I-1. La figure I-5a vous donne les anomalies magnétiques océaniques obtenues dans ce bassin étroit ainsi que leur interprétation en termes d'inversion du champ magnétique.

- En comparant avec la question I-A, **Expliquez l'origine d'un bassin océanique étroit à cet endroit.**
- En vous aidant de la table de référence de la figure I-5b, **vous évaluez la vitesse d'expansion au centre du bassin (X de la figure I-5a) et dans ses parties anciennes (Y).**
- **Précisez quelle information nous pouvons en tirer sur la cinématique de la plaque Caraïbe.**

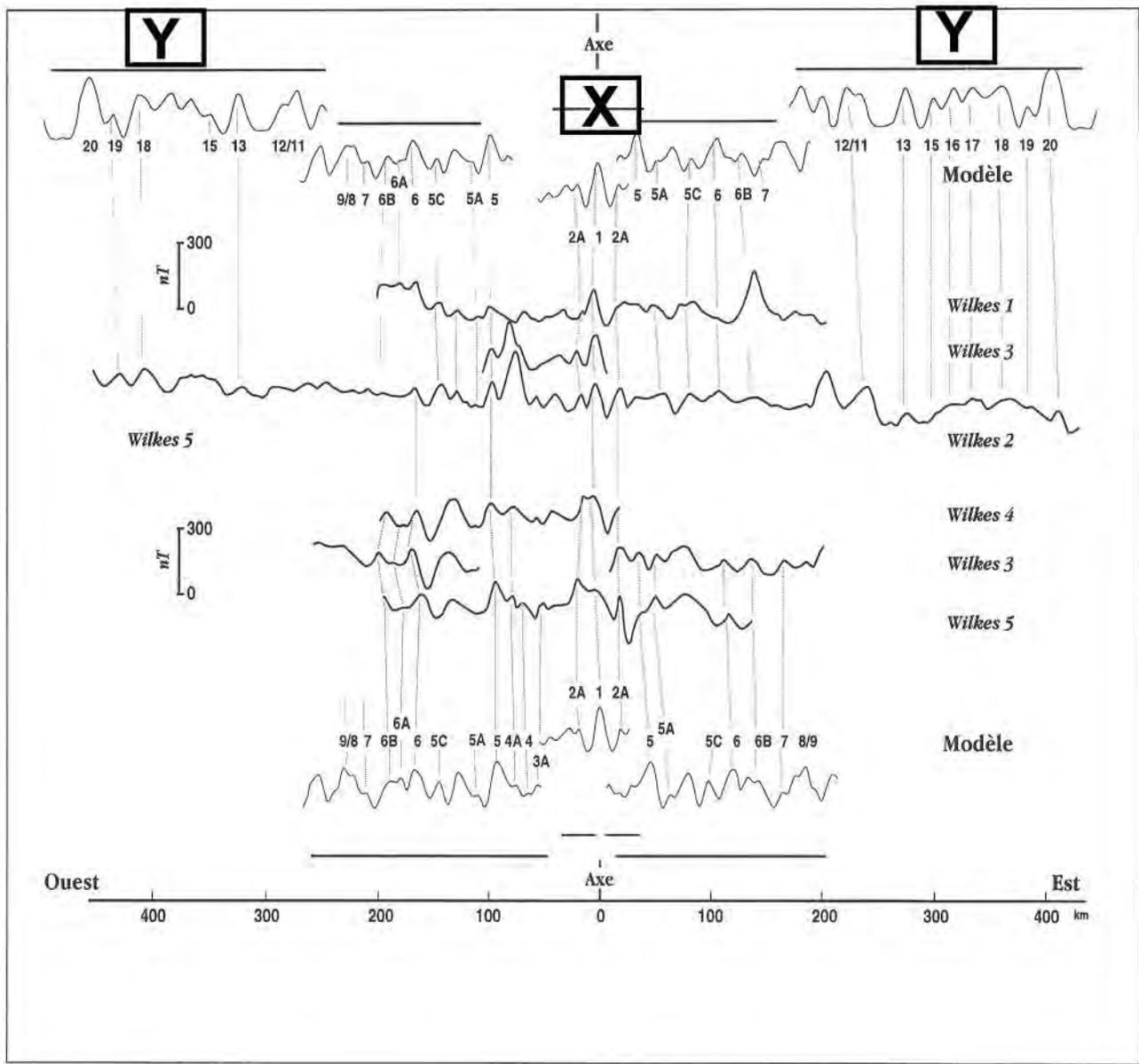


Figure I-5a : Comparaison des profils magnétiques (Wilkes 1 à 5) mesurés dans le fossé Caïman parallèlement à l'allongement de ce bassin et des séquences d'anomalies magnétiques calculées dans l'interprétation classique de Rosencrantz et col., 1988. Les anomalies sont identifiées par leur numéro (ex. 1, 5C, 6C etc...) que l'on peut retrouver dans la table de référence de la figure 1-5b (Source : S. Leroy, « Structure et origine de la plaque Caraïbe, implications géodynamiques », 1995)

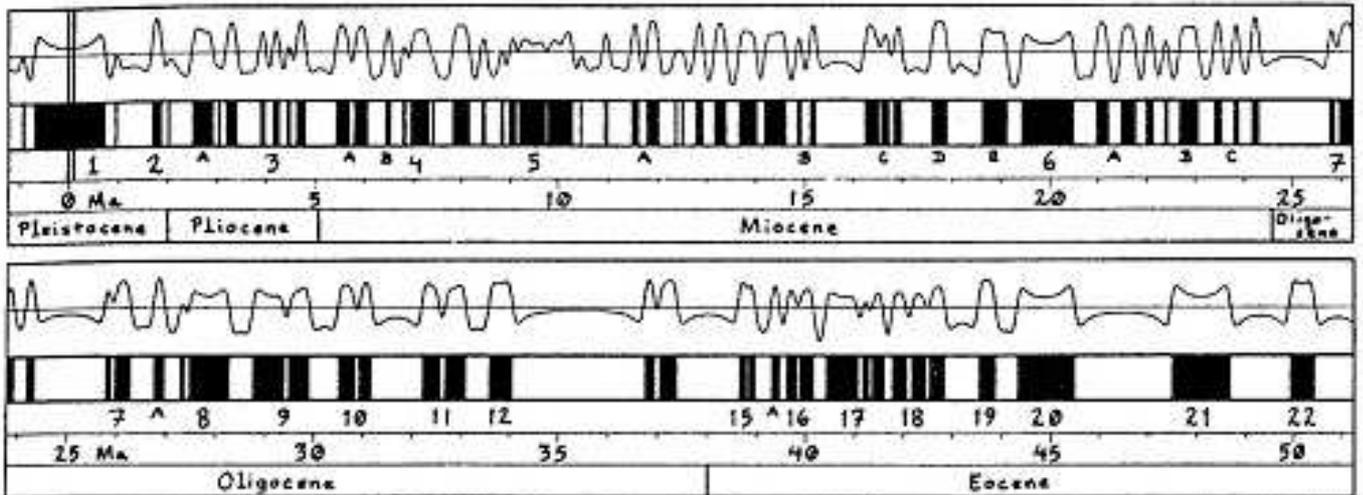
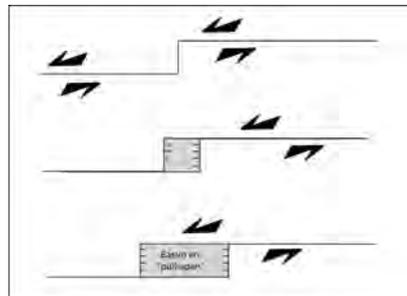


Figure I-5b : Table de référence des anomalies magnétiques correspondant à l'échelle magnétostratigraphique globale (Cox et Hart, 1981). De bas en haut sont représentés : les périodes, les âges en millions d'années, les numéros des anomalies magnétiques, la séquence des inversions du champ magnétique (polarité normale en noir et inverse en blanc) et enfin, l'anomalie de l'intensité du champ magnétique qui en résulte.

Réponses aux questions I-C

* Le bassin océanique Caïman est situé le long d'une frontière en faille transformante sénestre entre plaque Caraïbe et plaque nord-américaine, plus précisément entre deux segments décalés de ce décrochement. **C'est donc un bassin losangique ou en « pull-apart » dont l'ouverture est liée au glissement entre les deux plaques**



* L'échelle des profils était approximativement de 60 km/cm. Pour le secteur X, il y a 0,6 cm entre les deux anomalies 2A donc 36,4 km. En prenant cette anomalie à 2,8 Ma, il vient 13 km/MA soit 1,3 cm/an comme vitesse totale d'expansion. Pour la partie Y plus ancienne, on mesure (d'un seul côté !) 3 cm ou 182 km entre les anomalies 20 et 11/12, c'est-à-dire entre 45 Ma et 33 Ma donc une période de 12 Ma. Cela nous donne une vitesse de 15,15 km/Ma ou 1,5 cm/a pour la demi vitesse. La vitesse totale d'expansion est donc en Y de 3cm/a. **En résumé le bassin s'est ouvert depuis l'Eocène avec une vitesse de 3 cm/a, vitesse qui a diminué pour être autour de 1,2 cm/a actuellement.**

* En cinématique des plaques classique (avant la géodésie spatiale dont le GPS !), la vitesse d'ouverture du fossé Caïman est le seul élément géologique qui permettait d'évaluer la vitesse du mouvement relatif entre plaque Caraïbe et plaque nord-américaine.

I-D) Données GPS

Les résultats d'une campagne de mesures GPS de onze mois réalisées sur l'île Cocos et l'île de San Andres (localisées en figure I-1) sont reportés sous forme de séries temporelles de l'évolution de la ligne reliant ces deux stations. La figure I-6 ci-dessous vous représente les données qui correspondent à l'évolution de la position de l'île Cocos par rapport à San Andres fixe présentée comme le suivi de la distance au cours du temps décomposée suivant trois composantes (ouest-est, positif vers l'est ; sud-nord, positif vers le nord ; vertical, positif vers le haut). **Vous déterminerez la vitesse (module et direction) du mouvement entre ces points. Quelle information peut-on en tirer pour les mouvements de la plaque Caraïbe ?**

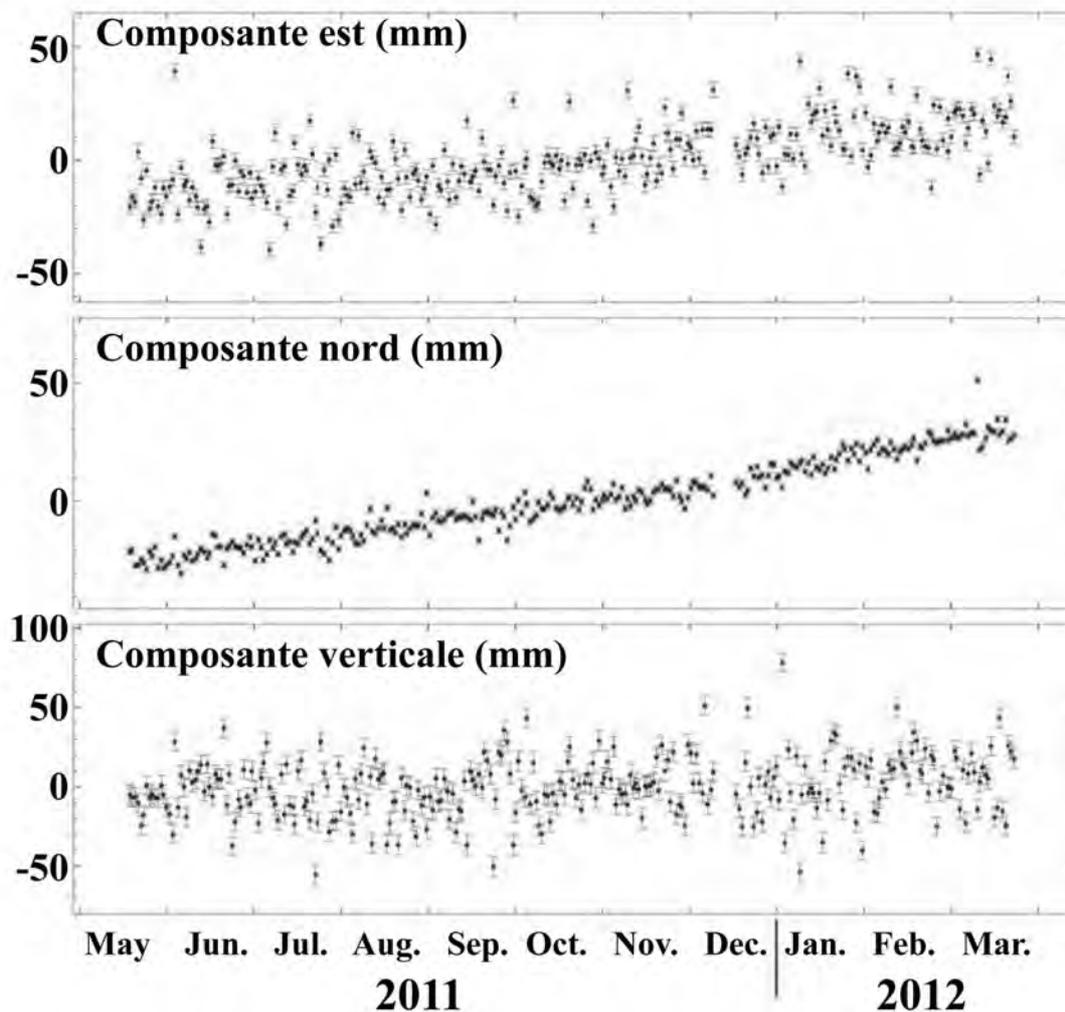


Figure I- 6 : Séries temporelles de mesures GPS entre Cocos et San Andres sur une durée de onze mois. Chaque point avec sa barre d'erreur correspond à la distance entre les deux stations diminuée d'une longueur de référence. Les valeurs décomposées suivant trois composantes sont exprimées en mm (Protti et col., 2012).

NOM :

Prénom :

Salle :

Réponses aux questions I-D

L'évolution des deux composantes étant croissante, l'île de Cocos se déplace par rapport à St Andres vers le nord-est, ce qui est cohérent avec la convergence Cocos/Caraïbe vue au premier exercice. La composante est positive lue sur le graphique est de 39 mm pour 111 mois soit 39 mm/a ou 3,9 cm/a. De même, la composante nord est de 62 mm pour 11 mois, soit une vitesse de 68 mm/a ou de 6,8 cm/a. Une construction vectorielle simple (Pythagore) donnait une vitesse globale de 78 mm/a ou 7,8 cm/a dans une direction de 30° (sens horaire) par rapport au nord (angle = $\text{atan}(V_{\text{est}}/V_{\text{nord}})$).

Cette détermination de vitesse à partir du GPS, si elle est confirmée par d'autres mesures permet de décrire le mouvement relatif de la plaque COCOS par rapport à la plaque CARAIBE.

En toute rigueur, une seule mesure ne suffit pas mais il faut un ensemble de mesures GPS pour reconstituer un mouvement global eulérien (pôle de rotation et vitesse angulaire).

I - E) Tectonique des plaques et cinématique

A partir de vos connaissances et en vous aidant des exercices précédents, **repérez les plaques en présence et leurs frontières actuelles sur l'extrait de la carte géologique du monde de la C.C.G.M. présenté en figure 1-2 en page 3.** Il vous est rappelé qu'un extrait de la légende de cette version de la carte se trouve en page 2.

Vous reporterez votre interprétation sur un calque (fourni en plus du dossier) en indiquant les noms des plaques sur votre schéma (sans oublier de reporter les bordures de la carte sur le calque). Vous reporterez aussi le mouvement relatif des plaques sur les différentes frontières lorsque c'est possible et vous n'oublierez pas de légèrer les types de frontières de plaques.

Partie II: Le massif de l'Estérel; Cartographie et mise en place des roches magmatiques.

II-A) Structure d'ensemble du massif

Le massif de l'Estérel, partie de la « Provence cristalline » autour du bassin du bas-Argens, est situé entre le massif des Maures et celui du Tanneron.

II-A-1) Cartographie. La figure II-1 est un agrandissement de la carte BRGM au 1/250000^e de Nice avec un extrait de la légende. **A partir de cette carte, vous réaliserez une coupe géologique simplifiée entre les points A et B sur le profil topographique fourni en annexe (feuille A4 fournie à part) avec des figurés que vous pouvez personnaliser (vous n'oublierez pas de fournir une légende). Vous collerez cette coupe dans le cadre indiqué en page 13.**

II-A-2) Tectonique. **Vous discuterez les géométries et les mouvements possibles de la faille située au sud des affleurements de Permien (faille sud-Estérel).**

II-A-3) Synthèse géologique. **Vous décrirez brièvement les principaux événements géologiques visibles sur cette carte en les replaçant dans l'histoire géologique de la France métropolitaine et de ses bordures.**

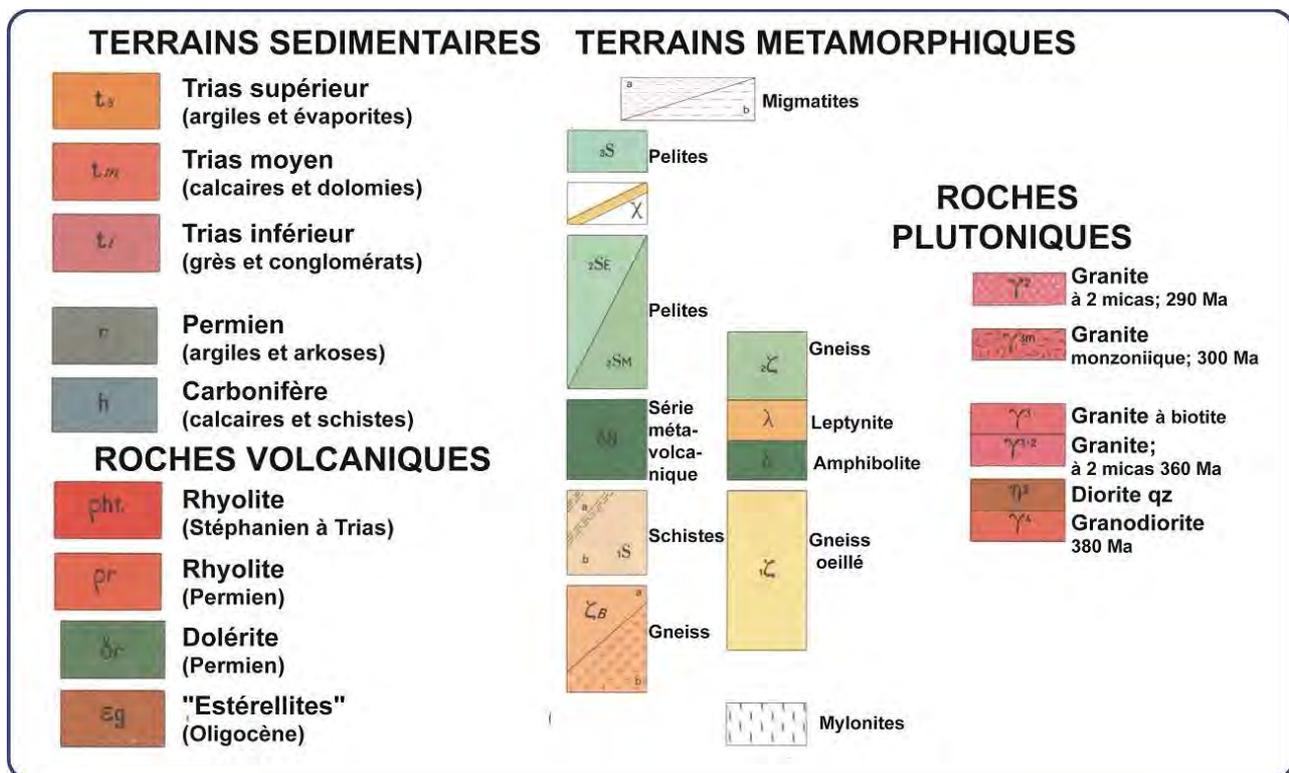
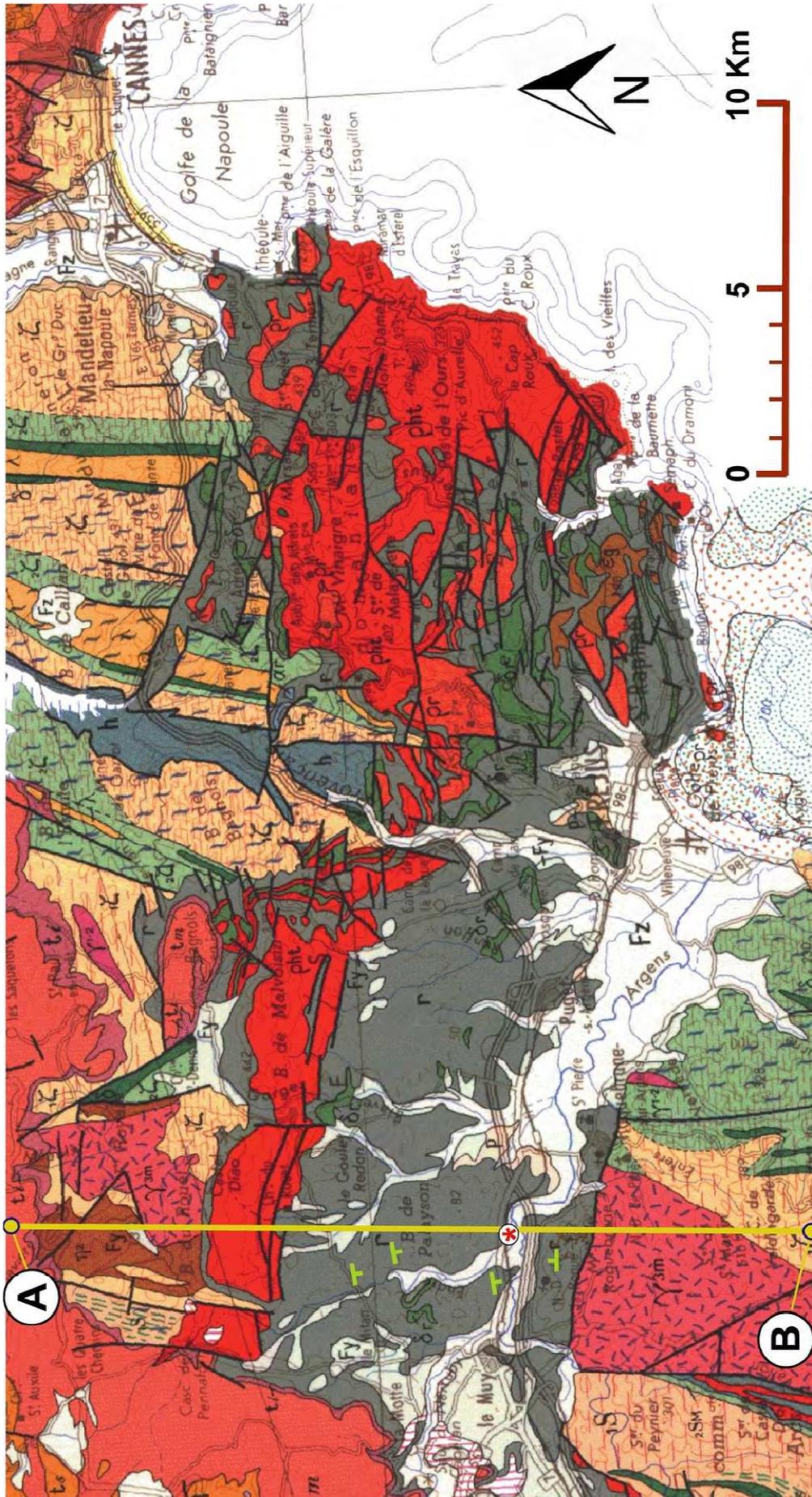


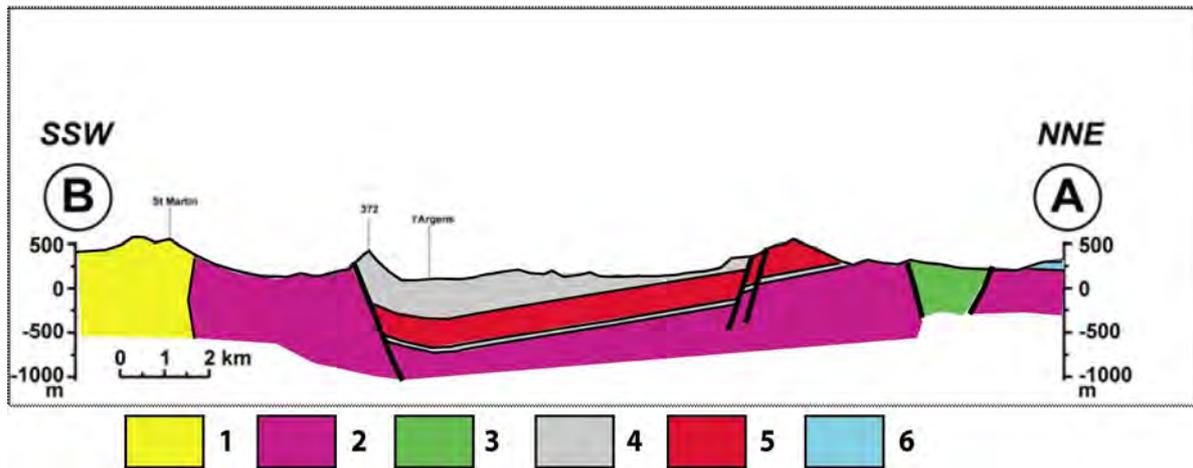
Figure II-1 Extrait agrandi de la carte BRGM initialement au 1/250 000^e de Nice (page suivante) dans le secteur du massif de l'Estérel avec un extrait de la légende (ci-dessus). Les points A et B, extrémités de la coupe à réaliser sont localisés. Des signes de pendage sédimentaire tirés de la carte de Fréjus-Cannes au 1/50000^e ont été reportés. L'étoile correspond à un forage dans la région duquel le socle anté-Permien est à une profondeur d'à peu près à 700m sous la surface.

NOM :

Prénom :

Salle :



II-A-1) Copiez votre coupe géologique A-B dans l'espace ci-dessous

1 : gneiss migmatitique, 2 : granite monzonitique (300 Ma), 3 : Diorite quartzique, 4 : Permien sédimentaire, 5 : Coulées de rhyolites (Permien), 6 : Trias.

La coupe est ici représentée avec des couleurs pour de saisons de reproduction mais pouvait être représentée avec des figurés au crayon.

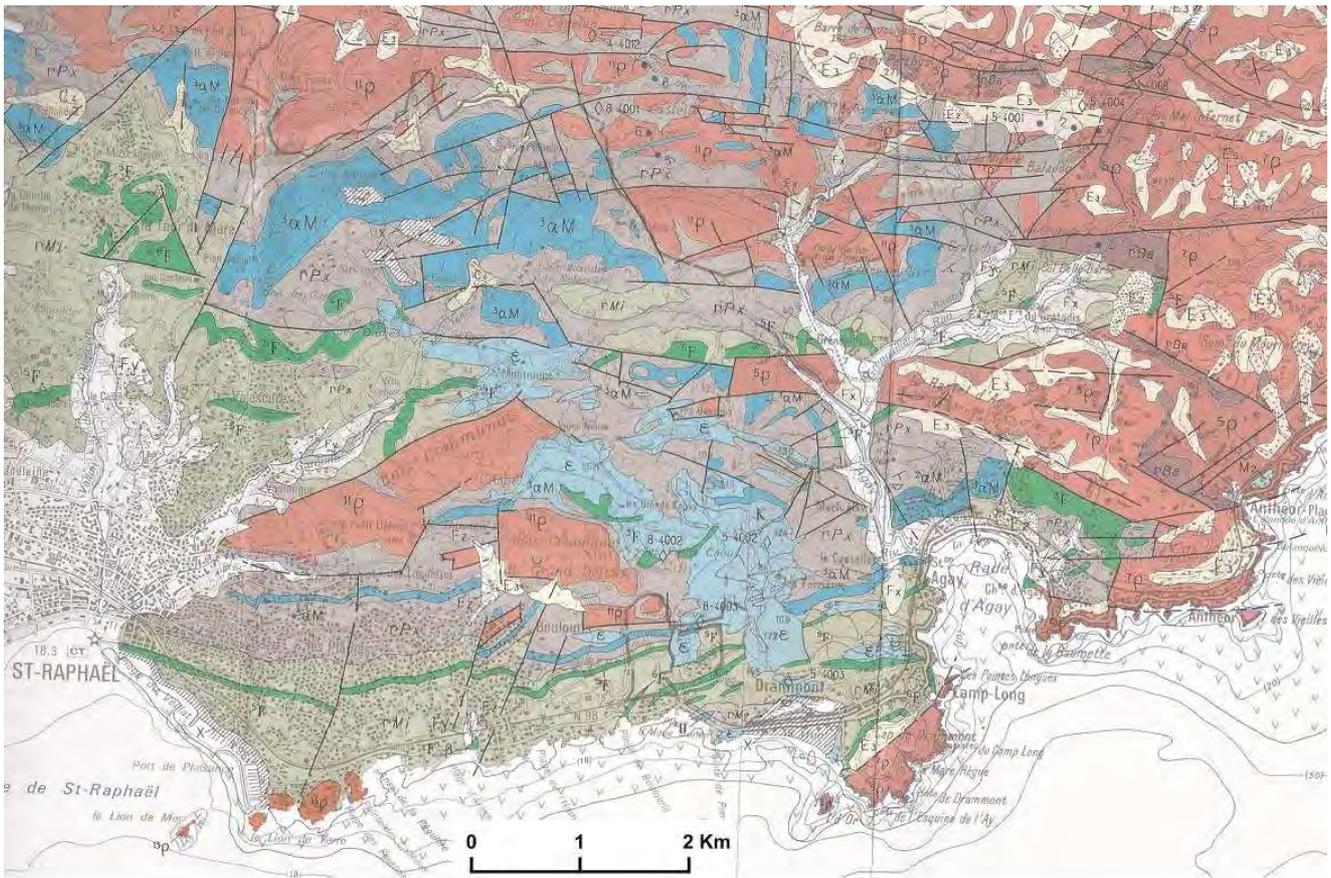
Réponse à la question II-A-2

Le bassin Permien a un pendage globalement vers le sud et il est asymétrique avec un bord septentrional discordant et un bord sud limité par une faille. **Cette faille sud-Estérel est donc très probablement liée à la mise en place du bassin. Elle pourrait être inverse à pendage sud (bassin flexural ou bassin transporté (« piggyback ») ou normale à pendage nord définissant un demi-graben. L'âge de cette tectonique synchrone du Permien (dans tous les cas anté-Triasique car le bassin est cacheté par le Trias à l'ouest) devait amener à proposer une tectonique distensive.**

Réponse à la question II-A-3

- * **Le premier épisode visible est l'édifice de nappes métamorphiques traversées de granites d'âge hercynien où les leptynites et amphibolites font penser à la suture de l'océan centralien.**
- * **Ces nappes sont recoupées par des failles nord-sud définissant des bassins sédimentaires d'âge Carbonifère supérieur (Stéphanien) qui pourraient être des équivalents des bassins houillers du massif central.**
- * **Ces bassins sont recoupés par des failles normales est-ouest dont la faille sud-Estérel qui délimite un demi-graben rempli de terrains sédimentaires détritiques alternant avec des coulées rhyolitiques d'âge Permien. Ce bassin qui fait l'identité du massif de l'Estérel appartient à un réseau de bassins continentaux en extension typiques de cette période post-tectonique hercynienne (cf. bassins de Lodève, Autun, ...).**
- * **Le Trias représenté au nord de la coupe est subhorizontal et en discordance sur les terrains antérieurs. C'est la discordance majeure post-hercynienne à la base du « Bassin du sud-est ».**
- * **Le dernier épisode visible est le magmatisme Oligocène représenté par l'Estérellite qui sera discutée dans le paragraphe suivant.**

II-B) Cartographie et datation relative



ROCHES MAGMATIQUES		SERIES SEDIMENTAIRES	
	ε : Estérellite	Permien	
	K : cornéenne		rAc : Formation des Arcs grès rosâtres carbonatés
	13ρ : Rhyolitoïde rouge-orangé		rMo : Formation de la Motte argiles rouges
	12ρ : Rhyolite		rMy : Formation du Muy grès et argiles micacées (conglomérats)
	11ρ : Rhyolite		
	10ρ : Rhyolite		rMi : Formation du Mitau grès et argiles micacées (conglomérats)
	9ρ : Rhyolite		
	8ρ : Rhyolite		rPx : Formation de Pradineaux conglomérats et argiles
	7ρ : Rhyolite		rBa : Formation de Bayonne grès, tufs et cendres volc.
	16ρ : Rhyolite		rAm : Formation d'Ambon brèches, grès et argiles rouges
	5ρ : Rhyolite		rAv : Formation de l'Avellan sables et argiles barioles
	2ρ : Rhyolite		rCl : Formation Claire brèches et grès
	1ρ : Rhyolite flammée		
	ρ : filons de Rhyolite non positionnés stratigraphiquement		
	H : Hawaiiite		
	3αM : Mugéarite		
	2αM : Mugéarite		
	1δ : Basalte doléritique		
	1β³ : Basalte		
	6F : Filon de dolérite à labrador		
	5F : Filon de dolérite		
	4F : Filon de trachy-basalte		
	3F : Filon de dolérite		
	2F : Filon de basalte		
	1F : Filon de basalte		
	F-β : filons divers non positionnés stratigraphiquement		

Figure II-2 : Page précédente : extrait agrandi de la carte géologique au 1/50 000^e de Fréjus-Cannes dans le secteur entre St-Raphael et Agay avec un extrait de sa légende (Toutin-Morin et col., 1994).

A partir de l'analyse de la carte au 1/50 000^e, caractérisez les relations chronologique entre les différentes roches magmatiques (en particulier les estérellites) et les terrains sédimentaires présents dans le secteur St-Raphaël Fréjus ainsi que les relations entre les différentes roches magmatiques.

Réponse à la question II-B

De nombreuses roches basiques à intermédiaires semblent intercalées dans la sédimentation du Permien (contours parallèles aux limites stratigraphiques) et seraient donc synchrones. Les relations entre rhyolites et sédiments semblent plus complexes bien que les rhyolites soient également d'âge Permien. Les limites de l'estérellite sont en revanche toujours sécantes sur les limites stratigraphiques du Permien mais recoupent aussi de nombreux contacts sédiment Permien-Rhyolite voir même des failles affectant le Permien. C'est un événement tardif par rapport à la structuration du massif de l'Estérel. Il s'agit en fait de magmatisme d'âge alpin, précisément daté de l'Oligocène

II-C) L'estérellite, de l'affleurement à la roche

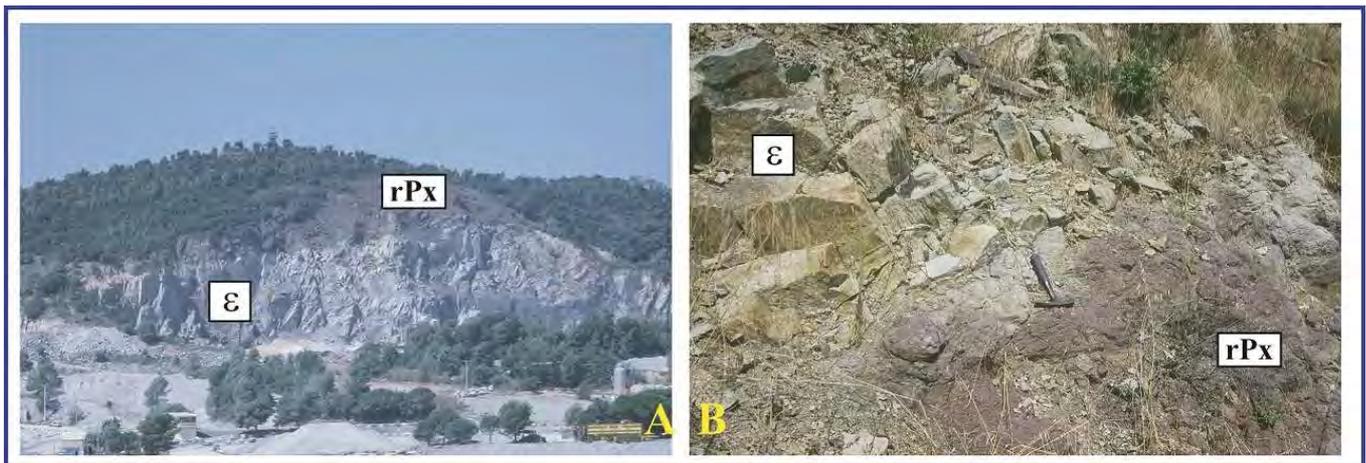


Figure II-3 – Photos d'affleurements autour de la carrière d'estérellites ε dite « carrière des Cou », proche d'Agay (Photos: S. Lallemand). A : ensemble de la carrière (arbres et maisons donnent l'échelle) ; B : détail le long de la route qui mène à la carrière (longueur du marteau 30cm). rPx : sédiments d'âge Permien.

II-C-1) L'estérellite à l'affleurement. A partir des photos de terrain de la figure II-3 prises autour de la carrière d'estérellite (ε) dite carrière des Cou (ou « Caous ») et des relations cartographiques vues précédemment, **proposez un mode de mise en place pour les estérellites**

Réponse à la question II-C-1

Etant donné que le **massif d'estérellite ε** semble reposer à la fois au dessus (photo B) et au dessous (photo A) de la formation sédimentaire Permienne rPx qui est plus ancienne d'après le raisonnement cartographique, cette roche magmatique ne peut pas être une simple coulée de surface mais **est en partie intrusive et a dû s'injecter au sein de la formation permienne d'une manière assez parallèle aux couches anciennes. Une intrusion de type sill est à envisager.**

II-C-2) Echantillons d'estérellite. A partir des photos d'échantillons et des lames minces présentées en figure II - 4, proposez un nom de roche pour les estérellites



Figure II-4 – Photos A à C, échantillons de divers faciès de l'estérellite (Photos: S. Lallemand). Photo D : lame mince en LPA de la texture générale de l'estérellite du Drammont. (Cliché M. Corsini). E à H : lames minces dans l'estérellite de Boulouris des deux minéraux les plus abondants (E et G en LPNA ; F et G en LPA ; clichés N. Romeuf ; http://www.lithotheque.ac-aix-marseille.fr/Affleurements_PACA/83_esterellite/83_esterellite_microscopique.htm).

Réponse à la question II-C-2

A l'échelle macroscopique, on observe des cristaux automorphes souvent denses dans un ensemble plus fin. Les minéraux sont principalement en baguettes (A), certains minéraux blancs étant en prismes trapus (B et C). La microphotographie permettait de voir une structure entièrement cristallisée entre les phénocristaux, permettant de conclure à une roche microcristalline ou hypovolcanique, typique de filons ou de sills. Ceci pouvait être mis en relation avec les informations données à l'échelle de l'affleurement en II – C – 1.

Les prismes clairs (D, E et F) à teinte de polarisation dans les gris (LPA) présentent une zonation (LPNA & LPA) ainsi que des macles polysynthétiques en LPNA caractéristiques des feldspaths plagioclases. Les minéraux sombres (G et H) associés en LPNA à des couleurs brunes à verdâtres ont des teintes de polarisation plus élevées et montrent clairement des clivages faisant des angles de 60° et 120° caractéristiques des amphiboles. On pouvait donc conclure à une roche de type andésite (accepté) ou plus rigoureusement une microdiorite. L'existence de quartz non montrés ici fait conclure à une microdiorite quartzique.

II-D) Les roches rouges de l'Estérel, de l'affleurement à la roche.

II-D-1) Les roches rouges à l'affleurement. Quel phénomène géologique est observable dans les roches permienes de « la Batterie du Lion de mer et de terre » en figure II-5 ? Que peut-on en déduire sur la mise en place locale de ces roches ?



Figure II - 5 – Photo d'affleurement des roches Permienes au lieu-dit « La Batterie du Lion de mer et de terre » près du port de St Raphaël (Photo : Bernard Duyck). (Largeur de l'affleurement représenté : à peu près 2,5m).

NOM :

Prénom :

Salle :

Réponse aux questions II - D - 1

Le phénomène particulièrement visible sur cette photo est **une prismation des roches rouges. Ce type de structure est caractéristique du refroidissement des laves à l'air libre.** On peut parfois l'observer sur des roches sédimentaires ayant subi localement un intense réchauffement au contact de laves. La taille de l'affleurement militait pour un ensemble de laves. **Ces laves relativement claires de couleur rouge pouvaient faire penser aux rhyolites abondantes dans le Permien. La direction des prismes donne la direction du refroidissement. Il fallait noter le faible plongement de ces prismes.** Deux hypothèses pouvaient être émises : une coulée avec prismes verticaux qui aurait été basculée lors d'un épisode tectonique. La déformation régionale principalement extensionnelle donnant des basculements modérés, on pouvait penser que les prismes ont leur orientation d'origine autour d'une cheminée d'alimentation de type neck. En fait localement, c'est une situation intermédiaire entre neck et sill.

II-D-2) Observations pétrographiques

Vous observerez, lorsque vous serez appelé(e), un échantillon du même type de roche au poste dédié pendant 10 minutes. **Reportez vos observations et donnez un nom à cette roche en complétant vos observations en vous aidant des microphotographies de la figure II-6.**

Description de l'échantillon

Sur les échantillons macroscopiques, on pouvait voir dans un ensemble homogène rougeâtre des minéraux bien cristallisés suggérant une structure de roche volcanique à cristaux visibles à l'œil nu (structure porphyrique).

On pouvait observer des minéraux translucides à contours anguleux et éclats gras, rayant le verre qui sont des quartz. Les minéraux les plus nombreux également sont des prismes roses et trapus dans lesquels on peut régulièrement voir des macles de Carlsbad par la juxtaposition de deux facettes qui brillent suivant une orientation différente. Ce sont bien sûr des feldspaths alcalins proches du pôle potassique de type orthose. Enfin, on observait des masses prismatiques trapues blanches ou plus ou moins verdies qui peuvent être des altérations de plagioclases moins nombreux. Enfin, sur certains échantillons, des minéraux plus rares, noirs et brillants pouvaient être proposés comme des micas de type biotite.

Sur les microphotographies de la figure II - 6, on pouvait confirmer les observations précédentes en reconnaissant une structure de roche volcanique avec des phénocristaux dans une mésostase orientée. Les minéraux principaux étant par ordre d'abondance décroissante : des quartz subautomorphes présentant des « golfes » typiques des rhyolites en A et B, des feldspaths alcalins en C et D, confirmés par la macle de Carlsbad visible, des feldspaths plagioclases dont les macles polysynthétiques sont évidentes en E et F. Enfin, bien qu'altérés, on pouvait reconnaître les micas de type biotite en section basale hexagonale en G et H. Cette distribution confirmait l'observation macroscopique et permettait de conclure à une rhyolite.

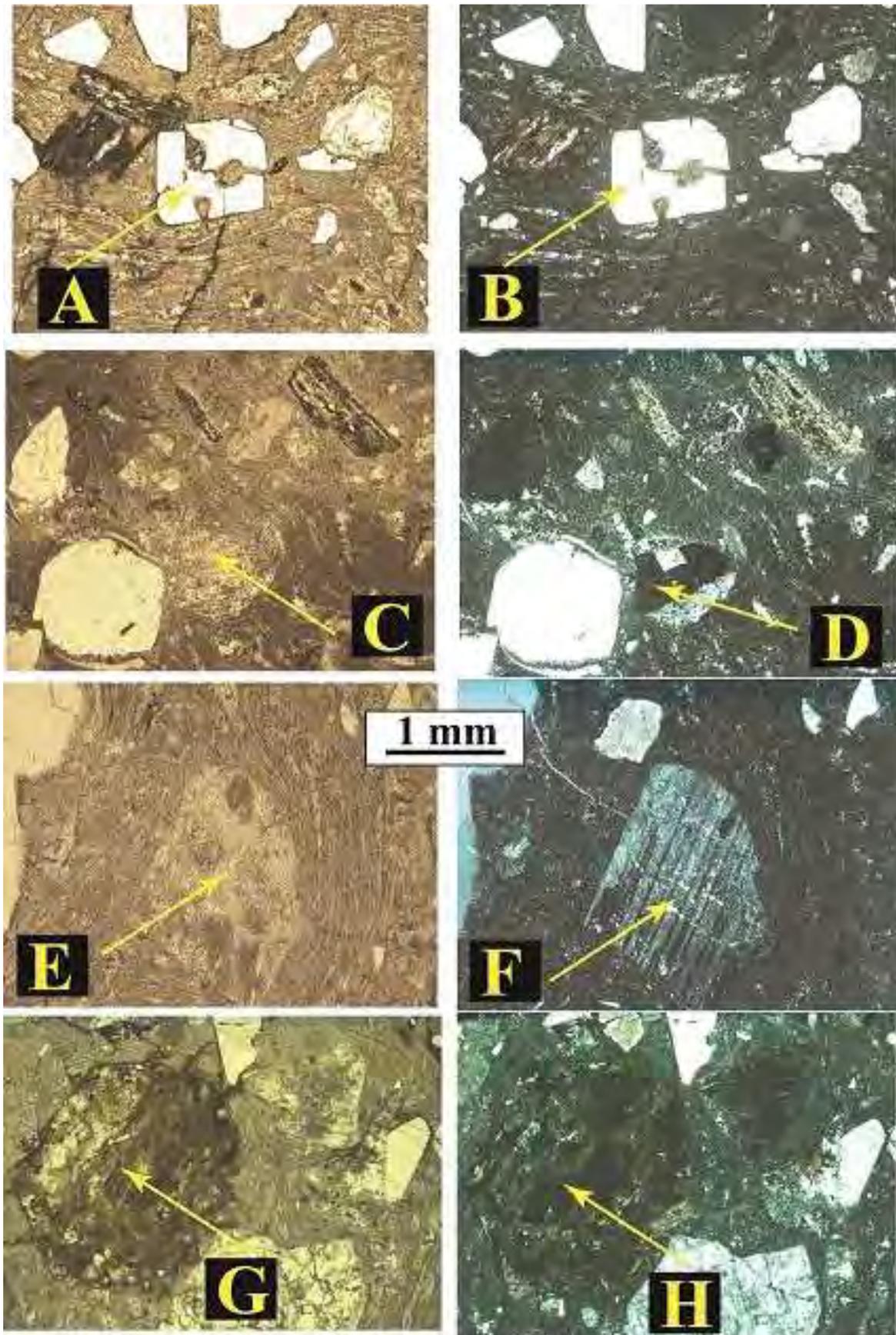


Figure II - 6 : Microphotographies de lames minces correspondant à l'échantillon, montrant les minéraux par ordre d'abondance décroissante de haut en bas (à gauche : LPNA ; à droite : LPA).

NOM :

Prénom :

Salle :

Partie III : Le massif de l'Estérel; Pétrographie et contexte géodynamique de mise en place des roches magmatiques

III - A) Caractérisation des séries magmatiques de l'Estérel

Le tableau 1 vous donne les compositions en poids d'oxyde de cinq échantillons d'estérellites (ϵ) et de cinq roches de la série volcanique du Permien de l'Estérel.

* **Après avoir rappelé ce que signifie la ligne dans le diagramme TAS de la figure III - 1, vous représenterez (en les identifiant) les deux groupes de cinq échantillons dans ce diagramme afin de proposer des séries magmatiques dans les deux cas. Vous reporterez les échantillons d'estérellites dans le diagramme dit de Pecерillo de la figure III - 2 afin de raffiner votre analyse de la série à laquelle appartiennent les estérellites**

III - B) Conclusion

Vous replacerez les deux séries magmatiques dans un contexte géodynamique approprié.

Roche	Site	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O
		% poids	% poids	% poids
ϵ	Aigue-Bonne	56,85	3,4	1,5
ϵ	Drammont	60,6	4	1,9
ϵ	Drammont	61,6	4,45	1,71
ϵ	Drammont	63	4,75	1,21
ϵ	Carrière des Cou	56,5	2,6	1,4
¹ β^3	Avellan	53,3	4,25	2,85
² αM	Agay	56,39	3,36	2,3
³ αM	Agay	61,99	3,26	5,38
¹³ ρ	Maurevieille	68,8	3,3	5,95
¹³ ρ	Batterie des Lions	65,1	4,25	4,4

Tableau 1 : Extrait des compositions en poids d'oxydes pour 6 échantillons d'estérellites (ϵ) et 5 échantillons de la série volcanique du Permien de l'Estérel.

Réponses III - A

La ligne est la séparation entre les séries alcalines (au dessus) et sub-alcalines (au-dessous).

Réponse III – B) CONCLUSION

* **Les laves du Permien forment une série alcaline (dont les rhyolites vues en II sont le terme le plus différencié et ici le plus représenté) typique des contextes continentaux distensifs, en bon accord avec la tectonique post-orogénique du Permien**

* **Les estérellites sont dans le domaine subalcalin et plus précisément dans une série calco-alcaline classique de subduction, en bon accord avec la proximité à l'Oligocène et la subduction océanique qui a migré vers le sud-est lors de l'ouverture des bassins d'arrière-arc liguro-provençal au Miocène puis de la mer Tyrrhénienne au Plio-Quaternaire.**

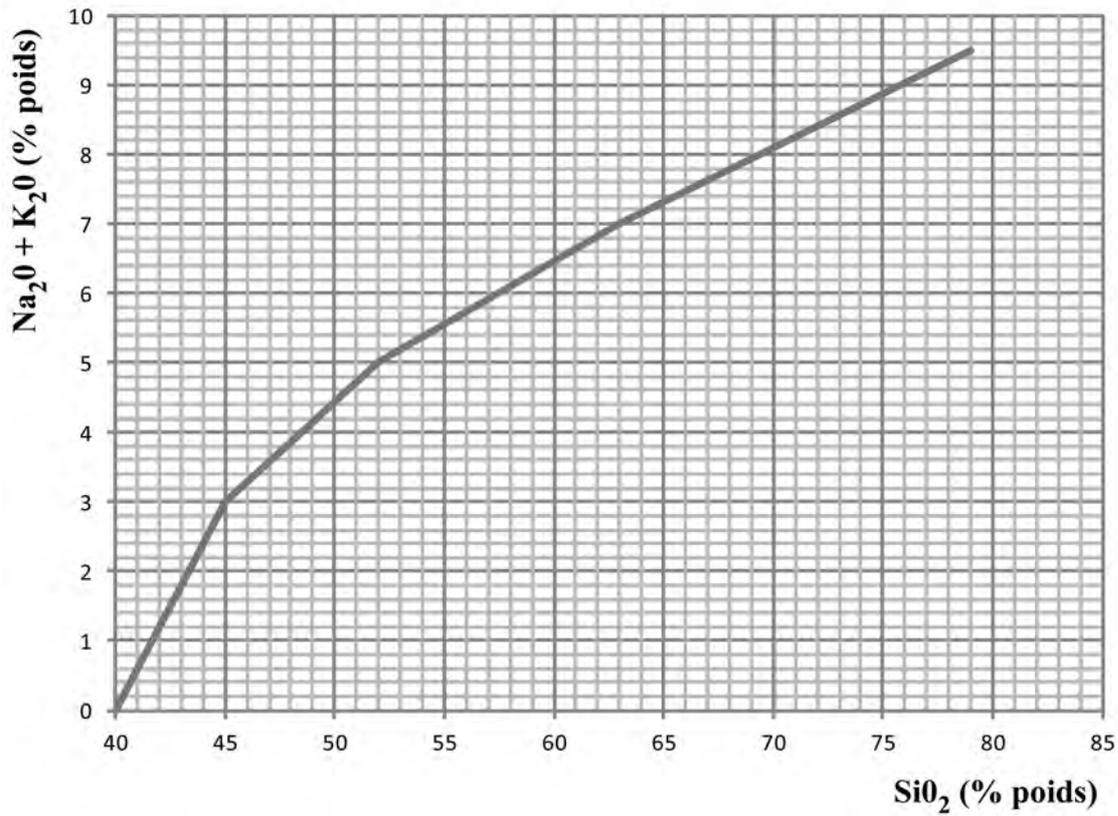


Figure III- 1 : Diagramme dit « TAS » de représentation des laves en fonction de leur teneur en Silice et en alcalins (en poids d'oxydes)

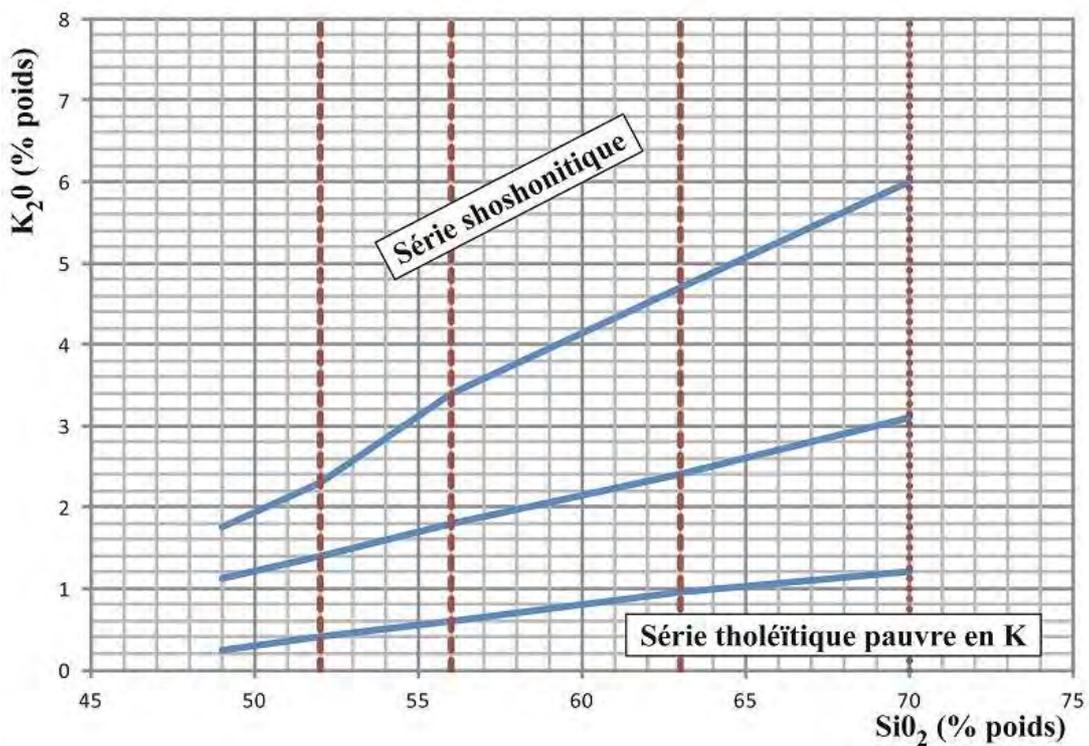


Figure III - 2 : Diagramme de Pecerillo de représentation des laves en fonction de leur teneur en Silice et en K₂O (en poids d'oxydes)

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. Le jury rappelle qu'il est impératif que le candidat indique bien sur la fiche prévue à cet effet les ouvrages et le matériel demandé. 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, des documents numériques (vidéos notamment), 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 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 la façon qu'a eu le candidat de l'exposer devant une classe / la pédagogie mise en place, 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 notions et les connaissances liées à ce sujet. Dans un second temps, deux entretiens, chacun d'une durée de 7 minutes 30, sont menés par 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. Les documents présentés et les connaissances apportées doivent être au service de la réponse à cette problématique. La présentation doit se terminer par une synthèse des éléments présentés et une ouverture visant à replacer le sujet dans un contexte plus général. 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 ou à des synthèses transversales, 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 ou de façon très dogmatique. 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.

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 les notions dégagées doivent être intégrées dans la démarche démonstrative de la leçon. 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. 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.

Il est rappelé à l'attention des futurs candidats qu'à partir de la session 2016, certains documents fournis par le jury peuvent être rédigés en langue anglaise, compte tenu de leur nature scientifique (Arrêté du 13 mai 2015 modifiant certaines modalités d'organisation des concours de recrutement de personnels enseignants des premier et second degrés relevant du ministre chargé de l'éducation nationale).

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 demander, 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. Toutefois, le matériel sorti doit être utilisé de façon pertinente, et une stratégie erronée visant à demander de nombreux documents et/ou matériels afin de répondre à cette évaluation mais sans les utiliser à bon escient serait préjudiciable.

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 est un temps d'exposé limité. Le candidat sera généralement amené à faire un important travail de synthèse : il devra alors clairement justifier, dans son introduction, les différents aspects du sujet qu'il souhaite traiter et, inversement, 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 et la pédagogie mise en place. 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.

Cette année, un relâchement certain dans les tenues vestimentaires et l'attitude des candidats a pu être remarqué, et dessert évidemment les candidats. Le jury tient à rappeler que ces épreuves orales font partie d'un concours de recrutement et que la présentation, la posture et le vocabulaire choisis relèvent des qualités attendues pour un futur enseignant.

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-clés 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.

Maîtriser les connaissances

Au cours de cette épreuve de spécialité, le candidat doit montrer ses connaissances dans des domaines pointus 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, de biochimie / métabolisme ou d'immunologie pour ne citer que les domaines dans lesquels les manques sont flagrants. Par exemple, peu de candidats sont capables de décrire correctement les mécanismes énergétiques cellulaires, la structure de base d'une cellule musculaire striée ou les différents récepteurs impliqués dans la réaction immunitaire. 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, chose dont la plupart des candidats se révèlent incapables. L'utilisation de programme de manipulation de modèles moléculaires

doit être maîtrisée par les candidats ; elle est parfois imposé par les documents proposés par le jury, qui attend une véritable exploitation des modèles (et non leur simple présentation)..

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 thermodynamiques, moléculaires ou cellulaires complexes faisant douter le jury sur leur capacité à transmettre des concepts complexes à leurs futurs élèves. Pour finir, le jury tient à souligner qu'il a apprécié l'usage du tableau noir et des schémas bilans faits par la majorité des candidats.

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, et, si nécessaire, sous loupe binoculaire.

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 à l'évolution et 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 dytique, un cèpe, 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. Les notions faisant appel à une quantification ou une estimation de vitesse, débit, durée ou de la cinématique des processus géologiques sont souvent méconnues.

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 échantillons et les cartes utilisés doivent être replacés dans leur contexte géographique et géologique.

- 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.

6.1.6 Liste des leçons d'option de la session 2015 :

Leçons d'option du secteur A

Activation de la réponse immunitaire innée par le pathogène
Apports d'*Agrobacterium tumefaciens* à la biotechnologie végétale
Apports des biotechnologies végétales
Aspects moléculaires et cellulaires de la fécondation chez les Mammifères
Comparaison de deux maladies neurodégénératives
Compartimentation cellulaire et transports vésiculaires
Découverte et utilisation des transposons en biologie végétale
Détermination et différenciation du sexe chez les Mammifères
Dynamique et variabilité du génome des eucaryotes
Éléments génétiques mobiles et évolution des génomes
Interactions entre le VIH et le système immunitaire
La cellule musculaire striée squelettique
La complémentarité des gamètes mâles et femelles chez les Mammifères
La génétique des organites
La maîtrise de la procréation humaine
La maladie de Parkinson
La mise en place des axes de polarité chez les Vertébrés
La mise en place du plan d'organisation des Vertébrés
La mitochondrie des cellules animales
La mitochondrie des cellules animales
La mitose
La mort cellulaire dans les cellules animales

La perméabilité membranaire à l'eau
La plaque motrice
La réplication de l'ADN des cellules
La réponse immunitaire adaptative humorale
La tuberculose
L'ATP synthase
Le baroréflexe
Le cytosquelette des cellules eucaryotes
Le diabète insipide
Le maintien de l'intégrité des génomes
Le message nerveux
Le neurone, une cellule spécialisée
Le protéome d'une cellule et son contrôle
Le thyrocyte, une cellule spécialisée
Les bases immunologiques de la vaccination
Les cancers, des maladies génétiques
Les cellules des crêtes neurales
Les cellules musculaires du coeur des Mammifères
Les cellules présentatrices de l'antigène
Les couplages énergétiques dans la cellule musculaire striée squelettique
Les déplacements des cellules
Les diabètes
Les enzymes, acteurs du métabolisme
Les formes des cellules: origines, dynamique et conséquences fonctionnelles
Les immunodéficiences
Les innovations génétiques
Les interactions ADN-protéines
Les interactions non covalentes et les biomolécules
Les levures, organismes modèles
Les lysosomes
Les matrices extracellulaires
Les méthodes d'étude des neurones
Les migrations cellulaires au cours du développement des Vertébrés
Les molécules de réserves chez les animaux
Les molécules de réserves chez les végétaux
Les parois cellulaires
Les plastes
Les potentiels d'action
Les processus cellulaires et moléculaires impliqués dans le développement des Angiospermes
Les processus cellulaires et moléculaires impliqués dans le développement des Vertébrés
Les réarrangements génétiques
Les ribosomes
Les seconds messagers cellulaires
Les synapses
Les tissus adipeux
Les vaccins
Les virus
L'étude des maladies génétiques
Mise en place et évolution du répertoire immunitaire

Mort Cellulaire chez les végétaux
Origine de la diversité tissulaire de la racine chez les Angiospermes
Origines des protéines chloroplastiques
Place du lymphocyte T CD4+ dans la mise en place d'une réponse immunitaire adaptative
Résistance aux herbicides
Rôles et mécanismes d'action de l'éthylène chez les Angiospermes
Spécificités de la cellule végétale
Transgenèse végétale
Transport axonal et cycle vésiculaire synaptique

Leçons d'option du secteur B

Acclimatation et adaptation à l'altitude chez les vertébrés
Adaptation et évolution
Anthropisation des milieux et gestion des populations animales
Apprentissages: aspects comportementaux, neurobiologiques et évolutifs
Autofécondation et allofécondation
Bilan hydrique chez les animaux terrestres
De l'induction florale à la fleur chez les Angiospermes
Dimensions corporelles et physiologie chez les vertébrés
Diversité des fonctions de l'eau au sein d'une Angiosperme
Ectothermie et endothermie chez les vertébrés
espèce et spéciation
Gestation, parturition et allaitement
Impact des perturbations (naturelles ou anthropiques) sur les écosystèmes
Importance biologique des couleurs chez les animaux
La biologie des graines
La biologie des orchidées
La circulation de l'eau dans la plante
La classification des êtres vivants
La coévolution
La compétition interspécifique
La dépense énergétique et ses variations chez l'Homme
La dépense énergétique et ses variations saisonnières chez les animaux
La différenciation sexuelle
La dissémination chez les végétaux
La fonction de transport du sang chez les mammifères
La fonction ovarienne chez les mammifères
La lumière et les végétaux (on ne traitera pas des mécanismes de la photosynthèse)
La microphagie
La pression artérielle : une variable régulée
La recherche de nourriture chez les animaux
La réduction du carbone et de l'azote lors de la nutrition des Angiospermes de type C3
la sélection naturelle
La vie dans la zone intertidale
La vie de la feuille chez les Angiospermes

La vie en groupe chez les vertébrés
La vie ralentie chez les animaux
La vie ralentie chez les végétaux
L'activité cardiaque chez l'homme
Le comportement territorial
Le polymorphisme génétique et son maintien
Le poumon des vertébrés : évolution et adaptation
Le rôle des vaisseaux sanguins
L'écosystème forestier
L'écosystème prairial
Les adaptations de la fonction respiratoire chez les animaux aquatiques
Les ajustement physiologiques accompagnant un exercice physique
Les fonctions du rein chez les Mammifères
Les forces évolutives
Les innovations dans la lignée verte en liaison avec la colonisation du milieu aérien
Les interactions entre les champignons et les plantes
Les mécanismes photosynthétiques de type C4 et CAM et leur intérêt écologique
Les modalités de la défense chez les végétaux
Les phylogénies et leurs utilisations
Les relations entre l'homme et la biodiversité
Les relations interspécifiques et la structure des communautés
Les relations plantes-insectes
Les réserves animales
Les rythmes saisonniers chez les animaux
Les symbioses chez les végétaux
Les unités soumises à la sélection
L'excrétion azotée et les milieux de vie des animaux
L'importance biologique des signaux sonore chez les arthropodes
L'importance des microorganismes dans le cycle de l'azote
Locomotion et milieu de vie chez les vertébrés : aspects biomécaniques et énergétiques
L'orientation spatiale chez les animaux
Mise en place du comportement chez les animaux: aspects ontogénétiques et évolutifs
Nature et fonctions des constructions animales
Osmorégulation et ionorégulation en milieu aquatique
Oviparité et Viviparité
Pollen et pollinisation
Relations anatomiques et fonctionnelles entre les échangeurs respiratoires et les systèmes de convection interne des métazoaires
Soins aux jeunes et conflits intra-familiaux
Structure et fonctionnement des écosystèmes
Structure et fonctions de la racine chez les Angiospermes
Structures et fonctions branchiales
Unité et diversité des arthropodes
Unité et diversité des mollusques
Vie sociale chez les insectes

Leçons d'option du secteur C

Altération des continents
Bassins houillers en France
Bioconstruction et plate-forme carbonatée
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
Expérimentation et modélisation en géologie
Génèse et évolution des bassins Continentaux
La chaîne hercynienne en Europe
La cinématique des plaques lithosphériques
La conquête du milieu terrestre
La convection mantellique
La convergence intercontinentale
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'anomalie en géophysique
La reconstitution des paléoenvironnements continentaux
La sismicité de la France dans son cadre géologique
La subduction de la lithosphère océanique et ses conséquences
La tectonique des plaques, approche historique
La Terre au Précambrien
Le couplage océan atmosphère
Le manteau terrestre
Le relief de la Terre
L'enregistrement sédimentaire des variations du niveau marin
Les crises de la biodiversité
Les cycles du carbone à différentes échelles de temps
Les énergies fossiles
Les facteurs de contrôle de la sédimentation
Les gites métallifères
Les glaciations au cours des temps géologiques
Les marges continentales de la France métropolitaine
Les marqueurs de la déformation dans les Alpes occidentales
Les matériaux géologiques de construction
Les météorites
Les provinces magmatiques géantes
Les ressources hydrogéologiques en France
Les risques volcaniques
Les variations du CO₂ dans l'atmosphère terrestre : mise en évidence, causes et conséquences
L'extension continentale
Métamorphisme et contextes géodynamiques

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 à partir de fossiles historiques
Origine et évolution des magmas basaltiques
Origine et genèse des granites
Paléoenvironnements sédimentaires marins
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
Structure et dynamique interne des planètes telluriques
Transfert de matière des continents vers les océans
Variations de la biodiversité au Phanérozoïque

6.2 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. Le jury rappelle qu'il est impératif que le candidat indique bien sur la fiche prévue à cet effet les ouvrages et le matériel demandé. 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 quatre membres du jury, deux dans chacune des deux contre-options.

Dès la fin de l'exposé, l'interrogation a lieu en trois temps :

- Un premier échange de 7 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 et de revenir sur la démarche pédagogique mis en oeuvre.

La deuxième interrogation s'écarte de l'exposé et explore d'autres domaines du secteur. 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 (échantillon, photographie, résultat d'expérience) 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, des schémas explicatifs 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 fondées 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 d'appuyer 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 s'intéresse 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 maîtrisés (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. Une nouvelle dérive visant à demander beaucoup de matériel est également préjudiciable si c'est derniers sont peu ou mal exploités. Il est important de rappeler que la quantité ne fait pas la qualité.

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 un 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. Il en est de même pour les notions concernant les paramètres orbitaux et de façon plus général de la Terre dans son système solaire.

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, Pyrénées, Alpes...).

En fin de leçon, il est judicieux de laisser au tableau un schéma bilan ou une synthèse, 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 ou de replacer le sujet dans un contexte plus général en guise d'ouverture.

6.2.4 Sujets des leçons de contre-option

Leçons de contre option : épreuve de physiologie cellulaire et des organismes - Biologie moléculaire et des populations

Cycles de vie chez les insectes

Devenir homme ou femme

Equilibre hydro-électrolytique chez les métazoaires

Espèces et spéciation

Homéostasie et régulations chez les Mammifères

Homologie et liens de parenté

la biodiversité

La cellule acineuse du pancréas : une cellule polarisée

La communication animale

La communication hormonale chez l'Homme

La compartimentation cellulaire

La complémentarité des bases azotées

La croissance chez les angiospermes

La fécondation chez les Mammifères, un dialogue moléculaire

La floraison

La glycémie: régulation et dérèglements

La notion d'hormone
La plaque motrice
La plasticité cérébrale
La prise de nourriture chez les animaux
La racine des Angiospermes
La réaction inflammatoire
La reproduction chez les embryophytes
La ventilation chez les vertébrés
La vie dans la zone intertidale
La vie sociale chez les hyménoptères
L'ADN, support de l'information génétique
l'auxine
Le développement floral
Le flux hydrique chez les Angiospermes
Le génome chloroplastique
Le génome chloroplastique
Le potentiel de membrane
Le réflexe myotatique
Le système immunitaire face à un agent pathogène
L'écosystème forestier
Les animaux et le froid
Les arthropodes
Les bases rationnelles d'une alimentation équilibrée
Les cellules musculaires
Les couplages énergétiques dans les cellules animales
Les échanges de matières minérales chez les Angiospermes
Les enzymes, des biocatalyseurs
Les macromolécules
Les méristèmes
Les neurones
Les organismes modèles de la génétique
Les protéines membranaires
Les relations interspécifiques
Les réserves chez les angiospermes
Les surfaces d'échanges chez les végétaux terrestres
Les vaccins
L'exercice physique
Lipides et vie cellulaire
Oviparité et viviparité chez les vertébrés
Pollen et pollinisation
Polymorphisme
Qu'est-ce qu'un chromosome?
Relation génotype-phénotype
Respiration et milieu de vie
VIH et système immunitaire

Leçons de contre option : épreuve de Sciences de la Terre et de l'Univers

Accumulation sédimentaire et géodynamique
Apport des données paléontologiques à l'étude de l'Evolution
Apports de la géophysique à la connaissance de la structure interne de la Terre
Cadres géodynamiques et évolution des bassins sédimentaires
Chronologie relative : principes et applications
Cinématique des plaques lithosphériques
Circulations atmosphérique et océanique
Comportement rhéologique des matériaux géologiques et structures associées
Convection et dynamique du globe
Croûte océanique et croûte continentale
Du plancton à la roche
Dynamismes éruptifs et risques associés
Elaboration d'un modèle de la structure interne de la Terre
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
Genèse et évolution de la lithosphère océanique
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
Influence de la lithologie et du climat sur le modelé des paysages
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 circulation thermohaline : mise en évidence, fonctionnement et effets climatiques
La collision continentale à partir de l'exemple de l'Himalaya
La conquête du milieu continental dans l'histoire de la Terre
La construction de l'échelle chronostratigraphique
La convection interne
La crise Crétacé-Paléocène
La datation des phénomènes géologiques
La datation des roches sédimentaires: méthodes et limites
La déformation à toutes les échelles en contexte de convergence
La déformation cassante
la déformation ductile
La destruction des reliefs continentaux
La diagenèse
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 lithosphère océanique
La mesure du temps en géologie
La modélisation de la convection: principes et limites

La Pangée

La radiochronologie : principes et applications

La reconstitution d'un paléoenvironnement au choix du candidat

La reconstitution des chemins Pression - Température des roches métamorphiques

La reconstitution des paléoenvironnements continentaux

La rythmicité dans les processus sédimentaires

La sédimentation en domaine océanique

La sédimentation sur les marges passives

La structure et dynamique interne des planètes telluriques

La subduction océanique

La tectoniques en décrochements et les grandes structures associées

La Terre au Précambrien

La Terre comparée aux autres planètes telluriques

L'apport des données paléontologiques à la reconstitution paléoenvironnementale

Le champ magnétique terrestre : origine et évolution

Le contrôle astronomique des climats

Le cycle de l'eau

Le cycle du Carbone et ses variations au cours des temps géologiques

Le cycle externe de l'eau

Le fossé Rhénan

Le magmatisme d'origine mantellique

Le magmatisme de points chauds

Le magmatisme lié à la formation et à l'évolution des chaînes de montagnes

Le manteau terrestre

Le métamorphisme : marqueur géodynamique

Le modèle PREM : origine et applications

Le noyau terrestre

Le paléomagnétisme : marqueur de la géodynamique océanique et continentale

Le phénomène d'altération : du minéral au paysage

Le rôle de l'océan sur le climat terrestre

Le volcanisme outre-mer et sa signification géodynamique

L'émergence de la vie

Les anomalies géophysiques

Les bassins houillers en France

Les bassins sédimentaires observés sur la carte de France au millionième dans leur cadre géodynamique

Les bioconstructions carbonatées les marges passives

Les courants océaniques

Les 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 dorsales océaniques

Les échanges océan – atmosphère

Les enregistrements des paléoclimats

Les évaporites

Les fondements de la tectonique des plaques

Les gisements métallifères dans leur contexte géodynamique

Les glaciations

Les grandes accumulations sédimentaires détritiques

Les grandes lignes de l'orogénèse hercynienne à partir de cartes géologiques au choix du candidat

Les grandes lignes de l'histoire géologique des Alpes à partir de cartes géologiques au choix du candidat
Les grandes lignes de l'histoire géologique du Massif Armoricain à partir de cartes géologiques au choix du candidat
Les grandes lignes de la géologie de la Corse à partir de cartes géologiques au choix du candidat
Les grandes lignes de la géologie de la Méditerranée
Les grandes lignes de la géologie des Pyrénées à partir de cartes géologiques au choix du candidat
Les grands cycles orogéniques à partir de la carte de France au millionième
Les grands ensembles lithologiques et structuraux de l'Europe
Les magmas dans leur contexte géodynamique
Les marges continentales de la France métropolitaine
Les marqueurs de la collision continentale
Les marqueurs géologiques et géochimiques des glaciations
Les métamorphismes liés au cycle alpin en France
Les météorites
Les modifications anthropiques des enveloppes externes
Les mouvements verticaux de la lithosphère
Les ophiolites
Les planètes du Système Solaire
Les provinces magmatiques géantes
Les ressources énergétiques du sous-sol
Les ressources énergétiques fossiles
Les transferts de chaleur à l'intérieur de la Terre
Les variations climatiques à différentes échelles de temps
Les variations du niveau marin
L'oxygénation de la Terre
Mobilité horizontale et verticale de la lithosphère océanique
Modélisation analogique d'un processus géologique au choix du candidat
Origine et évolution des Hominidés
Origine et genèse des granites
Origine et genèse des séquences de dépôt
Origine et histoire de la matière organique des roches
Origines des roches métamorphiques
Récif et sédimentation périrécifale
Relief et géodynamique externe
Relief et géodynamique interne
Rifting et ouverture océanique
Risque et aléa sismique
Risques et aléas liés à la géodynamique interne
Roches et paysage
Sédimentation et ressources énergétiques
Sismologie et structure du globe
Tectonique et reliefs continentaux
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. Évaluation des capacités des candidats à agir en fonctionnaire de l'État et de façon éthique et responsable

Pour cette session 2015, une épreuve d'admission (l'interrogation portant sur la compétence « Agir en fonctionnaire de l'État de façon éthique et responsable ») a été supprimée du concours externe de l'agrégation par un arrêté modificatif de l'arrêté du 28 décembre 2009 publié au Journal officiel du 12 août 2014. Comme indiqué dans l'arrêté, la suppression de cette interrogation spécifique s'accompagne cependant de l'introduction par les jurys, lors des épreuves d'admission, d'éléments d'interrogation permettant de repérer certaines compétences en lien avec l'exercice du métier d'enseignant, en prenant appui sur le nouveau référentiel des compétences professionnelles fixées par l'arrêté du 1^{er} juillet 2013.

Le jury de l'agrégation externe de SV-STU a donc souhaité introduire dans les entretiens qui suivent les exposés des questions qui 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).

Les questions 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).

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 d'un thème scientifique, 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 :

- 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 ;
- 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.