

**CONCOURS EXTERNE
DE RECRUTEMENT DE PROFESSEURS AGREGES**

Section : sciences de la vie, sciences de la Terre et de l'Univers

Session 2017

Rapport de jury présenté par :

Monsieur François GAUER
Professeur des universités

Président de jury

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

Table des matières

1. Présentation du concours	3
2. Quelques éléments statistiques	10
3. Programme du concours	22
4. Les épreuves écrites	23
5. Les épreuves pratiques	48
6. Les épreuves orales	216

1. Présentation du concours

1.1 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.

1.1.1 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).

1.1.2 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

1.2 LE DÉROULEMENT DU CONCOURS 2017

1.2.1 Le calendrier.

Admissibilité : épreuves écrites

- Lundi 13 mars 2017 : épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur A
- Mardi 14 mars 2017 : épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur B
- Mercredi 15 mars 2017 : épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur C

Les résultats de l'admissibilité ont été publiés le vendredi 13 mai 2017.

Admission : épreuves pratiques

- Vendredi 9 juin 2017 : accueil des candidats.
- samedi 10 juin 2017 : travaux pratiques portant sur le programme de spécialité (secteur A, ou B, ou C)
- dimanche 11 juin 2017 : travaux pratiques portant sur le programme général des deux autres secteurs.

Admission : épreuves orales

- du jeudi 15 juin 2017 au lundi 3 juillet 2017.

Les résultats de l'admission ont été publiés le mardi 4 juillet 2017.

1.2.2 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 DGRH-D (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 Téa, Mme Rodriguez et Mme Sicard).

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, et de laboratoires travaillant dans le secteur des Sciences de la vie et de la Terre de différents lycées :

- GERVI Isabelle : Assistante ingénieure
- CASTELLANI Patricia : technicien de laboratoire
- BARBE Ullah : Assistante ingénieure
- 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, 19 personnels de laboratoires travaillant dans le secteur des Sciences de la vie et de la Terre de différents lycées, placés sous la responsabilité de Madame DAHMANE Djamilia :

- ADDOUCHE Karima, adjoint technique (Lycée Lamartine , Paris)
- BONNET Frédéric : adjoint technique (Lycée Condorcet , Paris)
- BOYER Rémy : ingénieur de recherche (UEVE)
- BRAHIMI Kheira, adjoint technique (Lycée Montaigne, Paris)
- CADOS Chantal : technicienne de laboratoire (lycée Janson de Sailly - 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
- LUCCIN Marie-Thérèse, adjointe technique, lycée Jean Jaurès à Montreuil
- MILITON 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
- ROBERT Patrick : aide technique de laboratoire ; lycée Saint Louis - Paris
- TREBEAU Armande : aide technique de laboratoire ; lycée Saint Louis - Paris
- VERNAY Nicole : Assistant ingénieur, lycée Chaptal - Paris
- WELSH Julien, technicien de laboratoire, lycée Henri IV, Paris

Pour cette session 2017, 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 11 juin 2017 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).

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	569	38,1%	539	36,1%	386	25,8%	1494
candidats présents	218	32,9%	272	41,1%	172	26%	662
candidats admissibles	84	37,3%	82	36,4%	59	26,2%	225
candidats admis	39	41%	32	33,7%	24	25,2%	95

La totalité des postes mis au concours (95) a été pourvue.

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 par option. Les modalités d'harmonisation influencent naturellement la répartition des notes finales.

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), la proportion des candidats de secteur B avait baissé de 40% à moins de 35% en 2015, valeur restée quasi stable en 2016 et 2017 (36%).

Il apparaissait depuis plusieurs années que le secteur B était 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. En conséquence, tout au long du concours la part des effectifs représentant le secteur B avait tendance à diminuer, épreuves après

épreuves. Il convient de noter que depuis 2 ans cette observation n'est plus vraiment de mise, et que les candidats se sont donc répartis entre les 3 options en fonction de leur sensibilité sans qu'un secteur ne soit pris comme secteur par défaut.

Cette année, les proportions par options des candidats admissibles sont très comparables aux proportions par option des candidats présents aux trois épreuves d'admissibilité, et ces proportions demeurent à l'admission.

Pour cette session, la barre d'admissibilité est de 7,14/20. La moyenne des candidats à l'issue des épreuves écrites est de 6,28/20 et celle des admissibles est de 10,02/20. Les meilleurs candidats obtiennent comme à l'habitude des résultats spectaculaires, 9 admissibles ayant plus de 15 de moyenne sur leurs 3 écrits !

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 non admis ont en moyenne perdu en moyenne 4 places entre les deux étapes du concours, les admis en ont gagné 22. Ce constat montre bien que les épreuves d'admission vont faire sortir par le haut des candidats qui ont enthousiasmés les correcteurs par leur dynamisme et leurs compétences. 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, plusieurs candidats ont amélioré leur rang de classement de plus de 130 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	977	425	149	57
hommes	517	247	76	38

La répartition des candidats par sexe est nettement en faveur des femmes (près des 2/3), et cette différence est constante 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, près de 70% des lauréats sont nés en 1994 (année de naissance théorique pour être inscrit en M2), 1993 (année de naissance théorique pour être inscrit en préparation à l'agrégation post master) ou 1992. Les lauréats plus âgés sont donc logiquement moins nombreux, mais c'est un vrai plaisir de voir des professeurs certifiés venir passer l'agrégation externe, avec parfois 20 ans d'ancienneté et la réussir ! (3 lauréats ont plus de 40 ans). Cela témoigne d'un très fort investissement personnel, et nous tenons à les en féliciter.

Année de Naissance	Nb d'inscrits	Nb de présents	Nb Admissibles	Nb d'admis
1958	2	0	0	0
1959	3	1	0	0
1960	5	1	1	0
1961	2	1	0	0
1962	1	0	0	0
1963	4	2	1	0
1964	3	1	1	0
1965	4	0	0	0
1966	4	0	0	0
1967	7	2	0	0
1968	12	6	1	1
1969	11	3	1	0
1970	11	1	0	0
1971	16	6	1	0
1972	17	5	3	0
1973	16	5	0	0
1974	19	7	2	0
1975	16	7	3	0
1976	24	4	2	1
1977	27	11	6	1
1978	44	12	1	1
1979	41	14	3	1
1980	35	11	3	0
1981	39	13	4	1
1982	37	10	3	0
1983	64	21	5	2
1984	56	17	5	2
1985	55	15	5	1
1986	81	28	8	0
1987	91	31	7	3
1988	32	37	12	0
1989	120	60	19	3
1990	126	71	14	6
1991	101	56	8	3
1992	119	66	20	11
1993	99	71	37	22
1994	85	68	43	31
1995	7	7	6	5
1998	1	1	0	0

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

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 : 49% sont étudiants (masters disciplinaires hors ESPE ou année de préparation à l'agrégation) ; 31 % sont élèves d'une ENS, 15% sont jeunes certifiés ou certifiés stagiaires. Les autres provenances sont anecdotiques.

Ce constat est en totale adéquation avec l'analyse sur les années de naissances des lauréats : les candidats qui réussissent le mieux sont des candidats qui ont suivi des formations scientifiques solides, et qui réussissent le concours soit à l'issue de leur formation, soit dans les deux années qui suivent

Professions	Nb Admissibles	Nb d'admis	% Réussite (Admis/Présents)
ETUDIANT HORS ESPE	78	47	60%
ELEVE D'UNE ENS	34	30	88%
CERTIFIE	78	12	15%
ENS.STAGIAIRE 2E DEG. COL/LYC	11	2	18%
SANS EMPLOI	9	2	22%
CADRES SECT PRIVE CONV COLLECT	2	1	50%
PERS FONCT TERRITORIALE	1	1	100%
CONTRACTUEL 2ND DEGRE	2	0	0%
ETUDIANT EN ESPE	7	0	0%
FONCT STAGIAIRE FONCT PUBLIQUE	1	0	0%
PERS ENSEIG TIT FONCT PUBLIQUE	2	0	0%
Somme	225	95	

Répartition géographique des candidats :

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 15 ont des admis. Et encore, le nombre des admis est souvent très faible. Lyon, PCV, Strasbourg, Bordeaux, Montpellier et Aix-Marseille avec 30, 24, 10, 5 et 5 admis, concentrent près de 87% 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 et s'est encore accéléré. En effet, certains résultats académiques élevés (PVC) sont en grande partie dus à un fort contingent de jeunes certifiés. La haute technicité du concours et des stratégies universitaires spécifiques de préparation aux concours de recrutement expliquent évidemment ce phénomène.

Académie	Nb d'inscrits	Nb de présents	Nb Admissibles	Nb d'admis
AIX-MARSEILLE	77	31	11	5
AMIENS	63	31	3	1
BESANCON	6	4	1	1
BORDEAUX	63	32	17	9
CAEN	19	9	1	0
CLERMONT-FERRAND	22	5	1	0
CORSE	5	0	0	0
DIJON	21	13	1	0
GRENOBLE	55	22	8	1
LA GUADELOUPE	32	15	2	1
LA GUYANE	3	2	0	0
LA MARTINIQUE	10	4	2	1
LA POLYNESIE FRANCAISE	6	2	0	0
LA REUNION	21	8	3	0
LILLE	88	37	7	1
LIMOGES	9	1	0	0
LYON	76	50	36	30
MAYOTTE	4	3	1	0
MONTPELLIER	70	34	14	5
NANCY-METZ	34	10	2	0
NANTES	48	21	5	1
NICE	28	12	5	0
ORLEANS-TOURS	54	20	2	0
PARIS - VERSAILLES - CRETEIL	363	156	63	24
POITIERS	31	13	3	0
REIMS	19	11	1	0
RENNES	86	47	14	3
ROUEN	37	22	1	0
STRASBOURG	69	37	15	10
TOULOUSE	65	20	6	2
Somme	1 484	672	225	95

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	
2016	103	1464	640	231	103	
2017	95	1494	662	225	95	

Évolution des chiffres clés du concours depuis 1993

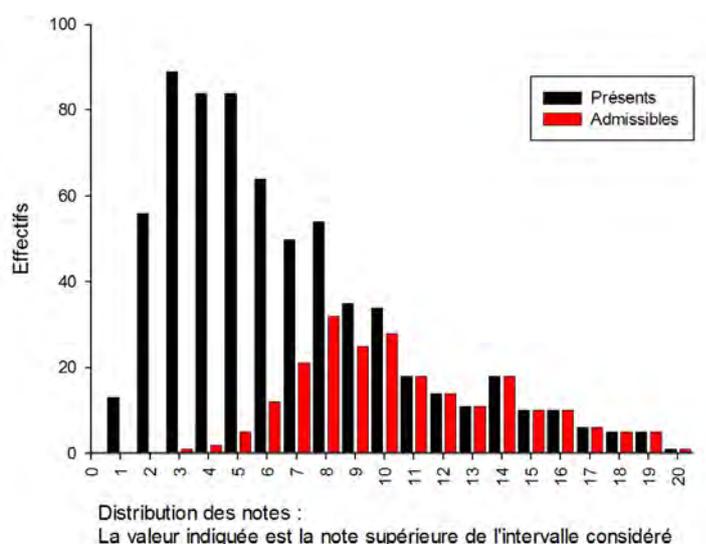
Le concours de cette session est marqué par une stabilisation du nombre de candidats présents à toutes les épreuves écrites. Cependant, ce concours demeure très sélectif et la qualité des agrégés recrutés reste excellente.

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

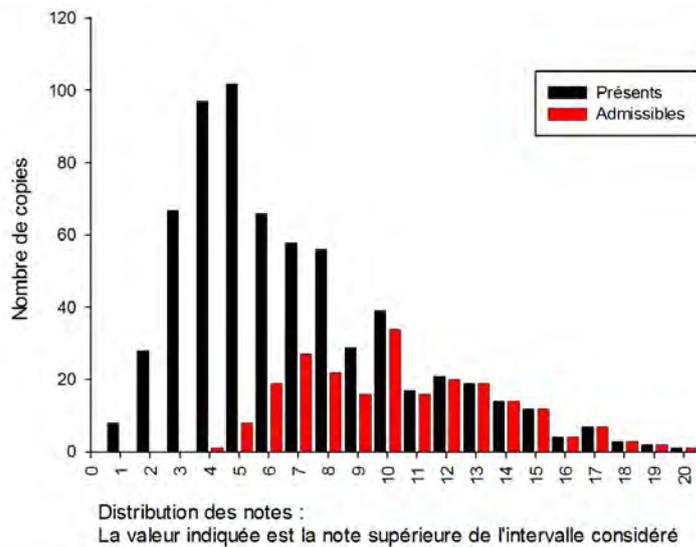
Moyenne des présents :	6.09	Moyenne des admissibles	10.23
Écart type des présents :	3.98	Écart type des admissibles	3.60



Histogramme des notes de l'épreuve écrite de secteur A

2.3.2 Épreuve écrite de secteur B

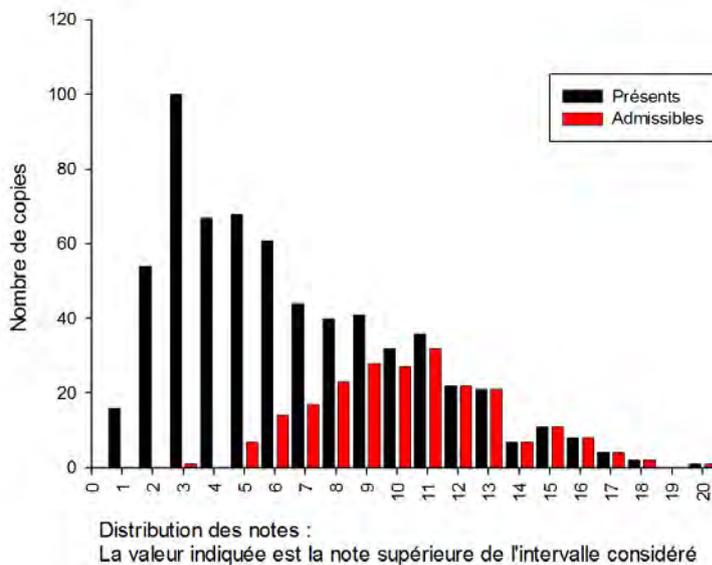
Moyenne des présents :	6.31	Moyenne des admissibles	09.90
Écart type des présents :	3.63	Écart type des admissibles	3.36



Histogramme des notes de l'épreuve écrite de secteur B

2.1.1 Épreuve écrite de secteur C

Moyenne des présents :	6.05	Moyenne des admissibles	9.93
Écart type des présents :	3.78	Écart type des admissibles	3.01

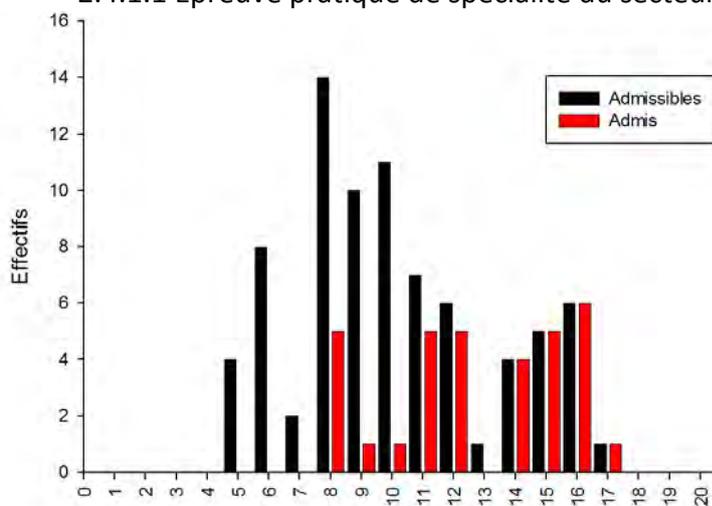


Histogramme des notes de l'épreuve écrite de secteur C

2.4 QUELQUES DONNÉES STATISTIQUES CONCERNANT LES ÉPREUVES PRATIQUES

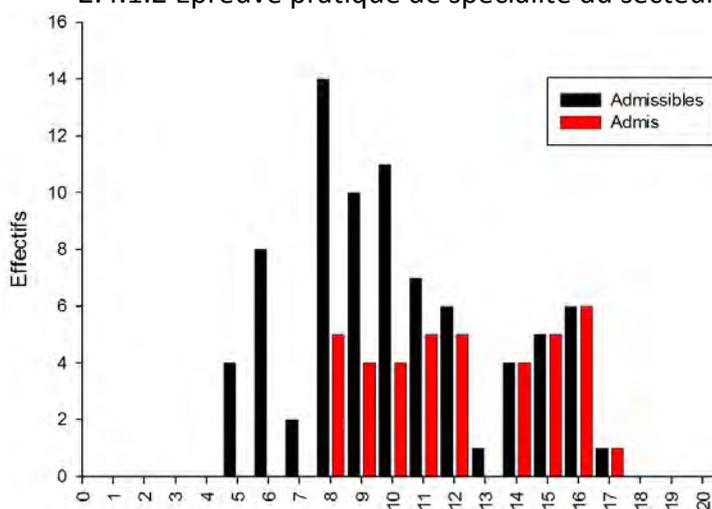
2.4.1 Épreuves pratiques de spécialité

2.4.1.1 Épreuve pratique de spécialité du secteur A



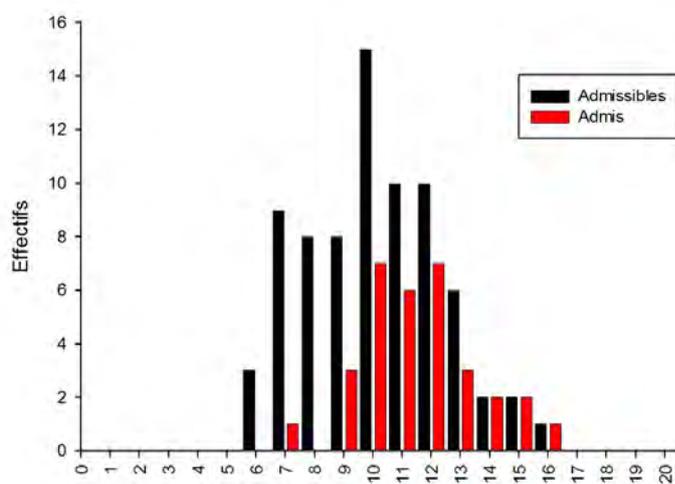
Distribution des notes :
La valeur indiquée est la note supérieure de l'intervalle considéré

2.4.1.2 Épreuve pratique de spécialité du secteur B



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

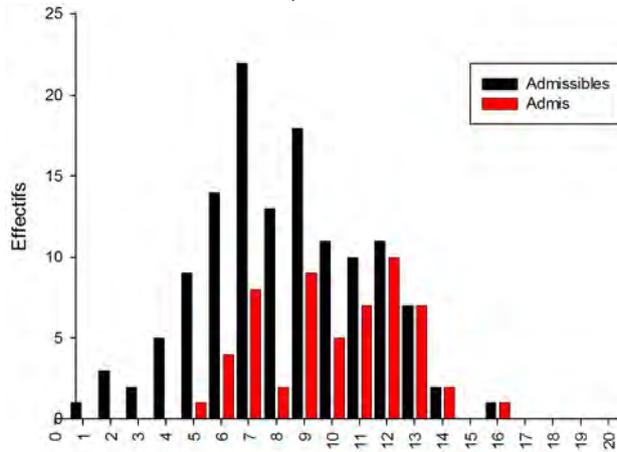
2.4.1.3 Épreuve pratique de spécialité de secteur C



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

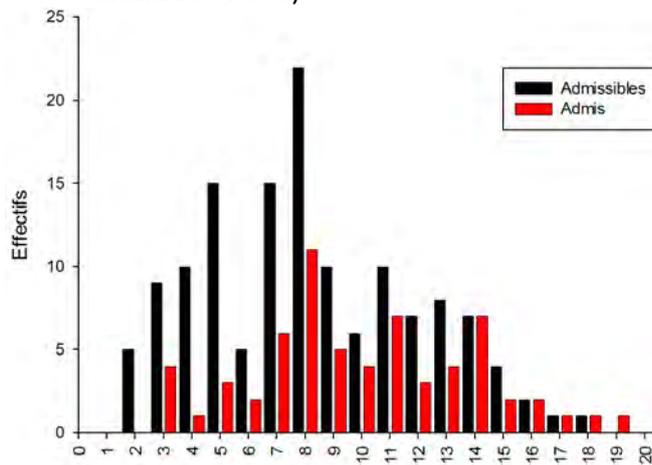
2.4.2 Épreuves pratiques de contre-option

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



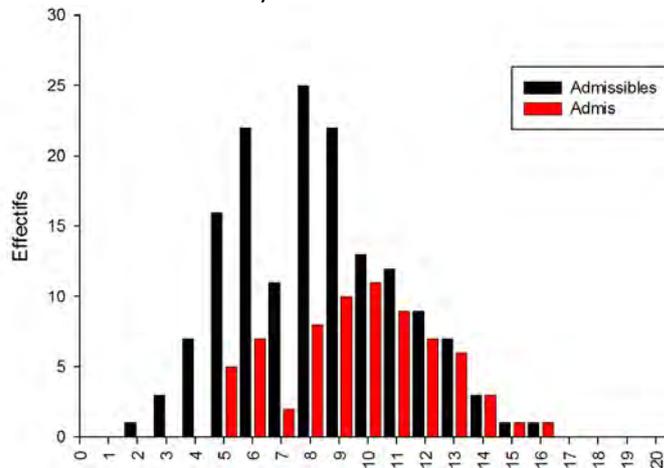
Distribution des notes :
La valeur indiquée est la note supérieure de l'intervalle considéré

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



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

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

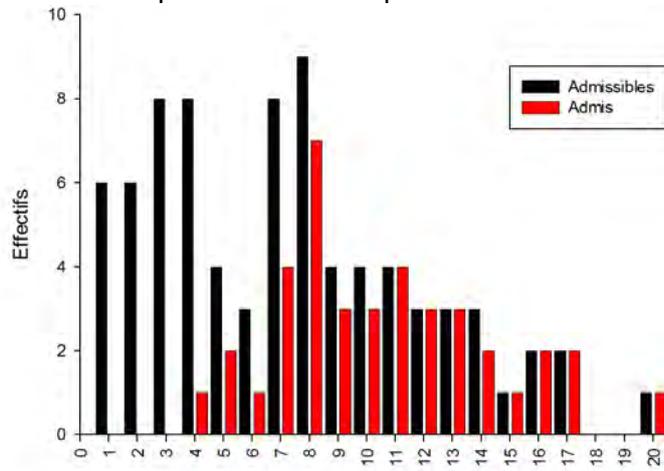


Distribution des notes :
La valeur indiquée est la note supérieure de l'intervalle considéré

2.4 Quelques données statistiques concernant les épreuves orales

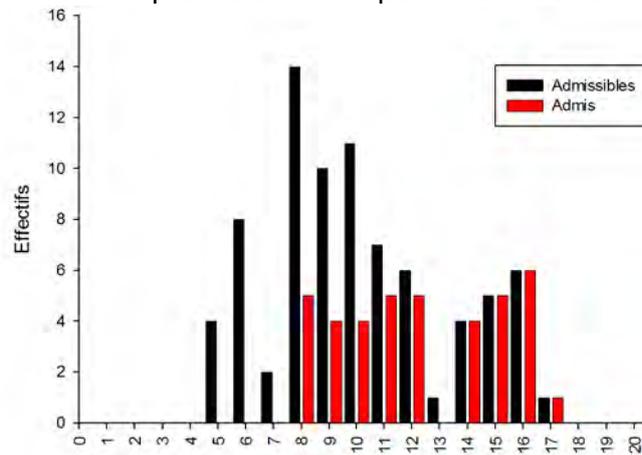
2.4.1 Épreuves orales de spécialité

2.4.1.1 Épreuve orale de spécialité de secteur A



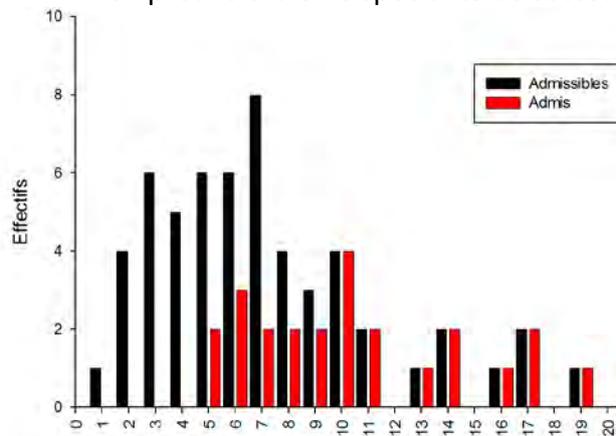
Distribution des notes :
La valeur indiquée est la note supérieure de l'intervalle considéré

2.4.1.2 Épreuve orale de spécialité de secteur B



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

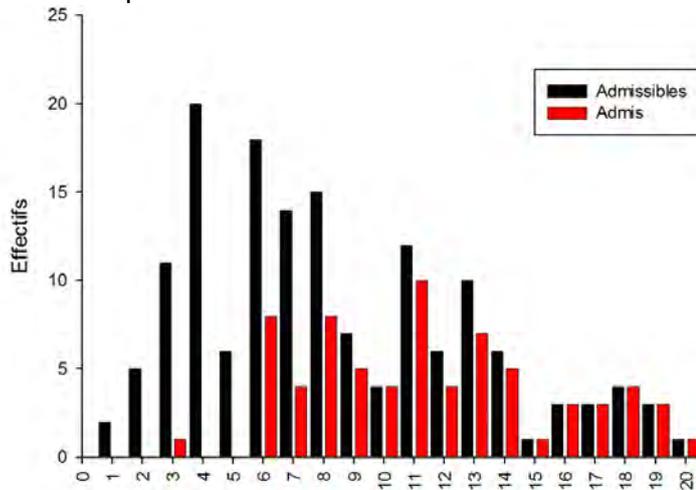
2.4.1.3 Épreuve orale de spécialité de secteur C



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

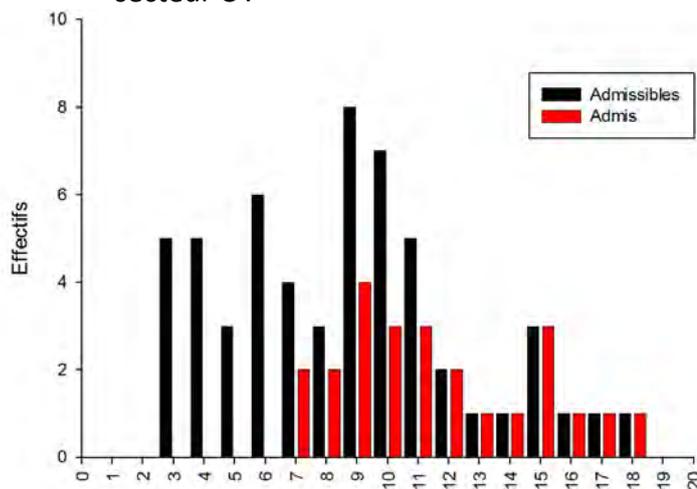
2.4.2 Épreuves orales de contre-option (maintenant notée sur 15)

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



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

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



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

3. Programme du concours

Le programme de la session 2017 est disponible sur le site du ministère de l'éducation nationale à l'adresse suivante :

http://cache.media.education.gouv.fr/file/agreg_externe/06/9/p2017_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 (depuis la session 2016) être rédigés en langue anglaise.

4. Epreuves écrites

4.1 Epreuve écrite du secteur A :

4.1.1 Le sujet proposé :

Les nucléotides et leurs dérivés : des molécules d'intérêt biologique.

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, encore moins à réécrire le sujet, 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 clairement le niveau moléculaire, mais demandait à replacer ces molécules au sein des processus biologiques. Les nucléotides sont des objets fondamentaux en biologie et il est étonnant de constater que bien peu de candidats sont capables de présenter une structure correcte de nucléotide, et de souligner ses principales propriétés. Bien plus, le jury se voit contraint de rappeler que la maîtrise des concepts se démontre tout d'abord par une maîtrise du vocabulaire scientifique qui permet de les manipuler : il a été stupéfait des approximations grossières concernant les nucléotides trouvées dans de très nombreuses copies (confusion nucléotide/nucléoside/base azotée voire... acide aminé !). Ces confusions sur des éléments fondamentaux en biologie sont inacceptables de la part de candidats qui prétendent à enseigner les SVT.

Cette session est l'occasion de rappeler à nouveau que le jury n'attend pas une restitution encyclopédique de pans de cours mais un exposé scientifique original, rigoureux et étayé, démontrant la capacité du candidat à prendre du recul par rapport à ses connaissances et à les exploiter, dans une logique de démonstration, pour construire un devoir argumenté

répondant au sujet. Très rares sont les copies qui prennent le temps d'analyser réellement le sujet pour le comprendre : en particulier, ni la présence du terme molécule, ni la ponctuation ne sont prises en compte. Ce sujet invitait à se demander quelle(s) propriété(s) des nucléotides et de leurs dérivés rendent possible leur participation aux phénomènes biologiques et il ne s'agissait donc pas ici d'égrener les différents rôles biologiques des nucléotides en un catalogue interminable et forcément incomplet. Au titre d'exemple de ce manque de recul, bon nombre de candidat aux connaissances convenables choisissent d'exposer la réplication et la transcription *per se*, alors que les mêmes propriétés des nucléotides permettent ces deux processus, qui sont donc redondants au regard du sujet.

Au cours du **développement**, le candidat ne doit perdre de vue ni la problématique initiale, ni les limites du sujet. Par exemple, certaines copies comportaient une partie descriptive portant sur les mutations, mais sans que leurs mécanismes d'apparition, de réparation ou leurs conséquences ne soient mis en relation avec la structure des nucléotides. Le jury insiste sur le fait que l'exposé doit traduire une démarche scientifique. Les propos sont donc à organiser en 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 et les auteurs correctement cités). Malheureusement, les mises en évidence expérimentales correctement décrites (et dont les résultats sont donc interprétables) sont rares. Par ailleurs, la description d'expériences *ad hoc* manifestement inventées ne peut être considérée comme satisfaisante, surtout si elles sont irréalistes et de surcroît attribuées à un auteur célèbre et cité hors de propos. De même, si les illustrations sont indispensables et doivent être de bonne qualité, la mise en avant de documents purement illustratifs, comme une représentation approximative de la fameuse « photo 51 », est inutile. Exemples et illustrations, même pertinents, ne sont utiles que s'ils amènent à une conclusion explicite permettant d'établir des notions. Trop de candidats misent sur l'intelligence du lecteur pour passer de l'implicite de leur copie à l'explicite des notions, ce qui est de toute évidence inadapté pour un futur enseignant. Ainsi, dans la plupart des copies, les transitions entre parties sont artificielles ou inexistantes ; elles sont pourtant fondamentales pour aider le lecteur à comprendre la logique et l'enchaînement des idées proposées par le candidat.

Sur le fond, outre les errements déjà cités sur la définition des nucléotides, le jury a été surpris par l'abondance de confusions sur des notions importantes et parfois élémentaires. La biochimie de base semble poser problème et rares sont les candidats manipulant avec aisance les blocs biochimiques construisant les molécules du vivant. Par exemple, le fait que de nombreux coenzymes soient des dérivés de nucléotides n'est évident que pour une faible proportion des candidats. La notion de pont phospho-diester est l'occasion de confusions entre nucléotide et nucléoside. De même, le rôle essentiel des liaisons hydrogène, en général évoqué, est très rarement exploité à bon escient et leur originalité n'est pas soulignée.

Les aspects énergétiques et de régulation sont également problématiques. Outre les confusions « classiques » entre ΔG et $\Delta G''$, la notion de charge énergétique de la cellule ne semble pas connue. Le fait que les nucléotides soient des régulateurs du métabolisme n'a été qu'exceptionnellement cité. Enfin, la notion de nucléotide comme molécule signal est souvent traitée de façon succincte et non contextualisée.

Les concepts d'information et de code génétique sont l'occasion de confusions étonnantes à ce niveau, car ils sont fréquemment assimilés à leur support matériel. Le jury attendait une

démonstration de la notion de codage en séquence nucléotidique de l'information génétique : les démarches en ce sens sont restées succinctes et certains candidats ont même démontré à ce sujet leur méconnaissance de l'histoire des sciences. Enfin, les liens structure/fonction des polymères de nucléotides ne sont que très rarement évoqués. La structure particulière de l'ADN et le lien avec son rôle dans la conservation de l'information, le fait que les acides nucléiques présentent une stéréochimie particulière à signification fonctionnelle, comme par exemple au niveau du grand sillon de l'ADN qui permet des interactions spécifiques avec des protéines, ne sont pas évidents pour la majorité des candidats.

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 (ou du futur proche) a un sens précis en grammaire française, qui ne peut correspondre à la description de faits scientifiques.

4.1.2.2. 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		Sujet :		
Epreuve du secteur : A		Les nucléotides et leurs dérivés : des molécules d'intérêt biologique		
Fond	Introduction	<p>Contexte : il doit servir d'ancrage clair à l'introduction Le monde vivant est un monde chimique constitué de molécules interagissant sans cesse et se modifiant en un ensemble complexe de réactions. Ces molécules et ces réactions permettent la construction d'assemblages complexes organisés sous forme de structures à l'échelle moléculaire et cellulaire, structures qui permettent elles-mêmes la construction et le fonctionnement des niveaux d'organisations de plus grande taille. Les molécules biologiques sont groupées en 4 grandes familles principales,</p> <p>Analyse des termes du sujet à partir du contexte Les nucléotides sont des précurseurs biologiques constitués de l'association d'un ose, d'une base azotée et d'un ou plusieurs groupements phosphates. Les dérivés des nucléotides s'obtiennent par modification chimique de cette structure associée ou non à une polymérisation. Ces molécules sont abondantes et diverses dans l'ensemble du monde vivant : leur sélection au cours de l'évolution est un marqueur de leur intérêt pour le monde vivant. La ponctuation du sujet invite à s'interroger sur le lien entre ces molécules et leurs rôles biologiques</p> <p>Problématique clairement posée et justifiée par l'analyse du sujet En quoi ces molécules sont-elles des molécules d'intérêt biologique ? La structure et les propriétés de ces molécules permet-elle d'interpréter ce succès évolutif ?</p> <p style="text-align: right;">Axe directeur de la composition explicite et bien justifié</p> <p>Comment est constitué un nucléotide et quels dérivés sont présents dans le monde biologique ? Quels sont leurs rôles biologiques et quelles propriétés les rendent possibles ? Comment l'homme peut-il exploiter ces propriétés à son avantage ?</p>		
		<p>Pour tous les items abordés dans le barème et notés sur 3 (ou des multiples, soit nx3 pts) : aucune information : 0 ; Connaissances parcellaires : de 1 à nx1 point(s) ; Connaissances précises, mais partiellement analysées : de 2 à nx2 points ; Connaissances analysées et remise en perspective dans une démarche globale : de 3 à nx3 points.</p>		
Les nucléotides et leurs dérivés, acteurs clés du métabolisme	Un répertoire restreint de nucléotides	<p>Définition / constitution P.O-B O : ribose ou (désoxy). B : base azotée, purique (AG) / pyrimidique (CTU). P : phosphate (mono à tri) Molécule chargée () au pH cellulaire. Des dérivés possibles car fonctions réactives Obligatoire : schéma de silhouette avec Ose correct, squelette base correct l'automère des bases</p>		
	Nucléotide, échangeur énergétique	<p>"Stockage" et transport d'énergie Exemple ATP : issu essentiellement de la respiration cellulaire, plus généralement des processus d'oxydation cellulaire. (Schéma résumé respiration cellulaire attendu, soulignant le couplage énergétique et donc la mise en réserve d'énergie sous forme chimique) Propriétés de l'ATP (petite molécule hydrophile chargée, diffusible) favorise le transport de cette énergie chimique</p> <p>Utilisation par hydrolyse. ΔG° de l'hydrolyse du phosphate et lien avec la structure moléculaire (résonance, charge). Rq : pas de liaison "riche en énergie" !!! Importance de l'équilibre ATP/ADP (charge énergétique de la cellule).</p> <p>Nucléotide intermédiaire énergétique / notion de couplage et son intérêt Valeur intermédiaire du ΔG° dans le métabolisme. Relié à Couplage entre réactions, bilan en terme ΔG, pertes incompressibles (chaleur). Un exemple d'utilisation. Différents types de couplage chimio-</p> <p>Association avec des molécules non nucléotidiques : précurseurs "activés" et couplage ex. UDP-Glucose : précurseur de glycogène utilisé par glycogène synthase, issu de GTP par UDP-glucose pyrophosphorylase. La réaction est la seule consommation d'énergie de la synthèse de glycogène. Rq : Aussi précurseur de glycolipide ou de cellulose !</p> <p>Transporteurs d'électrons (et de protons) : exploitation de la résonance des bases. ex : NADH/H+ (nicotinamide adénine dinucléotide), NADPH/H+ ou FADH2 Silhouette de la molécule. Rôle essentiel dans les processus d'oxydo-réduction. Transfert de "Pouvoir réducteur" [Rq : NAD impliqué comme substrat dans les processus d'ADP-ribosylation]</p> <p>CoA (ADP + VitB5 + cystéine) impliquée dans la respiration cellulaire (acétyl-CoA). Rq : rôle essentiel de la liaison Thioester, qui n'est pas fournie par le nucléotide (rôle d'interface par ses charges)</p>		
	Nucléotide, régulateurs dans le métabolisme	<p>Substrat des kinases/phosphatases : nucléotide fournisseur de groupement phosphate. Un exemple précis attendu (cycle cellulaire, " "). Intérêt du groupement phosphate, très chargé, repère facile ou modificateur structural (myosine et filament de myosine, cdk et Wee1, " ")</p> <p>Effecteur allostérique! en particulier du métabolisme énergétique Un exemple précis est attendu. ex: activation (inhibition) glycogène phosphorylase par AMP (ATP), activation (inhibition) Phosphofructokinase par AMP (ATP), " intérêt : feed backs sur charge énergétique</p>		
	Nucléotide, régulateur conformationnel	<p>Un exemple précis est attendu. ex: petite protéines G, moteur moléculaire, microfilaments et ATP, microtubules et GTP intérêt : petite molécule abondante, chargée (interactions faibles)</p>		
	Nucléotide molécule signal	<p>Rôle dans la transduction membranaire Un exemple précis et détaillé est attendu (ex: AMPc : le nom du récepteur choisi doit être présent) intérêt du nucléotide = amplification + diffusion</p> <p>Message extracellulaire ATP et récepteur P2X ; AMPc et Dictyostelium discoideum</p>		
	Cd : Molécules relativement petites, hydrophile et diffusibles, assurant transport et vectorisation dans l'espace cellulaire. Molécules chargées donc diffusion restreintes aux espaces limités par les membranes sauf présence de canaux (jonction Gap, échangeur ADP/ATP, ...). Implication dans les processus fondamentaux de physiologie cellulaire (Nucléotide constituant de coenzymes fondamentaux) : couplage anabolisme/catabolisme !			

Les polymères de nucléotides (acides nucléiques) et l'information génétique		<p>Polymérisation Orientation (5' et 3'). Obligatoire : schéma de polymère (ADN ou ARN) avec orientation.</p> <p>Liaison H Groupements donneurs et accepteurs à présentation stéréochimique : contraintes sur les interactions possibles. Energie faible = Possibilité de dynamisme.</p>
	Séquence = Information	<p>On attend une démonstration : expérience historique (découverte du support, Griffith 1928, Avery 1944, Hershey et Chase 1952 ; code, Nirenberg 1961), ou exploitation de modifications de séquences (génie génétique, OGM)</p> <ul style="list-style-type: none"> - lien séquence - information génétique et notion de code génétique - Molécules orientées : information non équivoque.
	Lien structure fonction : un rôle essentiel des liaisons H	<p>Conservation d'information et structure de l'ADN bicaténaire : importance structurale des liaisons H⁺ et protection des liaisons H au sein de la structure. [Désoxyribose : un groupement réactif de moins] ADN = stable (cf conservation I) et réparable (cf deux brins), donc séquence conservée : un excellent support passif de conservation d'information !</p> <p>Transmission de l'information et stéréochimie des liaisons H [Rq : Réplication et Transcription = en fait mêmes principes (Liaison H, enzymes) donc redondant] Réplication rendue possible par systèmes enzymatiques associés + stéréochimie des liaisons H Un schéma d'une fourche de réplication est utile. Rq : tautomérie et risque de variabilité de l'information (Bonus : les petits ARN interférents exploitent le même phénomène et permettent le contrôle du flux d'ARN (miARN) en jouant le rôle d'interface entre un système enzymatique et les ARNm)</p>
		<p>ARN et exploitation de l'information : instabilité, taille et couplage moléculaire Traduction = exploitation des ARN. Molécules petites donc diffusibles. ARN instables (cf queue polyA // méthylG des ARNm) : diffusion de molécules à durée de vie limitée dans le temps permettant l'exploitation dynamique de l'information sous forme de flux d'acides nucléiques. Molécule couplable (aminoacyl-ARN) donc changement de registre moléculaire possible qui exploite en fait les mêmes propriétés (liaison H et séquence orientée) permettent de traduire une séquence de nucléotides en une séquence d'acides aminés. Rq : bases modifiées ARNt introduisant un flou.</p>
		<p>Structure de séquence de nucléotides et protéines : contrôle de l'expression de l'information Reconnaissance de séquences spécifiques (Box) par des facteurs de transcription (Un exemple précis est attendu) Modulation de ces interactions par modification des bases (méthylation) : contrôle épigénétique de l'expression de l'information. La conformation des acides nucléiques dans l'espace (liée aux liaisons H) permet la réalisation de certaines fonctions. Ex : ARNt (et bases modifiées à rôle structural), ribosome (= ribozyme !), ribonucléase P, "</p>
	<p>Intérêt évolutif évident puisque l'ensemble de l'information du monde vivant ET son exploitation reposent sur les structures des nucléotides et de leurs dérivés. Rq : pose le problème de la diversité... peu de monomères, donc diversité sur la longueur de la séquence des polymères !</p>	
Exploitation par l'homme	<p>Les fonctions biologiques fondamentales des nucléotides et de leurs dérivés permettent à l'homme de manipuler le vivant. Cette manipulation se fait par des analogues structuraux (effets directs) ou par un contrôle de l'information portée par les acides nucléiques (donc " un jeu sur la séquence).</p>	
	Contrôle expérimental du fonctionnement	<p>Concerne essentiellement les nucléotides. Très employé pour dérivés de l'ATP : Analogues non hydrolysables, photolysable"</p>
	Modification de l'information	<p>exemple : Mutagenèse, OGM, " Un exemple détaillé (méthode, conséquences éthiques) est attendu (ex : mutagenèse dirigée et PCR) (bonus pour citation du CRISPR-Cas9 ?)</p>
	Modification de l'expression	<p>Exploitation des systèmes vivants traitant les acides nucléiques (infection virales) ex : siRNA Inhibition de polymérisation et traitement de maladies virales. [Remarque : l'AZT est un dérivé nucléosidique. Le Sofosbuvir, inhibiteur de la polymérase du virus de l'hépatite C, est un dérivé de l'UMP, méthylé et fluoré en 2"]</p>
Conclusion	<p>Quelques idées clés : "</p> <p>" qui permettent de dégager des réponses concrètes aux questions posées en intro</p> <p>Ouverture pertinente</p>	
	Plan	<p>Logique, cohérence, titres informatifs, adéquation entre titres et contenus des paragraphes</p>
Transitions	<p>Les transitions sont globalement : absentes (0), artificielles (1), logiques (2), logiques et bien justifiées (3)</p>	
Approches expérimentales et observations	<p>à apprécier par rapport à la richesse de la copie</p>	
Illustrations	<p>Pertinence, qualité : à apprécier par rapport à la richesse de la copie</p>	

4.2 Epreuve écrite du secteur B:

4.2.1 Le sujet proposé :

La lignée verte : de l'organisme à l'écosystème

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, énoncer une problématique et expliciter le fil directeur de la composition. Une définition précise des différents termes de l'intitulé du sujet était donc attendue. La notion de lignée — assimilable à un ensemble de taxons partageant une même histoire évolutive — devait ainsi être discutée avant même d'être associée à la couleur verte. Les concepts d'organisme et d'écosystème devaient être précisément définis et la mention « de l'organisme à l'écosystème » permettait de circonscrire le champ des connaissances utilisables. C'est la confrontation de ces différentes définitions qui permet de dégager une problématique ; tenter de définir « tout en même temps » mène, au mieux, à une formulation de problématique paraphrasant l'intitulé du sujet.

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 identifiables, 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. Les schémas doivent être en adéquation avec le sujet et s'ils sont inspirés par des illustrations de portée plus générale, ils doivent être adaptés.

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, mais il ne s'agit en aucun cas de proposer un autre sujet.

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

A. Connaissances attendues dans le développement de la composition

L'objectif du présent compte-rendu n'est pas de proposer un exposé « type », il n'y a jamais de plan attendu et l'étendue du sujet permettait différentes approches. Ce qui suit présente différents aspects qui devaient être développés et dont l'organisation permettait de dégager un plan logique.

- Phylogénie et formation de l'organisme initial

L'examen de l'arbre phylogénétique des eucaryotes montre que la lignée verte constitue un groupe monophylétique (Archeaeplastida) caractérisé par la présence d'un plaste à deux membranes, ce qui constitue une synapomorphie.

Ce caractère est aujourd'hui interprété comme le résultat d'un processus d'endosymbiose dont le scénario est assez bien documenté, la lignée verte étant également « source » d'endosymbioses secondaires. Au-delà de la présentation du scénario, le jury attendait la présentation des principaux arguments documentant ce processus d'endosymbiose ainsi qu'un calage temporel des différents événements évolutifs. Un parallèle avec l'enrichissement progressif de l'atmosphère en dioxygène et l'existence d'une syntrophie plaste/mitochondrie pouvaient être également développés.

Au sein de la lignée verte émergent de nombreuses lignées dont les relations phylogénétiques ont été progressivement établies. Les Glaucophytes (ou Glaucocystophytes) constituent un rameau basal et possèdent un chloroplaste qui ressemble beaucoup à une cyanobactérie. Les Rhodophycées émergent également de façon assez basale et ont retenu des caractères plésiomorphes. Au sein des Viridiplantae, il était intéressant de superposer la présentation d'un arbre phylogénétique et les principales innovations qui accompagnent l'histoire de la lignée.

- Diversité des phylotypes

La lignée verte se distingue par une très grande diversité de plans d'organisation (=phylotypes), à mettre en lien avec la diversité des niches écologiques occupées. Les exemples explicitement au programme permettaient d'illustrer cette diversité. L'existence d'organismes unicellulaires devait être soulignée et la présentation des organismes pluricellulaires devait être faite en lien avec le constat de la distribution des ressources trophiques dans l'environnement. Cet item se prêtait particulièrement à une présentation illustrée.

Il est à noter que la pluricellularité est apparue au moins quatre fois dans la lignée verte, chez les rhodophycées, les chlorophycées, les charophycées et les embryophytes. Cette transition repose sur des mécanismes permettant aux cellules issues des mitoses successives de rester associées, d'échanger matière et information et de mettre en place un transport intercellulaire polarisé. La diversité des phylotypes pluricellulaires repose sur la capacité à orienter les plans de divisions cellulaires et implique l'existence de mécanismes de contrôle. Une condition nécessaire à la stabilité de ces édifices pluricellulaires est l'absence de conflit entre les différentes cellules, ce qui repose sur leur parenté génétique. Cette situation est permise par l'existence d'au moins un stade unicellulaire dans les cycles biologiques.

- Croissance de l'organisme

Pour les organismes pluricellulaires, les modes de croissance sont aussi diversifiés que le sont les phylotypes, croissance diffuse par prolifération des cellules du « bord » du thalle donnant filaments ou lames, croissance localisée par cellule apicale du cladome des algues rouges,

croissance organisée par les apex des embryophytes. Dans tous les cas, il convenait que la croissance soit mise en relation avec le milieu et la biologie des organismes.

L'exploration des trois dimensions en milieu aérien, propre à certains représentants de la lignée verte, est permise par différentes modalités de croissance en épaisseur qui permettent de soutenir l'appareil végétatif et d'accompagner ainsi la croissance en longueur indéfinie. Si les tissus conducteurs sont fréquemment recrutés dans la réalisation de ce mode de croissance, d'autres tissus peuvent l'être également. L'arbre est homoplasique dans la lignée verte.

- Fonctionnement intégré des organismes

En milieu aquatique, les ressources trophiques nécessaires au métabolisme des photo-litho-autotrophes se trouvent dans un seul et même compartiment, l'eau dans laquelle se trouve l'organisme. Chaque cellule peut être autonome et la circulation des assimilats dans les organismes pluricellulaires repose sur l'existence de communications, ce caractère est homoplasique dans la lignée verte (plasmodesmes chez les Streptophytes, synapses chez les Rhodophytes).

En milieu aérien, ces mêmes ressources se trouvent réparties dans deux compartiments distincts, le sol et l'atmosphère, et les Embryophytes possèdent deux types de surface d'échange en lien avec cette contrainte.

Le mécanisme de circulation de la sève brute est décrit par le modèle de tension-cohésion dans lequel les stomates jouent un rôle majeur en contrôlant la transpiration à l'origine de l'appel d'eau dans la plante. La lignine, par le renforcement mécanique des parois qu'elle imprègne permet la circulation d'un liquide en dépression en évitant le collapsus des éléments conducteurs, trachéides et vaisseaux. La structure du xylème et le renouvellement permanent des éléments conducteurs permettent de faire face au phénomène de cavitation, conséquence de l'exsolution des gaz dissous lorsque la pression devient très négative dans la colonne d'eau.

La formation et la circulation de la sève élaborée sont décrites par un modèle source-puits. L'interdépendance de la circulation des deux types de sève constitue un circuit hydraulique à l'échelle de l'organisme assurant les corrélations trophiques permettant son fonctionnement. Là encore, une illustration synthétique permettrait de présenter rapidement l'essentiel.

- Diversité des modes de reproduction

Une grande diversité de cycles biologiques, mono-, di- voire trigénétique, iso- ou hétéromorphe, pouvait être illustrée à partir des exemples du programme. Diverses modalités de rencontre des gamètes existent également – zoïdogamie ou siphonogamie – associée chacune à des systèmes de repérage et de guidage. L'adaptation au milieu du mode de fécondation ne devait pas être présentée de façon « caricaturale » en opposant, chez les représentants aériens de la lignée verte, les Spermatophytes aux Bryophytes ou aux Filicophytes, souffrant de « mal-adaptation ». Par exemple chez les mousses, la chute d'une goutte d'eau dans une corbeille anthéridiale rompt la paroi des anthéridies et projette les

spermatozoïdes vers les pieds porteurs d'archéogones. La nage active des spermatozoïdes n'intervient en fait que sur de très courtes distances. La forme de la corbeille (on peut noter la convergence avec la forme des apothécies d'ascomycètes) et l'utilisation de l'énergie potentielle de l'eau météoritique constituent une adaptation au milieu aérien.

La présentation des mécanismes de dispersion devait également être faite en relation avec les caractéristiques du milieu. Ainsi, en milieu aérien, le fonctionnement des assises mécaniques rencontrées dans différentes situations, repose sur les différences de potentiel hydrique entre cellules et atmosphère.

- Interactions biotiques et coévolution

Les organismes de la lignée verte constituent une ressource trophique pour de nombreux autres organismes, la phytophagie sous ses différentes formes a sélectionné nombre de systèmes de protection, morphologiques ou métaboliques.

La réalisation des différentes étapes des cycles biologiques est très souvent associée à des situations de mutualisme, et ce n'est pas réservé aux seuls angiospermes. Pour ces derniers, on pouvait faire le parallèle entre la diversité des situations de mutualisme, pollinisateur ou disséminateur, et l'hégémonie de ce groupe dans la flore actuelle. Ce mutualisme et son détournement par ce qu'il est convenu d'appeler des « tricheurs », de même que les « sanctions » sélectionnées, devaient être analysés en termes de valeurs sélectives.

La coévolution n'est pas propre à la lignée verte mais elle en a sculpté nombre de caractéristiques. Même si le jury ne souhaitait pas une présentation exhaustive des nombreux exemples disponibles, il était attendu qu'au moins une situation de coévolution propre à la lignée verte soit développée et argumentée précisément.

Les mycorhizes sont emblématiques, en ce sens qu'elles permettent d'illustrer les différents aspects de ces interactions, qui balancent entre mutualisme et parasitisme ; l'analyse de la situation en termes de valeur sélective des partenaires était là-aussi attendue. La symbiose est ici très ancienne puisque des fossiles de la flore de Rhynie, datée du Dévonien, en montrent la trace. Il est donc vraisemblable qu'elle soit à l'origine de la « conquête » des continents par la lignée verte, ce qui constitue la première « sortie des eaux » au cours de l'évolution du vivant.

- Producteurs primaires des écosystèmes littoraux et continentaux

Les réseaux trophiques reposent sur l'existence d'un niveau de production primaire constitué d'organismes autotrophes. Les organismes de la lignée verte convertissent environ 1% de l'énergie incidente qui est ainsi transformée en matière organique. Il convenait à ce propos d'utiliser un vocabulaire précis en distinguant biomasse, production et productivité.

En milieu marin, les organismes de la lignée verte ne semblent pas constituer les principaux producteurs primaires et leur distribution dans l'océan est, comme pour les autres phototrophes, restreinte à la zone euphotique. En revanche, en milieu continental, l'essentiel de cette production est assurée par des organismes de la lignée verte, où elle alimente deux grands réseaux trophiques, l'un aérien l'autre dans les sols.

Les grands biomes sont caractérisés chacun par un type de formation végétale. Ces formations structurent l'espace et « colonisent » la troisième dimension, permettant à d'autres types d'organismes d'y accéder eux aussi. On peut assimiler les plantes de la lignée verte à des « espèces architectes ».

Ces formations ne sont pas figées, elles constituent des successions, au gré de l'accumulation de biomasse et des perturbations. Il est à noter que la notion de climax, très souvent invoquée dans les copies comme un stade « final », est aujourd'hui au minimum très discutée. Cette dynamique s'accompagne d'une variation de la production de matière et de la biodiversité générale dans l'écosystème. La diminution de biodiversité est la conséquence directe de la compétition interspécifique. Dans nombre de situations cependant, le recrutement, par l'espèce majoritaire, de pathogènes adaptés est à l'origine d'un rétrocontrôle favorisant la biodiversité (effet Janzen-Connell). En retour, la biodiversité végétale semble contrôler la production de biomasse. Enfin, ces successions peuvent prendre un caractère « catastrophique » dans certaines situations de perturbation, marées vertes par exemple.

On note également dans la lignée verte la présence de différents mécanismes de concentration du dioxyde de carbone au voisinage du site actif de la Rubisco, pyrénoides en milieu aquatique et métabolisme C4 en milieu aérien. Les pyrénoides utilisent diverses isoformes de l'anhydrase carbonique, ce qui augmente la concentration en ions hydrogénocarbonate, et un regroupement spatial des molécules de Rubisco. Chez les Embryophytes, la présence de voies de circulation gazeuse à l'intérieur des organismes semble corrélée à l'absence de pyrénotide. Chez les Angiospermes, des métabolismes C4 sont apparus de façon convergente dans différents taxons ainsi que l'attestent la diversité des mécanismes et leur place dans l'arbre phylogénétique de ce groupe. Ces apparitions sont contemporaines de la diminution de pression partielle en dioxyde de carbone de l'atmosphère depuis l'Oligocène.

A propos de la présentation de ce type de métabolisme, deux erreurs récurrentes dans les copies sont à signaler. Ce n'est pas la présence d'une gaine périvasculaire qui caractérise les plantes C4 – cette gaine est observable chez de nombreuses plantes, dont les Poacées – mais la densité des nervures secondaires. Ceci permet un équilibre des flux de va-et-vient de fixation du CO₂ par les deux enzymes clés, PEP carboxylase et Rubisco. On ne peut pas non plus considérer qu'il s'agisse d'une adaptation à la sécheresse tant les contre-exemples sont nombreux (le maïs et la canne à sucre sont gourmands en eau et le métabolisme C4 est aussi apparu chez des plantes aquatiques). Ce qui est certain, c'est que la très grande affinité des enzymes intervenant dans la fixation primaire du CO₂ (anhydrase carbonique et PEPcase) permet à ces plantes de moins ouvrir leurs stomates réduisant ainsi la transpiration. Mais c'est sans doute un effet collatéral et ce n'est qu'une fois doté de ce type de métabolisme que la vie en milieu sec est plus éventuellement plus « facile ».

La question de la prévalence des différents types de métabolisme pouvait également être posée, en relation avec les coûts énergétiques et les bénéfices de production propres à chacun.

Les organismes de la lignée verte, par les transferts de matière et d'énergie qu'ils réalisent, sont des acteurs majeurs des cycles des éléments (eau, carbone et azote).

Les organismes de la lignée verte sont des marqueurs cruciaux de l'impact des activités humaines sur les écosystèmes. Les plantes représentent une partie importante de notre régime alimentaire ; la domestication de certaines espèces végétales a participé au développement de nombre de sociétés. La recherche agronomique moderne vise à améliorer la production de ces espèces pour faire face à notre démographie galopante. Les plantes sont également concernées par les activités de conservation de l'environnement. Même les forêts dites « primaires » portent des traces d'activité humaine, activité qui semble avoir favorisé le renouvellement des individus. Cet aspect du sujet pouvait être appréhendé sous l'angle des services écosystémiques.

- Formation des sols et séquestration du carbone

La lignée verte interagit avec la lithosphère continentale en particulier au niveau de la mycorrhizosphère dont la respiration provoque la formation d'acide carbonique ce qui accentue l'hydrolyse acide des minéraux de la roche mère. Ces réactions jouent un rôle essentiel dans le contrôle long terme du cycle du carbone.

Si la présence de végétation favorise l'altération, en revanche elle limite l'érosion en retenant par les racines la roche meuble. En milieu continental, la lignée verte contribue donc à la formation et à la stabilisation des sols.

Ce fut également le cas lors de la « conquête » des continents par les Embryophytes au cours du Paléozoïque. Cette conquête a également eu pour conséquence un transfert de carbone de l'atmosphère au sol et à la lithosphère (charbons) ainsi qu'un refroidissement généralisé.

B. Quelques remarques sur la prestation des candidats

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

Les notes très basses obtenues par nombre de candidats sont, la plupart du temps, le reflet de connaissances insuffisantes mais parfois également le reflet d'une incompréhension du sujet, liée à une méconnaissance du vocabulaire. 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 une mauvaise appréhension des contours de la lignée verte ou une présentation approfondie des mécanismes de la photosynthèse. De même, des points importants ont purement et simplement été oubliés comme le rôle de la lignée verte dans la formation des sols ou encore son implication dans les cycles biogéochimiques des éléments.

Le sujet de cette année se prêtait tout particulièrement à une approche naturaliste qui pouvait s'appuyer sur les taxons explicitement au programme. Malheureusement, nombre d'entre eux, telles les algues, vertes ou rouges, uni ou pluricellulaires, sont ignorés de la grande majorité des candidats. Et si les Angiospermes sont utilisés dans la quasi-totalité des copies, c'est trop souvent de façon théorique. Encore une fois, le jury déplore la grande pauvreté des copies en matière d'exemples concrets. Ceci a sans doute des conséquences au-delà du simple résultat au concours. Comment, en effet, envisager de donner le goût des sciences de la nature à de futurs élèves sans fonder son enseignement sur une bonne connaissance naturaliste ? Il y a là un danger qui consiste à n'enseigner que des modèles théoriques déconnectés des faits et données qui ont permis de les élaborer, ce qui nuit à l'enseignement des sciences en général.

Pour les sessions à venir, le jury encourage les futurs candidats à veiller à une meilleure connaissance du programme du concours. Cela peut être une aide précieuse, non seulement pour la préparation au concours mais aussi pour la suite, l'exercice quotidien du métier d'enseignant repose sur une bonne connaissance et le respect d'un programme.

Lorsque cela est nécessaire, le futur enseignant de sciences de la vie et de la Terre doit utiliser les outils provenant des autres disciplines scientifiques. Il est ainsi incompréhensible que la présentation des corrélations trophiques dans la plante se fasse sans référence aux notions de potentiel hydrique ou de tension superficielle.

Enfin, Le sujet de cette année se prêtait particulièrement à une approche évolutive. Ces aspects, quand bien même l'évolution a été convoquée dans l'introduction, ont trop souvent été présentés de façon caricaturale. Malgré les recommandations exprimées dans les précédents rapports de jury, le finalisme reste profondément enraciné dans les formulations et cela affecte l'ensemble de la copie, en particulier cette année tant le sujet était inscrit dans une problématique de biologie évolutive. Au-delà de la maladresse de certaines formulations, ce finalisme montre que la réflexion biologique des candidats n'est pas encore intégrée à cette théorie générale de la biologie qu'est la théorie de l'évolution.

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 : B			
Fond	Introduction	Contexte : il doit servir d'ancrage clair à l'introduction	
		Analyse des termes du sujet à partir du contexte. lignée : ensemble de taxons appartenant à une même histoire évolutive ; verte : eucaryotes photosynthétiques à plastides à 2 membranes ; organisme : ensemble uni ou pluricellulaire capable de réaliser l'ensemble des fonctions du vivant ; écosystème : ensemble à l'état stationnaire de populations en interactions constituant une biocénose associée à un biotope particulier	
	Endosymbiose primaire et phylogénie	Problématique clairement posée et justifiée par l'analyse du sujet	
		Axe directeur de la composition explicité et bien justifié	
		arguments : nature IG, ribosomes, membranes, complexes rédox, cytosquelette, phylogénies moléculaires plastides...	
		scénario : étapes, syntrophie, calage temporel	
	Diversité phylotypes	source d'endosymbioses secondaires, établies ou transitoires (plastide à 4 membranes, lignée brune, <i>Symsagittifera roscoffensis</i>)	
		monophylie, phylogénie intralignée verte avec étapes clés	
		unicellulaires	schéma d'ultrastructure avec nom, position phylogénétique, légendes, échelle exemples, diversité
		pluricellulaires aquatiques	1 exemple complet à différentes échelles diversité, lien aux ressources trophiques
		pluricellulaires aériens	morphologie : tige, feuilles, racines en lien avec ressources trophiques tissus conducteurs : phloème, xylème, anatomie diversité
		acquisition pluricellularité exploitation 3D	adhésion, jonctions, homoplasie contraintes, convergences
	Fonctionnement intégré des organismes	organismes aquatiques	lien à ressources trophiques, absorption, pyrénoides et concentration CO ₂ potentiel hydrique, gradient sol atmosphère
		organismes aériens	absorption solution du sol, importance mycorhize
			circulation sève (schéma global, moteurs, interdépendance) contrôle stomatique, adaptation au milieu
		Diversité des modes de reproduction	diversité des cycles biologiques
	adaptation au milieu		zoïdogamie, splash, siphonogamie (modalités, guidage)
	reproduction asexuée		modalités (multiplication végétative, "détournement" appareil reproducteur), exemples, occupation milieu
	Croissance de l'organisme	croissance sans régionalisation	1 seul type de zone de croissance plusieurs types d'apex (initiale unique vs méristème régionalisé)
		croissance avec régionalisation	1 exemple de fonctionnement: étalement surfaces d'échanges (phytomères, changement de symétrie, phyllotaxie) croissance indéfinie, longueur et épaisseur, lien entre les deux contrôle (lumière, gravité), compétition
Coévolution	pollinisation / dissémination	modalités, impact sur biodiversité	
	pression liée à la phytogamie	principe d'une défense, exemple, convergences	
	mycorhizes / nodosités	modalités, lien à sortie des eaux	
Production primaire	définition	autotrophie au carbone et à l'azote, quantification (biomasse, production, productivité)	
	écosystèmes aquatiques	zone photique, exemple, localisation, quantification réseaux trophiques aérien et souterrain	
		stratification et exploitation 3D, lien au climat successions écologiques, fermeture des milieux	
	écosystèmes continentaux	compétition et impact sur biodiversité, mécanisme compensateur (effet Janzen-Connell) plantes C4-C3 et concentration CO ₂ , lien à PCO ₂ atmosphérique agrosystème & aménagement paysage [1 exemple, intérêt et conséquences, dimension temporelle]	
Sols	altération	rôle rhizosphère, équation, altération vs érosion	
	impact sur climat	transfert carbone vers la lithosphère, conséquence sur l'effet de serre	
Maitrise des concepts fondamentaux de l'évolution et de la sélection naturelle			
Conclusion		Quelques idées clés ...	
		... 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		<i>Bonus</i>
Forme	Rédaction	Clarté, concision 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 :

La subduction de la lithosphère océanique : de la caractérisation des processus récents à la recherche des subductions passées.

4.3.2 Commentaires

4.3.2.1. Commentaires généraux sur l'épreuve

Ce sujet traite d'un thème classique, en principe connu de la plupart des candidat(e)s. Il ne s'agissait pas de faire un étalage érudit de connaissances sous la forme d'un catalogue. Le but n'était pas non plus de raconter une histoire linéaire de l'évolution de la lithosphère océanique, de sa mise en place à sa disparition « inéluctable » dans les zones de subduction. Ce n'était par ailleurs ni un devoir de pétrologie, ni un devoir de géophysique, pas plus qu'un devoir de géochimie.

Le titre suggérait la recherche d'une démarche scientifique partant de l'analyse des caractéristiques des zones de subduction « actuelles » (il a été préféré le terme de récent pour permettre d'intégrer un peu de temps dans les processus) accessibles à partir d'observations et/ou de mesures mais aussi du modèle thermique sous-jacent qui n'est encore que partiellement vérifiable pour les subductions récentes.

A partir des caractéristiques actuelles, il fallait dégager quels marqueurs nous permettent de reconstituer des subductions passées, là où ce type de frontière de plaques a été inactivée ou a changé : de subduction à collision dans les Alpes ou l'Himalaya ; de la subduction à la faille transformante comme en Californie.

A ce titre, le métamorphisme de subduction n'est pas une évidence comme cela a été trop souvent présenté. Un axe important du devoir attendu consistait en une démonstration que ce métamorphisme est un marqueur des zones de subduction alors que nous n'avons qu'extrêmement peu de preuves directes (les clastes de faciès « schiste bleu » dans les diapirs de serpentine de l'avant-arc des Mariannes !). C'est une construction complexe qui, d'un côté, doit montrer que le gradient thermique HP-BT entre 6°C/km et 15°C/km est spécifique des zones de subduction, mais qui doit également démontrer que l'observation de certaines paragenèses métamorphiques, dépendant du protolithe et indiquant des conditions de pression et de température, ne nous intéressent qu'au sens de transformations intégrées dans un trajet PTt que l'on peut relier à un ou des gradients thermiques et donc *finalement* à un contexte géodynamique.

Le jury a souhaité que la correction soit une occasion de privilégier les copies qui montrent cette rigueur de construction scientifique par rapport à celles qui font étalage de connaissances sans démarche.

Par contre, il n'était ni suggéré, ni souhaitable de limiter les caractéristiques actuelles à celles utilisées comme marqueur du passé. Au contraire, il était intéressant de montrer, dans l'ensemble des éléments de caractérisation des subductions récentes, ce qui était utilisable et ce qui ne l'était pas en remontant dans le passé.

Commentaire global sur les copies :

Malgré un titre clair, beaucoup de copies sont largement hors-sujet en consacrant un paragraphe (jusqu'à 40% de la copie !) à la nature et la mise en place de la lithosphère océanique aux dorsales (certaines copies remontant même au rifting !). L'exposé des processus de collision (par ailleurs traités avec des schémas d'une naïveté sans rapport avec ce concours) n'avait aucun intérêt dans ce devoir. Seuls les processus d'exhumation, bien que le plus souvent hypothétiques, pouvaient donner lieu à des bonus. La recherche de moteurs souvent invoqués dans les plans (« moteur de la subduction », subduction « moteur de la tectonique des plaques ») n'était pas centrale dans ce sujet même si la notion de traction du panneau plongeant comme conséquence de la structure thermique de la subduction était attendue mais quasiment jamais expliquée. Dans les développements hors-sujet, on trouve aussi l'exposé de méthodes générales d'utilisation plus ou moins pertinente mais non centrale dans le cadre du sujet (sismique réflexion, différents types d'ondes sismiques, sources de chaleur interne du globe, différents modes de propagation de la chaleur sans discuter la compétition conduction-convection autour du panneau plongeant, ...). On trouve également un historique complet de la théorie de Wegener et de son rejet ou encore un exposé de cinématique générale des plaques avec l'exploit d'omettre les vecteurs-glisement des mécanismes au foyer des séismes de subduction. A l'opposé, la notion de subduction récente n'a quasiment jamais été explicitée et a souvent été source de confusion. Par exemple, le prisme de la Barbade (encore actif) présenté comme prisme fossile de la subduction Caraïbes alors que les schistes lustrés des Alpes ont souvent été traités comme si la subduction était encore présente. Signe des temps, beaucoup de copies commencent en expliquant les conditions de formations (par ailleurs largement hypothétiques) d'une zone de subduction plutôt que d'insister sur sa mise en évidence. Le sujet posé n'était pas : « La subduction de la lithosphère océanique, ses causes et ses effets » comme de nombreuses copies l'ont présenté en développant beaucoup les modèles globaux de convection.

Un travers très fréquent a été de commencer par opposer subduction sous une plaque continentale et subduction sous une plaque océanique, digne d'une « classification de tiroir » plutôt que de commencer par dégager les nombreux points communs et d'aborder ensuite les différences. Par ailleurs, le Japon n'est probablement pas le meilleur exemple pour un arc volcanique sur croûte initialement océanique (c'est un arc complexe et composite depuis le Paléozoïque avec peut-être des restes continentaux), les Antilles ou les Mariannes étaient plus

appropriées. De manière générale, très peu d'exemples régionaux corrects et bien décrits de subductions récentes ont été utilisés pour étayer les copies. De manière similaire, beaucoup de copies ont traité le métamorphisme des zones de subduction par la théorie sans référence à des exemples régionaux correctement présentés.

Très peu de copies argumentent les différents points sur des exemples réels, localisés et bien décrits. Par exemple, se contenter de citer les océans disparus ne démontrait pas des subductions du passé ! De même, les ophiolites ne sont que des indicateurs indirects et n'impliquent pas forcément des processus de subduction. L'exemple de l'Oman est un contre-exemple classique avec obduction, sans subduction au sens strict.

Liste d'erreurs importantes fréquemment trouvées dans les copies.

La différence entre modèles et observations ou mesures n'est pas toujours claire à la lecture des copies. Un exemple flagrant est « L'étude ou l'observation des courbes isothermiques (les isothermes) confirme l'existence d'une zone de subduction » sans que l'origine de ces courbes soit précisée.

L'association entre cordillère de subduction et présence (ou absence dans certaines copies) d'un prisme d'accrétion dans le vieux modèle d'opposition (type Chili et type Marianne d'Uyeda et Kanamori) n'a plus lieu d'être depuis les travaux statistiques de Heuret et Lallemand, bien exposés dans le livre « Convergence lithosphérique » édité chez Vuibert. Ceci ne semble malheureusement pas encore être passé dans la formation des maîtres.

Dans la même rubrique, la corrélation entre âge de la lithosphère océanique et pendage du plan plongeant proposée par Uyeda et Kanamori n'est pas validée par les études statistiques.

L'obduction est trop souvent présentée comme la transition entre subduction et collision avec « pincement » de la lithosphère océanique, aboutissant, dans plusieurs copies, à dire que l'obduction de l'ophiolite d'Oman implique une subduction !

Une erreur très courante est de considérer que les sédiments qui s'accumulent sur la croûte océanique augmentent sa densité et contribuent à la faire plonger. C'est un contre-sens majeur car s'ils contribuent à augmenter la masse totale, causant ainsi une subsidence, leur densité est largement inférieure à celle du manteau et donc, en termes de flottabilité, jouent un rôle opposé, similaire à la croûte, flotteur de la lithosphère ! Un autre contresens majeur a été trouvé dans de trop nombreuses copies considérant que l'hydratation de la croûte ou de la lithosphère océanique, à cause de l'apport d'eau, contribue à augmenter sa densité ! Dans ce domaine les confusions sont nombreuses : ex. « En s'éloignant de la dorsale océanique, la lithosphère se gorge d'eau subissant ainsi des modifications minéralogiques telles que à l'approche de la croûte continentale, sa densité est supérieure à celle de la lithosphère

continentale » ou « L'eau finit par s'infiltrer dans le basalte, alourdissant d'autant la plaque lithosphérique » ou pire « La serpentinisation augmente la densité de la croûte océanique » !

Beaucoup de copies considèrent que l'hydratation de la croûte océanique se fait progressivement à froid au cours de son éloignement de la dorsale alors que l'essentiel se fait principalement à chaud et à l'axe de la dorsale

Avec une moindre gravité, il est fréquent de voir écrit que c'est la différence de densité entre croûte océanique et croûte continentale qui détermine la différence de flottabilité et donc le fait que la L.O. passe sous la L.C. alors qu'au premier ordre, c'est l'épaisseur de la croûte par rapport au manteau lithosphérique qui est déterminante ! Une preuve pourrait être donnée dans la difficulté d'entrée en subduction des grands plateaux océaniques (par exemple Ongtong Java) et, à l'opposé, l'existence de subduction de marges continentales distales très amincies (métamorphisme des Massifs cristallins internes des Alpes franco-italiennes).

La présence de fossiles marins (comme les ammonites, les nautilus, ...) ou de faciès marins comme le Tithonique n'est en aucun cas un témoignage d'océan disparu, encore moins de subduction passée. Encore pire, les blocs basculés continentaux retrouvés dans des chaînes de montagne ont souvent été présentés comme argument pour des subductions anciennes ! C'est oublier que l'inversion tectonique d'un ancien rift continental (raccourcissement horizontal après une période d'extension) peut donner ce résultat sans ouverture d'un océan ni subduction.

Pour la géochimie des séries de subduction, il règne une imprécision : les spectres de terres rares des basaltes d'arc (IAB le plus souvent notés comme OIB et parfois même confondus avec !) sont décrits comme obtenus sur le « magma de subduction » et non sur les seuls basaltes. L'anomalie en Nb et Ta n'y est presque jamais indiquée. Les andésites sont souvent réduites à une contamination crustale par anatexie dans la croûte continentale (sans arguments géochimiques) et la dimension de cristallisation fractionnée est souvent ignorée. Enfin la série calco-alkaline est souvent décrite comme comprenant des trachytes et trachy-andésites !

Dans un domaine qui n'était pas attendu mais souvent évoqué, le concept de « poussée à la ride » ou « ridge push » des anglo-saxons est trop souvent interprété comme une force horizontale exercée par le manteau qui remonte, voire par le magma. Il s'agit de l'effet des forces de gravité sur les pentes des flancs de la dorsale, c'est-à-dire, en réalité, une traction depuis l'axe de la dorsale. Cette force gravitaire est vue comme une « poussée » depuis le cœur de la plaque océanique. Il y a une similitude avec la force de traction du panneau plongeant mais avec une magnitude beaucoup plus faible !

Les vitesses de plaques ou de retrait de la fosse sont souvent utilisées sans préciser quelle est la référence du vecteur-vitesse : vitesses relatives (dans ce cas, quelle est la plaque fixée ?) ou absolues (quel est le référentiel « absolu » : points chauds, NNR ou No Net Rotation, autre ?). Ceci affaiblit considérablement la portée des explications des cordillères et bassins d'arrière-

arc par exemple. Exemple faux : « Lorsque la vitesse du retrait du slab est supérieur (sic) à la vitesse de convergence, la zone d'arrière arc est en extension, ... ».

Forme du devoir

Un certain nombre de copies courtes se contentent d'un plan avec des titres. Ce n'est pas l'exercice demandé et un titre ne vaut pas explication et ne rapporte donc aucun point. Comble de l'humour, après un tel plan, une conclusion débute par : « Comme nous venons de le développer, il est évident » Une conclusion ne peut pas être remplacée par un schéma bilan même si celui-ci a son utilité dans le devoir.

Par ailleurs, de manière similaire, une évocation simple dans le texte n'apporte rien. Par exemple « Ces fossés sont par ailleurs les témoins d'un événement géologique particulier nommé prisme d'accrétion ». Une telle phrase sans autre information qu'un nom ne rapporte évidemment aucun point.

Le jury souligne des efforts, en général, pour essayer d'illustrer des copies. Cependant, nombre de schémas restent beaucoup trop imprécis, peu rigoureux et sans échelles, voire faux. La distinction entre croûte et lithosphère n'est pas toujours précisée. Certains schémas montrent une croûte océanique qui s'épaissit avec l'âge et des coupes ne montrent pas de différence entre épaisseurs des lithosphères océaniques et continentales ou entre croûte océanique et croûte continentale. De trop nombreuses copies ont perdu du temps à faire des dessins complexes mais hors sujet (planisphère avec continents et ensemble des frontières de plaques, coupe de la Terre avec modèle PREM complet détaillé, ...) au détriment des figures fondamentales (coupe d'un prisme d'accrétion, coupe détaillée d'une lithosphère à cordillère et à bassin d'arrière-arc, etc.).

L'introduction doit mettre en perspective le sujet, en analyser les termes et poser une problématique en montrant comment le plan suivi (pas nécessaire de le détailler) va permettre d'avancer dans cette problématique. Une problématique ne saurait pas se réduire à une liste de questions sans liens entre elles ! La conclusion ne devait pas non plus être réduite à une liste de points abordés dans le devoir mais récapituler de manière concise et claire la démarche scientifique suivie tout au long du devoir.

Définitions

Subduction : C'est le processus dans lequel une plaque lithosphérique s'enfonce sous une autre et retourne dans le manteau. C'est l'un des processus rencontrés dans les situations de convergence lithosphérique mais pas le seul (collision et obduction, autres phénomènes de convergence, ne devaient pas être traités dans ce sujet !).

Lithosphère océanique : Ensemble de nature rhéologique composé de croûte océanique (composition globale « basaltique » et épaisseur autour de 6km) et de la partie du manteau supérieur qui se déforme très peu de manière irréversible aux faibles contraintes tectoniques

(ou déviatoriques) au cœur des plaques lithosphériques par rapport à la déformation aux limites de ces plaques. Sa base est souvent limitée par l'isotherme 1200°C. La subduction de lithosphère continentale était donc également hors sujet.

Rares sont les copies ayant proposé des introductions informatives analysant les termes du sujet pour en tirer une démarche.

Introduction : La subduction de la lithosphère océanique est l'un des éléments incontournables de la théorie de la tectonique des plaques qui est apparue comme une conséquence logique de la théorie de l'expansion des fonds océaniques (Hess, 1962) lorsqu'elle a été couplée avec la rigidité des plaques lithosphériques dans le cadre de la théorie de la tectonique des plaques. C'est un phénomène maintenant largement documenté sur le globe dont les implications sociétales sont importantes, entre la source des séismes les plus destructeurs et des volcans les plus dangereux. On lui doit aussi la genèse de concentrations minérales utiles à l'homme.

Au-delà des intérêts de la connaissance des subductions dans notre culture du risque et de l'exploitation des ressources naturelles, il y a un intérêt conceptuel majeur dans la connaissance des zones de subduction autour de la reconstitution des mouvements passés des plaques lithosphériques. En effet, depuis l'avènement de la théorie de la tectonique des plaques, il a été clairement établi que l'origine de la plupart des chaînes de montagnes est à chercher dans les mouvements horizontaux de continents comme le proposaient Taylor et Wegener. Plus précisément, l'interprétation d'une chaîne de collision continentale comme conséquence de la convergence entre deux parties continentales de plaques lithosphériques séparées par un océan passe par la reconnaissance des témoins de cet ancien océan, les ophiolites, mais aussi et principalement par la mise en évidence des témoins de la subduction de cette lithosphère océanique en grande partie disparue.

Nous allons donc débiter par une mise en évidence des zones de subduction récentes accompagnée d'une description des principaux phénomènes qui l'accompagnent afin de déterminer quels sont les marqueurs qui nous permettront de reconstituer les subductions d'océans disparus. Nous appuierons cette démarche sur des exemples géologiques classiques en France et/ou dans s'autres parties du monde.

Le plan proposé s'articule suivant trois axes :

- (1) Mise en évidence des subductions actuelles
- (2) Les zones de subduction, lieux de déformations intenses
- (3) A la recherche des subductions passées : les indices pétrographiques.

(1) Mise en évidence des subductions actuelles

On pouvait partir des observations classiques de l'existence d'une fosse morphologique dont l'origine est flexurale et permet de tester l'épaisseur élastique de la plaque plongeante et qui, en position de bassin flexural, peut être un piège à sédiments turbiditiques. Il fallait aussi rappeler la mise en évidence des surfaces de Wadati-Benioff comme un domaine en déformation sismique plongeant depuis le domaine océanique. On pouvait aussi continuer sur l'observation d'un volcanisme associé, de nature particulière : la série calco-alcaline où domine le terme andésitique et les dynamismes explosifs. Il était judicieux à ce stade de rappeler que l'arc volcanique actif est toujours situé à l'aplomb d'une profondeur de 100 à 120 km pour le toit de la plaque plongeante, suggérant un contrôle par la pression plus que par la température. On pouvait discuter les signatures pétrologiques et géochimiques rattachant ce magmatisme à la subduction comme la richesse en fluides suggérant une fusion par hydratation, l'enrichissement en éléments incompatibles par rapport aux MORB, suggérant une contribution de la croûte, ou encore la présence de ^{10}Be qui implique une contribution des sédiments subduits.

Avant de présenter la tomographie sismologique et ses résultats dans les zones de subduction, il fallait impérativement rappeler le modèle thermique des zones de subduction avec la compétition entre transport de chaleur convectif dans le plongement de la plaque avec le transport conductif par échange avec le manteau encaissant plus chaud. Les isothermes résultantes, calculées et non obtenues par mesure, dépendent de la vitesse de subduction et de l'état thermique de la plaque à son entrée dans la subduction, donc de son âge. Le principe de la tomographie sismologique devait être clairement exposé (en rappelant que les données de base ne sont pas des vitesses mais sont des mesures de temps d'arrivée d'ondes sismiques comparés à des temps théoriques dans le modèle PREM) ainsi que le principe de son utilisation en supposant une composition constante du manteau et des variations de vitesses liées à la température (densité et propriétés élastiques). L'observation de panneaux froids permettait de conforter les modèles thermiques décrits précédemment et leur corrélation avec les surfaces de Wadati-Benioff légitimait l'interprétation de ces dernières. On pouvait aussi discuter l'implication de l'observation de tels panneaux froids se prolongeant parfois dans le manteau inférieur sur les modèles de convection du manteau à une ou deux couches. Il était également attendu de discuter l'implication de ces structures thermiques sur la distribution des transitions de phases dans le panneau plongeant ainsi que sur les forces de traction sur la plaque lithosphérique qui plonge. L'étude critique des signatures géophysiques de surface (gravimétrie et flux de chaleur) trouvait sa place dans cette partie.

Cette partie a été le plus souvent traitée *a minima*, avec une réduction trop fréquente du volcanisme aux simples andésites. L'aspect thermique, lorsqu'il n'a pas été oublié, a été présenté comme un fait d'observation et non comme le résultat de calculs dans des modèles physiques « simples ». La variabilité des structures thermiques du panneau plongeant qui en résultent n'a quasiment jamais été évoquée.

(2) Les zones de subduction, lieux de déformations intenses

Cette partie avait vocation à rappeler des caractéristiques fondamentales des zones de subductions actives que l'on retrouve peu dans les subductions passées. Elle était l'occasion de détailler un peu l'hétérogénéité des plans de Benioff avec des séismes de mécanismes et de signification variée. Sans être exhaustif, on pouvait insister sur les séismes majeurs interplaques en soulignant qu'avec leurs magnitudes entre 8 et 9, ils représentent largement plus de la moitié de l'énergie sismique dissipée sur Terre avec les conséquences que l'on connaît sur les populations humaines, en particulier les tsunamis. On devait également rappeler que ces séismes ne sont numériquement qu'une toute petite partie des séismes des surfaces de Wadati-Benioff. On pouvait évoquer les séismes d'intrados et d'extrados du plongement de la plaque, les séismes intermédiaires souvent en double plan de Benioff et le lien possible avec la traction du panneau plongeant. Il était attendu enfin de discuter le paradoxe mécanique des séismes profonds impossibles à expliquer par la déformation cassante mais interprétés depuis quelques décennies comme liés aux transitions de phase de l'olivine sous contrainte. Ces aspects n'ont quasiment pas été traités dans les copies.

Cette partie permettait également de décrire et de tenter d'expliquer les modes de déformation de la plaque supérieure tant à l'échelle lithosphérique (cordillère et raccourcissement crustal versus bassins d'arrière-arc et divergence lithosphérique au-dessus de la subduction) qu'à l'échelle crustale sur les marges (prisme d'accrétion versus marges érosives). A ces deux échelles, il était attendu une description statique (coupe actuelle) ainsi qu'une discussion sur l'évolution des structures avec à l'échelle lithosphérique, une dimension cinématique.

Le jury a noté sur cette partie l'indigence du niveau de représentation graphique de ces éléments comme une méconnaissance profonde des mécanismes et des causes possibles.

(3) A la recherche des subductions passées : les indices pétrographiques

Cette partie était le cœur du devoir en s'appuyant sur les deux premières parties. Son but était de retrouver des **indices de subduction dans des régions où la subduction a été inactivée, où plus fréquemment a fait place à un autre type de frontière de plaque** : de subduction à collision (dans les Alpes, l'Himalaya ou l'Hercynien, liste non limitative) ou de subduction à faille transformante (cas de la Californie). On pouvait la subdiviser en deux sous-parties : une première sous-partie pouvait chercher des témoins de surface préservés comme le magmatisme de surface (volcanisme calco-alcalin de subduction : l'exemple de la migration de l'arc volcanique ouest-méditerranéen depuis la Provence à l'Oligocène jusqu'à l'ensemble actuel calabro-tyrrhénien en passant par le volcanisme corso-sarde) ou du plutonisme de subduction associé (par exemple, le batholithe trans-himalayen ou celui de la Sierra-Nevada de Californie). Cela donnait l'opportunité de discuter, à partir d'exemples précis, les minéralisations spécifiques (porphyres cuprifères) typiques de ces environnements. La recherche de structures préservées comme d'anciens bassins d'arrière-arc ou d'anciens prismes d'accrétion pouvait être proposée.

L'essentiel de cette partie était la démonstration que les metabasites (roches métamorphiques à protolithes « basiques » ou mafiques) dans les faciès « haute pression-basse température ». Considérant l'importance de la démarche scientifique, il était indispensable de rappeler les grands principes de l'obtention des grilles pétrogénétiques métamorphiques dépendant du protolithe. L'association des paragénèses et faciès devait s'appuyer sur la notion de gradient métamorphique. L'ensemble de la démonstration devait s'appuyer sur la description de metabasites, localisées précisément dans au moins une chaîne de collision comme les Alpes. L'analyse rigoureuse des relations chronologiques dans les minéraux métamorphiques et les structures qui les portent (couronnes réactionnelles, foliations, fentes de tension, etc.) devait permettre de définir les trajets progrades et rétrogrades et de les inscrire dans les grilles pétrogénétiques.

Une comparaison d'exemples comme les Alpes et l'Hercynien permettait de montrer des évolutions rétrogrades différentes : en régime de subduction dans les Alpes franco-italiennes et en régime de collision plus chaude dans la chaîne hercynienne. Les processus d'exhumation, largement hypothétiques, pouvaient bien évidemment être proposés mais leur absence n'était pas pénalisée.

Il était intéressant de se pencher sur les spécificités des subductions dans l'Archéen avec la genèse des TTG, interprétée comme liés à une fusion partielle de la croûte océanique entrée en subduction en contexte global beaucoup plus chaud que l'actuel. La démonstration passait par la signature adakitique dont il fallait soigneusement montrer le lien avec la fusion crustale dans les exemples récents (adakites du Chili par exemple). On pouvait également présenter les processus de sagduction dans l'Archéen dont les éléments de similitude avec les subductions récentes étaient à discuter.

Conclusion : La démonstration de la réalité de la subduction de la lithosphère océanique a été l'un des éléments décisifs dans la mise en place de la théorie de la tectonique des plaques et dans son acceptation par la communauté scientifique.

La reconnaissance des subductions actuelles est principalement basée sur l'intense activité tectonique et magmatique qui lui est associée. Les surfaces de Wadati-Benioff montrent l'intense déformation sismique liée à l'enfoncement d'une lithosphère sous l'autre jusqu'à l'interface manteau supérieur – manteau inférieur. Le magmatisme lié aux zones de subductions de lithosphère océanique est assez caractéristique pour lui être associé : il est représenté exclusivement par des laves subalcalines et principalement par des laves de la série calco-alcaline avec éventuellement des séries tholéiitiques d'arc. Une des roches emblématiques de ces arcs volcaniques de subduction est l'andésite vraie (on ne devrait pas utiliser le terme d'andésite pour les autres séries magmatiques). Des indices minéralogiques et géochimiques militent pour une origine dans la fusion partielle du coin mantellique au-dessus du panneau plongeant.

Une des conséquences majeures prévisibles de la subduction d'une lithosphère océanique est l'existence d'un panneau plongeant plus froid que le manteau voisin. Les modèles thermiques calculés sont souvent représentés par des isothermes en coupe. De tels panneaux froids ont été confirmés par la tomographie sismologique qui permet de les visualiser comme des panneaux de vitesse sismique supérieure aux valeurs du modèle PREM.

La reconnaissance des subductions passées, démarche fondamentale pour reconstituer les disparitions de domaines océaniques anciens lors des mouvements des continents, est une construction scientifique plus complexe. Contrairement aux subductions actives, nous ne disposons plus des marqueurs liés à la déformation sismique et pour les cas les plus anciens, nous n'avons plus aucune trace en tomographie sismologique des panneaux froids retournés dans le manteau. Les marqueurs tectoniques, comme l'existence de prismes d'accrétion ou les déformations à l'échelle lithosphérique, sont souvent difficiles à retrouver lorsqu'ils ont été repris dans des déformations ultérieures comme par exemple dans la collision continentale.

Les marqueurs les plus utilisés sont donc les marqueurs pétrologiques puisque les roches, même en quantité limitée, peuvent garder une trace non ambiguë de leur lien avec une zone de subduction. De tels marqueurs pétrologiques sont de deux types : les produits magmatiques équivalents aux roches produites par les subductions actuelles et les roches métamorphiques liées à la pénétration dans la zone de subduction de la croûte océanique. On trouve fréquemment dans les chaînes de montagne des roches mafiques de la croûte océanique ayant subi un métamorphisme dans les faciès « schiste vert », « schiste bleu » et « éclogite », soit dans le sens prograde, soit dans le sens rétrograde, soit les deux. Ces histoires métamorphiques traduisent une évolution dans un gradient thermique « froid » ou « haute pression – basse température » dont le contexte géodynamique possible est la subduction de cette lithosphère océanique. Il est donc logique de les utiliser comme marqueur.

La subduction n'a pas toujours fonctionné de manière identique à l'actuel et dans la période archéenne, des subductions plus chaudes ont permis une fusion importante de la croûte océanique plongeante et la création de roches plutoniques caractéristiques : les TTG, fondamentaux dans la croissance initiale des continents.

4.3.2.2. Grille de notation

Une version simplifiée de la grille d'items utilisée 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 qui pouvaient être abordées.

Fond	Introduction			Contexte : il doit servir d'ancrage clair à l'introduction			
				Analyse des termes du sujet à partir du contexte			
				Problématique clairement posée et justifiée par l'analyse du sujet			
				Axe directeur de la composition explicité et bien justifié			
	Mise en évidence des subductions actuelles	Quelques marqueurs des zones de subduction	Des morphologies particulières : les fosses de subduction	Fosses et bombements externes : des témoins de la déformation élastique des plaques lithosphériques océaniques. Signature grav de la fosse	Les fosses de subduction comme pièges à sédiments : les turbidites de fosse		
			Les surfaces de Wadati-Benioff	De la mise en évidence au Japon à la généralisation à la ceinture de feu du Pacifique			
			Le volcanisme actif de subduction	Angle et profondeur maximale des séismes sont variables (exemples)			
				Nature pétrologique et séries magmatiques de subduction			
		Un modèle thermique simple et ses conséquences	Le modèle thermique et son résultat : la distribution des isothermes	principe du calcul : compétition entre conduction et convection		distribution des isothermes - prédiction d'un panneau plongeant froid, variations avec la vitesse de subduction et l'âge du panneau plongeant	
			La tomographie sismologique	Principe de la méthode : inversion des temps de trajet - cartographie 3D des écarts au modèle PREM - vitesses dépendent de la température		Implications sur les modèles de convection du manteau	
			Subduction et convection globale du manteau	Observations des panneaux froids au dessous de 670km : la convection ne peut pas être simplement à deux couches.			
			Structure thermique des zones de subduction et forces agissant sur les plaques	panneau plongeant froid donc plus dense : forces de gravité		transition de phase de l'olivine et noyau dense cœur de panneau plongeant	
			Des signatures gravimétriques et thermiques ?	Distribution des flux de chaleur		signatures gravimétriques classiques et altimétriques	
				Position de l'arc volcanique actif - relative indépendance des températures			
			Origine du magmatisme de subduction	Éléments de signature géochimique et pétrologique		Origine de la fusion par métasomatisme (solidus "hydraté" de la péridotite).	
		Les zones de subduction, des lieux de déformations intenses	Les déformations sismiques	Séismes interplaques	Définition - importance sur le globe - risque sismique -La zone sismogène et ses limites		
				Séismes intermédiaires	Les tsunamis - origine, propagation, risque		
	Séismes profonds			Mécanismes au foyer des séismes interplaques et cinématique des plaques			
	L'échelle lithosphérique : cordillères et bassins d'arrière-arc		Chaînes (cordillères) de subduction	coupe crustale et lithosphérique		Cinématique relative de l'arc qui se rapproche de la plaque supérieure	
			Bassins d'arrière-arc	coupe crustale et lithosphérique		Cinématique relative de l'arc qui s'éloigne de la plaque supérieure	
			Répartition globale et déterminisme	Distribution sur le globe		Déformation de la plaque supérieure et cinématique de la subduction. Hypothèses	
	Déformation intégrée à l'échelle de la marge : prismes d'accrétion et marges érosives		Prisme d'accrétion	coupe et description. La notion de décollement basal est impérative.		Raccourcissement horizontal et épaissement - soulèvement et croissance latérale de matière (sédiments) qui passe de la plaque inférieure à la plaque supérieure	
			Marge érosive	coupe d'une marge érosive (description ou dessin)		Subsidence et raccourcissement horizontal (la fosse se rapproche de l'arc. Du matériel de la marge est entraîné dans la subduction	
			Répartition globale et déterminisme	à peu près 50% de chaque type. Aucune corrélation avec la déformation à l'échelle lithosphérique. Lien avec la quantité de sédiments dans la fosse			
			Des prisme d'accrétion anciens ?	Exemples possibles (flyschs à helminthoïdes - turbidites d'Ecosse,)			
	A la recherche des subductions passées : les indices pétrographiques magmatiques et métamorphiques		Magmatisme des subductions passées	Volcanisme	Exemple documenté et argumenté de volcanisme de subduction passée		
				Plutonisme	Exemple documenté et argumenté de plutonisme de subduction passée		
			Le métamorphisme HP-BT, marqueur de la subduction	Notions fondamentales sur le métamorphisme comme marqueur des subductions	Paragénèses et protolithe. Faciès métamorphique - grille pétrogénétique et droites de réactions		Trajets PTt et gradients thermiques HP-BT et structure thermique des subductions
				Cas des métabasites	Séquence de transformation d'un gabbro ou basalte océanique dans le gradient HP-BT		
		Lien avec le magmatisme		Séquence prograde et déshydroxylation des minéraux			
		Métamorphisme de subduction passée dans une chaîne récente : exemple de la chaîne alpine		Exemples : Queyras -VISO (Chenaillet comme "témoin")		Bilan :Datation et Interprétation des trajets PTt	
		Métamorphisme de subduction passée dans une chaîne ancienne : exemple de la chaîne hercynienne		Le complexe de subduction hercynien de l'île de Groix et/ou écolites coronitiques du GLA groupe leptyno-amphibolique		Les témoins supra-subduction dans le massif central (Morvan - Brèvenne)	
		Avant la subduction moderne	Adakites et TTG : la mise en place de la croûte continentale	Signature adakitique et fusion crustale		TTG et subduction archéenne	
			Sagduction Archéenne	Description du phénomène - discussion sur analogie avec la subduction ou non			
		Conclusion			Bilan de la démarche scientifique		
			Ouverture pertinente				
	Qualité générale de la construction de la copie	Plan et démarche	Logique, cohérence, titres informatifs, adéquation entre titres et contenus des paragraphes				
		Transitions	Rigueur de la démarche et de la construction scientifique - distinction CLAIRÉ entre processus actuels et marqueurs du passé				
		Approches expérimentales et observations	Les transitions sont globalement : absentes (0), artificielles (1), logiques (2), logiques et bien justifiées (3)				
		Illustrations	à apprécier par rapport à la richesse de la copie				
		Total du fond	Pertinence, qualité : à apprécier par rapport à la richesse de la copie				
		Bonus					
	Forme	Rédaction			Clarté, concision		
		Présentation			Orthographe, syntaxe		
		Total de la forme			Présentation et soin		
	TOTAL de la copie						

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

Le sujet de cette année s'est attaché à suivre l'intitulé du secteur A de manière littérale, soit « biologie et physiologie cellulaires, biologie moléculaire ; leur intégration au niveau des organismes ».

Le fil conducteur du sujet était une analyse du tissu osseux à différentes échelles. Le sujet a ainsi diversifié les approches de sorte à évaluer la gamme des champs disciplinaires du secteur A et à ne pénaliser aucun candidat sur un domaine donné. Cela a permis au jury d'évaluer le recul des candidats sur différentes approches pratiques, via la compréhension et la maîtrise de différents outils et techniques.

L'épreuve s'est attachée à faire une large place au concret ; les différentes parties ont été ainsi centrées sur des manipulations à partir d'une diversité de supports biologiques :

- lames histologiques,
- résultats de différenciation cellulaire observés sur ordinateur,
- films montrant une différenciation cellulaire,
- extractions de monocytes à partir d'une souris dont la rate et les os longs étaient prélevés
- cinétique de dissolution des os longs de souris comparée à la dissolution de biomatériaux (nacre et corail)

Cela a permis au jury de tester diverses compétences :

- reconnaissance de matériel biologique,
- réalisation de schémas d'observation,
- comparaison d'échantillons biologiques,
- construction de graphiques à partir d'un ensemble de résultats,
- maîtrise des outils mathématiques, physiques et chimiques indispensables à la réalisation, à la compréhension et à l'analyse de résultats,
- élaboration de tests statistiques,
- critique des résultats obtenus,
- construction de protocoles à partir d'une liste fournie de matériel,
- description et analyse de documents en lien avec une thématique (distinction entre un résultat et une interprétation après compréhension du protocole),
- synthèse sur un ensemble documentaire,
- rédaction intelligible et compréhensible,
- persévérance sur la manipulation,
- gestion du temps et mise en place d'une stratégie de résolution du TP proposé dans un temps donné, par respect d'un planning de passage.

Le jury souhaite renforcer les aspects pratiques, de démarche scientifique, de réflexion et laisser moins de place aux tests de connaissances. Ce sujet ne comportait donc que très peu de questions de « cours », ce qui permettait à n'importe quel candidat de réussir l'épreuve, si tant est qu'il essayait de se l'approprier pleinement, de réfléchir et de produire.

Dans l'ensemble, les candidats ont eu du mal à s'investir dans les différentes manipulations, mais n'ayant pas d'autre choix que de s'y confronter, ils les ont finalement assez bien réussies. Très rares sont les candidats qui n'ont pas abordé toutes les parties ; l'épreuve a donc valorisé les candidats qui

n'ont pas eu peur de se confronter aux objets biologiques, ainsi que ceux que la curiosité et la rigueur ont incité à réaliser de très correctes démarches scientifiques. Le jury a particulièrement apprécié les candidats qui se sont pleinement investis dans les manipulations : ils ont clairement été valorisés dans la notation.

Les commentaires du jury sur les différentes manipulations et les différentes compétences attendues ont été relevés dans les cadres prévus pour les réponses des candidats.

5.1.2 **Sujet commenté :**

Les informations qui suivent constituent des indications mais en aucun cas un corrigé complet.

SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS
CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2017

TRAVAUX PRATIQUES DE SPECIALITE DU SECTEUR A

Durée totale : 6 heures

Biologie cellulaire et Biologie moléculaire du tissu osseux
son intégration à l'échelle de l'organisme

Les 2 parties sont indépendantes. Certaines nécessitent des manipulations, prévoyez donc votre organisation en conséquence.

Partie préliminaire : page 2

Durée conseillée : 0h20 – barème : 7/120

Partie I : page 6

Durée conseillée : 2h10 – barème : 43 /120

Partie II : page 25

Durée conseillée : 3h30 – barème : 70 /120

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

Vous devez rendre la totalité des feuilles du dossier

Partie préliminaire

L'os est un tissu conjonctif qui, contrairement aux idées reçues, est fortement dynamique car en constant renouvellement. Chez les vertébrés adultes, 10% du squelette osseux sont remplacés chaque année par de l'os néoformé.

La matrice osseuse est constituée, pour sa partie organique, notamment de fibres de collagène. Cette fraction organique a la particularité d'être calcifiée : il y a dépôt de cristaux de phosphate de calcium, les cristaux d'hydroxyapatite ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$), ce qui la rend compacte et dure et ainsi visible en radiographie.

Figure 1 : Histologiquement, on distingue l'os cortical et l'os trabéculaire (constitué des trabécules ou travées osseuses).

Figure 2 : Les cellules de l'os sont de trois types : les ostéoblastes (en surface de l'os) et les ostéocytes (inclus dans l'os) d'origine mésenchymateuse synthétisent la matrice osseuse, alors que les ostéoclastes d'origine hématopoïétique la dégradent.

L'homéostasie osseuse résulte de l'équilibre dynamique entre la formation et la résorption osseuse. L'équilibre entre ces deux processus antagonistes est régulé par un grand nombre de facteurs systémiques et locaux : des cytokines (RANKL, *receptor activator of NF- κ B ligand* ; M-CSF, *macrophage colony stimulating factor*, les interleukines IL-1, 6, 11, 17), des hormones (calcitonine, PTH ou parathormone, 1,25-dihydroxyvitamin D3, prostaglandine E2, leptine), des neuromédiateurs, des récepteurs membranaires, des molécules de signalisation intra- et inter-cellulaires et des facteurs de transcription, qui contrôlent notamment l'ostéoclastogénèse. Plus particulièrement RANK-L active l'ostéoclastogénèse.



Figure 1 : Analyse histologique de sections osseuses. Identification de l'os cortical (e de flèche) et de l'os trabéculaire (ou trabécules, flèche). Barre d'échelle : 1 mm.

Resnik et al., JBMR 2010, 25(3) : 554-563

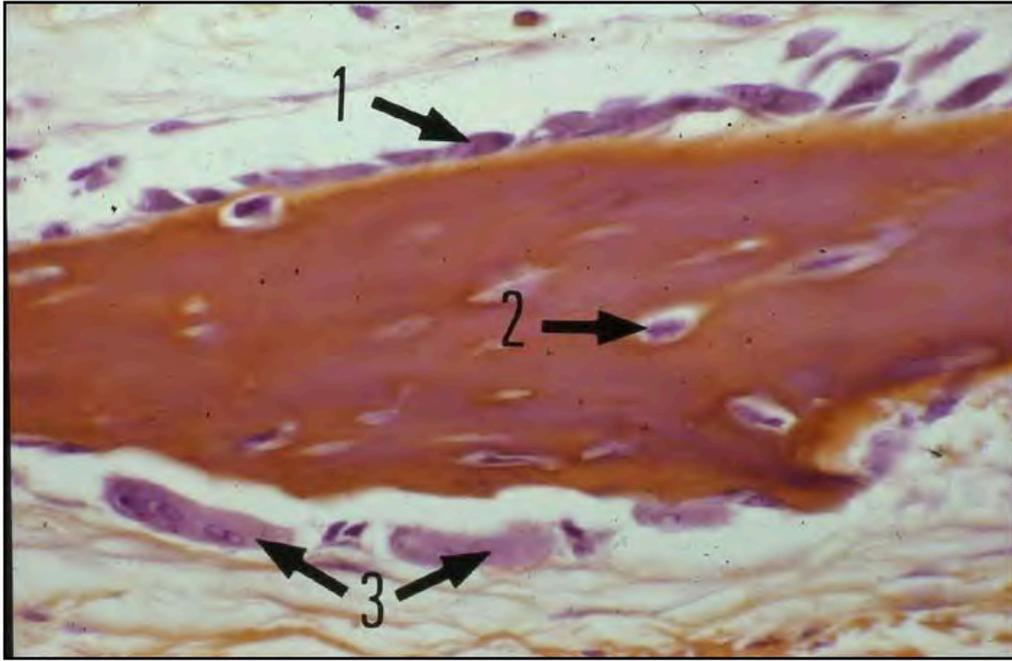


Figure 2 : Analyse histologique de tissu osseux de vertébré

1. Ostéoblastes, 2. Ostéocytes (15 à 30 μm de long, pour 10 à 15 μm de large), 3. Ostéoclastes.
<http://webapps.fundp.ac.be/umdb/histohuma/histohuma/index.php?go=img&chap=30&pos=6>

Dans un premier temps, nous allons nous intéresser à une pathologie, l'ostéopétrose, appelée maladie des os de marbre.

Sur la figure 3 sont montrées des analyses sur phénotypes osseux normaux (« *WT* », phénotype sauvage) et sur phénotypes osseux ostéopétroriques (« *OPT* ») de souris.

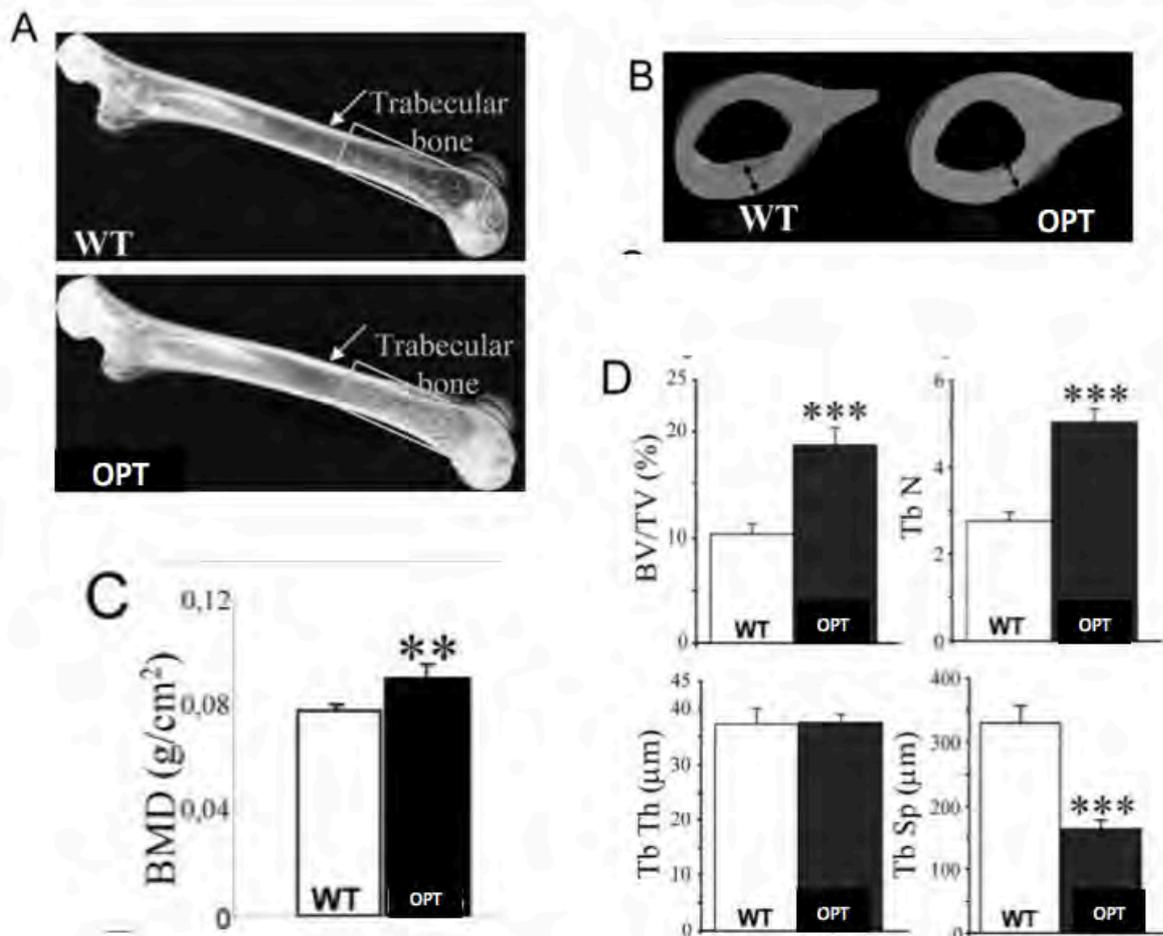


Figure 3 :

(A) Radiographies de fémurs. L'os cortical de la métaphyse est indiqué par une flèche, alors que l'os trabéculaire est encadré.

(B) Analyse 3D de coupes transversales de fémurs. La double flèche correspond à l'os cortical.

(C) Quantification de la densité minérale osseuse (BMD, « Bone mineral density »). **, $P < 0.1$: la différence est significative (test t de Student).

(D) Mesures histomorphométriques de tibias: le volume de substance minéralisée sur le volume total osseux (BV/TV), le nombre de trabécules (Tb N), la finesse des trabécules (Tb Th) ainsi que la séparation entre trabécules (Tb Sp) sont indiqués. ***, $P < 0,01$: la différence est significative (test t de Student).

Nataf et al, American Journal of Pathology, Vol. 166, No. 1, Janvier 2005

Question P-1 : A l'aide de l'ensemble documentaire fourni, décrire la pathologie ostéopétrose.

Réponse à la question P-1

Beaucoup de candidats se sont contentés de « lire » les documents, sans en extraire des résultats à interpréter. Une liste d'observations tirées des figures n'aide pas à la compréhension d'un document. Il est rappelé que la compétence de l'étude de documents est indispensable à la fois pour l'épreuve de travaux pratiques, et pour l'épreuve de leçon d'option, car indispensable à un futur enseignant de SVT.

Il est ainsi absolument nécessaire d'avoir une connaissance précise des outils et techniques de secteur A.

L'ostéopétrose est une pathologie caractérisée par un remplissage de l'os, résultant :

- d'une augmentation de l'épaisseur d'os cortical (B)
- d'une augmentation du nombre de trabécules (D2) sans augmentation de leur épaisseur (D3), ce qui réduit la distance entre elles (D4)

Ce gain de masse osseuse est un gain de substance minérale, puisque

- C et D1 montrent des différences significatives
- Cette variation de masse osseuse est visible en radiographie (A), technique permettant de visualiser uniquement les tissus minéralisés

Question P-2 : Proposez des échelles d'approche permettant d'étudier cette pathologie. Pour chaque échelle mentionnée, vous prendrez soin de décrire les paramètres mesurables.

Réponse à la question P-2

Cette question permettait de focaliser sur les objectifs du secteur A, suivant son intitulé et selon les démarches expérimentales associées à connaître : outils et techniques de biologie cellulaire, outils et techniques de biologie moléculaire, outils et techniques à l'échelle de l'organisme.

« Echelle moléculaire » a très souvent été confondue avec « Echelle biochimique ».

Démarches expérimentales (il faut s'aider du paragraphe d'introduction)...

... macroscopique / histologique / physiologique (échelle de l'organisme): quels os sont touchés par la pathologie ? A quel(s) stade(s) de développement ? Analyse de squelettes, d'échantillons osseux, de coupes histologiques analysés à la loupe binoculaire et au microscope optique, de coupes ultrafines analysées au microscope électronique à transmission, masse osseuse, fragilité osseuse, résistance à la contrainte

... cellulaire : quelles cellules sont impliquées dans ce gain de masse, ostéocytes et/ou ostéoblastes et/ou ostéoclastes ? Analyse de la proportion relative de ces différentes cellules, et de leurs activités cellulaires respectives, *in vitro* (cultures cellulaires, modèles de formation et de résorption osseuses) et *in vivo* ; identification si c'est un défaut ostéoblastique vs ostéoclastique, et/ou de synthèse vs de résorption osseuse.

... moléculaire : quels sont les gènes, dont l'inhibition ou l'activation induit un phénotype ostéopétrotique ? Analyse d'arbres généalogiques, genèse de modèles d'étude (souris), TG/KO/KI ou autres = identification d'acteurs moléculaires du gain de masse osseuse

... biochimique : dosages de cytokines (RANK-L, IL) et d'hormones ; tests de leurs effets sur les ostéoclastes, ostéoblastes et ostéocytes *in vitro* et *in vivo*

Il vous est recommandé de commencer votre TP par les parties II.A et II.B, qui reposent sur des manipulations longues.

Le TP qui vous est proposé nécessite que vous suiviez un planning de passage à 2 postes différents.

Vous disposez d'une calculatrice non programmable, ainsi que d'une fiche des formules de calcul d'aires et de volumes en annexe 1.

Le candidat disposait d'un planning de passage sur 2 postes. Chaque candidat avait un planning de passage qui lui était propre, ce qui nécessitait que chacun construise sa propre organisation du TP. La plupart des candidats ont correctement organisé leurs manipulations pour respecter cet impératif.

Partie I : Etude d'une pathologie osseuse, l'ostéoporose

Chez les femmes, l'étiologie principale de la pathologie ostéoporose est un déficit en œstrogènes suite à la ménopause. De nombreuses études portent sur la compréhension de son effet sur la masse osseuse, afin de développer de nouvelles thérapies pour prévenir ou soigner cette maladie.

Les ostéoclastes multinucléés matures sont formés suite à la fusion de précurseurs myéloïdes de la lignée monocyttaire. Nous nous intéressons ici à l'implication de la molécule DAP12 (également appelée KARAP) dans ce phénomène. DAP12 est une petite protéine transmembranaire composée notamment d'un domaine cytoplasmique ITAM (*immunoreceptor tyrosine activation motif*).

I.A - Cellules impliquées dans la genèse de la pathologie ostéoporose

Durée conseillée : 70 minutes

Une des stratégies pour étudier les cellules impliquées dans la genèse de la pathologie ostéoporose est de générer des souris mutantes pour la protéine KARAP/DAP12.

La figure 4 suivante vous présente en **A** l'organisation exon/intron du gène KARAP/DAP12 de souris (E : exon, les séquences codantes sont noires, les séquences non-codantes sont hachurées), et sa protéine correspondante (LP : peptide leader ; EC : domaine extracellulaire ; TM : domaine transmembranaire ; IC : domaine intracellulaire), et en **B** le locus d'intérêt ainsi que le plasmide (pBluescript) utilisé pour générer les souris K Δ 75. « néo » est un gène de résistance à un antibiotique, la néomycine. « Wild type locus » : séquence sur le génome des souris de phénotype sauvage, « Target construction » : plasmide utilisé.

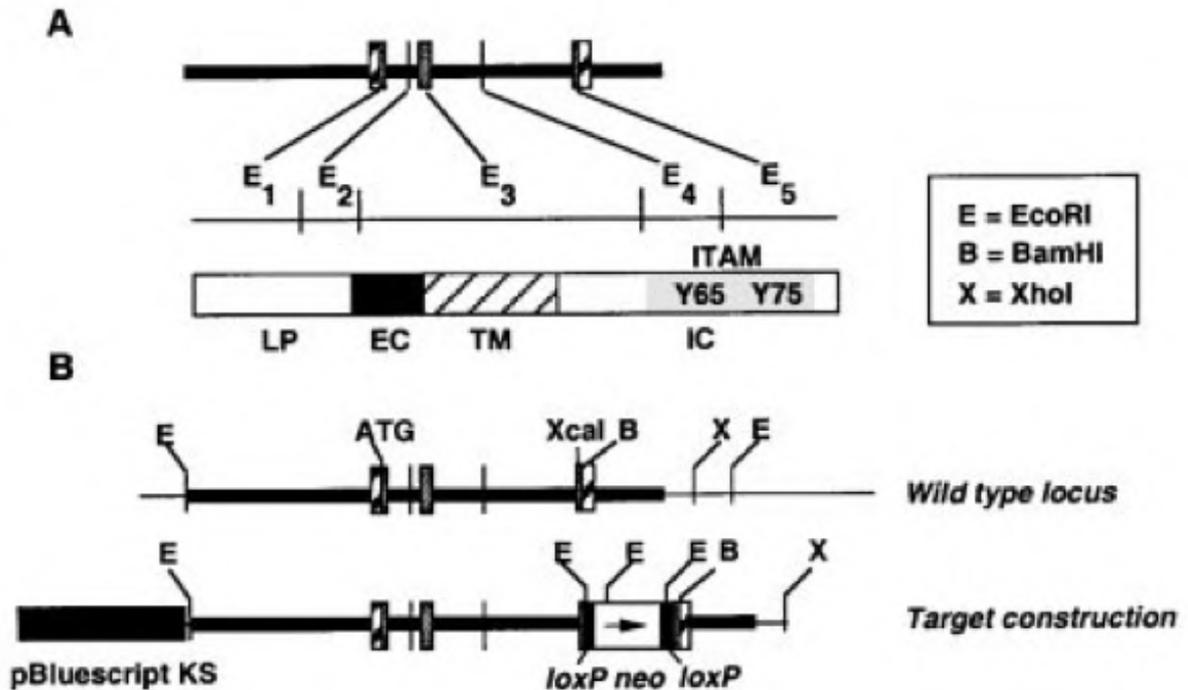


Figure 4 : Tomasello et al, *Immunity*, Vol. 13, 355-364, Septembre 2000

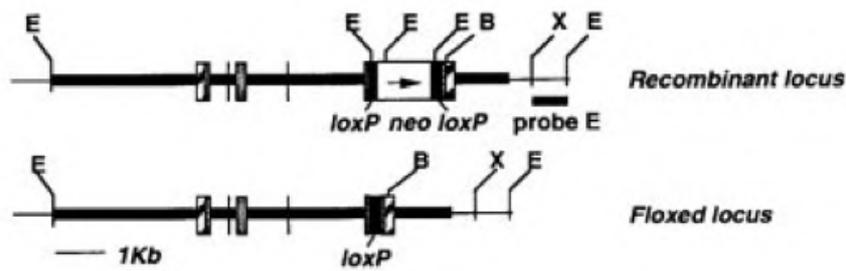
Question I-A-1 : Quel est le principe de la technique utilisée ? Quelle est l'utilité du gène "néo" ? Schématiser le résultat de la recombinaison au locus d'intérêt, et expliciter ainsi le génotype des souris $K\Delta 75$. Quelles techniques expérimentales (dont vous donnerez le principe) vous permettraient de vérifier la réussite de ce protocole ? Dessiner les résultats attendus de ces expériences.

Réponse à la question I-A-1

De nombreux candidats ne font pas la différence entre transgénèse (introduire un gène dans un génome) et knock-out/knock-in (éliminer ou remplacer un gène par la technique de recombinaison homologue). La technique cre-lox est également peu connue ; le jury insiste donc encore une fois sur la connaissance et la maîtrise des outils et techniques relatifs au secteur A.

L'utilisation d'un gène de résistance à un antibiotique est davantage connue, mais le vocabulaire utilisé est souvent imprécis: il s'agit ici d'un système de sélection et non de marquage : seules les cellules (et pas les bactéries !!!) comportant le transgène survivent et sont donc sélectionnées. Un système de marquage permet uniquement de visualiser les cellules positives pour le transgène. Enfin un système rapporteur permet de mesurer une activité (souvent transcriptionnelle). L'usage des mots justes est la condition indispensable pour un enseignant de se faire comprendre de ses élèves...

Outre l'inactivation du gène cible, un gène d'intérêt est introduit dans le locus. Après recombinaison, ce gène s'exprime en lieu et place du gène cible puisqu'il est sous le contrôle des séquences régulatrices de celui-ci. Ici, c'est un gène de résistance à la néomycine qui remplace le gène coadntDAP12 : cela permet une SELECTION des cellules modifiées par le milieu de culture (ici, supplémenté à la néomycine).



D

Ici, inactivation du gène codant DAP12 par délétion de l'extrémité C-terminale.

Biochimie : Immunomarquage ou Western-Blot avec un anticorps anti-DAP12 pour analyser la perte de la protéine

Biologie moléculaire :

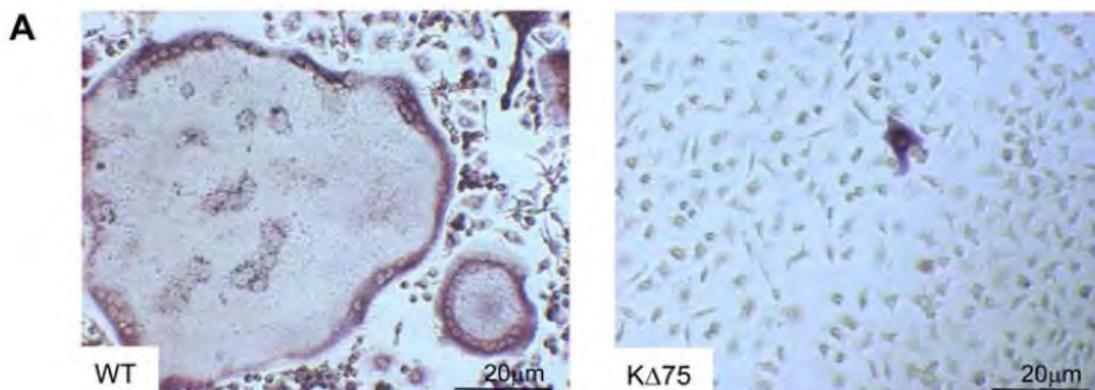
Southern-Blot (C) après coupure EcoRI avec une sonde à positionner correctement pour détecter le fragment de 9,2kb sauvage et un fragment plus petit (1,8kb due au site EcoRI dans le site LoxP)

ou

RT-PCR (D) sur l'ARNm DAP12/KARAP pour analyser la perte d'expression.

Choisir des amorces qui permettent soit d'amplifier des fragments de taille différente grâce à l'insertion d'un site LoxP (donc amplifier un fragment de petite taille sinon on ne voit pas la différence), soit avec une amorce dans le site LoxP (mais difficulté du contrôle sauvage qui n'aurait pas de bande...). Les amorces choisies doivent permettre de voir si la séquence neo a été éliminée.

Les souris mutantes obtenues sont nommées KΔ75. Nous allons analyser leur phénotype osseux, et plus particulièrement l'activité des ostéoclastes.



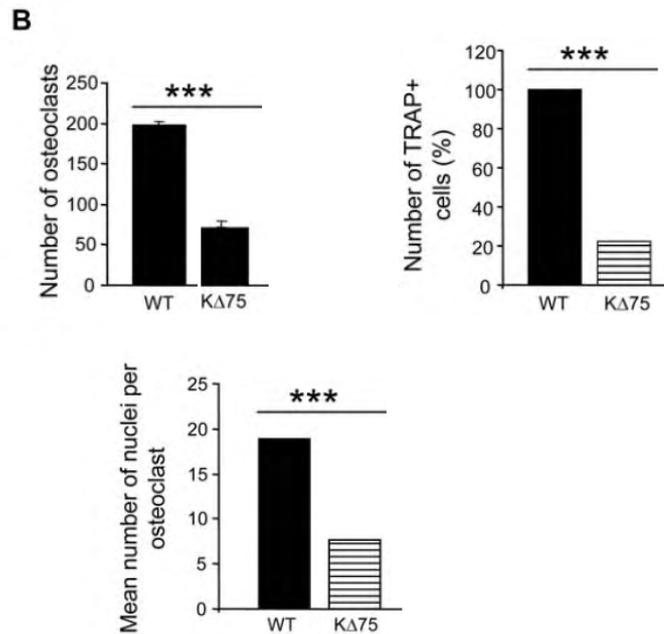


Figure 5 : Des précurseurs ostéoclastiques sont isolés de rate de souris sauvages (WT) ou mutantes (K Δ 75). La différenciation ostéoclastique est induite par RANKL et M-CSF. 7 jours plus tard, les cellules sont fixées et colorées pour visualiser l'activité TRAP, spécifique des ostéoclastes (phosphatase acide tartrate-résistante). **A :** les images sont représentatives de plusieurs expériences. **B :** quantification du nombre de cellules TRAP+, du nombre d'ostéoclastes contenant plus de 3 noyaux (il est accepté dans la communauté scientifique qu'on peut parler d'ostéoclaste quand une cellule a au moins 3 noyaux), et du nombre de noyaux par ostéoclaste. *** $p < 0,0001$: dans ce cas, la différence est significative (test de Student). Anginot et al, Plos One 2007

Question I-A-2 : Analyser les résultats de la Figure 5.

Réponse à la question I-A-2

La présentation des résultats est la plupart du temps formulée à l'envers : « les ostéoclastes sont plus nombreux chez le sauvage que chez le mutant ». Or le principe d'une expérience est de comparer une condition expérimentale (le mutant) à une référence (le sauvage). Donc la formulation doit être « les ostéoclastes sont moins nombreux chez le mutant que chez le sauvage ».

Il y a trois étapes indispensables à réaliser séparément et dans l'ordre pour analyser des résultats : observer/décrire les résultats (les ostéoclastes sont moins nombreux chez les mutants que chez le sauvage), conclure (le gène est nécessaire pour la différenciation des ostéoclastes), émettre des hypothèses (le gène peut servir à la fusion des précurseurs ou à l'acquisition d'une identité ostéoclaste...). Il est rare qu'une seule hypothèse soit possible (et dangereux de le croire).

La précision du vocabulaire est ici aussi importante : « avoir un rôle », « être impliqué » est très insuffisant (rôle positif ? négatif ?...). Attention au mot « permettre » qui est souvent utilisé à tort : il veut dire « créer les conditions nécessaires » alors qu'il est souvent utilisé dans le sens « induire ». Les 2 notions sont conceptuellement très différentes.

1er niveau d'interprétation : Moins d'ostéoclastes, et ostéoclastes plus petits, et moins actifs ; DAP12 est nécessaire à la différenciation ostéoclastique complète (nécessaire à la division, la différenciation ss, ou l'activité)

2ième niveau d'interprétation : Mais pas absence ! DAP12 est nécessaire à la différenciation ostéoclastique complète en complément d'une autre voie.

L'étude du gène *dap12/karap* est complétée par l'analyse de la surexpression du gène (par modification du promoteur) dans des souris transgéniques nommées Tg-hDAP12. Ces souris ont un phénotype ostéoporosique.

La **Figure 6** présente des travaux sur la différenciation et l'activité des ostéoblastes dans les souris Tg-hDAP12.

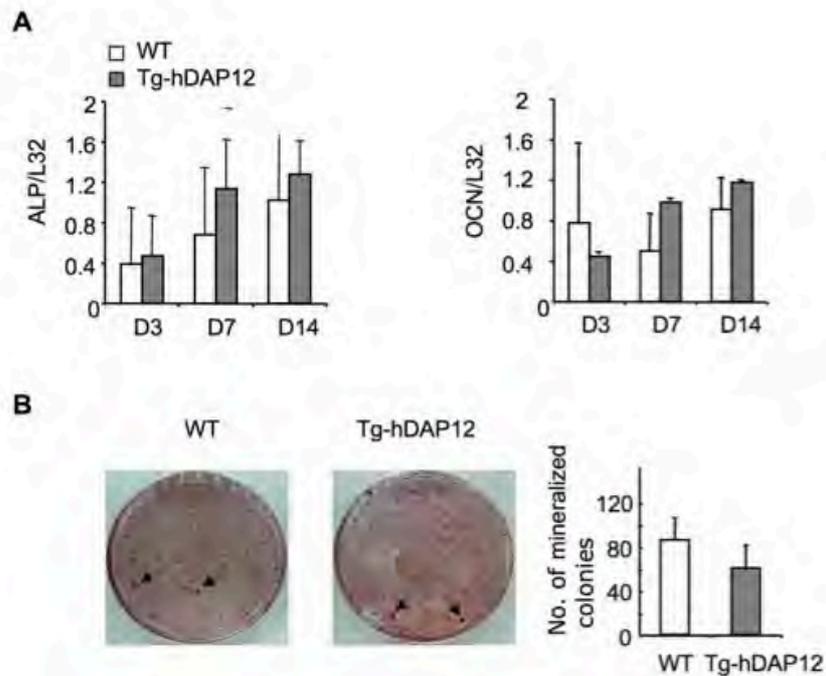


Figure 6 : A) L'expression génique de 2 marqueurs ostéoblastiques est étudié par RT-PCR : la phosphatase alcaline (ALP) et l'ostéocalcine (OCN).

B) Colonies ostéoblastiques colorées au Von Kossa, avec quantification du nombre de colonies minéralisées.

Despars et al, PlosOne Juin 2013, 8(6)

La **Figure 7** présente des travaux sur la différenciation des ostéoclastes dans les souris Tg-hDAP12.

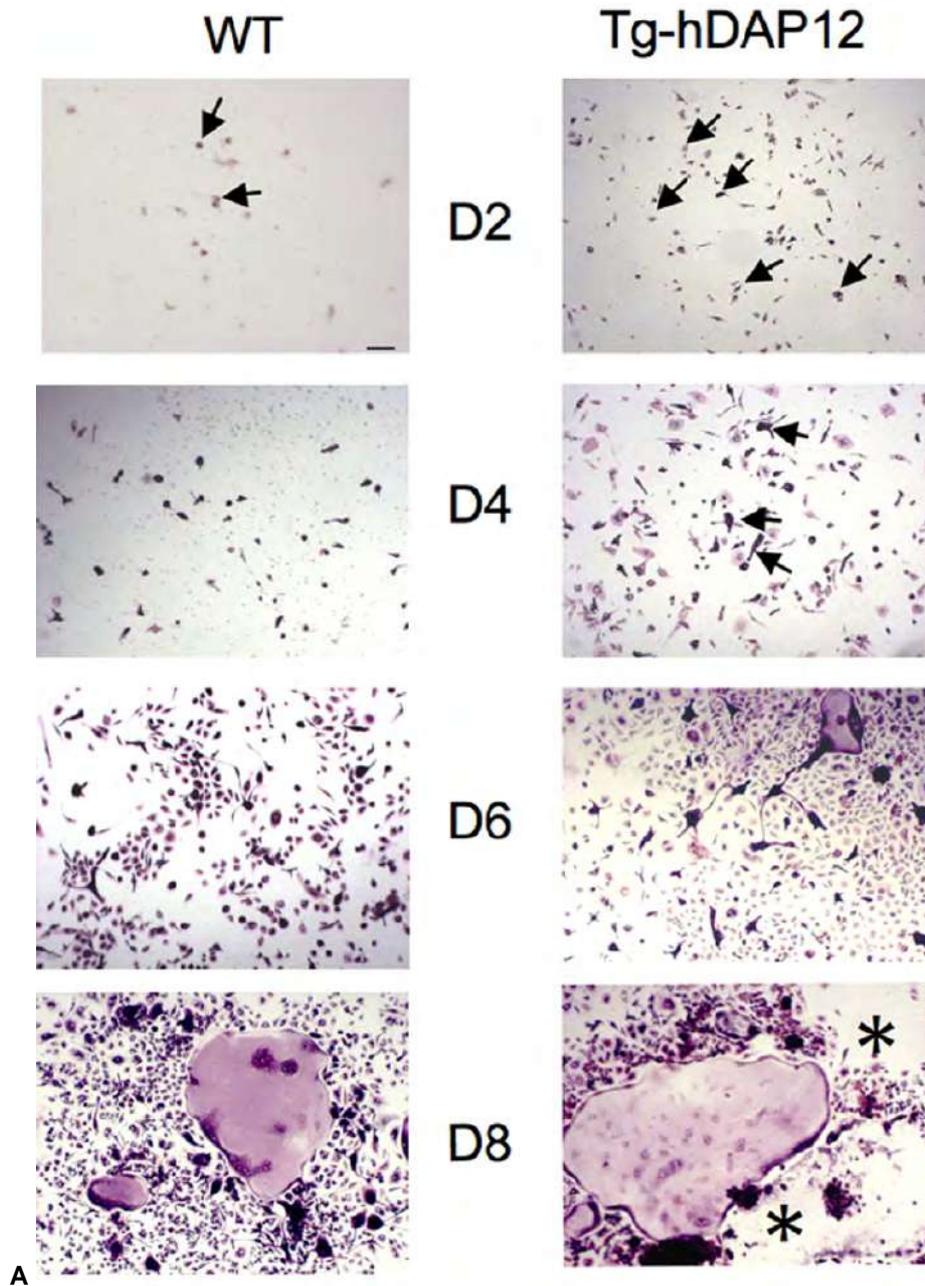


Figure 7 : Différenciation *in vitro* en présence de RANKL et M-CSF de cellules de rate prélevées sur des souris sauvages (WT) ou transgéniques (tg-hDAP12) en ostéoclastes. Les ostéoclastes sont visualisés, après fixation, par la coloration TRAP (phosphatase acide tartrate-résistante) au cours du temps (D2 à D8 : jour 2 à 8). Les flèches pointent sur des précurseurs ostéoclastiques. Les étoiles représentent des ostéoclastes ayant subi une apoptose. La barre d'échelle correspond à 100 μ m.

Despars et al, PlosOne Juin 2013

C'est maintenant à vous de construire la **Figure 8**.

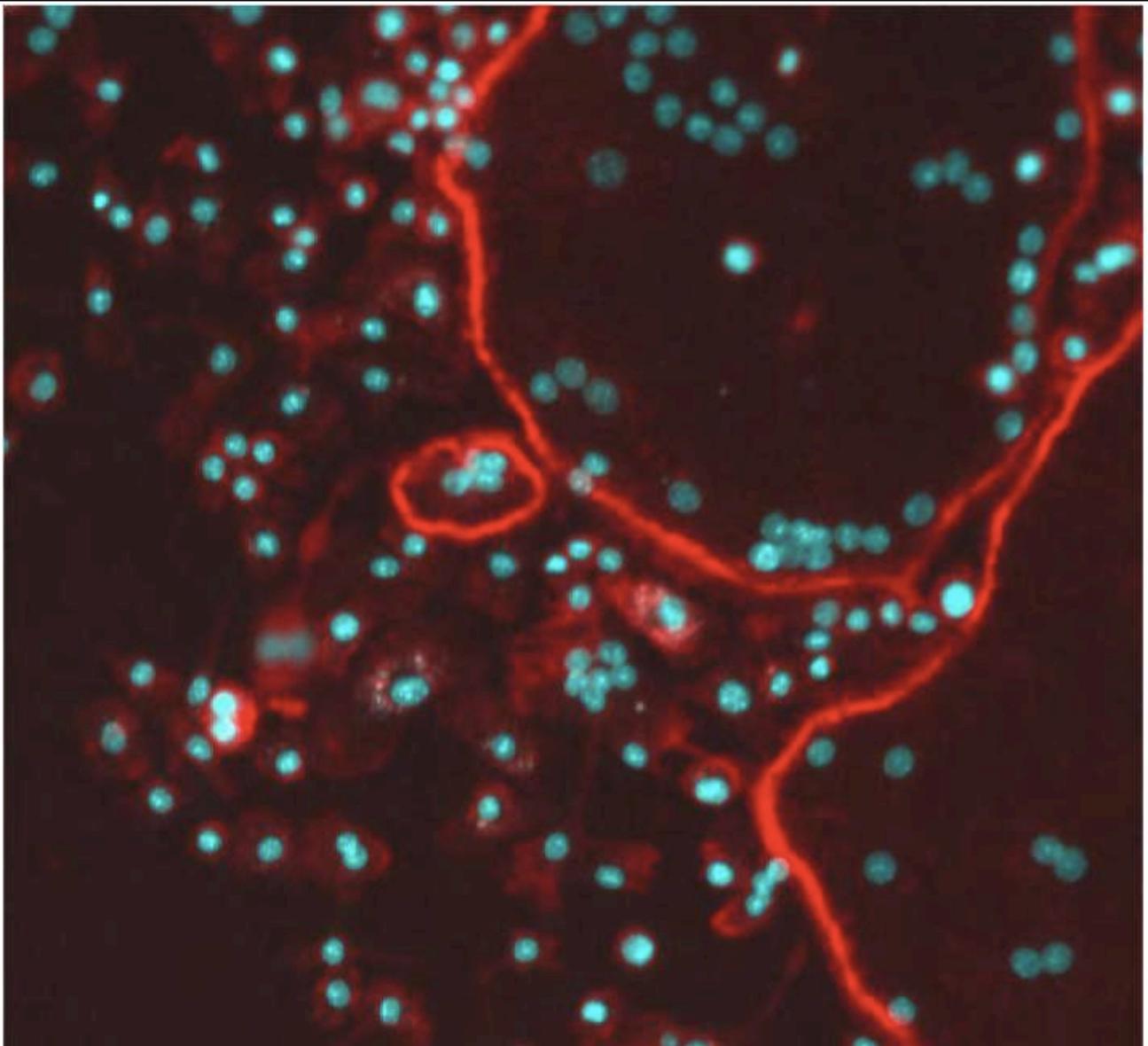
Les ordinateurs disponibles dans la salle vous permettent de disposer de résultats de différenciations ostéoclastiques à partir de cultures de monocytes (Fichier : IA_Différenciations), et ce, pour des souris WT et des souris Tg-hDAP12, de 2 à 8 jours de différenciation. Vous devez vous y rendre selon le planning de passage indiqué ; vous disposez de 30 min à ce poste de travail. Attention, les questions I-A-3 et I-A-4 dépendent de l'analyse de ce fichier.

Trois photos de chaque puits de différenciation ont été prises à 2, 4, 6 puis 8 jours de différenciation, l'ensemencement initial étant identique pour toutes les conditions. Les marquages sont les suivants : Hoechst (visualisation des noyaux en bleu) et actine (visualisation du contour de la cellule en rouge). Vous disposez d'une feuille de papier millimétré (page 15).

Question I-A-3: Utilisez les différents clichés expérimentaux pour évaluer de manière statistique l'effet de DAP12 sur le nombre d'ostéoclastes d'une part, et sur le nombre de noyaux par ostéoclastes d'autre part.

Réponse à la question I-A-3

Voici un exemple de cliché expérimental dont disposaient les candidats :



Les temps du planning de passage ont généralement été bien respectés. La plupart des candidats ont correctement géré leur temps, en planifiant à l'avance leur TP en fonction des plannings de passage qui leur étaient assignés.

Les candidats ont été orientés vers la construction de leur protocole par les figures précédentes, à savoir penser à faire au moins des triplicatas, mesurer uniquement les ostéoclastes à plus de 3 noyaux, faire des tests statistiques (les candidats qui ont réalisé ces derniers ont été valorisés).

La lecture du sujet et la question précédente indiquaient clairement qu'un ostéoclaste contient au moins 3 noyaux et que le nombre de noyaux par ostéoclaste était un facteur important. Compter toutes les cellules témoigne d'une incompréhension de ce que l'on fait.

Le relevé des données prenait du temps ; ainsi, les candidats qui se sont pliés à l'exercice ont été valorisés, quelles que soient les conclusions auxquelles ils sont parvenus. Inversement, les candidats n'ayant pas traité cette partie ont perdu de nombreux points.

Il était demandé de construire la figure. Il fallait donc établir des graphes. Lorsqu'ils sont faits, ils sont souvent corrects, qu'ils soient sous forme de courbes ou d'histogrammes.

Données relevées (ocl = ostéoclastes) :

WT D2 Nombre moyen d'ocl : 0

WT D2 Nombre moyen de noyaux par ocl : 0

WT D4 Nombre moyen d'ocl : 0

WT D4 Nombre moyen de noyaux par ocl : 0

WT D6 Nombre moyen d'ocl : 4/5/6

WT D6 Nombre moyen de noyaux par ocl : 13/17/14

WT D8 Nombre moyen d'ocl : 5/2/4

WT D8 Nombre moyen de noyaux par ocl : 22/16/21

Tg D2 Nombre moyen d'ocl : 0

Tg D2 Nombre moyen de noyaux par ocl : 0

Tg D4 Nombre moyen d'ocl : 4/4/4

Tg D4 Nombre moyen de noyaux par ocl : 13/16/16

Tg D6 Nombre moyen d'ocl : 5/3/3

Tg D6 Nombre moyen de noyaux par ocl : 28/26/26

Tg D8 Nombre moyen d'ocl : 3/3/4

Tg D8 Nombre moyen de noyaux par ocl : 49/36/56

Pour le graphique 1 du nombre d'ocl : différence clairement significative au jour 4 ; par contre, aux jours 6 et 8, le candidat avait besoin de calculer des intervalles de confiance pour conclure.

Pour le graphique 2 du nombre de noyaux par ocl : différence clairement significative au jour 8, et clairement non significative au jour 2 ; par contre, aux jours 4 et 6, le candidat avait encore besoin de calculer des intervalles de confiance pour conclure.

Peu de candidats ont calculé des intervalles de confiance pour pouvoir correctement interpréter leurs résultats.

Graphique 1 : nombre d'ocl dans chaque culture en fonction du temps (jours)

Graphique 2 : nombre de noyaux par ocl dans chaque culture en fonction du temps (jours)

Calculs des moyennes/médianes

Analyse statistique des résultats

Si le candidat ne se fiait qu'au nombre d'ocl, il pouvait ne trouver aucune différence entre les 2 types de cellules. Si par contre, il rapportait un nombre d'ocl à un nombre de noyaux, alors il y avait une nette différence.

Question I-A-4 : Que pourrait vous apporter le calcul du ratio du nombre de noyaux dans les ostéoclastes sur le nombre total de noyaux, sachant que l'ensemencement initial est identique dans toutes les conditions ? Réalisez ce calcul en vous servant toujours du **fichier IA_Différenciation** disponible sur ordinateur et construisez le(s) graphique(s) correspondants sur la feuille de papier millimétré de la page 15.

Réponse à la question I-A-4

Cette question a été peu traitée. Parmi les candidats qui l'ont traitée, peu ont eu l'idée que si c'était une question supplémentaire à la question I-A-3, c'est que l'analyse demandée devait apporter une information supplémentaire...

L'enjeu était ici de montrer que le nombre de cellules précurseurs diminuait en parallèle de l'augmentation du nombre de noyaux par ostéoclaste et donc indiquait la fusion des précurseurs.

Le ratio permet d'avoir accès à un index de fusion, donc à une donnée de divisions cellulaires avant différenciation. Même si l'ensemencement initial était identique, à partir du jour 4, il était possible de mettre en évidence un index de fusion significativement plus fort dans le cas des souris Tg : les ostéoclastes ont davantage de noyaux dans le cas des souris Tg, car les divisions initiales sont plus importantes, et la différenciation est accélérée.

Données relevées / Calcul des ratios : WT D2 Index de fusion = 0

WT D4 Index de fusion = 0

WT D6 Index de fusion = 13/17/14 (moyenne de 15, médiane de 14)

WT D8 Index de fusion = 22/16/21 (moyenne de 20, médiane de 21)

Tg D2 Index de fusion = 0

Tg D4 Index de fusion = 13/16/16 (moyenne de 15, médiane de 16)

Tg D6 Index de fusion = 28/26/26 (moyenne de 25, médiane de 26)

Tg D8 Index de fusion = 49/36/56 (moyenne de 47, médiane de 49)

Graphique 3 : index de fusion dans chaque culture en fonction du temps (jours)

Pour le graphique 3 de l'index de fusion : différence clairement non significative au jour 2, clairement significative au jour 8 ; par contre, aux jours 4 et 6, le candidat a besoin de calculer des intervalles de confiance pour conclure.

L'analyse statistique des résultats a encore une fois été absente de la plupart des copies.

Question I-A-5 : A partir de l'analyse des documents fournis en figures 6, 7 et 8, expliquer les bases cellulaires de l'ostéoporose observée chez les souris Tg-hDAP12.

Réponse à la question I-A-5

La plupart des candidats ont compris que les données sur les ostéoblastes n'étaient pas significatives. Certains persistent pourtant à leur accorder de la valeur. C'est comme cela que l'on fait dire à des pseudo-études sur l'alimentation, les ondes, les vaccins... des conclusions sans aucune réalité scientifique...

L'entrée en apoptose des ostéoclastes a perturbé de nombreux candidats. Sachant que l'ensemble de la partie était consacré à la fusion et l'activité des ostéoclastes, c'est bien sur ces données qu'il fallait se

concentrer. Le détail de l'apoptose pouvait alors faire l'objet d'un complément et le candidat pouvait émettre une hypothèse s'il n'arrivait pas à y mettre du sens (ce qui était valorisée au niveau de la grille). Le candidat ne doit pas oublier que le jury construit un sujet de TP cohérent qui vise à l'analyse d'un phénomène. Il s'agit donc de repérer cette cohérence et de la garder en fil rouge tout au long de la réponse aux questions.

Oublier toutes les autres données et ne s'intéresser qu'à l'apoptose est un non sens qui aboutit à une interprétation fautive et incompatible avec le phénotype de l'ostéoporose. Les candidats qui aboutissent à une conclusion inverse du phénotype de l'ostéoporose devraient au moins émettre un doute sur leur conclusion. L'absence de sens critique est inquiétante.

Il est très rare de trouver un schéma bilan.

Figure 6 sur ostéoblastes : Entre WT et Tg-hDAP12, il n'y a aucune différence ni dans la différenciation, ni dans l'activité, des ostéoblastes (importance des tests statistiques). DAP12 n'est donc pas impliquée dans les voies de différenciation ostéoblastique.

Figures 7 (analyse qualitative) et 8 (analyse quantitative) sur ostéoclastes : Mise en évidence de la différenciation des ostéoclastes par 2 critères : multinucléation + activité TRAP (coloration de la Phosphatase Acide Tartrate Résistante) : ostéoclastes plus gros dans les souris Tg-hDAP12, et obtenus plus rapidement.

Le phénotype ostéoporosique de Tg-hDAP12, modèle d'étude, est ainsi induit par une augmentation de la taille et de l'activité des ostéoclastes : la liaison d'un ligand au récepteur DAP12 induit donc une activation de la voie de différenciation ostéoclastique.

I.B - Hormones sexuelles et ostéoporose

Durée conseillée : 60 minutes

La ménopause étant fréquemment reliée à l'ostéoporose, nous allons maintenant prolonger l'étude en regardant l'effet des hormones sexuelles femelles sur la différenciation des ostéoclastes.

Pour commencer, l'étude se base sur le phénotype osseux à partir de 2 lames histologiques d'os long de souris WT et ostéoporosique colorées au *Von Kossa / Van Gieson*. Le principe de la coloration repose sur le fait que les sels de calcium sont remplacés par des précipités métalliques d'argent, visibles en noir.

Question I-B-1 : Vous disposez de 2 lames, réalisées à partir d'une souris WT et d'une souris ayant subi une ovariectomie, ainsi que d'un microscope et d'une loupe binoculaire : schématisez une ou plusieurs zones, de façon à expliciter de façon pertinente le phénotype osseux ostéoporosique. **Vous devez appeler l'examineur pour qu'il évalue l'adéquation entre vos schémas et vos observations.** Prenez soin d'indiquer sur votre schéma les numéros de lames dont vous disposez.

Réponse à la question I-B-1

La comparaison ne devait être menée que sous la forme de schémas. Beaucoup de candidats ont fait une comparaison « écrite », qui ne rapportait ainsi aucun point.

Via la phrase « Principe de la coloration Von Kossa / Van Gieson : les sels de calcium sont transformés en sels d'argent réduit, transformés en formes métalliques visibles en noir », les candidats devaient en déduire que les zones calcifiées étaient noires.

Sont évaluées ici la compétence de réalisation d'un schéma (titre/échelle/légendes/qualité + adéquation avec le réel) = compétence globale, ainsi que la compétence de comparaison : le format du schéma devait se faire sur la base de celle-ci (schémas au même objectif, et sur une zone identique : épiphyse/métaphyse avec fraction de diaphyse), de sorte à démontrer chez les souris ostéoporosiques : une diminution de

l'épaisseur de l'os cortical, une diminution du nombre de trabécules/travées, ainsi qu'une diminution de l'épaisseur de ces trabécules.

Quatre photographies de lames réalisées sur le même principe que celle que vous venez d'étudier vous sont fournies sur la page suivante (*Anginot et al, PlosOne Juillet 2007*).

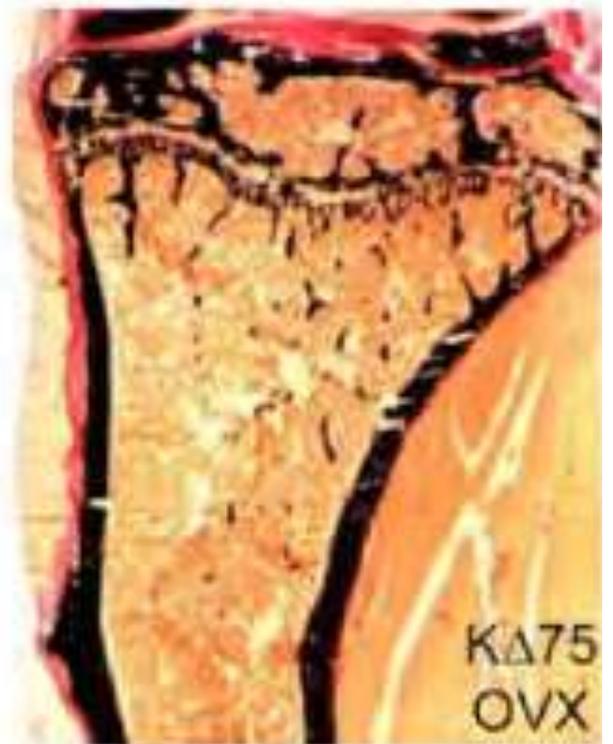
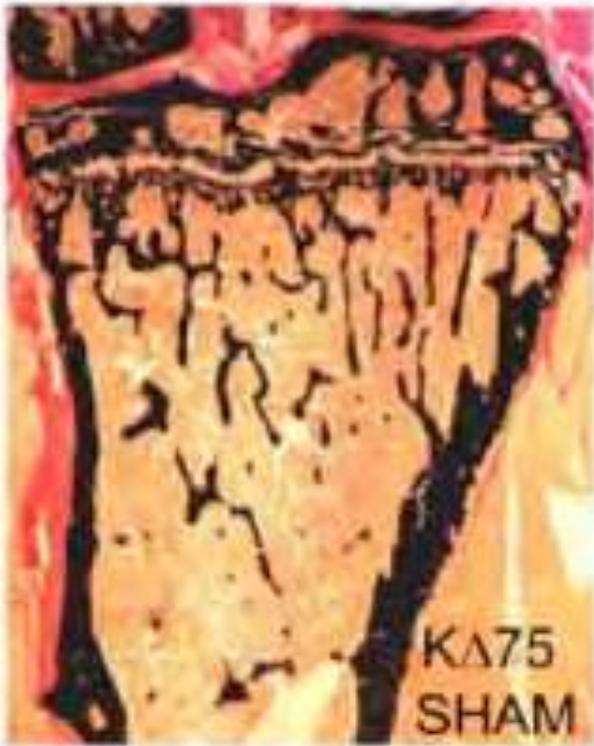
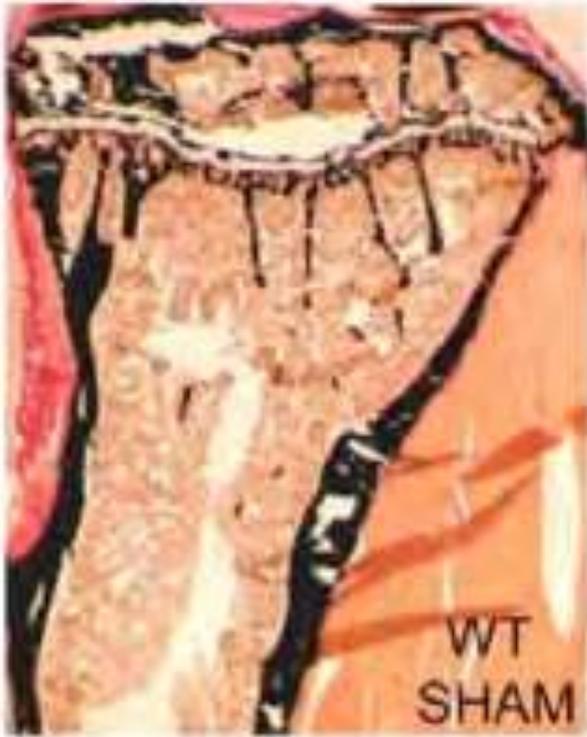
« WT » : souris de phénotype sauvage

« SHAM » : souris non ovariectomisée (chirurgie placebo : les souris sont ouvertes et recousues)

« OVX » : Souris ayant subi une ovariectomie

« KΔ75 » : Souris obtenue suite au protocole de la figure 4.

Un papier calque, ainsi qu'une fiche des formules de calcul d'aires et de volumes, vous sont fournis en annexe 1.



Question I-B-2 : Quantifiez et interprétez les différences entre les phénotypes observés.

Réponse à la question I-B-2

La question I-B-1 faisait place à une analyse qualitative des lames ; ici, il était attendu une analyse quantitative sur les surfaces osseuses et/ou le nombre/longueur/épaisseur des trabécules.

Aucune échelle n'était fournie (ni dans la publication originale !), ce qui forçait les candidats à travailler sur des données arbitraires.

Il convient de mesurer les surfaces du tissu osseux, mais également de l'ensemble de l'os, afin d'établir un **rapport**. C'est ce rapport qui est comparable d'une lame à l'autre. Le candidat y était incité suite à l'analyse de la figure 3.

La comparaison entre les différents cas (2 par 2) doit impliquer le **calcul de pourcentages** qui représentent les résultats de l'étude.

Un tableau de données était attendu, et le temps passé à se confronter à l'exercice a été valorisé.

Ainsi, il était possible de montrer que :

Comparaison WT / K Δ 75 : les souris de phénotype K Δ 75 ont un gain de masse osseuse de 50% par rapport aux souris de phénotype sauvage

Comparaison WT / WT OVX : les souris de phénotype sauvage perdent environ 30% de leur masse osseuse après ovariectomie, ce qui confirme les données de l'introduction à la partie

Comparaison K Δ 75 / K Δ 75 OVX : les souris de phénotype K Δ 75 perdent environ 45% de leur masse osseuse après ovariectomie, de telle sorte que...

Comparaison WT / K Δ 75 OVX : ... la masse osseuse des souris K Δ 75 ovariectomisées soient quasi équivalentes à celle des souris sauvages

Cela montre (interprétations des résultats ci-dessus) que la résorption osseuse induite par une chute des taux en oestrogènes (référence à ce qui est dit dans l'introduction : ovariectomie ou ménopause), peut être compensée par une mutation rendant la protéine DAP12/KARAP inactive.

Près du quart des candidats a conclu sur l'effet de l'ovariectomie, perdant totalement de vue le sujet, soit l'effet de la mutation.

Question I-B-3 : Quelles sont les limites de votre étude ?

Réponse à la question I-B-3

Exemple de limite : 1 seul os analysé dans chaque cas, donc aucune étude statistique.

Question I-B-4 : Quelle hypothèse pouvez vous formuler quant à l'origine cellulaire de la résorption osseuse observée suite à une ovariectomie ?

Réponse à la question I-B-4

La réponse à la question doit, encore une fois, être en rapport avec l'étude, soit l'effet de la mutation du gène codant DAP12/KARAP. Nombreux sont les candidats qui ont rédigé une seule réponse portant uniquement sur l'ovariectomie et l'effet des oestrogènes.

Ovariectomie = baisse de la quantité d'oestrogènes. L'effet de la baisse d'oestrogènes sur l'augmentation de la résorption osseuse est probablement due, au moins en partie, à une augmentation de la différenciation

ostéoclastique donc du nombre d'ostéoclastes, KARAP intervenant dans la différenciation ostéoclastique (Partie I-A).

Question I-B-5 : Vous concluez votre étude en émettant des possibilités thérapeutiques, alternatives à la prise d'analogues d'oestrogènes, sur la pathologie osseuse ostéoporose précédemment décrite.

Réponse à la question I-B-5

Les résultats précédents montrent que la résorption osseuse induite par une chute des taux en oestrogènes peut être diminuée par d'éventuels traitements qui inhibent les voies de signalisation impliquant DAP12/KARAP.

Des perspectives de thérapie génique, qui de même inhiberait les voies de signalisation DAP12/KARAP, peuvent également être avancées.

Partie II : La différenciation des ostéoclastes

Partie II.A. : Préparation de monocytes, précurseurs d'ostéoclastes *in vitro*

Durée conseillée : 120 minutes

La réalisation de cette manipulation nécessite que 4 boîtes de pétri de diamètre 55 mm contiennent du milieu de base pendant au moins 1h. Il vous est donc recommandé de réaliser cette préparation dès le début de la partie.

Les cônes pour micropipette ne sont pas en quantité illimitée ; dans un souci pratique et de développement durable, veillez à ne pas jeter des cônes qui pourraient être utilisés ultérieurement.

Les ostéoclastes sont des cellules multinucléées, qui se différencient à partir de monocytes. L'objectif de cette partie est de déterminer la source optimale de monocytes, en vue d'une différenciation ostéoclastique *in vitro*. Pour cela, vous disposez d'une souris âgée de 6 semaines (volume sanguin : 80 mL/kg), fraîchement sacrifiée.

Nous allons commencer par la source sanguine, avec le protocole suivant, de réalisation d'un frottis coloré au May-Grünwald et Giemsa :

- Déposer une goutte de sang, prélevé au niveau du cœur de la souris à l'aide d'une micropipette P1000 munie d'un cône, sur une lame de verre : étaler la goutte de sang à l'aide d'une autre lame de verre
- Laisser sécher la lame en la plaçant dans une boîte de pétri 90 mm
- Verser 20 gouttes de May-Grünwald et refermer la boîte : laisser agir 3 minutes
- Ajouter 20 gouttes d'eau distillée : laisser agir 1 minute, puis rincer à l'eau distillée
- Recouvrir la lame de Giemsa fraîchement préparé (10 gouttes dans 5 mL d'eau, disponible dans un tube de 15 mL) : laisser agir 10 minutes
- Rincer à l'eau distillée, puis sécher la lame.

Attention, tous les déchets liquides doivent être jetés dans la poubelle prévue à cet effet.

Question II-A-1 : A partir du protocole qui vous est fourni ci-dessus, réalisez un frottis de sang coloré au May-Grünwald et Giemsa. Vous expliquerez dans un premier temps le principe des étapes de ce protocole. Vous identifierez et schématiserez ensuite un monocyte sur des critères que vous explicitez sur la copie. **Vous appellerez alors l'examineur pour qu'il valide ou non votre identification.**

Réponse à la question II-A-1

Très peu de candidats détaillent le principe de la double coloration acido-basique, la plupart se contentant de mentionner la coloration différentielle des cellules du sang. Parmi les candidats qui citent le principe acido-basique, la plupart font des erreurs sur la nature des colorants.

La plupart des candidats proposent des critères d'identification des monocytes qui correspondent en fait aux lymphocytes : noyau rond qui occupe le volume cellulaire. Très peu de "jolie diagnose", c'est-à-dire un schéma qui met en lumière les caractéristiques permettant d'identifier un monocyte.

Il est demandé aux candidats d'avoir une connaissance précise du matériel utilisable en secteur A, dont les falcons, les micropipettes, etc. En effet, certains candidats ont par exemple confondu un falcon et un pot de prélèvement, ou encore une seringue avec une micropipette, ou encore le piston et l'aiguille de la seringue,

...

Certains candidats ont appelé l'examineur pour évaluer leur schéma, alors même qu'ils n'avaient pas fait la préparation. Cela ne rapporte bien sûr aucun point, puisque les compétences testées ici sont : - la réalisation de la manipulation, - le savoir sur des connaissances de base (identification de monocytes), - la réalisation d'un schéma, en adéquation avec l'observation.

Question II-A-2 : Vous évaluez le nombre de monocytes par mL de sang, sachant qu'une goutte a un volume d'environ 0,050 mL.

Réponse à la question II-A-2

Les résultats proposés sont très variables. Certaines réponses sont en adéquation avec les valeurs attendues, mais seulement quelques candidats commentent leurs résultats, notamment quand le résultat obtenu est aberrant.

Comptage du nombre de monocytes sur la lame = 12-15, à rapporter au volume d'une goutte de sang, soit environ 50 µL.

Calcul (simple) : 300 monocytes par mL de sang.

Nous allons maintenant procéder à l'extraction de monocytes à partir de 2 organes : la rate et la moelle osseuse des os longs. La manipulation qui vous est proposée permet de séparer dans un premier temps (*centrifugation sur gradient de Ficoll*) les monocytes et les lymphocytes du reste des cellules de l'organe étudié, puis dans un deuxième temps (*test d'adhérence*) les monocytes des lymphocytes.

Les moments où vous devez faire appel à un examinateur pour qu'il évalue vos préparations vous sont indiqués dans le protocole.

Vous disposez pour cela de :

- 10 mL d'EDTA à 0,02%
- 25 mL de PBS (Tampon phosphate)
- 15 mL de Ficoll, un gradient de densité
- 80 mL de Milieu de base α -MEM dont la composition est présentée sur la figure 9

Ions minéraux		Vitamines	
NaCl, KCl, NaH ₂ PO ₄ , NaHCO ₃ , MgSO ₄ , CaCl ₂	total = 9 940,0	Panhoténate, choline, acide folique, inositol, nicotinamide, pyridoxal, ribo- flavine, thiamine	total = 8,1
Acides aminés essentiels (formes L)		Additifs (pour milieu complet)	
Arg, cys, his, ile, leu, lys, met, phe, thr, trp, tyr, val	total = 558,1	SVF	5 % (V/V) final
Autres molécules		Antibiotiques/antifongiques	0,1 % (V/V) final
D-Glucose	1 000,0	L-Glutamine	0,2 mM
Rouge de phénol	10,0	Acide pyruvique	1 mM

Figure 9 : Composition simplifiée du milieu de culture α -MEM (concentrations massiques en mg/L). SVF : Sérum de veau foetal.

Remarques :

VOUS DISPOSEZ DE GANTS POUR L'ENSEMBLE DE LA MANIPULATION

TOUS VOS TUBES DOIVENT ETRE ANNOTES, AVEC CONTENU, NOM, N° DE CANDIDAT, ET EVENTUELLEMENT TYPE DE CENTRIFUGATION (nombre de tours et temps) A EFFECTUER PAR L'EXAMINATEUR.

Etapes :

- Prélèvement des organes d'intérêt :
 - Prélever la rate sur la souris fraîchement sacrifiée (vous pouvez demander de l'aide à l'examineur pour la repérer) : la déposer dans une boîte de diamètre 55 mm contenant 5 mL de milieu de base à température ambiante.
 - Prélever les os longs (fémurs et tibias) de la souris : les déposer dans une boîte de 90 mm contenant 15 mL de PBS 1x (Phosphate Buffer Saline) à température ambiante. Eliminer au maximum les tissus adipeux et musculaires encore présents sur les organes.

Appeler l'examineur pour qu'il évalue vos prélèvements.
- Purification des lymphocytes et des monocytes : **ATTENTION, VOUS DISEPOSEZ, SUR VOTRE PAILLASSE, DE QUANTITES LIMITEES DES DIFFERENTS MILIEUX, SUFFISANTES POUR LES EXPERIENCES; VOUS POUVEZ NEANMOINS DEMANDER AUX EXAMINATEURS DU MATERIEL SUPPLEMENTAIRE, CETTE DEMANDE ETANT NOTEE.**
 - Préparation des extraits cellulaires
 - Placer la rate dans un filtre BD Falcon « Cell Strainer », toujours dans la boîte 55 mm. Utiliser l'**extrémité blanche** du piston d'une seringue de 3 ml pour écraser la rate et extraire les cellules. Transférer la suspension cellulaire obtenue de la boîte dans un tube de 15 ml et laisser reposer 15 min à température ambiante tels que les débris se déposent. **Appeler l'examineur pour qu'il évalue votre préparation.**
 - Couper les extrémités osseuses de sorte qu'apparaît la moelle osseuse de part et d'autre des os longs. A l'aide d'une seringue munie de son aiguille et remplie de 5 mL de milieu de base, chasser les cellules de la moelle osseuse hors des os dans un tube de 15 mL, en expulsant le milieu à l'aide du piston. Procéder à une séparation mécanique des cellules dans le tube. Réserver le reste des os pour la partie II-B. **Appeler l'examineur pour qu'il évalue votre préparation.**

La suite du protocole est basée sur des centrifugations : pour chaque centrifugation, assurez-vous que les 2 tubes ont le même volume ; si besoin, vous pouvez ajouter du milieu de base (attention de ne pas dépasser un volume total de 7 mL dans chaque tube).

Il vous est également demandé d'annoter correctement vos tubes avec NOM, PRENOM, NUMERO DE SALLE (A1 à A6), et CARACTERISTIQUES DE LA CENTRIFUGATION A APPLIQUER

- Dans 2 nouveaux tubes de 15 mL : placer, volume à volume, du Ficoll pour souris, puis les suspensions cellulaires ; ATTENTION, vous devez pour cela incliner légèrement le tube et faire glisser TRES LENTEMENT la suspension cellulaire sur le Ficoll afin que les 2 milieux ne se mélangent pas. Vous devez arriver à un tube contenant 2 phases séparées, tel que cela vous est explicité sur la figure 10.
- L'étape suivante est une centrifugation à 2500 tours par minute, pendant 20 min à 20°C : **vous devez appeler un examineur afin qu'il évalue votre dépôt et qu'il procède à la centrifugation.** Le résultat de la centrifugation vous est présenté sur le schéma ci-dessous (Figure 10).

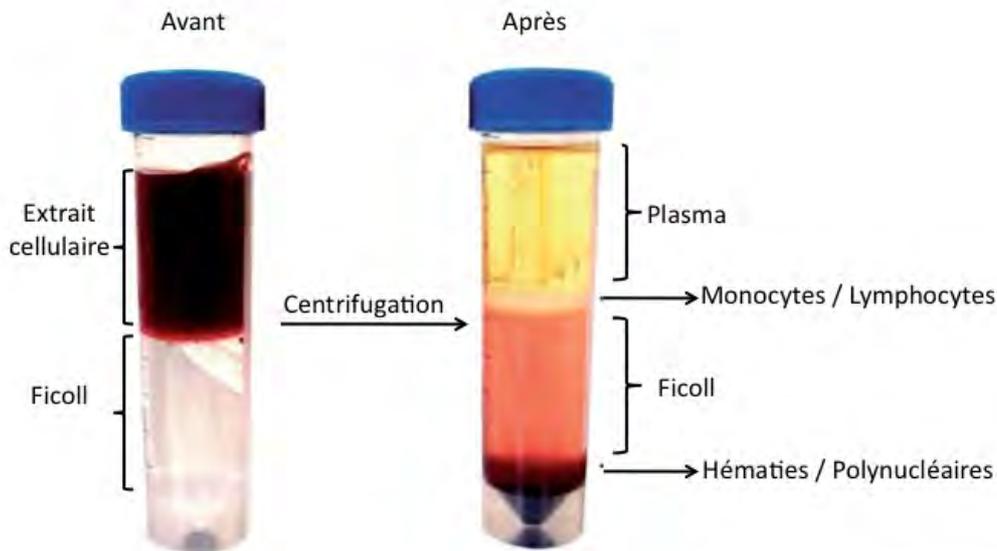


Figure 10 : Résultat de la centrifugation d'extrait cellulaire sur gradient de Ficoll

- Transférer les cellules d'intérêt dans 2 nouveaux tubes de 15 mL et ajouter 5 ml de milieu de base.
 - De même, **appeler un examinateur pour qu'il procède à une centrifugation** à 1500 tours par minute, pendant 5min à 20°C.
 - Enlever le surnageant et reprendre le culot avec le milieu de base qsp (quantité suffisante pour) 5 ml, puis **appeler l'examineur pour qu'il procède à une nouvelle centrifugation** de 1500 tours par minute, pendant 5min à 20°C.
 - Enlever le surnageant et reprendre le culot avec le milieu de base en ajustant le volume à 1ml.
- Comptage des cellules sur lame Kova. Vous disposez d'un échantillon de bleu trypan dans un eppendorf.
 - La lame de Kova comporte 10 chambres de comptage appelés cupules. Un quadrillage est gravé dans chaque chambre de comptage.
 - Chaque cupule comporte une grille dont les caractéristiques vous sont données ci-dessous, dans la figure 11 :

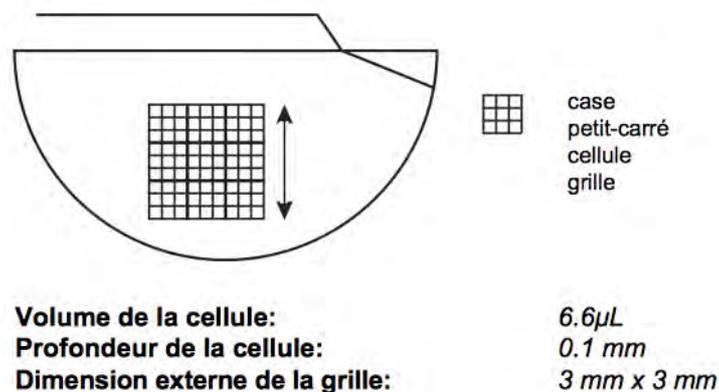


Figure 11 : Schématisation d'une lam kova, avec dimensions

- Remplir par capillarité une chambre de la lame avec l'échantillon (volume de la chambre de 6,6 microl), à partir de l'encoche prévue à cet effet. **Vous devez appeler l'examineur pour qu'il évalue votre préparation.**
- Ensemencement sur plastique.
 - Ensemencement des cellules à raison de 2000 cellules/mm² avec le milieu de culture dans une boîte de pétri 55 mm (volume total de 5 mL). **Les boîtes de pétri qui vont servir à l'ensemencement doivent au préalable avoir contenu du milieu de base pendant au moins 1h. Maintenir les boîtes ensemencées sur la paillasse après avoir appelé l'examineur.**
- Purification des monocytes
 - Sachant que les monocytes sont des cellules adhérentes au plastique contrairement aux lymphocytes, suivez l'évolution de votre ensemencement et déterminez finalement le nombre de monocytes purifiés. Vous pouvez vous servir de l'ensemble du matériel à votre disposition sur la paillasse, en plus d'une solution de lavage (PBS) dépourvue de calcium et de magnésium, et de 2 mL d'une solution d'EDTA à 0,02%. Il vous est rappelé que l'EDTA est un chélateur de calcium, ion indispensable à l'établissement de nombreuses jonctions cellulaires.
 - Un nouvel ensemencement sur boîte de 55 mm (volume total de 5 mL) est attendu, et **doit être évalué par un examinateur.**

Question II-A-3 : Expliquez la composition du milieu de culture utilisé (Figure 7).

Réponse à la question II-A-3

Les réponses à cette question ont souvent manqué de précision : par exemple "milieu riche", "permettant la survie cellulaire", "proche des conditions physiologiques". Le rôle du SVF et du rouge phénol est souvent non connu. Certains candidats n'ont pas commenté SVF/antibiotiques/antifongiques car ceux-ci apparaissaient dans la catégorie "additifs" et donc ont été interprétés comme absents du milieu de base utilisé.

Acides aminés / glucose / vitamines / pyruvate = Macro-, Micro- et Oligo- nutriments

Acides aminés essentiels = non synthétisés par les cellules à partir des nutriments de base.

SVF = facteurs de croissance

Antifongiques / antibiotiques = non développement de micro-organismes

Rouge phénol = indicateur de pH

Question II-A-4 : Pourquoi travailler sur les deux organes rate et moelle osseuse ?

Réponse à la question II-A-4

Le conditionnement des candidats leur a fait perdre de vue les objectifs du TP : beaucoup ont disséqué leur souris comme s'ils avaient à la présenter aux examinateurs, alors que l'objectif n'était qu'un prélèvement de tissu. Beaucoup de temps a donc été perdu par ces candidats ; ils n'ont ainsi généralement pas fini le TP, et se sont donc privés d'un bon nombre de points. Le jury prend soin d'indiquer des « durées conseillées » par partie, il est fondamental que les candidats s'en rapprochent le plus possible afin de réaliser la totalité du TP.

De nombreux candidats n'ont prélevé qu'un seul ensemble fémur-tibia, ce qui ne leur a pas permis de récupérer suffisamment de cellules pour le reste de la manipulation. Les candidats qui ont cependant essayé d'aller jusqu'au bout ont été valorisés.

La plupart des candidats font bien le lien entre rate, moelle osseuse et système immunitaire mais on lit souvent que la rate est aussi un organe lymphoïde (OL) primaire. D'autres candidats insistent sur le rôle de la rate dans l'élimination des cellules sanguines en fin de vie ; il est nécessaire que la réponse formulée soit en adéquation avec le problème posé.

Trop peu de monocytes dans le sang, d'après la question précédente

Moelle osseuse = OL1, Rate = OL2, riches en monocytes

Question II-A-5 : Lors de l'étape de comptages cellulaires, estimez le nombre de cellules par mL de votre échantillon en explicitant votre raisonnement.

Réponse à la question II-A-5

Les protocoles à réaliser sont écrits précisément pour aider les candidats, étape après étape. Plusieurs candidats n'ont pas respecté des étapes de protocole qui leur étaient pourtant bien précisées : dépôt des extraits sur ficoll sans mélange, dépôt volume à volume, etc.

L'erreur la plus fréquente en ce qui concerne la lame KOVA est le fait de considérer le volume de la chambre (6,6µl) au lieu du volume au-dessus de la grille (0,9µl). L'utilisation du bleu trypan a également été souvent oubliée et/ou non expliquée (outils et techniques du secteur A à maîtriser).

Se servir d'une P20, le volume de la chambre étant de 6,6 microL

Mélange au bleu trypan = identification des cellules mortes, qui ne seront ainsi pas comptées.

Compter 2 bords sur les 4 seulement

CALCULS :

1 mm³ = 1 microL

volume de liquide dans la grille = 3*3*0,1 mm = 0,9 microL

volume de liquide dans un petit carré = 0,33*0,33*0,1 mm = 0,011 microL

si raisonnement en fonction de la quantité de cellules sur la grille

Si cellules peu nombreuses :

Comptage sur 9 grands carrés = n, concentration cellulaire = n cellules / microL

Si cellules nombreuses :

Comptage sur 1 seul grand carré = n, concentration cellulaire = n*10 cellules/microL

Déduction de la concentration cellulaire dans l'un ou l'autre cas

Si cellules très nombreuses, potentielle dilution d :

Comptage sur 1 seul grand carré = n, concentration cellulaire = $n \cdot 100 \cdot d$ cellules / microL

Résultats : Moelle = 10^7 leucocytes, Rate = 10^8 leucocytes ; avant le test d'adhérence, il semble donc que le meilleur organe soit la rate.

Question II-A-6 : Expliciter les calculs que vous réalisez pour procéder aux ensemencements. Expliquer pourquoi les boîtes de pétri doivent au préalable avoir contenu du milieu de culture.

Réponse à la question II-A-6

Calculs avant ensemencements (du diamètre d'une boîte de pétri à sa surface ; puis règle de 3). *Des confusions entre diamètre et rayon ont encore été constatées...*

Coating préalable des boîtes de pétri avec milieu de culture donc avec molécules organiques (et minérales) : favorise les interactions cellules-matrices, et ainsi accélère l'adhérence des cellules au substrat.

Certains candidats semblent ne pas comprendre pourquoi ils font certaines manipulations qui leur sont demandées ; par exemple, il leur était demandé, en début de partie, de préparer 4 boîtes de pétri 55mm avec 5 mL de milieu de culture : quel intérêt s'ils ne font pas en sorte que ces 5 mL recouvrent le fond de la boîte ?...

Question II-A-7 : Rédiger le protocole que vous mettez en place pour dénombrer les monocytes après séparation des lymphocytes. Vous justifierez toutes les étapes de ce protocole.

Réponse à la question II-A-7

Cette question a été bien traitée dans les copies. L'intérêt de laver au PBS avant d'incuber en PBS-EDTA est par contre souvent omis.

Le milieu de culture contient du calcium et du magnésium : si on souhaite rompre les jonctions cellulaires calcium-dépendante, il faut donc retirer toute trace de ce milieu de culture, en lavant au PBS.

Un ajout d'EDTA permet alors de rompre les jonctions cellulaires, sur un court temps (sur un temps long, il induit la mort des cellules, d'où la nécessité de suivre l'évolution de l'adhérence cellulaire au microscope ou à la loupe binoculaire).

L'action de l'EDTA doit être arrêtée par un ajout de milieu (contenant du calcium).

Les cellules sont alors récupérées dans un tube pour procéder au comptage sur lame KOVA.

Question II-A-8 : Noter dans le cadre suivant la quantité de monocytes dans la rate et la moelle des os longs de souris, après réalisation de ce protocole. En déduire l'extraction la plus efficace en vue d'une différenciation ostéoclastique, sans oublier un éventuel prélèvement sanguin.

Réponse à la question II-A-8

Moelle = 10^7 leucocytes avec 10^6 monocytes (10%), Rate = 10^8 leucocytes mais seulement $5 \cdot 10^5$ monocytes (%)

Déduction de l'extraction optimale entre rate et moelle osseuse, après test d'adhérence : MOELLE .

Comparaison avec un prélèvement sanguin : 300 monocytes par mL de sang de souris ; une souris ayant environ 1,6 ml de sang (volume sanguin de 80 mL/kg, avec un poids de 20g), cela fait beaucoup de souris...

Question II-A-9 : Quel autre critère de comparaison pourriez-vous proposer pour choisir cette source de prélèvement ?

Réponse à la question II-A-9

Stade de différenciation des monocytes : ce sont quasiment des macrophages dans la rate, contrairement aux monocytes du sang ou de la moelle. La différenciation ostéoclastique est y donc plus rapide.

L'ensemencement pour différenciation s'est fait en absence de facteurs spécifiques ; dans ces conditions, les monocytes se différencient en macrophages. Les facteurs M-CSF et RANK-L ont été identifiés comme étant nécessaires *in vivo* à la différenciation ostéoclastique.

Question II-A-10: Remplissez le plan de plaque suivant qui vous aurait permis d'identifier les doses optimales des deux cytokines, sachant que les concentrations classiques de cytokines sont de l'ordre de 20 ng/mL. Vous explicitez vos choix de milieux de culture dans le cadre suivant.



Réponse à la question II-1-10

Les réplicats sont très souvent omis. Les témoins négatifs sont en revanche en général inclus.

Contrôle

Variation d'un paramètre à la fois

Doubler les expériences plutôt que multiplier les points peu différents les uns des autres

Partie II-B : Acidité et résorption osseuse

Durée conseillée : 90 minutes

Les candidats qui ont un problème de vision des couleurs sont invités à appeler un examinateur lorsqu'une confusion est possible.

Dans cette partie, nous allons plus particulièrement nous focaliser sur l'interaction des ostéoclastes avec la matrice osseuse (apatite), interaction à la base de l'activité de résorption.

La figure 12 suivante analyse le cytosquelette d'actine d'un ostéoclaste déposé sur verre ou sur substrats résorbables.

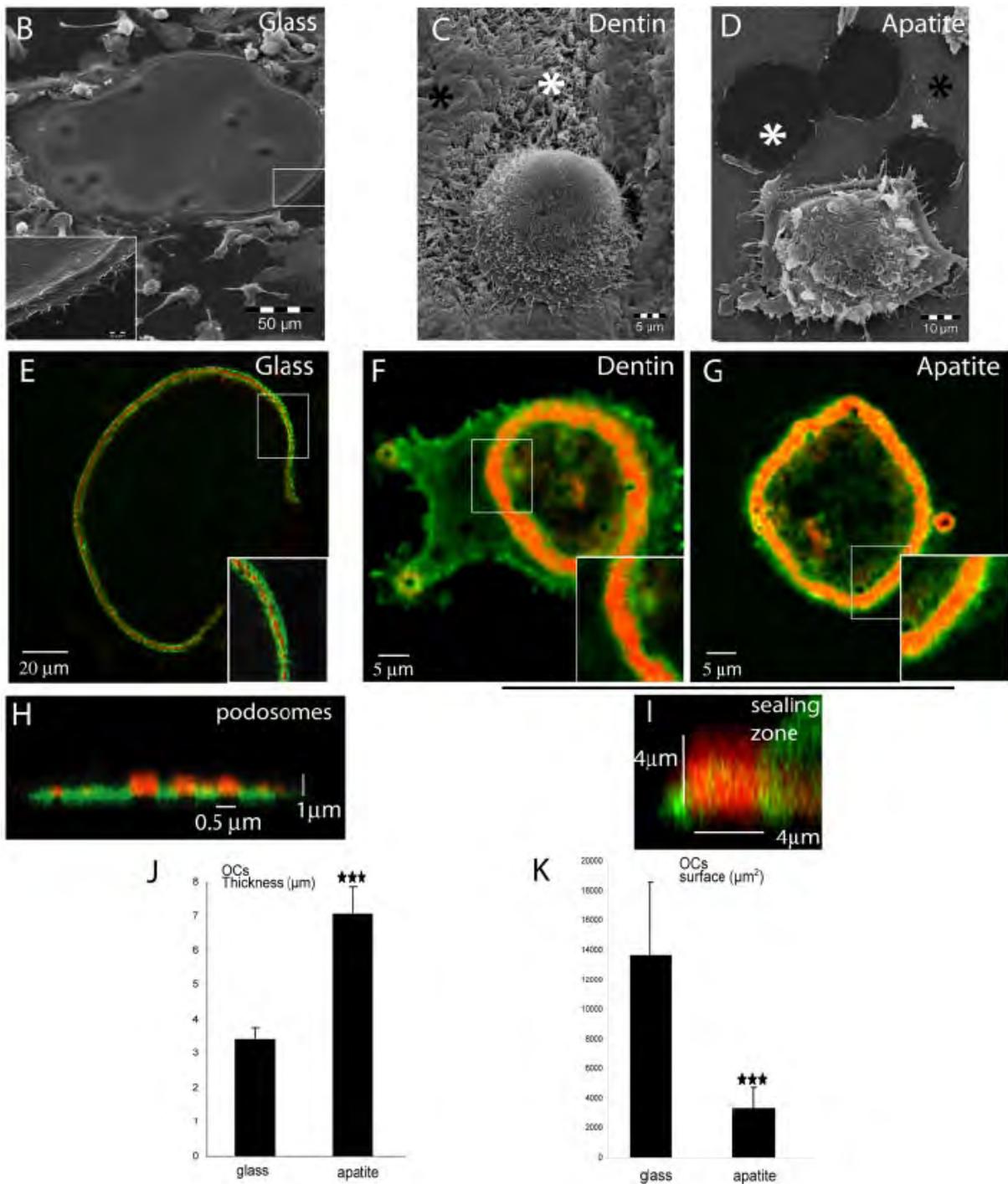


Figure 12 : (Saltel et al., MBoC 2004) : comparaison d'ostéoclastes sur verre, sur dentine ou sur hydroxyapatite (os). En B-D, les étoiles noires et blanches correspondent à du support non digéré et digéré respectivement. I : « sealing zone » = zone de scellement. J et K : mesures respectivement de l'épaisseur et de la surface des ostéoclastes. Les images E à I correspondent à des cellules dans lesquelles l'actine est

visualisée en rouge, et la vinculine en vert. Les images H et I sont des « coupes en Z » des zones encadrées respectivement en E et F/G.

Question II-B-1 : Analysez ces résultats.

Réponse à la question II-B-1

Microscope électronique à balayage : Faisceaux d'électrons / métaux / balayage

Microscope confocal : Fluorescence, laser, balayage focal, image reconstituée sur ordinateur

Sur dentine ou hydroxyapatite (os, support naturel),

... cellules arrondies...

... formation zone de scellement = forte polymérisation de l'actine...

... activité de digestion...

...déplacement des ostéoclastes.

Sur verre,

... pas d'activité de résorption :

.. étalement

... et non ceinture de résorption : des podosomes, structures cytosquelettiques au sein desquelles la polymérisation de l'actine est réduite.

Le support influence sur le comportement ostéoclaste, la morphologie et le cytosquelette étant spécifiques à l'activité de résorption.

Corrélation arrondissement / formation d'une zone de scellement / résorption

Vous disposez également, sur les ordinateurs de la salle, de plusieurs films (IIB_Films 1 à 3) dans lesquels l'actine est fusionnée à la GFP dans des ostéoclastes ou des précurseurs d'ostéoclastes. Vous devez vous y rendre selon le planning de passage indiqué; vous disposez de 20 min à ce poste de travail.

Film 1 : Ostéoclaste mature ensemencé sur apatite (os), exprimant l'actine-GFP (temps d'enregistrement 60 minutes). Vidéo en microscopie optique et à fluorescence (*Saltel et al., MBoC 2004*).

Film 2 : Vidéo en microscopie optique et à fluorescence montrant le détail d'une zone de scellement d'un ostéoclaste sur matrice d'apatite, exprimant de l'actine-GFP (*Saltel et al., MBoC 2004*).

Film 3 : Une zone rectangulaire sélectionnée dans la zone de scellement d'un ostéoclaste ensemencé sur apatite est traitée par FRAP (« Fluorescence recovery after photobleaching », technique qui consiste à détruire la fluorescence de molécules par brulure laser sur une zone limitée) (Saltel et al, MBoC 2004).

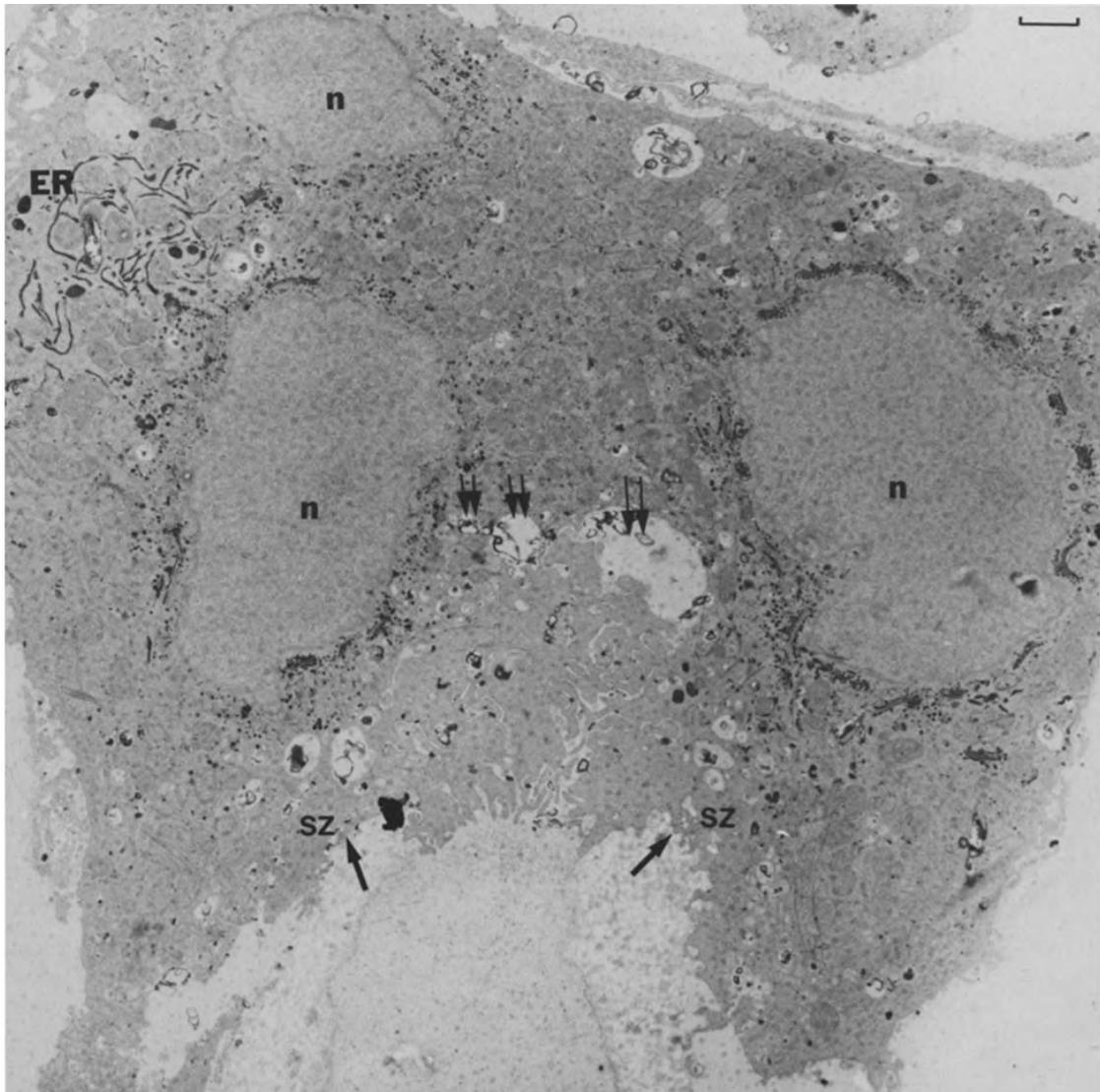


Figure 13 : SZ : zone de scellement, délimitée par les flèches. Les doubles flèches marquent des invaginations de la membrane plasmique. N : noyau, ER : réticulum endoplasmique.

Question II-B-2 : La structure cytosquelettique observée dans les ostéoclastes déposés sur substrat résorbable a été successivement nommée « zone de scellement » puis « ceinture de résorption ». Expliquez pourquoi, en vous servant des films à votre disposition, ainsi que de la micrographie de la Figure 13.

Réponse à la question II-B-2

Film 1: l'aire de résorption correspond à l'aire délimitée par la zone de scellement ; il était nécessaire ici de le démontrer en analysant des temps différentiels du film : par exemple, à x min, observation de la zone de scellement en actine-GFP, et à x+y min, identification d'une zone de résorption à la même aire.

Film 2 : résorption osseuse à l'intérieur de la zone de scellement

Film 3 : zone de scellement dynamique, qui peut donc être formée et dégradée de sorte à générer plusieurs aires de résorption sur l'os

FRAP : Regarder si la fluorescence revient, ce qui montre un déplacement de molécules = accès à la dynamique des structures observées (podosomes versus zone de scellement)

Figure 13 : la MET montre que la zone de scellement délimite une zone de l'ostéoclaste où il y a invagination de la membrane cytoplasmique, donc augmentation de la surface de contact avec l'os. Cela laisse supposer que c'est une surface d'échange, et pas seulement une zone de contact.

Les capacités de renouvellement de l'os peuvent permettre une autoréparation de cet organe en cas de lésion. Dans le cas d'un patient ostéoporotique, ce processus naturel d'autoréparation ne suffit pas : la reconstruction osseuse doit alors être assistée. C'est tout l'enjeu de la bioingénierie de l'os ou bio-orthopédie, discipline par laquelle les chercheurs, les médecins et les spécialistes des matériaux visent à reconstruire des tissus squelettiques fonctionnels, dotés de propriétés biologiques et mécaniques assimilables à celles de l'os.

Un biomatériau sert de support physique sur lequel des cellules peuvent adhérer, migrer, proliférer, se différencier. Pour permettre la réparation d'une lésion affectant l'os, le biomatériau doit notamment avoir une cinétique de résorption concomitante à celle de la néoformation osseuse. En effet, s'il se dégrade trop vite, il ne peut servir de support à la formation osseuse et l'on obtient un tissu fibreux impropre à combler l'os. A l'inverse, s'il se dégrade trop lentement, la persistance du biomatériau va empêcher la formation osseuse, par manque de place.

Plusieurs biomatériaux d'origine naturelle ou synthétique ont été testés : nacre, dentine, céramique. Nous nous proposons ici de déterminer lequel de ces 3 substituts est **le plus à même de constituer un matériel de substitution sur un paramètre : la dissolution calcique à pH 2**, correspondant au pH de la lacune extracellulaire délimitée par la ceinture de résorption ostéoclastique.

Ainsi, l'expérience suivante consiste à comparer la cinétique de dissolution calcique de différents biomatériaux à la cinétique de dissolution calcique d'un os **sur une durée de 3 heures**.

Vous disposez pour cela de 2 biomatériaux utilisés pour résoudre des fractures osseuses, à comparer avec de l'os, prélevé sur la souris qui vous a été fourni.

- Nacre, un carbonate de calcium naturel : coquille d'huître juvénile (*Ostrea* sp. Mollusque Bivalve)
- Corail, un carbonate de calcium naturel : fragment d'exosquelette de *Acropora* sp. (Cnidaire, Anthozoaire Hexacoralliaire)
- Tissu osseux disponible à partir de la souris présente sur votre paillasse : la matrice minérale (phosphate de calcium) représente 70% de la masse de l'os. Les os doivent être nettoyés de tout le tissu adipeux et le tissu musculaire qui leur étaient associés.

Le matériel suivant doit vous aider à répondre à la question posée.

- 1 spatule
- Sopalin
- Balance de précision
- 1 éprouvette 50mL
- Poubelle à déchets liquides et poubelle à déchets solides
- Pissette d'eau déminéralisée
- 1 micropipette P1000 avec cônes bleus
- 1 pipette de 1 mL
- 4 pipettes de 5 mL
- Poire
- 4 petits récipients à bouchon rouge
- 4 grands récipients de 50mL

- 5 mL d'eau déminéralisée dans un petit récipient à bouchon rouge
- 1 mL de solution de carbonate de calcium à 10 mM
- 120 mL de solution acide de pH 2, réalisée avec de l'eau déminéralisée
- 5 mL de solution d'hydroxyde de sodium à 2 M
- Quelques paillettes de Calcon
- 50 mL d'EDTA à 0,01 M, pH 8
- Données suivantes : Masse molaire du calcium = 40 g/mol

Les cônes pour micropipette ne sont pas en quantité illimitée ; dans un souci pratique et de développement durable, veillez à ne pas jeter des cônes qui pourraient être utilisés ultérieurement.

Pour répondre à la question posée, nous allons procéder à un dosage du calcium dissous par une méthode complexométrique à l'EDTA : cette manipulation repose sur la complexation des ions calcium en solution avec l'EDTA (acide éthylène diamine tétra-acétique, en solution de sel de sodium Na_4Y totalement dissocié en Na^+ et Y^{4-}). L'EDTA étant incolore, un indicateur coloré à pH 12, le calcon, qui complexe également les ions calcium Ca^{2+} , est utilisé.

Recommandations avant manipulations :

Toutes les manipulations avec l'indicateur coloré calcon nécessitent d'être à pH 12.

La manipulation doit se faire en utilisant les gants à votre disposition.

Veillez à remuer fréquemment les préparations de sorte à homogénéiser la solution de lyse.

Aucune solution ne doit être jetée dans les éviers : utilisez les poubelles à votre disposition.

Question II-B-3 : Quelle est la condition pour qu'une réaction de complexation soit une réaction de dosage ?

Réponse à la question II-B-3

Cette question a généralement été très bien traitée.

Totale et instantanée, de telle sorte que tout ion Ca^{2+} libéré par le matériel soit complexé et dosé.

Tout le Ca^{2+} libéré est d'abord complexé avec le calcon, puis avec l'EDTA.

Manipulation préliminaire : familiarisation avec les teintes

Dans le petit récipient à bouchon rouge contenant 5 mL d'eau déminéralisée, introduire successivement les réactifs suivants :

1. Ajouter quelques cristaux de calcon, puis 250 μL de soude à 2 M tel que le pH soit ramené à 12 : la solution est bleue
2. Ajouter ensuite 250 μL de carbonate de calcium à 10 mM : la solution devient rose
3. Ajouter rapidement 250 μL d'EDTA à 0,01 M : la solution redevient bleue

Veillez à bien remuer chaque tube avant détermination de la couleur.

Question II-B-4: Expliquer les résultats de la manipulation préliminaire. En déduire le principe du dosage du calcium au calcon et à l'EDTA.

Réponse à la question II-B-4

*Trop peu de candidats ont réalisé la manipulation, comptant sans doute sur les points attribués aux études de documents. Il est rappelé que cette épreuve est **une épreuve de travaux pratiques**, donc que la « stratégie gagnante » n'est certainement pas de ne pas faire les manipulations sur objets en privilégiant les études de documents (rares dans cette épreuve).*

Il s'agit d'une manipulation réalisable en classe de terminale, qui a été très discriminante. Il convient ainsi de maîtriser les bases physico-chimiques et mathématiques du secondaire.

Le calcon à pH 12 est bleu.

Le calcon réagit avec les ions calcium, de sorte à former un complexe rose à pH 12 (Calcon- Ca^{2+})

L'ajout d'EDTA permet un retour à la couleur bleue, suite la formation de complexe $\text{Y}^{4-}/\text{Ca}^{2+}$ et ainsi la libération du calcon.

Ainsi, le principe du dosage repose sur le fait qu'est ajouté autant d'EDTA que d'ions Ca^{2+} complexé avec le calcon.

Question II-B-5 : A l'aide du matériel proposé, construisez maintenant un protocole vous permettant d'évaluer la dissolution calcique des différents matériaux à votre disposition, de sorte à déterminer quel biomatériau se rapproche le plus du tissu osseux physiologique en terme de cinétique de dissolution calcique. Il vous est indiqué que dans ce protocole et contrairement à la manipulation préliminaire, l'EDTA sera ajouté à l'aide d'une pipette de 1 mL munie d'une poire, à la manière d'une burette.

Réponse à la question II-B-5

*Les volumes exacts, ainsi que la quantité de chaque matériel devait permettre au candidat de **construire avec précision un protocole de dosage**, pour lequel il a été également aidé avec la manipulation préliminaire.*

Un EXEMPLE de protocole est proposé ci-dessous ; a été majoritairement évaluée la cohérence du protocole.

Etape 1 : Placer les différents biomatériaux dans des béchers contenant la solution à pH 2 tels que les biomatériaux soient dissous. 120 mL de solution à pH 2 était disponible, à répartir dans 2 béchers pour les 2 biomatériaux + 1 bécher pour le tissu osseux + 1 bécher témoin (solution à pH 2 sans matériel), ce qui menait à placer 30 mL de solution par bécher.

Etape 2 : la durée de la manipulation était de 3h, et le candidat disposait de 4 tubes à essai pour réaliser les dosages, il convenait donc d'envisager une cinétique..

A chaque temps et pour chaque bécher :

5 mL de solution du bécher (à prélever avec une pipette 5 mL munie d'une poire) sont placés dans un tube à essai de 20 mL. 250 microL de soude est ajouté pour revenir à un pH de 12. L'ajout de quelques cristaux de calcon permet l'obtention d'une solution rose, témoignant de la complexation des ions Ca^{2+} libérés par le matériel avec l'indicateur coloré. Rapidement, de l'EDTA est ajouté en utilisant la pipette de 1 mL à la manière d'une burette.

Chaque bécher ne contenant que 30 mL de solution, le candidat ne pouvait faire que 5-6 dosages maximum. Mais il ne disposait que de 50 mL d'EDTA, ce qui le limitait à 3 dosages dans le temps des 3h, soit par exemple à 1h/2h/3h de dissolution.

Suite à chaque dosage, il devait jeter le contenu des tubes à essai dans la poubelle signifiée à cet effet, et rincer chaque tube avec la pissette d'eau déminéralisée.

Etape 3 : suite à la détermination du volume d'EDTA à ajouter dans chaque cas, il était possible de conclure quant à la concentration de calcium dans les 5 mL prélevés dans chaque bécher ($V_{\text{EDTA}} \cdot C_{\text{EDTA}} = V_{\text{Ca}} \cdot C_{\text{Ca}}$). Puis d'en déduire une quantité de calcium nO dans le volume de dissolution (volume de dissolution $\cdot C_{\text{Ca}}$), et ainsi une masse calcique m_{Ca} ($n_{\text{Ca}} \cdot M_{\text{Ca}}$) libérée, à rapporter à la masse initiale du composé, à présenter sous forme de pourcentage ($m_{\text{Ca}} \cdot 100 / \text{masse totale}$).

Question II-B-6 : Réaliser la manipulation selon le protocole établi et noter les résultats obtenus dans le cadre suivant. Les couleurs observées doivent se rapprocher des couleurs visualisées lors de la manipulation préliminaire. Exploiter ces résultats à l'aide de la feuille de papier millimétré qui vous est fournie page 46. Conclure sur le choix d'un biomatériau de remplacement d'os sur le critère de cinétique de dissolution à pH acide, et proposer des manipulations pour compléter cette étude.

Réponse à la question II-B-6

Le recueil de données a été valorisé.

Réalisation d'un graphique sur les résultats obtenus avec pertinence des données affichées : pourcentage de perte osseuse en fonction du temps.

Exemple de dosages et de calculs pour le 1^{er} prélèvement, sur un biomatériau (nacre) :

Si ajout de 3 mL d'EDTA, cela correspond à une concentration calcique dans le volume de dosage de

($3 \times 0,01/5$) 6 mM. Le volume de dissolution au 1^{er} prélèvement est de 30 mL, ce qui correspond à une quantité totale dissoute de (6.30) 180 micromoles de calcium. La masse molaire du calcium étant de 40 g/mol, cela correspond à 7,2 mg de calcium perdu par le matériel.
Poids de la nacre : 0,293g, soit une perte de 18%.

Les résultats pour le corail et pour la nacre sont similaires.

Les dissolutions calciques de la nacre et du corail sont donc équivalentes, beaucoup plus rapides que la dissolution calcique de l'os.

Ainsi, impossible de conclure sur le choix d'un biomatériau sur cet unique critère.

Il ne s'agit pas que de se rapprocher plus ou moins de la digestion de la fraction organique, comme il est dit dans l'introduction de la partie. Le candidat était guidé sur des propositions de test d'ostéogenèse (remplacement du biomatériau par de l'os, via l'activité des ostéoblastes), mais pouvait également penser à des tests de +/- résistance à la contrainte mécanique par exemple.

Les candidats qui ont pensé à rapporter à une surface de dissolution et non seulement à une masse ont été valorisés. De même, les candidats qui ont proposé de broyer les matériaux ont été valorisés.

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

5.2.1 Présentation et commentaires de l'épreuve

Le sujet de TP du secteur B s'organisait cette année autour de l'étude au niveau écologique d'un milieu prairial particulier : les prairies inondables.

La première partie faisait le point sur la caractérisation de l'habitat et permettait aux candidats de se familiariser avec les facteurs écologiques en jeu qui conditionnent le fonctionnement de la biocénose dans cet écosystème. Cette dernière était alors étudiée dans les trois parties suivantes axées respectivement sur trois grandes communautés liées par le réseau trophique, étudiées à diverses échelle d'observation : la végétation d'abord, puis la communauté des arthropodes et enfin celle des oiseaux prairiaux.

Les candidats n'ont pas montré de préférence particulière pour certaines parties du sujet et ont donc dans l'ensemble traité le sujet comme un tout, preuve d'une démarche cohérente de leur part et en adéquation avec les attentes du jury.

La première partie (I.A notamment) concernant le biotope a été de façon générale mieux traitée, ce qui augurait bien de la suite puisqu'elle posait les bases des relations abordées dans les parties suivantes.

Les candidats ont dans l'ensemble bien compris les documents proposés et analysé correctement les données quantitatives qu'ils contenaient. Le jury regrette toutefois que trop de candidats considèrent l'action humaine a priori néfaste pour l'environnement. L'analyse de l'action de l'Homme qui était attendue devait rester objective et faire apparaître aussi ses qualités dans la préservation de cet écosystème fragile.

Les parties moins bien traitées en revanche ont été d'une part celles portant sur l'exploitation de matériel biologique brut pour la production de données (parties II.C et III.C), d'autre part celles concernant les déterminations (II.A et III.A), ce qui s'avère particulièrement regrettable dans une épreuve de travaux pratiques.

Cette année l'exercice de détermination était directement lié au sujet, aussi bien pour les végétaux que pour les animaux, puisque les échantillons proposés faisaient partie d'une liste limitée d'espèces, sur laquelle portait le reste de l'étude dans la partie associée. Leur état phénologique était d'ailleurs le même que celui ayant servi à produire les données exploitées dans le reste de la partie. Outre la cohérence que cela comportait en terme de démarche – la détermination des espèces occupe une place fondamentale en écologie et se fait sur des échantillons ne possédant pas nécessairement tous les critères de détermination réunis – elle devait aussi faciliter l'exercice en lui-même. Cela n'a pas eu l'air d'être le cas encore cette année malgré les remarques similaires dans le rapport du jury des années précédentes.

La dissection florale n'a pas été aussi bien réussie qu'elle aurait dû l'être : la fleur de scirpe était certes petite mais une fois isolée de son inflorescence et observée à la loupe elle n'offrait aucune difficulté

d'interprétation. L'étude anatomique de l'appareil végétatif des deux espèces proposées a en revanche été satisfaisante dans l'ensemble.

La dissection des pièces buccales du phasme – exercice plus classique – a aussi été généralement bien réalisée. Celle du contenu de son jabot – exercice plus original – qui permettait d'affiner la détermination de son régime alimentaire, a été quant à elle beaucoup moins bien réussie.

Les autres parties portaient sur l'exploitation de données brutes et authentiques obtenues sur la biocénose en prairie inondable (relevés botaniques, inventaires d'arthropodes, chants d'oiseaux). Elles comprenaient ainsi quasiment toutes les étapes qui suivent immédiatement l'acquisition des données à savoir leur traitement, leur analyse et leur interprétation. Elles ont été traitées de manière inégale selon les candidats sans que l'on ait pourtant pu déceler d'obstacle majeur à leur compréhension.

Certaines erreurs classiques – mais toujours regrettables – ont été commises par encore trop de candidats. La prise en compte partielle de l'énoncé de certaines questions par exemple mène inmanquablement à la perte de quantité de points prévus dans le barème. La confusion entre analyse et interprétation quant à elle aboutit à une redondance qui nuit à la qualité de la réponse.

La dernière partie (IV) portait sur l'étude de quelques aspects de la faune aviaire des prairies humides par l'étude du chant d'espèces emblématiques telles que le Rôle des genêts.

Pour les aspects pratiques, cette partie comportait une originalité avec l'utilisation du logiciel Audacity, un logiciel classique dans les enseignements de SVT en collège et en lycée. Chaque candidat disposait d'un ordinateur muni d'un casque pendant une période de trois heures. Une fiche technique adaptée à la version du logiciel (Audacity 2.1.2) et aux activités demandées était fournie.

Les candidats devaient utiliser Audacity pour caractériser et comparer les vocalisations émises par le Rôle des genêts et le Bruant des roseaux. Presque la totalité des candidats a su exploiter le logiciel pour écouter les enregistrements, les convertir en spectrogrammes et effectuer les mesures de temps demandées. Il est en revanche étonnant que les questions portant sur la nature des tracés affichés aient posé davantage de problèmes. De même, de nombreux candidats semblent ne pas connaître l'organe d'émission du chant chez les oiseaux, la syrinx.

Une deuxième approche pratique proposait aux candidats d'identifier une séquence étrangère issue du Bruant proyer, dans le chant d'un Tarier des prés. Si de nombreux candidats ont su identifier cette séquence caractéristique à partir de la comparaison des chants de deux Bruants proyer, la plupart n'a pas su retrouver son emplacement dans le chant du Tarier des prés. Nous félicitons donc les candidats qui ont pris le temps d'écouter attentivement les enregistrements et de comparer les spectrogrammes pour retrouver la séquence étrangère, témoin d'une imitation inter-spécifique.

Une analyse de documents complétait l'étude pratique du chant du Rôle des genêts. Cette partie et, en particulier le document IV.3, devaient aider les candidats à mieux caractériser les vocalisations de l'espèce et ainsi comptabiliser correctement le nombre d'unités sonores (question IV-A-1-a). En réalité, presque la moitié des candidats a identifié un nombre double de séquences sonores. Le jury rappelle donc qu'un sujet de TP est construit de manière progressive et logique et qu'il n'est pas interdit de revenir en arrière et corriger des questions précédemment traitées.

Les documents permettaient aux candidats d'analyser plus en détail les paramètres temporels du chant du Rôle des genêts mâle en fonction de la saison et/ou de son état. Cette sous-partie a été assez bien traitée par les candidats qui avaient correctement défini le paramètre "rythme". Il s'agit en général de candidats ayant traité la partie pratique. Les autres candidats, qui avaient adopté une

stratégie de saupoudrage en ne répondant qu'à quelques questions, ont pour la plupart effectué un contre-sens en confondant le paramètre "rythme" et une fréquence d'émission des cris. De plus, ces candidats n'ont pas su se remettre en cause en se contredisant entre les différentes questions du paragraphe IV-B-1-b.

Les candidats qui ont choisi de traiter la dernière sous-partie ont globalement rencontré peu de problèmes. Il s'agissait de comprendre les causes du déclin du Rôle des genêts dans les prairies humides angevines et d'envisager des mesures conservatoires possibles. L'analyse des documents a été correctement réalisée lorsque les échelles avaient été correctement identifiées. Les hypothèses formulées par les candidats ont été généralement recevables malgré certaines propositions fantaisistes.

5.2.2 [Sujet commenté](#)

Les informations qui suivent constituent des indications mais en aucun cas un corrigé complet.

NOM :

Prénom :

Salle :

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2017

TRAVAUX PRATIQUES DE SPÉCIALITÉ DU SECTEUR B

Durée totale : 6 heures

ÉCOLOGIE DES PRAIRIES INONDABLES

Le sujet porte sur les prairies inondables qui flanquent la Loire et ses affluents en Anjou, particulièrement étendues dans les basses vallées angevines. C'est un écosystème original, identifié au réseau Natura 2000 pour sa richesse écologique et pourtant étroitement lié à la présence de l'Homme. Sa proximité voire son intégration à la trame urbaine constitue un bon exemple de gestion d'un milieu naturel en harmonie avec le développement durable. Différentes échelles seront abordées, ainsi que différents acteurs du réseau trophique de sorte à mettre en évidence leur spécificité et leur interdépendance.

1- Les parties sont liées par leur thématiques mais indépendantes dans leur traitement.

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

3- Certaines questions nécessitent des manipulations, prévoyez donc votre organisation en conséquence. Sur la page suivante, la durée conseillée des différentes parties de l'épreuve est indiquée.

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

**AVANT DE REMETTRE 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 - Les prairies inondables : description de certaines particularités du biotope

Durée conseillée : 0h45 – barème : 20/120

I.A Un milieu prairial situé au sein d'un réseau hydrographique instable

Durée indicative : 25 minutes

I.B Des interventions humaines structurantes

Durée indicative : 20 minutes

Partie II - Etude de la végétation des prairies humides en relation avec son biotope

Durée conseillée : 1h45 – barème : 35/120

II.A Reconnaissances raisonnées de quelques espèces végétales prairiales

Durée indicative : 15 minutes

II.B Etude des communautés végétales en relation avec le biotope

Durée indicative : 30 minutes

II.C Adaptation de deux espèces végétales à leur milieu

Durée indicative : 1 heure

Partie III - Etude de l'entomofaune prairiale

Durée conseillée : 1h45 – barème : 35/120

III.A Reconnaissances raisonnées de quelques espèces d'arthropodes des prairies humides

Durée indicative : 15 minutes

III.B Caractérisation de la biodiversité de l'entomofaune prairiale

Durée indicative : 30 minutes

III.C Etude du régime alimentaire d'un taxon majoritaire dans une communauté

Durée indicative : 1 heure

Partie IV - Etude de l'ornithofaune prairiale

Durée conseillée : 1h45 – barème : 30/120

IV.A Analyse des vocalisations d'oiseaux

Durée indicative : 30 minutes

IV.B Les vocalisations des oiseaux et leurs rôles dans la communication inter- et intraspécifique

Durée indicative : 1 heure

IV.C Statut et évolution de la biodiversité aviaire des prairies humides

Durée indicative : 15 minutes

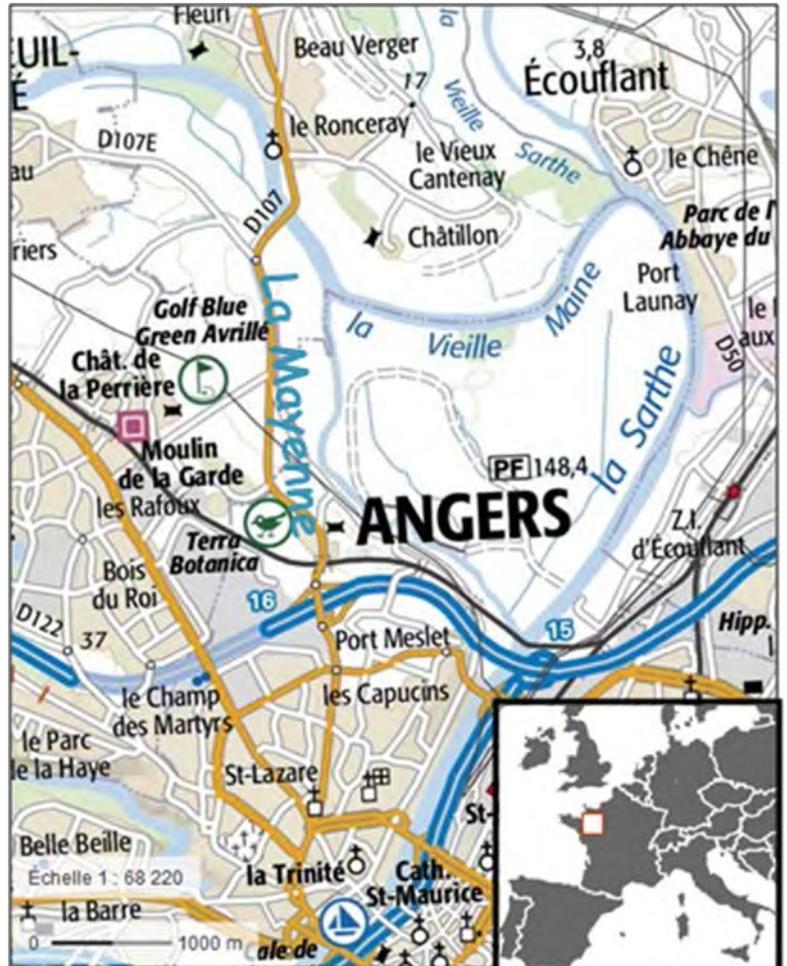
NOM :

Prénom :

Salle :

PARTIE I - LES PRAIRIES INONDABLES : DESCRIPTION DE CERTAINES PARTICULARITES DU BIOTOPE

Dans cette partie, l'étude portera sur les prairies de l'île Saint Aubin, portion de terre de quelques 600 hectares de prairies juste au nord d'Angers, délimitée par la Vieille Maine au nord, la Mayenne à l'ouest et la Sarthe à l'est qui rejoint la Mayenne au sud pour former la Maine, qui se jette dans la Loire au sud d'Angers (Document I.1).



Document I.1 - Localisation de l'île de Saint Aubin en France (encart) près d'Angers (extrait de la carte IGN - site www.geoportail.gouv.fr).

I.A Un milieu prairial situé au sein d'un réseau hydrographique instable

La particularité des prairies de l'île Saint Aubin est d'être un milieu soumis à des événements cycliques plus ou moins prévisibles.

I-A-1 Des inondations de grande ampleur

On vous propose dans ce paragraphe d'appréhender l'étendue des inondations des prairies humides de l'île Saint Aubin en comparant deux vues aériennes présentées dans le Document I.2 sur les pages suivantes.

A partir des données fournies dans le Document I.2 et en vous aidant du matériel fourni, estimez la surface inondée (évaluée en pourcentage de la surface totale) lors de l'inondation hivernale. Dans l'encart situé page 5, vous expliquerez la méthode choisie et donnerez le résultat obtenu.

Pour cet exercice, vous disposez d'une feuille de papier calque et d'une feuille quadrillée que vous rendrez en n'oubliant pas d'indiquer votre nom sur les deux feuilles utilisées.

NOM :

Prénom :

Salle :

Document I.2 – Photographies aériennes de l'île Saint Aubin montrant l'étendue de l'eau à deux périodes de l'année (*Google Earth*)

Document I.2.a – Photographie aérienne prise le 8 mars 2015.



NOM :

Prénom :

Salle :

Document I.2.b – Photographie aérienne prise le 18 juillet 2012.



Réponse à la question I-A-1

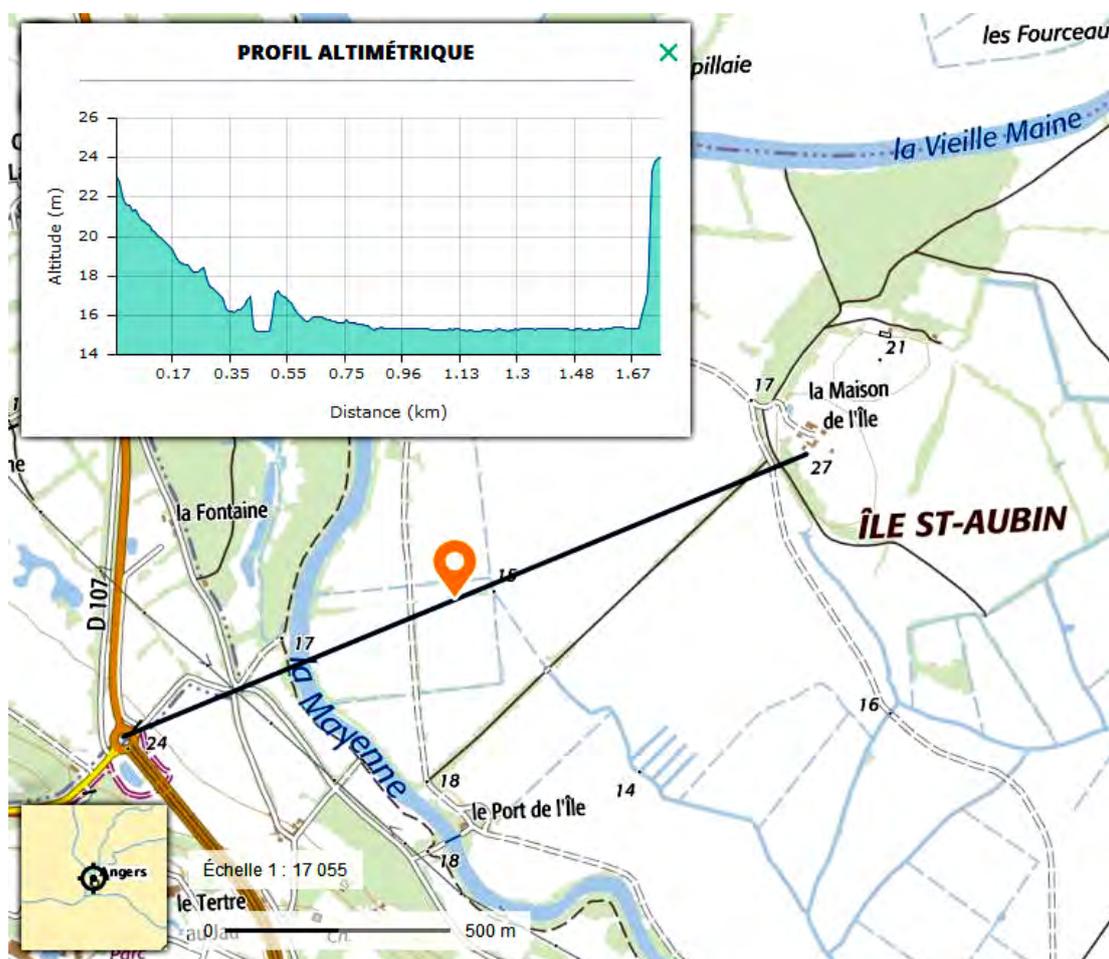
Suggestion pour évaluer la surface inondée :

- Avec le papier claqué, tracer les contours de l'eau visibles sur la photographie hivernale puis ceux de l'île en période estivale
 - Placer le tout sur la feuille quadrillée et compter (dans la partie inondée et la partie exondée) les carrés pleins communs. Pour les carrés incomplets, donner une valeur arbitraire (par exemple 1/2).
 - Puis faire le rapport entre les 2 surfaces.
- Avec cette méthode, on trouve que 75% de l'île étaient submergés le 8 mars 2015, au pourcent près.

I-A-2 Une topographie favorable à la circulation des eaux

Afin de comprendre l'importance des inondations dans la région, il est possible d'étudier plus précisément sa topographie. Dans le Document I.3, vous disposez d'un extrait de la carte topographique de l'île Saint Aubin ainsi que d'un profil topographique effectué le long d'un transect. Le transect est le segment noir marqué par un onglet orange entre la route départementale D107 et la Maison de l'île.

Document I.3 - Extrait de la carte topographique IGN de l'île Saint Aubin montrant l'emplacement d'un transect (segment noir marqué d'un onglet orange) et profil altimétrique



NOM :

Prénom :

Salle :

Dans le cadre situé ci-dessous, analysez le profil altimétrique le long du transect donné de sorte à justifier l'inondabilité des prairies de l'île Saint Aubin.

Réponse à la question I-A-2

- Analyse du profil : d'ouest en est, le transect traverse différents éléments structuraux :
 - une pente régulière en provenance d'une altitude supérieure à 23 m ;
 - la Mayenne à environ 15 m, flanquée de ses deux berges topographiquement supérieures à ce qui les entoure (bourrelets de rive);
 - la prairie à une altitude moyenne relativement constante et seulement un peu supérieure à 15 m ;
 - une butte aux pentes abruptes qui culmine à 24 m sur le profil, à 27 m sur la carte.
- Justification de l'inondabilité de l'île : le niveau de la prairie étant seulement légèrement supérieur au niveau de l'eau de la rivière, l'inondation peut survenir lors d'une brusque montée des eaux seulement de l'ordre du mètre, à condition de pouvoir passer le bourrelet de rive, ou bien dans le cas d'une augmentation du niveau de la nappe sur une longue durée.

I-A-3 La dynamique des crues

Le réseau hydrographique de la région angevine est alimenté par les précipitations collectées au niveau de différents bassins versants. Les cours d'eau étudiés collectent ainsi les eaux de bassins versants différents. Le Document I.4, localisé sur la page suivante, présente les variations des niveaux d'eau dans deux cours d'eau de la région, la Mayenne et la Loire, entre juin 2014 et mai 2016.

I-A-3-a Identification de crues cycliques

A l'aide des données fournies dans le Document I.4, identifiez en argumentant la présence d'un cycle régulier d'apparition des crues de la Mayenne et de la Loire.

Vous répondrez dans l'encart situé ci-dessous.

Réponse à la question I-A-3-a

- Observation de montées des eaux saisonnières (= crues) en période hivernale donnant un profil similaire aux courbes dans les deux sites.
- Quantification en nombre de pics de crue: par exemple pour la Loire, quatre pics dépassant 53 cm en hiver 2015 et cinq pics en hiver 2016.

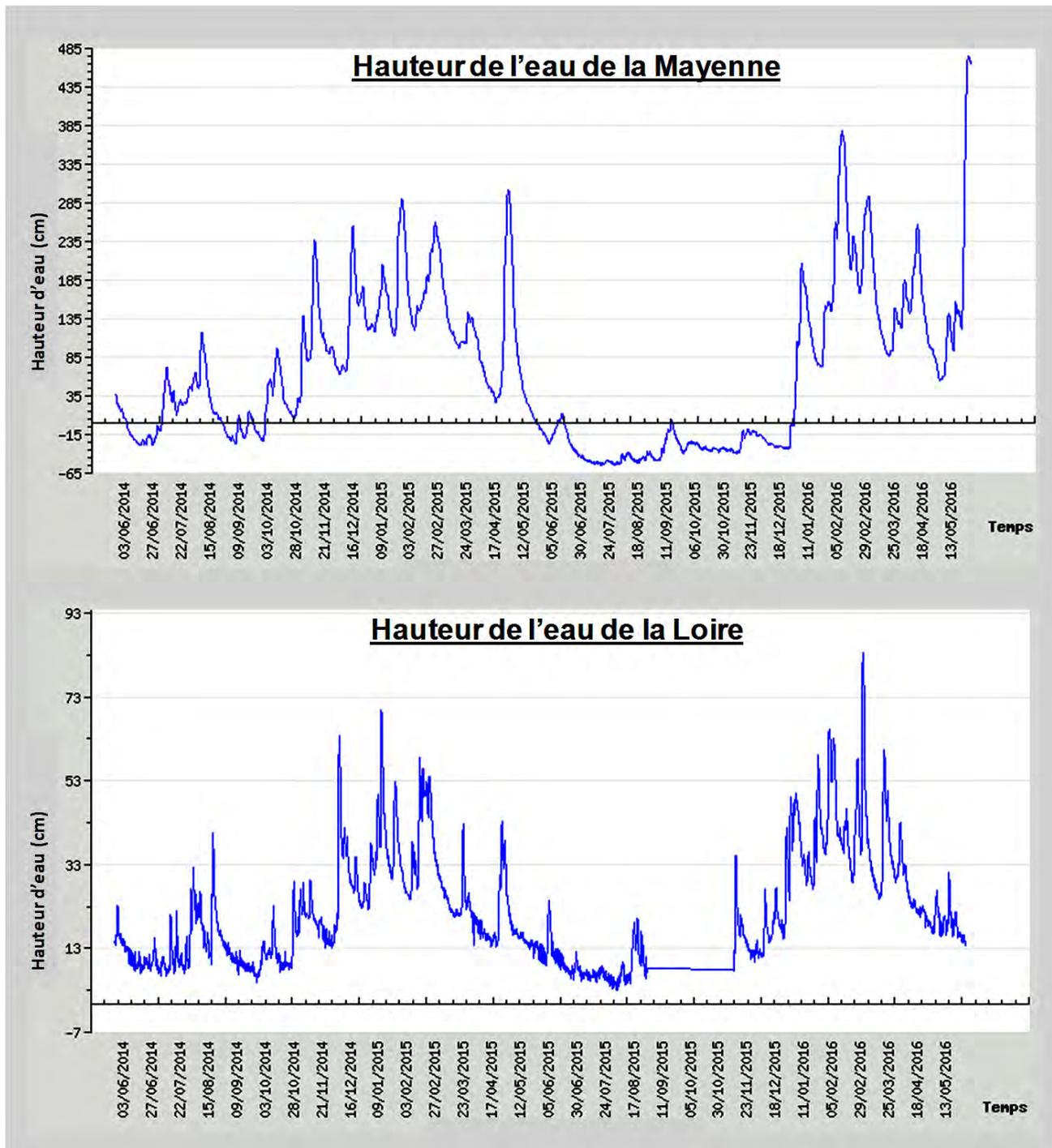
NOM :

Prénom :

Salle :

Document I.4 - Historique de la hauteur de l'eau dans la Mayenne au niveau de Chambellay (tracé du haut) et dans la Loire aux Ponts-de-Cé (tracé du bas).

L'altitude du zéro est de 19,91 m à Chambellay et de 15,33 m aux Ponts-de-Cé.



NOM :

Prénom :

Salle :

I-A-3-b Identification de crues accidentelles

En dehors du cycle régulier de crue, on observe des crues accidentelles.

Pour un des deux cours d'eau de votre choix, identifiez une crue accidentelle en indiquant la date et le cours d'eau concerné dans l'encart ci-dessous.

Réponse à la question I-A-3-b

Par exemple, la crue de la Mayenne un peu avant le 12/05/2015 ou celle de juillet—août 2014.

I-A-3-c Relations entre les événements de crues des cours d'eau

Les bassins versants de la Mayenne et la Loire étant différents, les crues de ces deux cours d'eau sont originellement indépendantes. Elles peuvent néanmoins avoir un lien dans certains cas.

■ **Identifiez un événement de crue simultanée pour la Mayenne et la Loire.**

Après avoir indiqué la date de cet événement dans l'encart suivant, vous donnerez une hypothèse permettant d'expliquer cette simultanéité.

Réponse à la question I-A-3-c

- Crue au début de mai 2015

- Etant donnée la hauteur d'eau dans la Mayenne a cette date (extraordinaire, la plus importante de l'année 2015 - 290 cm au dessus du niveau zéro) qui est juste précédée par un pic de crue dans la Loire, on peut supposer que cette crue de la Mayenne est due à un effet cumulatif : abondance anormale de précipitations dans le bassin versant de la Mayenne et ralentissement de son débit dû à la crue de la Loire.

■ Les données concernant les variations de hauteur du niveau de la Sarthe ne sont pas présentées ici.

Le Document I.2.a présente des arguments qui suggèrent que leur connaissance est essentielle pour comprendre l'inondabilité des prairies de l'île Saint Aubin. Quels sont-ils ?

Vous justifierez alors la difficulté qu'il y a à prévoir les inondations à l'avance dans un contexte incluant tous les cours d'eau étudiés.

Suite de la réponse à la question I-A-3-c

- L'inondation de l'île saint Aubin est directement dépendante du niveau de la Sarthe puisque l'entrée de l'eau dans la prairie se fait le long de cet affluent.

- Au niveau prévisionnel, étant donnée la confluence de la Mayenne et de la Sarthe au niveau de la Maine, leur influence relative est d'autant plus accusée que celle entre la Mayenne et la Loire.

I.B Des interventions humaines structurantes

L'île Saint Aubin a été donnée en l'an 978 aux moines bénédictins de l'abbaye Saint-Aubin d'Angers. Ils ont entrepris, en plus du creusement des canaux, des travaux de déboisement. Ils sont à l'origine de la transformation de la forêt alluviale à frênes en des prairies humides. Ces prairies sont encore utilisées aujourd'hui pour l'élevage extensif.

NOM :

Prénom :

Salle :

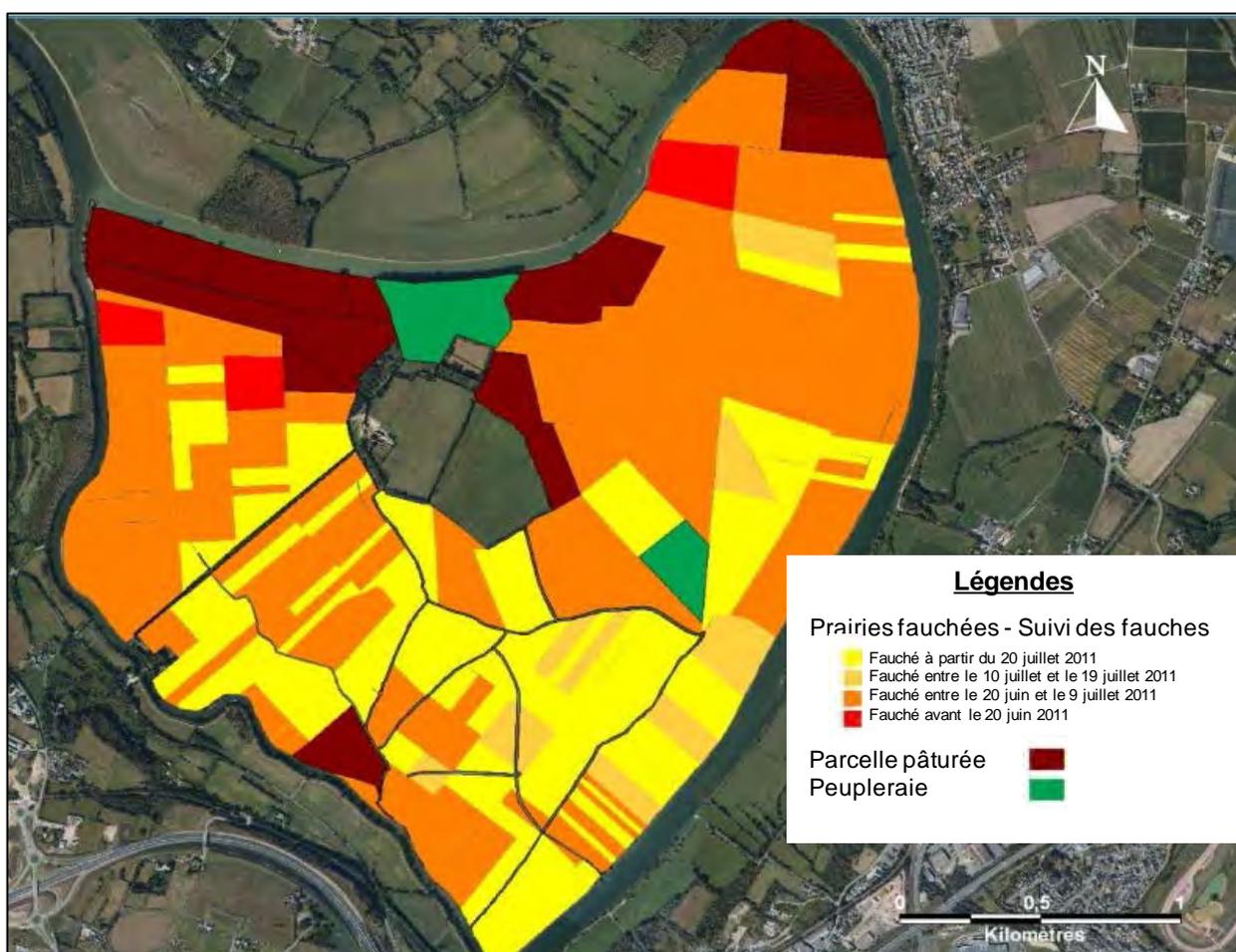
I-B-1 Impacts écologiques de l'Homme sur le milieu

I-B-1-a La carte du Document I.5 (page suivante) illustre la répartition des activités humaines réalisées sur l'île Saint Aubin en 2011.

Pour chaque activité humaine répertoriée dans le document, vous indiquerez dans l'encart ci-dessous ses conséquences écologiques potentielles sur le milieu prairial.

Réponse à la question I-B-1-a

- Fauche: prélèvement de biomasse et maintien de la formation herbacée ;
- Pâture: comme pour la fauche avec en plus un amendement du sol ;
- Peupleraies: modification de la biodiversité par l'attraction de nouveaux animaux par exemple.



Document I.5 – Carte de répartition des principales activités humaines en 2011 sur l'île Saint Aubin (LPO Anjou, octobre 2011)

I-B-1-b Le calendrier des fauches des prairies humides

L'île Saint Aubin est un site, classé Natura 2000, soumis à stricte réglementation. De manière à protéger l'environnement, un calendrier fixe les dates de fauche selon la position de la parcelle.

NOM :

Prénom :

Salle :

■ **A partir du Document I.5, analysez la répartition des grands ensembles de parcelles selon la date de fauche imposée. Vous répondrez dans l'encart suivant.**

Réponse à la question I-B-1-b

- Les parcelles les plus tardivement fauchées sont situées dans les parties basses de l'île Saint Aubin (en jaune, à partir du 20 juillet).
- Inversement, les parcelles les précocement fauchées (en orange et rouge avant le 20 juin jusqu'au 9 juillet) sont localisées sur les parties plus hautes de l'île.

■ **Proposez une hypothèse permettant d'expliquer la distribution des dates de fauche en lien avec l'inondabilité de la prairie.**

Suite de la réponse à la question I-B-1-b

La présence de l'eau retarde la maturité de la végétation = phénologie dépendante de la topographie.
En conséquence, les zones les plus hautes sont fauchées plus précocement pour une meilleure qualité de foin.

■ Le Document I.5 montre la présence de pâtures. **Proposez une hypothèse explicative sur le choix de leur localisation.**

Suite à la question I-B-1-b

Localisation dans des zones les moins inondables donc les plus hautes topographiquement

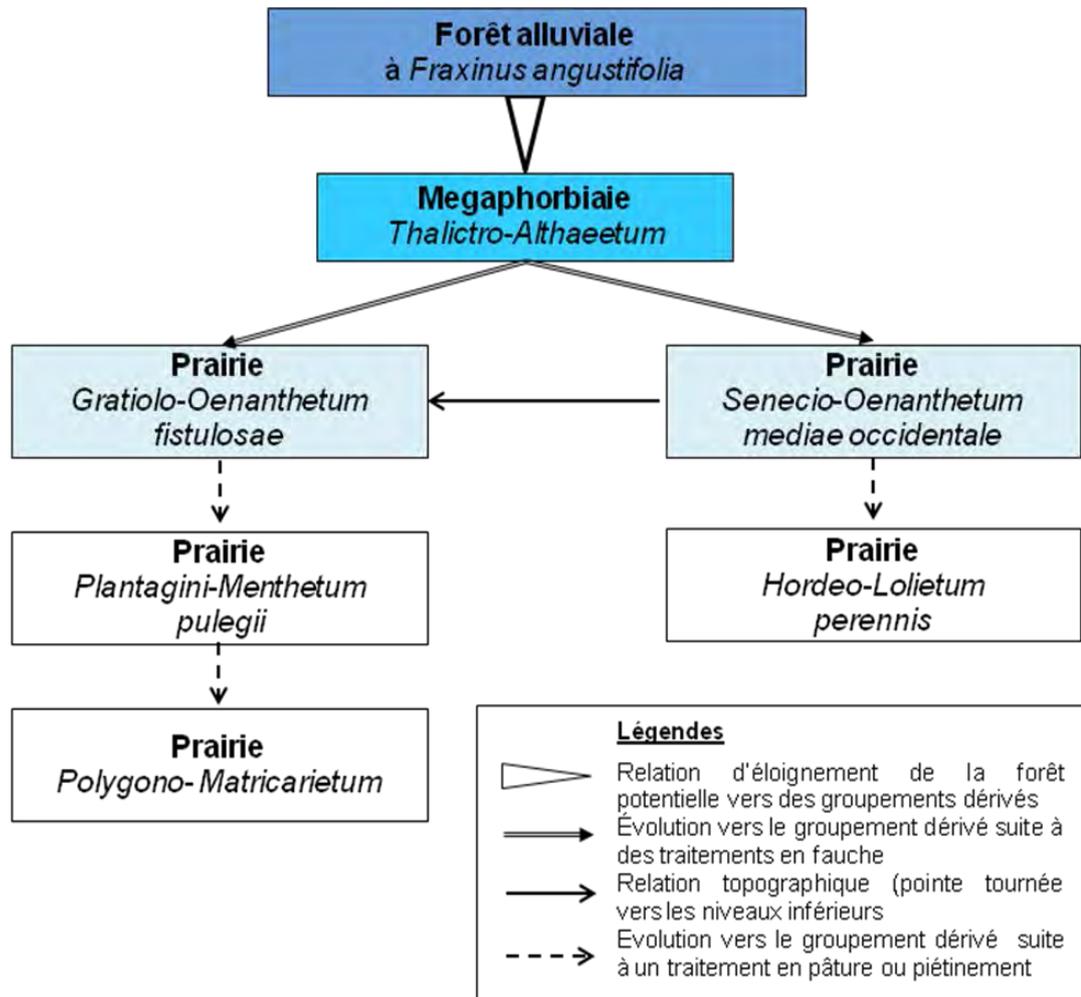
NOM :

Prénom :

Salle :

I-B-2 Dynamique de la végétation et intervention humaine

Le travail de Bruno de Foucault (1984) aboutit au modèle suivant concernant l'évolution de la végétation dans le système alluvial thermo-atlantique de grande vallée.



Document I.6 - Modèle d'évolution de la forêt alluviale à Frênes en fonction de différents facteurs (d'après Bruno de Foucault 1984, thèse Université de Rouen)

I-B-2-a Origine des prairies humides en lien avec la dynamique de la végétation

Utilisez le modèle présenté dans le Document I.6 pour expliquer l'origine et l'évolution des prairies de l'île Saint Aubin en lien avec les facteurs du milieu. Vous répondrez dans l'encart réservé.

Réponse à la question I-B-2-a

Le document montre l'impact :

- du déboisement sur la disparition de la forêt alluviale de Frênes et l'apparition transitoire d'une mégaphorbiaie
- de la fauche sur la régression de la mégaphorbiaie en prairie
- de la topographie sur la succession des communautés de végétation de prairies
- de la pâture sur l'évolution de la prairie selon sa position topographique

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

I-B-2-b Les communautés de végétation actuelles et leur origine

Le Document I.6 permet d'identifier différentes communautés végétales au sein des prairies actuelles.

Etablissez une corrélation possible entre chaque communauté et le type d'exploitation répertorié dans le Document I.5.

<p>Réponse à la question I-B-2-b</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Gratiolo-Oenanthetum fistulosae</i> pour les parcelles des zones fauchées tardivement - <i>Senecio-Oenanthetum mediae</i> pour les parcelles fauchées précocement - <i>Hordeo-Lolietum perennis</i> pour les parcelles pâturées

**PARTIE II - ETUDE DE LA VEGETATION DES PRAIRIES HUMIDES
EN RELATION AVEC SON BIOTOPE**

Après la description de quelques caractéristiques essentielles des prairies humides en tant que biotope, vous allez maintenant étudier la végétation prairiale, producteur primaire de cet écosystème. En étant étroitement inféodés à leur milieu, les végétaux fournissent en effet une aide précieuse pour caractériser les conditions du milieu.

II.A Reconnaitances raisonnées de quelques échantillons d'espèces prairiales

Cette question sera traitée au poste "exercice de reconnaissances" selon un planning affiché dans la salle. Durée maximale: 15 minutes.

Pour chaque échantillon, vous donnerez dans le tableau ci-dessous le nom scientifique de l'espèce proposée

Ces espèces font partie de la liste des espèces présentées dans le Document II.2.

Numéro de l'échantillon	Nom scientifique
1	<i>Lythrum salicaria</i>
2	<i>Stachys palustris</i>
3	<i>Ranunculus repens</i>
4	<i>Lysimachia vulgaris</i>
5	<i>Oenanthe silaifolia</i>
6	<i>Lolium perenne</i>
7	<i>Elytrigia repens</i>

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

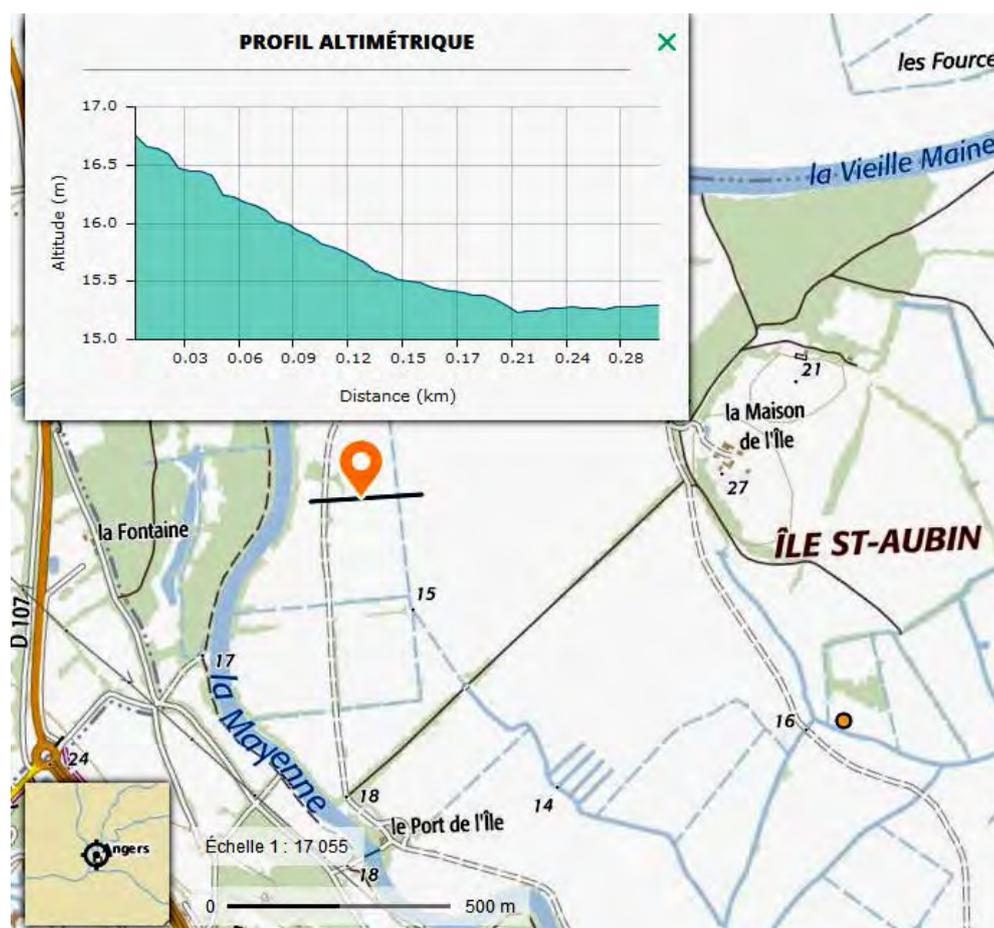
8	<i>Poa trivialis</i>
9	<i>Alopecurus pratensis</i>
10	<i>Phalaris arundinacea</i>

II.B Etude des communautés végétales en relation avec le biotope

Vous disposez ci-dessous d'un dossier documentaire constitué des trois documents suivants:

- la localisation et la topographie d'un transect réalisé sur l'île Saint Aubin ;
- un tableau de relevés botaniques s'enchaînant le long du transect ;
- un tableau donnant les valeurs du coefficient d'Ellenberg pour cinq facteurs écologiques et pour les espèces végétales présentes dans les relevés.

Document II.1 - Emplacement et topographie du transect réalisé dans une prairie inondable de l'île Saint Aubin. Le transect est visualisé sur la carte topographique IGN sous la forme d'un trait noir associé à un onglet orange. Il est délimité par deux milieux non prairiaux: à l'ouest par un chemin (doubles pointillés gris) et à l'est, par un canal (simples pointillés bleus).



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

Document II.2 - Résultats de cinq relevés botaniques effectués le long du transect

Les cinq relevés botaniques s'enchaînent, d'ouest en est, le long du transect défini dans le Document II.1.

Les espèces végétales sont indiquées dans la colonne de gauche.

Leur abondance dans chacun des 5 relevés est codée de la manière suivante:

+ → présence de quelques individus

1 → < 5% de recouvrement

2 → 5 à 25% de recouvrement

3 → 25% à 50% de recouvrement

4 → 50% à 75% de recouvrement

5 → > 75% de recouvrement

Espèce végétale / Relevé	1	2	3	4	5
<i>Achillea ptarmica</i> (Astéracées)		1	2	1	
<i>Agrostis stolonifera</i> (Poacées)	2	2	1	3	
<i>Alopecurus geniculatus</i> (Poacées)					+
<i>Alopecurus pratensis</i> (Poacées)	3	1	1		
<i>Cardamine pratensis</i> (Brassicacées)		+	+	1	+
<i>Carex acuta</i> (Cypéracées)					+
<i>Carex otrubae</i> (Cypéracées)		+			
<i>Eleocharis palustris</i> (Cypéracées)					1
<i>Eleocharis uniglumis</i> (Cypéracées)				1	
<i>Elytrigia repens</i> (Poacées)	2				
<i>Galium palustre</i> (Rubiacees)		2	2	1	1
<i>Glyceria fluitans</i> (Poacées)					+
<i>Iris pseudacorus</i> (Iridacées)		+			
<i>Leontodon autumnalis</i> (Astéracées)	+		+		
<i>Lolium perenne</i> (Poacées)	1				
<i>Lysimachia vulgaris</i> (Primulacées)		+	1	1	
<i>Lythrum salicaria</i> (Lythracées)					+
<i>Mentha aquatica</i> (Lamiacées)					+
<i>Myosotis scorpioides</i> (Boraginacées)		+	+	1	+
<i>Oenanthe fistulosa</i> (Apiacées)		1	2	2	1
<i>Oenanthe silaifolia</i> (Apiacées)	1	2	1	2	
<i>Phalaris arundinacea</i> (Poacées)	1	3	3	2	4
<i>Plantago lanceolata</i> (Plantaginacées)	+	+	+	1	
<i>Poa trivialis</i> (Poacées)	4	1		2	
<i>Ranunculus flammula</i> (Renonculacées)		1	3	2	2
<i>Ranunculus repens</i> (Renonculacées)	+	2	3	2	
<i>Rumex crispus</i> (Polygonacées)		+	+	+	+
<i>Senecio aquaticus</i> (Astéracées)	+	+	+		
<i>Stachys palustris</i> (Lamiacées)				+	+
<i>Taraxacum officinale</i> (Astéracées)	+				
<i>Thalictrum flavum</i> (Renonculacées)	1				

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

Document II.3 - Valeurs du coefficient d'Ellenberg pour les espèces végétales étudiées.

Le tableau suivant répertorie le coefficient d'Ellenberg pour les facteurs écologiques lumière (L), humidité (H), pH, taux d'azote (N) et salinité (S) pour chacune des espèces végétales rencontrées.

Ces indices ont été estimés par Ellenberg et ses collaborateurs pour la majeure partie des espèces d'Europe occidentale (*Ellenberg et coll., Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa, Scripta Geobotanica, 1991*). Leur valeur est attribuée sur une échelle de continue de 0 (affinité minimale) à 10 (affinité maximale) pour les différents facteurs écologiques.

Espèce végétale / Facteur écologique	L	H	pH	N	S
<i>Achillea ptarmica</i>	7	7	5	3	0
<i>Agrostis stolonifera</i>	7	6	7	6	1
<i>Alopecurus geniculatus</i>	8	7	6	6	1
<i>Alopecurus pratensis</i>	7	5	6	7	0
<i>Cardamine pratensis</i>	7	8	5	4	0
<i>Carex acuta</i>	7	9	7	5	0
<i>Carex otrubae</i>	6	8	7	7	2
<i>Eleocharis palustris</i>	8	10	6	4	1
<i>Eleocharis uniglumis</i>	8	9	7	4	3
<i>Elytrigia repens</i>	7	5	7	7	2
<i>Galium palustre</i>	7	9	5	4	0
<i>Glyceria fluitans</i>	7	10	6	6	0
<i>Iris pseudacorus</i>	7	9	6	6	1
<i>Leontodon autumnalis</i>	8	6	6	4	1
<i>Lolium perenne</i>	8	5	6	6	0
<i>Lysimachia vulgaris</i>	7	9	7	5	0
<i>Lythrum salicaria</i>	7	9	7	5	0
<i>Mentha aquatica</i>	7	8	7	5	0
<i>Myosotis scorpioides</i>	7	9	6	6	0
<i>Oenanthe fistulosa</i>	7	9	7	6	0
<i>Oenanthe silaifolia</i>	8	9	7	5	0
<i>Phalaris arundinacea</i>	7	8	7	7	1
<i>Plantago lanceolata</i>	7	5	6	4	0
<i>Poa trivialis</i>	7	6	6	6	0
<i>Ranunculus flammula</i>	7	9	5	3	0
<i>Ranunculus repens</i>	6	7	6	7	0
<i>Rumex crispus</i>	8	6	7	6	2
<i>Senecio aquaticus</i>	7	8	6	5	0
<i>Stachys palustris</i>	7	8	7	7	0
<i>Taraxacum officinale</i>	7	5	7	6	1
<i>Thalictrum flavum</i>	7	8	8	5	0

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

II-B-1 Déterminisme de la répartition des communautés végétales

II-B-1-a Détermination du coefficient d'Ellenberg

Le coefficient d'Ellenberg peut être déterminé pour un relevé donné (E_r coefficient du relevé) en sommant les coefficients attribués à chaque espèce du relevé (E_i) et en divisant par le nombre d'espèces présentes dans le relevé (n), cela indépendamment de leur abondance ou dominance : $E_r = \sum (E_i) / n$

Vous disposez ci-dessous du tableau partiel donnant le coefficient d'Ellenberg pour chaque relevé et pour chacun des facteurs considérés.

Relevé					
Facteur écologique	1	2	3	4	5
L		7	7,1	7,1	7,2
H	6,4		7,5	7,7	8,5
pH	6,5	6,1		6,2	6,2
N	5,7	5,4	5,1		5,3
S	0,4	0,4	0,3	0,4	

Compléter le tableau ci-dessus en donnant les 5 valeurs du coefficient d'Ellenberg correspondant aux cases grisées.

Réponse à la question II-B-1-a Case L-1 : 7,1 Case H-2 : 7,6 Case pH-3 : 6,1 Case N -4 : 5,2 Case S-5 : 0,3
--

II-B-1-b Analyse des résultats obtenus

■ Dans l'encart ci-dessous, analysez la variation et l'évolution des coefficients d'Ellenberg calculés pour chaque relevé et chaque facteur.

Concluez sur l'impact des différents facteurs écologiques dans le système étudié.

NOM :

Prénom :

Salle :

Réponse à la question II-B-1-b

- Le coefficient d'Ellenberg varie très peu entre les 5 relevés pour 4 facteurs écologiques (lumière, pH, azote et salinité): amplitude de 0,1 à 0,4 unité maximum
- En revanche, on observe une forte augmentation linéaire du coefficient d'Ellenberg pour l'humidité depuis le relevé 1 jusqu'au relevé 5.
- Conclusion: l'humidité est le facteur structurant de la végétation alors que les 4 autres facteurs ont un impact négligeable.

■ **Interprétez l'action de chaque facteur sur la végétation d'après la connaissance que vous avez acquise du biotope dans la partie I.**

Suite de la réponse à la question II-B-1-b

- Les deux premiers facteurs lumière et salinité varient d'une valeur apparemment négligeable. L'absence de variation du facteur lumière est attendue pour une prairie. C'est la même chose pour la salinité au niveau d'une prairie continentale sauf cas très particulier.
- Le pH subit une légère variation entre le premier point et les autres. La légère variation pour le pH n'est pas explicable sans plus de renseignements concernant le sol.
- L'azote a un profil plus complexe, étant légèrement plus élevée au début et à la fin du transect. La variation pour l'azote s'explique par un pâturage plus important en zone plus exondée en haut du transect (fèces et pissats) et le dépôt plus important d'alluvions en zone plus inondée en bas du transect.
- L'humidité est liée au profil topographique qui est en lien direct avec l'inondabilité de la prairie.

NOM :

Prénom :

Salle :

II-B.2 Affinités écologiques des espèces et groupements végétaux

Le tableau ci-dessous correspond aux mêmes données que celles du Document II.2, dont la réorganisation a été établie de sorte à faire apparaître différents groupements végétaux.

Espèce végétale / Relevé	1	2	3	4	5
<i>Elytrigia repens</i>	2				
<i>Lolium perenne</i>	1				
<i>Thalictrum flavum</i>	1				
<i>Taraxacum officinale</i>	+				
<i>Leontodon autumnalis</i>	+		+		
<i>Poa trivialis</i>	4	1		2	
<i>Alopecurus pratensis</i>	3	1	1		
<i>Senecio aquaticus</i>	+	+	+		
<i>Oenanthe silaifolia</i>	1	2	1	2	
<i>Agrostis stolonifera</i>	2	2	1	3	
<i>Plantago lanceolata</i>	+	+	+	1	
<i>Ranunculus repens</i>	+	2	3	2	
<i>Phalaris arundinacea</i>	1	3	3	2	4
<i>Iris pseudacorus</i>		+			
<i>Carex otrubae</i>		+			
<i>Achillea ptarmica</i>		1	2	1	
<i>Lysimachia vulgaris</i>		+	1	1	
<i>Galium palustre</i>		2	2	1	1
<i>Ranunculus flammula</i>		1	3	2	2
<i>Oenanthe fistulosa</i>		1	2	2	1
<i>Myosotis scorpioides</i>		+	+	1	+
<i>Cardamine pratensis</i>		+	+	1	+
<i>Rumex crispus</i>		+	+	+	+
<i>Eleocharis uniglumis</i>				1	
<i>Stachys palustris</i>				+	+
<i>Eleocharis palustris</i>					1
<i>Alopecurus geniculatus</i>					+
<i>Carex acuta</i>					+
<i>Glyceria fluitans</i>					+
<i>Lythrum salicaria</i>					+
<i>Mentha aquatica</i>					+

NOM :

Prénom :

Salle :

II-B-2-a Dans l'encart ci-dessous, indiquez quelle opération a été réalisée entre les deux tableaux (Document II.2 et le tableau ci-dessus).

Réponse à la question II-B-2-a

- Réorganisation des lignes donc des résultats par espèce
- Pour réunir verticalement les espèces végétales appartenant à un seul relevé ou à plusieurs relevés consécutifs : par exemple, les 4 premières lignes comprennent des espèces présentes uniquement dans le relevé n°1....

II-B-2-b Caractérissez la répartition des données dans le tableau : quelle géométrie adopte-t-elle ?

Réponse à la question II-B-2-b

Répartition des valeurs se présente sous forme d'une diagonale dont les contours sont continus

II-B-2-c En quoi la distribution des données dans ce tableau traduit-elle le gradient écologique auquel on peut s'attendre étant donnée la position du transect dans cette prairie ?

Réponse à la question II-B-2-c

La communauté végétale évolue progressivement, avec des espèces moins affines pour l'humidité en haut de pente vers des espèces plus hygrophiles à l'autre extrémité du transect.

II.C Adaptation de deux espèces végétales à leur milieu

Vous disposez de deux échantillons végétaux appartenant à la même famille des Cypéracées mais à des espèces différentes, *Eleocharis uniglumis* et *Eleocharis palustris*, très représentées sur l'île Saint Aubin et présentes dans deux relevés du Document II.2.

II-C-1 Morphologie de l'appareil reproducteur des deux Cypéracées

On commencera par l'étude de l'appareil reproducteur de ces espèces afin de les différencier.

Effectuez une comparaison complète de l'appareil reproducteur d'*Eleocharis uniglumis* et *Eleocharis palustris* en réalisant une dissection florale.

- Présentez les 2 dissections florales en fixant les pièces avec du vernis sur une feuille de papier.

Vous appellerez un examinateur pour validation.

- Dans un second temps, vous remplirez le tableau de comparaison ci-dessous.

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

Réponse à la question II-C-1

Caractères / Espèce	<i>Eleocharis uniglumis</i>	<i>Eleocharis palustris</i>
Nombre de stigmates par fleur	2	2
Nombre d'akènes	1	1
Nombre d'étamines	3	3
Nombre de pièces périnthaires (soies scabres)	4	4
Nombre d'écailles à la base de la fleur	1	1
Nombre d'écailles stériles à la base de l'inflorescence	1	2

II-C-2 Morphologie de l'appareil végétatif aérien des deux Cypéracées

II-C-2-a Dans l'encart ci-dessous, indiquez les points communs et les différences de l'appareil végétatif aérien des deux espèces étudiées. Vous quantifierez les caractéristiques qui peuvent l'être.

Réponse à la question II-C-2-a

- Points communs: tige droite, cylindrique, aphyllé, chlorophyllienne.
- Différences: le diamètre de la tige plus important (5 mm) pour *Eleocharis palustris* que pour *Eleocharis uniglumis* (1 mm).

II-C-2-b Les deux espèces étudiées occupent une niche écologique proche mais distincte sur le transect.

Quel trait (s) majeur (s) les prédispose (nt) à occuper ainsi deux niches contiguës ? Vous répondrez dans l'encart ci-dessous.

Réponse à la question II-C-2-b

- La similarité de leur appareil végétatif prédispose ces deux espèces à une niche similaire.
- Cependant, leur différence de taille est en faveur d'une niche plus exondée pour l'un (*E. uniglumis*), plus inondée pour l'autre (*E. palustris*).

NOM :

Prénom :

Salle :

II-C-3 Anatomie de la tige des deux espèces *Eleocharis uniglumis* et *Eleocharis palustris*

II-C-3-a Etude microscopique de la structure de la tige

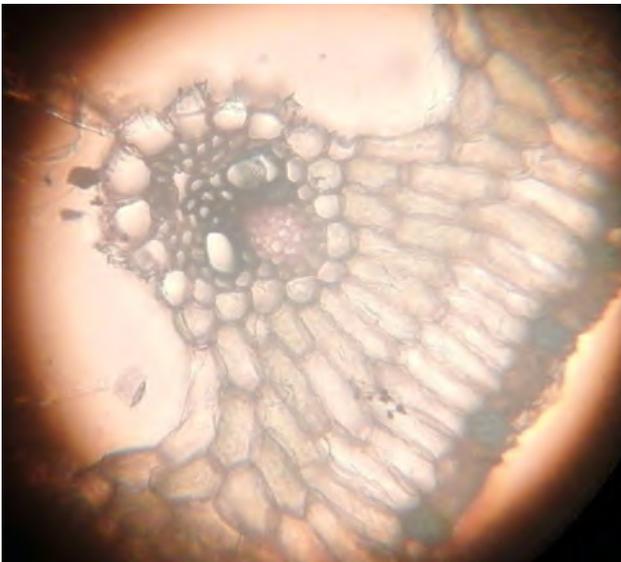
Vous réaliserez une coupe transversale colorée de manière appropriée de la tige de chaque espèce. Puis, vous effectuerez, dans l'encart ci-dessous, un dessin d'observation avec titre et échelle pour chaque coupe seulement sur une portion représentative.

Une fois vos dessins réalisés, vous appellerez un examinateur pour qu'il évalue votre préparation microscopique et vérifie l'adéquation entre vos observations et vos représentations.

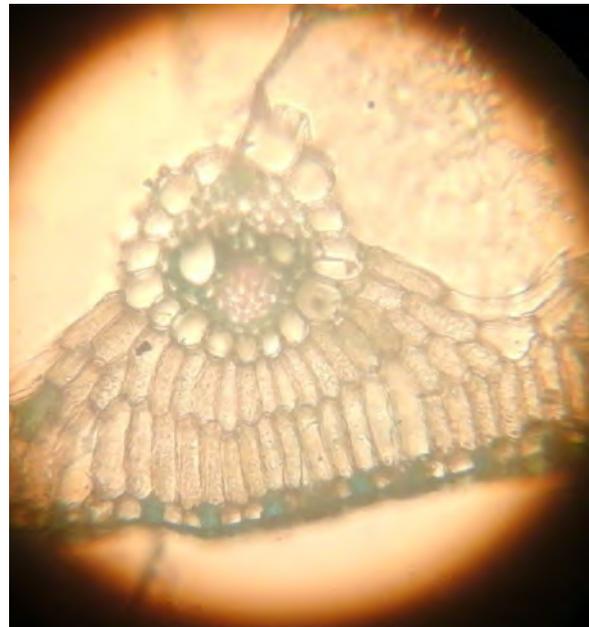
Réponse à la question II-C-3-a

Un dessin avec titre et échelle pour chaque espèce montrant les principaux tissus présents et leur épaisseur respectant notamment le nombre de couches de cellules et leur forme/proportion générale pour chacun.

Eleocharis uniglumis x 400



Eleocharis palustris x 400



II-C-3-b Dans le cadre ci-dessous, vous réaliserez un schéma interprétatif légendé résumant les points communs de l'anatomie de la tige des deux espèces étudiées, sur une portion que vous jugerez suffisante.

Vous indiquerez au niveau des légendes les adaptations de ces espèces à un milieu amphibie.

Réponse à la question II-C-3-b

Schéma représentant la structure anatomique légendée des points communs deux tiges figurant :

- l'épiderme : avec des faisceaux de fibres disséminés au sein de l'épiderme le long de la tige assurant un soutien souple, fonctionnant dans les deux milieux

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

- le parenchyme palissadique cortical caulinaire : photosynthèse réalisable de tous les côtés de l'organe, utilisable en milieu aérien autant qu'aquatique
- un faisceau cribrovasculaire
- une gaine périvasculaire : susceptible de réaliser un métabolisme alternatif C3/C4
- un aerenchyme médullaire : possibilité d'oxygéner les racines en milieu anoxique dû à un substrat souvent trempé et allègement de la tige rendant son port souple dans les deux milieux

PARTIE III- ETUDE DE L'ENTOMOFAUNE PRAIRIALE

III.A Reconnaissances raisonnées de quelques espèces d'arthropodes des prairies humides

Cette question sera traitée au poste "exercice de reconnaissances" selon un planning affiché dans la salle. Durée maximale: 15 minutes.

Vous disposez de dix échantillons d'Arthropodes fréquemment trouvés dans les prairies humides.

Pour chaque échantillon numéroté de 1 à 10, vous donnerez le nom de l'ordre ainsi qu'un critère majeur d'identification de celui-ci. Votre réponse sera indiquée dans les emplacements dédiés du tableau ci-dessous. Ces ordres font partie de la liste des ordres présentés dans le Document III.1 ci-après.

Numéro de l'échantillon	Ordre	Critère majeur d'identification de l'ordre
1	<i>coléoptères</i>	
2	<i>homoptères</i>	
3	<i>hétéroptères</i>	
4	<i>acariens</i>	
5	<i>Larve de lépidoptères</i>	
6	<i>collemboles</i>	
7	<i>hyménoptères</i>	
8	<i>orthoptères</i>	
9	<i>diptères</i>	
10	<i>Larve de symphytes (hyménoptères)</i>	

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

III.B Caractérisation de la biodiversité de l'entomofaune prairiale

Le tableau ci-dessous (Document III.1) correspond aux résultats de dix relevés effectués au filet fauchoir sur cinq stations différentes de prairies inondables. Les relevés ont été effectués dans ces cinq sites distincts, à raison de deux relevés par site (réplicats).

Les sites ont été choisis pour la communauté végétale qui les caractérise :

- les sites 1 et 2 (relevés 1 à 4) abritent l'association *Gratiolo-Oenanthetum fistulosae*,
- les sites 3 et 4 (relevés 5 à 8) correspondent à l'association *Senecio-Oenanthetum mediae occidentale*,
- le site 5 (relevés 9 et 10) présente l'association *Hordeo-Lolietum perennis*.

Chaque site choisi contient des arthropodes, consommateurs primaires dans l'écosystème étudié. L'identification exhaustive des arthropodes récoltés a été réalisée pour chaque relevé jusqu'au niveau de l'ordre ou de la famille.

Document III.1 - Relevés et détermination de l'entomofaune récoltée sur cinq sites distincts de prairies inondables.

Sites	1		2		3		4		5	
Relevé Taxon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hyménoptères	47	42	29	30	46	54	13	29	52	37
Symphytes	13	0	5	15	1	2	6	1	17	8
Diptères	44	32	27	29	21	10	7	23	42	87
Coléoptères	10	3	34	38	1	1	7	5	23	40
Cantharidés	7	4	3	3	0	7	0	2	0	0
Aranéides	4	10	5	5	4	8	5	7	72	34
Orthoptères	1	2	0	1	0	5	6	1	111	75
Homoptères	14	22	17	18	12	18	64	76	57	0
Hétéroptères	7	3	23	22	5	6	17	8	52	0
Lépidoptères	0	5	0	3	0	0	0	1	4	61
Thysanoptères	0	0	1	4	0	8	2	0	11	18
Collemboles	0	1	2	1	4	10	18	1	10	13
Acariens	0	0	0	1	0	0	0	0	40	40

III-B-1 *Catégories d'arthropodes capturés*

Dans l'encart ci-dessous, indiquez quels types d'arthropodes sont prélevés au moyen du filet fauchoir.

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

Réponse à la question III-B-1
 Prélèvement des arthropodes reposant sur la végétation et des insectes volants.

III-B-2 Valeur indicatrice de l'indice de Simpson associé aux relevés

Le tableau ci-dessous (Document III.2) vous donne l'indice de Simpson I_s , un indice de la biodiversité pour chaque relevé. Cet indice est déterminé selon la formule $I_s = 1 / \sum p_i^2$ avec p_i , la fréquence du taxon, c'est-à-dire le nombre d'individus du taxon sur le nombre total d'individus relevés dans le site.

Document III.2 - Valeur de l'indice de Simpson associé aux dix relevés d'Arthropodes effectués dans cinq sites prairiaux.

On rappelle que les relevés 1 et 2 ont été effectués dans le même site 1, les relevés 3 et 4, dans un autre site 2... etc.

Site	1		2		3		4		5	
Relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Indice de Simpson	4,5733	4,4749	5,9079	6,7523	3,2014	4,5183	4,1412	3,2523	7,8833	7,3530

III-B-2-a A partir de la comparaison de l'indice de Simpson entre les relevés effectués dans chaque site (Document III.2), discutez dans l'encart ci-dessous de leur reproductibilité.

Réponse à la question III-B-2-a

- Pour les sites 1, 2 et 5, la comparaison de l'indice de Simpson entre les 2 relevés effectués sur le même site montre un écart faible (maximum de 0,8 obtenu pour le 2^{ème} site).
- Pour les sites 3 et 4, l'écart est plus important (plus de 0,8 dans les 2 cas) et de même ordre de grandeur.

III-B-2-b A partir de l'analyse du Document III.2, caractérisez les variations de la biodiversité entre les sites étudiés.

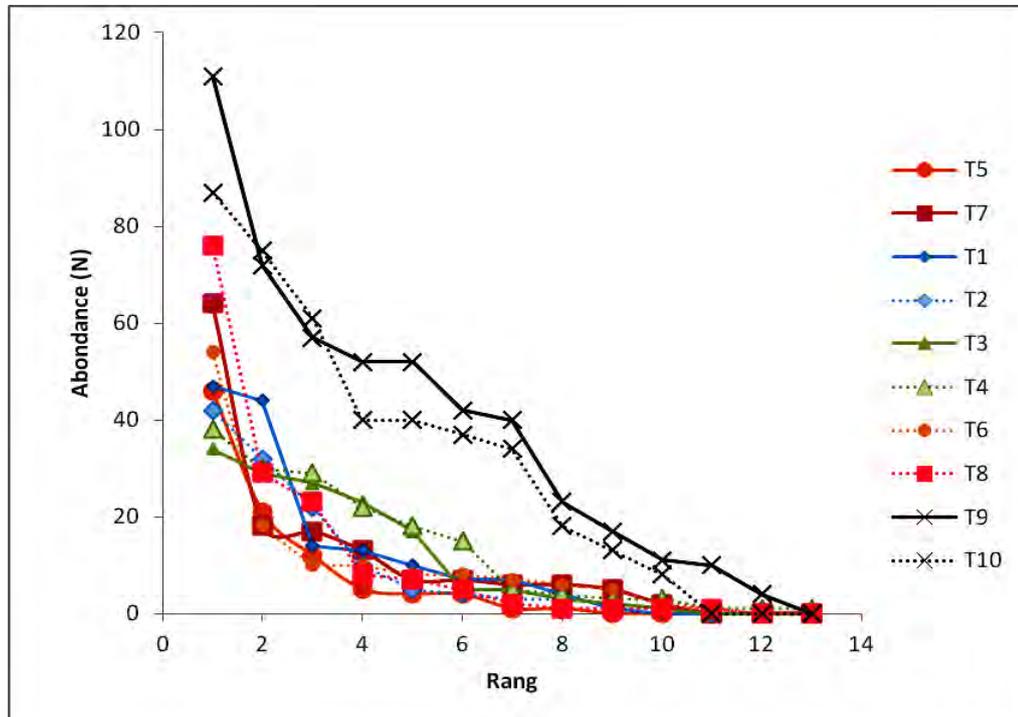
Réponse à la question III-B-2-b

- Le site à la **plus forte biodiversité apparente** est le site 5 (*Hordeo-Lolietum*) puisque l'indice de Simpson en ses deux relevés (8 et 9) est supérieur à 7.
- Une **valeur moyenne de biodiversité** est attribuée aux sites 1 et 2 (*Gratiolo-Oenanthetum*) avec une moyenne de 5,4 entre les relevés 1 à 4.
- **Pour les sites 3 et 4 (*Senecio-Oenanthetum*)**, la moyenne entre les quatre relevés est de moins de 4, suggérant une **biodiversité inférieure** aux deux précédents sites.

III-B-3 Analyse de l'abondance relative des arthropodes

Le document suivant montre la relation entre le rang (classement des taxons en fonction de leur abondance) et l'abondance (nombre d'individus par taxon) pour chaque relevé.

Document III.3 - Relation rang-abondance des relevés effectués. T1 à T10 correspondent aux différents relevés.



Comment ce graphe traduit-il la valeur de l'indice de Simpson associé aux relevés?

Réponse à la question III-B-3

- Biodiversité forte : **équi-répartition** relative des taxons majoritaires. Exemple : relevés 1 à 4 pour lesquels un nombre conséquent de taxons ont un effectif d'un ordre de grandeur important et comparable (environ la moitié des taxons ici).
- Biodiversité faible: **dominance d'un nombre discret de taxons**. Exemple : relevés 5 à 8 où le premier taxon domine très nettement sur tous les autres taxons.

III-B-4 Exploitation des données initiales des relevés

Une exploitation des données brutes (Document III.1) est nécessaire pour nuancer les hypothèses obtenues grâce à la lecture de l'indice de Simpson et des courbes rang / abondance.

III-B-4-a En reprenant le Document III.1, analysez la variabilité d'abondance des taxons entre les 2 relevés d'un même site.

Puis, nuancez l'information apportée par l'indice de Simpson qui leur est associé.

NOM :

Prénom :

Salle :

Réponse à la question III-B-4-a

- Variabilité d'abondance des taxons entre 2 relevés d'un même site ? Reproductibilité correcte pour les 4 premiers sites / importante variation des relevés 9 et 10 au dernier site 5.
 - Information apportée par l'indice de Simpson ? L'indice de Simpson est très similaire entre les 2 relevés qui montrent la plus forte variation.
- Donc cet indice apporte une information à relativiser compte tenu des données initiales.

III-B-4-b Expliquez comment la répartition des individus dans le milieu peut être à l'origine d'une mauvaise reproductibilité des données entre deux relevés effectués sur le même site.

Réponse à la question III-B-4-b

Selon les espèces la répartition des individus dans le milieu peut être régulière - auquel cas leur effectif devrait être constant entre deux relevés –
ou bien en agrégats - auquel cas leur effectif peut être très variable selon le relevé.

III.C Etude du régime alimentaire d'un taxon majoritaire dans une communauté

En vue de poser des hypothèses sur l'origine des variations de composition de la communauté d'arthropodes dans les prairies inondables, on se propose d'étudier le régime alimentaire d'un taxon, les Orthoptères. Il s'agira ainsi d'établir un lien avec la végétation aux différents sites.

L'insecte choisi comme modèle dans le cadre de cette étude est le Phasme asiatique, *Cuniculina imbriga*.

Vous disposez d'un seul échantillon qui sera utilisé dans les questions III-C-1 et III-C-2.

III-C-1 Etude de l'appareil buccal du phasme

III-C-1-a Réalisez une dissection de l'appareil buccal du phasme.

Votre présentation sera réalisée avec l'ensemble des pièces buccales collées et nommées sur une petite portion de feuille bristol puis **évaluée sous la loupe binoculaire par un examinateur que vous appellerez.**

Réponse à la question III-C-1-a

Labre
Labium (1) constitué de 2 pièces soudées
Mandibules (2)
Maxilles (2)
Hypopharynx

NOM :

Prénom :

Salle :

III-C-1-b **Dans l'encart ci-dessous, indiquez le type d'appareil buccal ainsi mis en évidence.**

Réponse à la question III-C-1-b
Appareil buccal de type broyeur

III-C-1-c **Précisez le rôle respectif de chaque pièce buccale en relation avec sa structure.**

Réponse à la question III-C -1-c
mandibules → découper les aliments
maxilles + palpes → goûter, trier et découper
labium + palpes → goûter et récolter

III-C-2 Etude du contenu du jabot d'un insecte

Afin de préciser davantage le régime alimentaire d'un insecte, il est possible d'étudier le contenu de son jabot.

Vous réaliserez la dissection et le montage microscopique du contenu du jabot de l'échantillon proposé selon le protocole indiqué ci-dessous.

Puis à l'aide d'un dessin d'observation, dans l'encadre ci-dessous, vous indiquerez la nature des éléments figurés mis en évidence.

A l'issue de cette observation, vous appellerez un examinateur pour qu'il vérifie le résultat de votre dissection et de votre observation.

Protocole de dissection du contenu du jabot du phasme

- Positionner l'insecte dans la cuvette à dissection.
- Détacher et retirer les appendices thoraciques à la pince pour plus de confort lors de l'ouverture du thorax.
- A l'aide de deux pinces, déchirer la membrane souple qui sépare le sclérite dorsal du sclérite latéral, de l'arrière vers l'avant, tout le long du thorax. Cette opération sera réalisée successivement sur le côté gauche et sur le côté droit de l'animal.
- Une fois ces deux sections latérales réalisées, couper avec les ciseaux le sclérite dorsal à l'avant et à l'arrière de sorte à pouvoir détacher le volet ainsi délimité. Le jabot apparaît alors à nu et se trouve prêt à être extrait.
- Couper le jabot à l'avant et à l'arrière de sorte à pouvoir l'extraire de l'animal.
- Disposer l'organe sur une lame d'observation et le sectionner de tout son long au scalpel pour libérer son contenu.
- Disséminer son contenu dans l'eau de la préparation avant de recouvrir d'une lamelle pour l'observation.

NOM :

Prénom :

Salle :

Réponse à la question III-C-2

Contenu : fragments homogènes de feuilles aux contours irréguliers reconnaissables à leur couleur verte (résultant d'une multitude de points verts, les chloroplastes, observables à un fort grossissement) lorsque le diaphragme est ouvert au maximum, et à des trichomes parsemant leur surface lorsque le diaphragme est fermé. Quelques vaisseaux spiralés peuvent aussi être détectés joignant deux morceaux de feuilles incomplètement séparés. Les nervures peuvent elles aussi être identifiées sur certains morceaux.

→ Régime alimentaire phyllophage strict

III.C-3 Préférences alimentaires et répartition des arthropodes

III-C-3-a **Quelle caractéristique du régime alimentaire de l'insecte étudié dans le paragraphe précédent permet de poser l'hypothèse d'une préférence alimentaire ?**

Réponse à la question III-C-3-a

- Observation dans le contenu gastrique du phasme de fragments de feuilles de nature homogène
- Hypothèse d'une préférence alimentaire pour un taxon restreint de végétaux, voire une seule espèce

III-C-3-b Vous souhaitez préciser la préférence alimentaire du phasme étudié.

A partir de vos observations du contenu gastrique du phasme, citez des critères permettant de préciser l'hypothèse concernant sa préférence alimentaire. Dans votre réponse, vous classerez ces critères, du critère le moins informatif au critère le plus informatif.

Réponse à la question III-C-3-b

Critères permettant de préciser une préférence alimentaire pour un taxon végétal ou une espèce :

- la couleur des fragments de feuille
- leur nervation
- la morphologie des poils

III-C-3-c **Expliquez comment la mise en évidence d'une préférence alimentaire de l'insecte permet ici de poser une hypothèse concernant sa distribution dans le milieu.**

Réponse à la question III-C-3-c

La connaissance du taxon voire de l'espèce végétale consommée permet de poser l'hypothèse d'une corrélation entre sa présence en un point et la présence de l'insecte qui la consomme.

NOM :

Prénom :

Salle :

PARTIE IV – ETUDE DE L'ORNITHOFAUNE PRAIRIALE

Les prairies humides représentent des écosystèmes majeurs pour la conservation de plusieurs espèces d'oiseaux chez qui elles constituent des zones d'alimentation, halte migratoire et nidification. Dans cette partie, vous allez vous intéresser à quelques espèces d'oiseaux emblématiques.

IV.A Analyse des vocalisations d'oiseaux

Une des principales caractéristiques des oiseaux est leur communication sonore. On vous propose dans ce paragraphe de définir et comparer les sons émis par deux espèces : le Râle des genêts (*Crex crex*) et le Bruant des roseaux (*Emberiza schoeniclus*).

Vous avez accès pendant un temps limité à un ordinateur contenant les fichiers mp3 correspondant aux enregistrements des vocalisations de ces deux espèces. L'ordinateur dispose d'un logiciel largement utilisé dans les classes du secondaire, Audacity. Une fiche technique simplifiée vous est fournie avec l'ordinateur.

Le logiciel Audacity devra être utilisé pour répondre aux questions IV-A-1 et IV-A-2 qui suivent ainsi qu'aux questions IV-B-1-a et IV-B-2. Exploitez au mieux votre période d'accès à l'ordinateur.

Après certaines questions, il vous est demandé d'appeler un examinateur pour qu'il vérifie votre travail. Vous veillerez à l'appeler après avoir effectué le travail demandé.

IV-A-1 Etude des sons émis par le râle des genêts et le bruant des roseaux

Vous disposez dans l'ordinateur d'un enregistrement de chaque espèce : fichier « **râle des genets.mp3** » et fichier « **bruant des roseaux.mp3** ». Avec l'aide du logiciel Audacity, ouvrez les deux fichiers.

IV-A-1-a Au moyen des écouteurs pour ne pas gêner les autres candidats, écoutez successivement les deux enregistrements proposés.

Vous allez entendre une répétition d'unités sonores propres à chaque espèce. Pour chacune, indiquez dans l'encart ci-dessous combien de fois ces unités sont répétées.

Réponse à la question IV-A-1-a

L'écoute des deux enregistrements permet de repérer des unités répétées à l'identique chez les 2 espèces :

- chez le Râle des genêts, on entend deux sons successifs (crek-crek) séparés par un silence. L'ensemble est répété 8 fois donnant un aspect assez monotone aux vocalisations de cet oiseau.

- chez le Bruant des roseaux, on entend des unités sonores composées de nombreux sons et de trilles. Ces unités sonores sont émises à intervalles réguliers et sont séparées par des silences. On comptabilise 5 unités dans la séquence d'une minute proposée.

NOM :

Prénom :

Salle :

IV-A-1-b Comparaison des vocalisations

Comme vous avez pu l'entendre, les deux espèces étudiées possèdent des vocalisations très différentes. Elles correspondent aux deux grandes catégories de communication sonore chez les oiseaux.

Dans l'encart ci-dessous, comparez la nature des unités sonores émises par le Rôle des genêts et le Bruant des roseaux. Nommez respectivement leur type de vocalisation.

Réponse à la question IV-A-1-b

- Chez le Rôle des genêts, les unités sonores sont très courtes Il s'agit d'une vocalisation de type appel ou cri. Ce type d'émission sonore est peu élaboré, formée de 2 notes successives identiques.
- Chez le Bruant des roseaux, les unités sonores sont un peu plus longues et plus complexes, structurées avec des sons brefs et incisifs répétés, des trilles. On entend des variations entre les unités. Il s'agit d'un chant.

IV-A-2 Etude avec le logiciel Audacity des émissions sonores du Rôle des genêts et du Bruant des roseaux

Vous allez poursuivre cette étude comparative en utilisant les fonctionnalités du logiciel Audacity.

IV-A-2-a L'oscillogramme et les caractéristiques du son

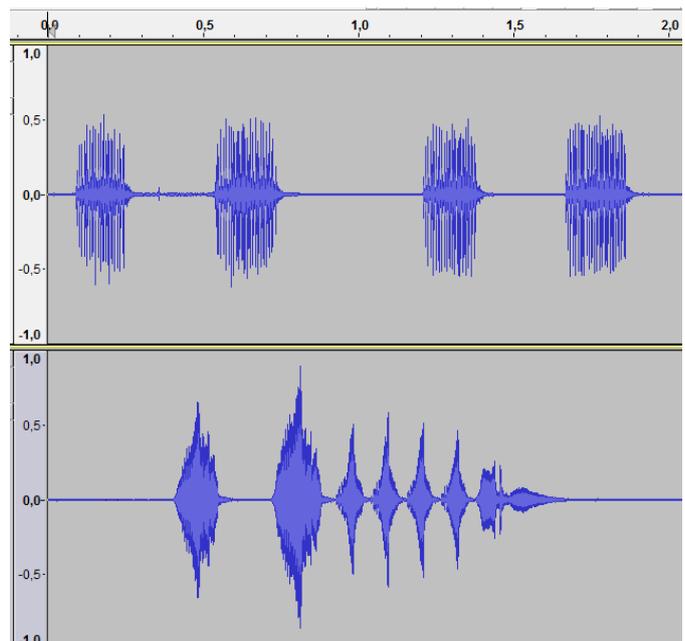
Lors de l'ouverture des deux fichiers mp3, le logiciel Audacity affiche des oscillogrammes qui visualisent les sons émis par les deux espèces d'oiseaux étudiés.

Indiquez, dans l'encart ci-dessous, quelle est la relation entre ces tracés et les caractéristiques physiques des sons. En particulier, que détermine le resserrement du tracé sinusoïdal des oscillogrammes ?

Réponse à la question IV-A-2-a

- Les oscillogrammes sont des tracés sinusoïdaux représentant les variations de l'amplitude sonore (intensité de la vibration sonore) en fonction du temps.
- Le "resserrement" des oscillations détermine la fréquence des vibrations sonores ($1 \text{ Hz} = 1$ vibration par seconde) et donc la hauteur du son. Plus la fréquence est élevée, plus le son est aigu.

[Exemple des oscillogrammes obtenus avec Audacity et les enregistrements proposés du rôle des genêts \(en haut\) et du bruant des roseaux \(en bas\)](#)



NOM :

Prénom :

Salle :

IV-A-2-b Le spectrogramme et les caractéristiques du son

L'analyse fine de la structure du chant des oiseaux est habituellement effectuée au moyen d'un sonogramme ou d'un spectrogramme.

En utilisant le logiciel Audacity, sélectionnez une unité sonore de l'enregistrement du Rôle des genêts (fichier « rale des genets.mp3 »). Mettez correctement en page l'oscillogramme puis, en vous aidant au besoin de la fiche technique, affichez le spectrogramme de la séquence choisie.

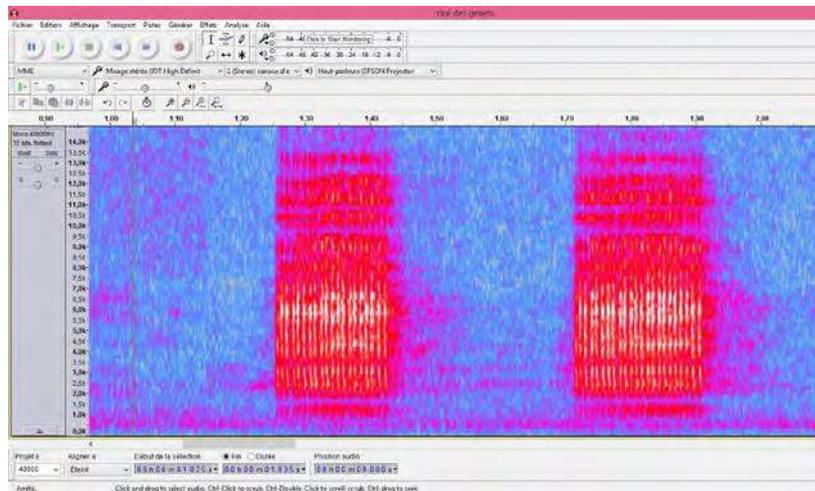
Vous appellerez un examinateur pour une vérification.

■ Dans l'encart ci-dessous, indiquez comment sont représentés dans le spectrogramme affiché les trois principaux paramètres du son.

Réponse à la question IV-A-2-b

Le spectrogramme est la variation temporelle de la fréquence et de l'intensité des sons émis par l'oiseau :

- le paramètre temporel (durée, rythme et attaque) est représenté au niveau de l'axe des abscisses (en secondes),
- la hauteur du son et fréquence des sons (en kHz) est représentée au niveau de l'axe des ordonnées,
- l'intensité sonore est indiquée en fausses couleurs (du bleu pour la plus faible intensité au blanc pour la plus forte intensité).



[Exemple du spectrogramme d'une séquence sonore chez le Rôle des genêts obtenu avec Audacity](#)

■ Le Rôle des genêts est capable d'émettre simultanément un grand nombre de sons à des fréquences différentes.

Comment pouvez-vous expliquer cette propriété commune à de nombreux oiseaux ? Vous répondrez dans le cadre ci-dessous.

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

L'émission des sons est chez les oiseaux assurée par la syrinx, un organe situé à la base de la trachée, présentant plusieurs membranes tympaniques qui vibrent de manière indépendante ce qui permet d'émettre des sonorités à des fréquences différentes. Le larynx et la cavité buccale peuvent ensuite servir de caisses de résonance et ainsi créer des harmoniques.

NOM :

Prénom :

Salle :

IV-A-2-c La structuration des vocalisations

On s'intéresse maintenant uniquement aux vocalisations du Bruant des roseaux (enregistrement « **bruant des roseaux.mp3** »). En utilisant le logiciel Audacity, sélectionnez la **troisième unité sonore de l'enregistrement** et grossissez suffisamment l'oscillogramme pour le mettre correctement en page. Affichez le spectrogramme.

A partir du spectrogramme obtenu, identifiez les différents niveaux organisationnels de la vocalisation du Bruant des roseaux. Vous délimitez et légendez ces différents niveaux en utilisant l'outil marqueur proposé par le logiciel Audacity.

De plus, dans l'encart ci-dessous, vous préciserez les différents niveaux organisationnels mis en évidence.

Vous appellerez un examinateur à l'issue de cette question afin qu'il vérifie l'obtention du spectrogramme et l'emplacement des marqueurs.

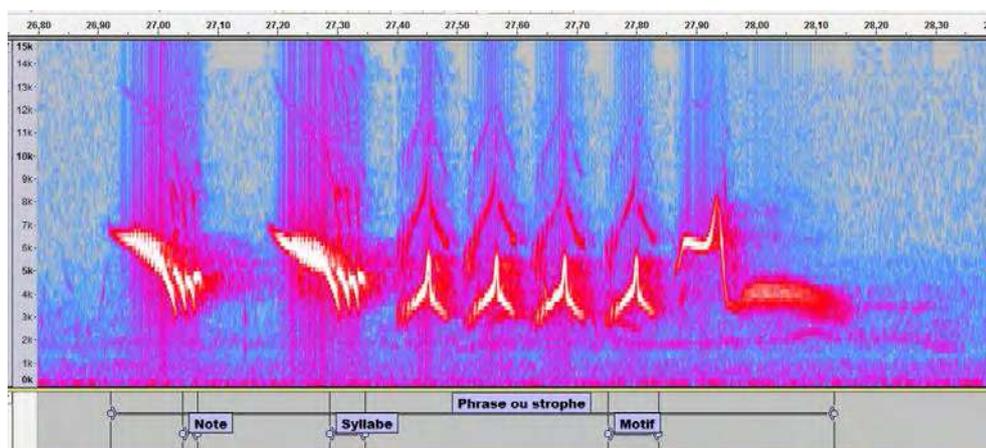
Réponse à la question IV-A-2-c

Plusieurs niveaux de structuration de la phrase de chant peuvent être identifiés sur le spectrogramme et légendés grâce aux marqueurs:

- l'ensemble de l'enregistrement proposé est le chant
- la séquence sonore visualisée ci-dessous avec Audacity correspond à une phrase ou une strophe
- les motifs sont des groupes d'éléments consécutifs formant des sous-unités sonores distinctes, séparées par des silences. Ils peuvent être répétées.
- les éléments sont les plus petits fragments acoustiques individualisés avec des notes (motifs élémentaires) et des syllabes (composées par la répétition de notes identiques).

L'identification de 2 niveaux de structuration était attendue.

Exemple d'un spectrogramme du chant du Bruant des roseaux montrant l'emplacement des marqueurs avec Audacity



NOM :

Prénom :

Salle :

IV.B Les vocalisations des oiseaux et leurs rôles dans la communication inter- et intra-spécifique

IV-B-1 Les vocalisations du Rôle des genêts et leur évolution

IV-B-1-a Définition des paramètres temporels

Le Rôle des genêts est un oiseau nocturne, surtout bruyant entre 23 heures et 3 heures du matin, quand le mâle répète inlassablement ses vocalisations. La structure temporelle des émissions sonores de cette espèce a été bien décrite dans les travaux de P. Rek et T. Osiejuk. Le Document IV.1 situé sur la page suivante résume quelques paramètres acoustiques et leurs valeurs mesurées chez de nombreux Rôles des genêts mâles.

Dans un premier temps, en utilisant les fonctionnalités du logiciel Audacity, vous mesurerez dans l'enregistrement fourni (fichier « role des genets.mp3 ») les différents paramètres acoustiques décrits dans le Document IV.1.

Vous justifierez l'utilisation de plusieurs unités sonores pour effectuer vos mesures.

Les résultats seront exprimés en millisecondes sous la forme d'un tableau.

Dans un second temps, vous comparerez vos mesures avec celles fournies dans le Document IV.1.

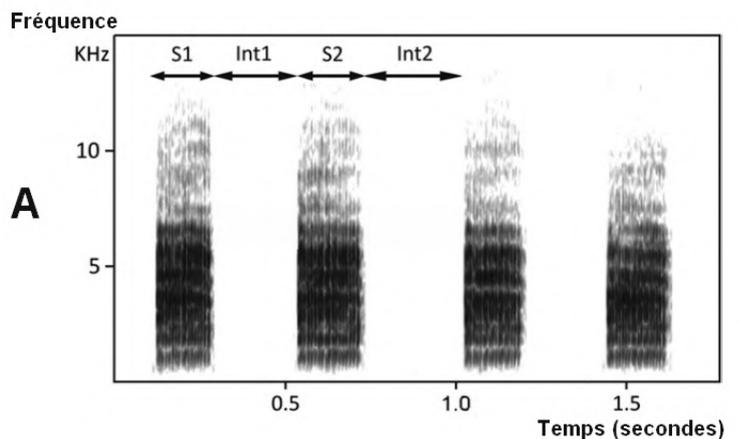
Document IV.1 - Caractéristiques temporelles

des sons émis par le Rôle des genêts mâle

A- Spectrogramme et définition de quelques paramètres acoustiques

B- Valeurs moyennes et extrêmes des paramètres acoustiques

(D'après Osiejuk et coll., 2004. Ann. Zool. Fennici, 41)



B	Minimum et maximum des moyennes (en ms)	Moyenne ± SD (en ms)
S1	139-215	176 ± 13,5
S2	158-242	196 ± 15,2
Int1	253-488	351 ± 31,6
Int2	340-919	528 ± 90,4
RYTHME	0,49-1,27	0,73 ± 0,117

* Le paramètre « RYTHME » est défini comme le $\frac{\text{Int2}}{\text{S1} + \text{Int1} + \text{S2}}$ rapport

NOM : _____ Prénom : _____ Salle : _____

Réponse à la question IV-B-1-a

- La mesure des 5 paramètres est établie à partir d'une moyenne d'au moins 3 séquences et figure dans un tableau.
- Les mesures effectuées sur l'enregistrement proposé montrent des valeurs compatibles avec celles de l'article : S1 et S2 un peu au dessus de la moyenne, INT1 et INT2 au dessus de la moyenne et le paramètre RYTHME, légèrement dessous (0,600 - 0,630).

	S1	INT1	S2	Somme	INT2	Rythme (INT2/Somme)
Mesures effectuées avec Audacity (ms)	181	270	223	674		
	203	263	222	688	452	0,657
	193	270	208	671	404	0,602
	194	258	225	677	428	0,632
	200	263	218	681	343	0,504
	192	264	220	676	429	0,635
	201	273	222	696	433	0,622
	187	272	198	657	496	0,755
Moyenne (ms)	194	267	217	678	426	0,630

IV-B-1-b Les variations du paramètre « RYTHME »

■ En étudiant en détail les sonogrammes de nombreux Râles des genêts mâles, l'équipe d'Osiejuk a constaté une variation du paramètre « RYTHME ».

Indiquez dans l'encart ci-dessous quelle serait la conséquence d'une augmentation de la valeur du paramètre « RYTHME » sur la perception auditive ou l'écoute des vocalisations de l'oiseau ?

Réponse à la question IV-B-1-b

L'augmentation du paramètre RYTHME $\text{Int2} / (\text{S1} + \text{Int1} + \text{S2})$ est essentiellement liée à l'augmentation de Int2, l'intervalle entre les 2 cris de la vocalisation.

L'augmentation du paramètre RYTHME se traduit donc par un ralentissement du rythme des vocalisations. Le chant devient plus intermittent.

NOM :

Prénom :

Salle :

■ Une variation saisonnière

Le Document IV.2 montre l'évolution du paramètre « RYTHME » chez le râle des genêts mâle du 1^{er} mai au 20 août par périodes de 10 jours.

Document IV.2 – Changement saisonnier du paramètre

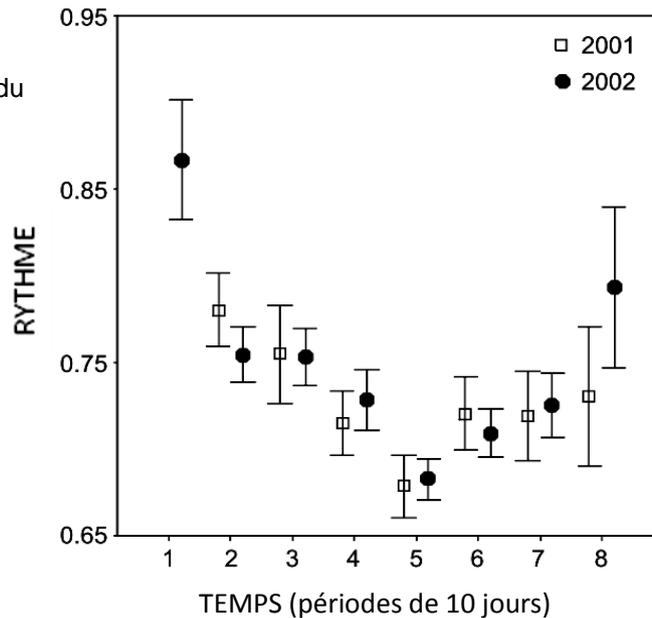
« RYTHME » chez le râle des genêts

1 : 1^{er} au 10 mai

2 : 11 au 20 mai

3 : 21 au 30 mai... etc.

(D'après Osiejuk et coll., 2004)



Dans l'encart ci-dessous, commentez ce document.

Quelle hypothèse pouvez-vous formuler sur les causes de la variation du paramètre « RYTHME »?

Suite de la réponse à la question IV-B-1-b

- Observation d'une diminution temporaire du paramètre « RYTHME » pendant le mois de juin et le début juillet. Les vocalisations des Râles des genêts mâles sont plus rapides (diminution de Int2). Le chant devient plus monotone.

- Observation d'un chant à paramètre « RYTHME » plus élevé en début et fin de saison estivale : le chant est alors plus intermittent.

→ Ces données permettant de poser l'hypothèse d'une relation entre la nature des vocalisations et le statut des mâles : la période du mois de juin et du début juillet pourrait correspondre à la période reproductrice pendant laquelle les vocalisations des mâles permettent d'attirer les femelles. La diminution du paramètre RYTHME correspond donc à la période de la reproduction.

■ Une variation impliquée dans la communication intraspécifique

Le Document IV.3 étudie l'impact de la structure des vocalisations sur le comportement agressif des râles des genêts mâles. **Que pouvez-vous déduire de l'expérience proposée par ce document ? Vous répondrez dans l'encart situé sous le document.**

NOM :

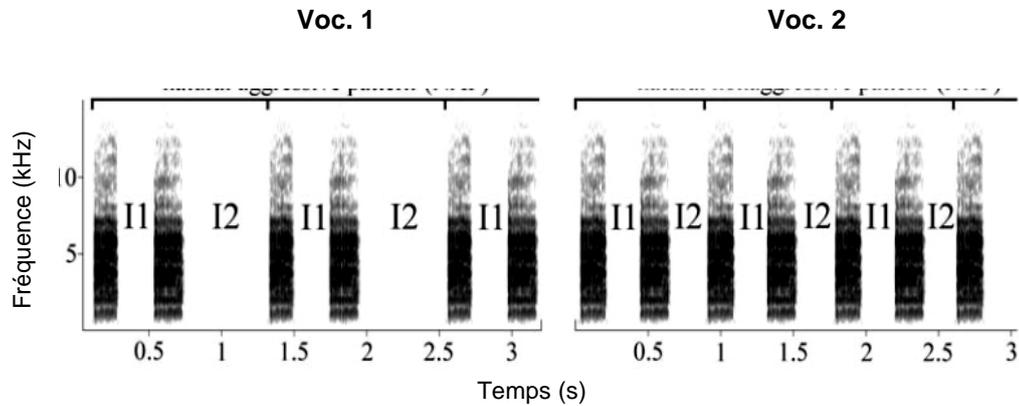
Prénom :

Salle :

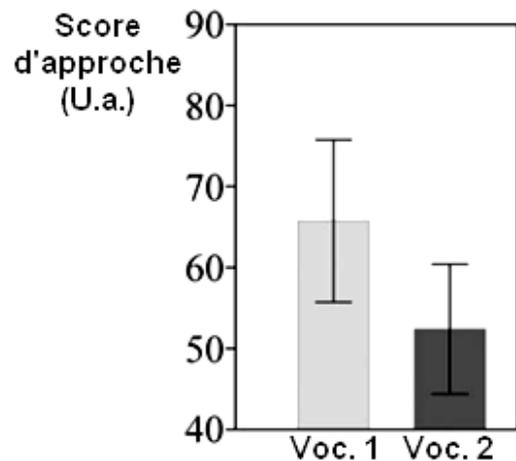
Document IV.3 - Organisation temporelle des vocalisations et comportement chez le Rôle des genêts mâle. Des Rôles des genêts mâles sont exposés avec l'aide d'un émetteur à deux types de vocalisations différant uniquement par le paramètre « RYTHME ».

Les vocalisations 1 (Voc. 1) sont des vocalisations intermittentes où Int2 est plus long que Int1.

Les vocalisations 2 (Voc. 2) sont des vocalisations monotones où Int1 est équivalent à Int2.



Le comportement d'approche et d'agressivité des oiseaux vis-à-vis de l'émetteur est évalué par un score : plus le score est élevé, plus les réactions agressives des oiseaux sont importantes (d'après *Rek et Osiejuk, 2012*).



Suite de la réponse à la question IV-B-1-b

L'exposition en playback des oiseaux a un impact différent selon l'organisation temporelle du chant.

- des vocalisations monotones de type Voc 2 (paramètre RYTHME plus faible) provoque moins d'agressivité et d'approche,

- des vocalisations à un rythme lent de type Voc 1 (paramètre RYTHME plus élevé) déclenchent davantage un comportement d'approche et d'agressivité vis-à-vis de l'émetteur.

→ L'organisation temporelle des vocalisations chez le Rôle des genêts détermine donc si le chant est un chant agressif ou non. Un chant monotone est moins agressif qu'un chant intermittent.

NOM :

Prénom :

Salle :

IV-B-1-c Bilan

Concluez quant au rôle de la structuration temporelle et du paramètre « rythme » des vocalisations dans les relations intraspécifiques chez le Rôle des genêts.

Réponse à la question IV-B-1-c

L'ensemble de ces données montre l'importance de l'organisation temporelle du chant chez le Rôle des roseaux et en particulier le paramètre « Rythme » dans la communication intraspécifique entre mâles.

- Un chant intermittent avec un intervalle $Int2 > Int1$ est associé au comportement agressif. Il s'agit donc d'un chant territorial plutôt observé en dehors de la saison reproductrice.
- Un chant monotone avec un intervalle $Int2$ équivalent à $Int1$ est un chant lié à la période reproductrice.

IV-B-2 Les vocalisations des passereaux et leurs interactions

IV-B-2-a Etude des vocalisations d'un passereau, le bruant proyer

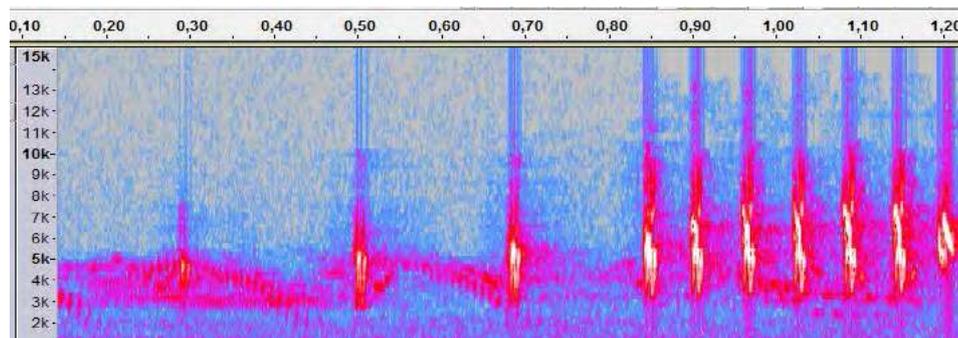
Vous disposez des enregistrements d'une séquence sonore de deux Bruants proyers mâles différents (fichiers « **bruant proyer 1.mp3** » et « **bruant proyer 2.mp3** »).

Utilisez les fonctionnalités du logiciel pour afficher simultanément les spectrogrammes des vocalisations de ces deux individus de Bruant proyer.

En les comparant, identifiez une courte séquence sonore commune, caractéristique du début de la vocalisation. Décrivez-la dans l'encart ci-dessous.

Réponse à la question IV-B-2-a

La comparaison des vocalisations fournies dans les 2 enregistrements permet de révéler la présence d'une phrase d'amorce commune formée d'une série de syllabes identiques répétées 4 à 11 fois avec une augmentation d'intensité sonore et un resserrement dans le temps.



[Exemple de la phrase d'amorce du bruant proyer visualisée avec Audacity](#)

IV-B-2-b Identification d'une séquence étrangère dans les vocalisations du Tarier des prés

Plusieurs espèces d'oiseaux sont capables d'incorporer dans leur propre chant des éléments sonores appartenant à d'autres espèces ou issus de son environnement. C'est le cas du Tarier des prés, fréquemment rencontré dans les prairies humides où vit également le Bruant proyer. L'objectif de ce

NOM :

Prénom :

Salle :

paragraphe est d'identifier dans les vocalisations du Tarier des prés une séquence étrangère appartenant au Bruant proyer.

Pour cela, en plus des enregistrements précédents du Bruant proyer, vous disposez de l'enregistrement d'une séquence sonore témoin du Tarier des prés (fichier « **tarier des prés 1.mp3** ») et d'un enregistrement de la même espèce contenant une séquence étrangère issue du Bruant proyer (fichier « **tarier des prés 2.mp3** »).

■ **A partir de l'écoute des vocalisations et/ou la réalisation de leur spectrogramme avec le logiciel Audacity, identifiez dans les vocalisations du Tarier des prés (fichier « tarier des prés 2.mp3 ») la séquence étrangère issue du chant du Bruant proyer.**

Grâce à l'échelle de temps fournie par Audacity, vous indiquerez dans l'encart ci-dessous le début et la fin de cette séquence et comment elle se caractérise.

Réponse à la question IV-B-2-b

- Localisation dans le chant du Tarier des prés de la séquence étrangère : au niveau de la 4^{ème} phrase (de 13,45 secondes à 14,42 secondes)
- Séquence étrangère issue du Bruant proyer visible sous la forme du motif d'introduction caractéristique avec une syllabe répétée plusieurs fois avec une accélération et une augmentation du volume sonore.

■ **Dans l'encart ci-dessous, indiquez comment se nomme l'intégration d'une telle séquence étrangère dans les vocalisations d'un animal. Quelle est son utilité dans le contexte de la communication de l'oiseau ?**

Suite de la réponse à la question IV-B-2-b

Il s'agit d'un exemple de mimétisme interspécifique de type batésien.

Dans le cadre de la communication du Tarier des prés, ce mimétisme a comme conséquence :

- 1- la diversification du chant dans un contexte sexuel: une meilleure attraction des femelles, une augmentation des chances de reproduction du mâle,
- 2- une diversification du chant faisant croire aux compétiteurs ou prédateurs qu'il y a de nombreux individus (stratégie de défense, fréquente dans le cas de chants territoriaux).

IV.C Statut et évolution de la biodiversité aviaire des prairies humides

IV-C-1 Le recensement de l'avifaune

Afin d'estimer les fluctuations dans le temps et dans l'espace des effectifs des oiseaux, il existe plusieurs types d'approche. Le recensement direct basé sur l'observation et/ou l'écoute des oiseaux est très utilisé, notamment, dans le programme national de Suivi Temporel des Oiseaux Communs (programme STOC).

Donnez, dans le cadre ci-dessous, au moins deux arguments permettant d'expliquer les avantages d'un recensement auditif dans le suivi des populations d'oiseaux telles que celles des prairies humides.

NOM :

Prénom :

Salle :

Réponse à la question IV-C-1

Avantage de la méthode d'observation directe auditive car :

- les oiseaux ne sont pas capturés donc gênés (méthode adaptée pour des espèces sensibles au dérangement),
- il s'agit d'une méthode adaptée pour des oiseaux difficilement attrapables: oiseaux peu mobiles ou mobiles la nuit comme le râle des roseaux, ou des animaux de petite taille ou vivant dans des milieux denses peu accessibles comme les zones humides,
- il s'agit d'une méthode de recensement adaptée pour des oiseaux pas toujours facilement observables (nocturnes) mais détectables par le chant.

IV-C-2 Déclin et mesures conservatoires, l'exemple du Râle des genêts

Le Râle des genêts une espèce parapluie, emblématique des prairies naturelles des plaines alluviales européennes dont la grande majorité des effectifs français se concentre dans la vallée de la Loire. Ses populations subissent depuis les années 1970 un déclin si prononcé que cette espèce est actuellement reconnue comme une espèce en danger en France. Les premières mesures de conservation de l'espèce dans les années 1990 ont permis la stabilisation des effectifs nationaux mais les dernières enquêtes montrent la reprise du déclin de l'espèce avec uniquement 250 mâles chanteurs relevés en 2014. Le Râle des genêts fait donc l'objet d'un second plan national de restauration (2013-2018).

L'objectif de ce paragraphe est de discuter de l'origine de cette disparition et des mesures conservatoires à envisager.

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

IV-C-2-a Les conditions de vie du Rôle des genêts

Document IV.4 - Habitat du Rôle des genêts en France (d'après Broyer, 1987)

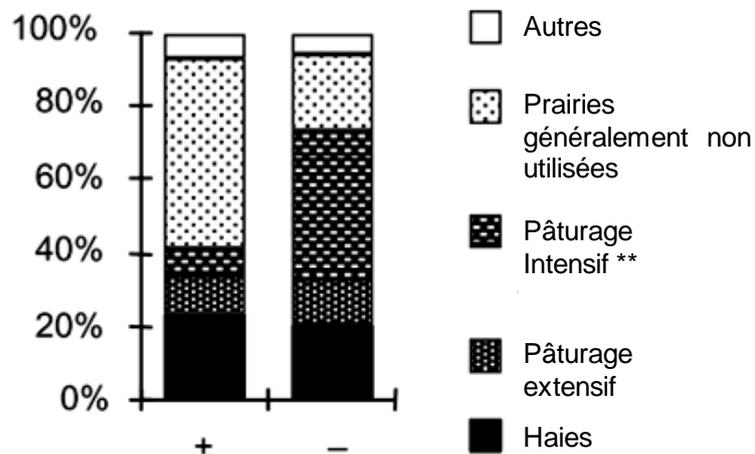
Milieux	Nombre	Pourcentage
Prairie de fauche	179	94,7 %
Marais, bordure d'étang, tourbière	17	9 %
Prairie pâturée	2	1,1 %
Champs de céréales	2	1,1 %
Prairie artificielle	1	0,5 %
<hr/>		
Zone inondable	163	86,2 %
<hr/>		
Présence de haies	105	55,6 %
Présence de friches	23	12,2 %
Présence d'arbres isolés	53	28 %
Présence de clôtures barbelées	12	6,3 %

Document IV.5 - Comparaison des milieux occupés (+) ou non occupés (-) par le Rôle des genêts (D'après Wettstein et coll., 2001)

A- Paramètres des habitats prairiaux
(Test ANOVA ; ** : P<0,01, *** : P<0,001)

Habitat	+	-	P
Aire de répartition individuelle	1,36 km ²	1,54 km ²	
Hauteur de végétation	30,6 cm	20,9 cm	***
Densité de végétation	212 g	178 g	**
Index d'humidité	4,2	1,6	**

B- Fréquence cumulative des différentes formes de prairies occupées (+) ou non (-) par le Rôle des genêts (** : test t significatif avec p<0,01)



NOM :

Prénom :

Salle :

A l'aide des documents IV.4 et IV.5, définissez la nature et les caractéristiques de l'habitat du Rôle des genêts. Vous répondrez dans l'encart ci-dessous.

Réponse à la question IV-C-2-a

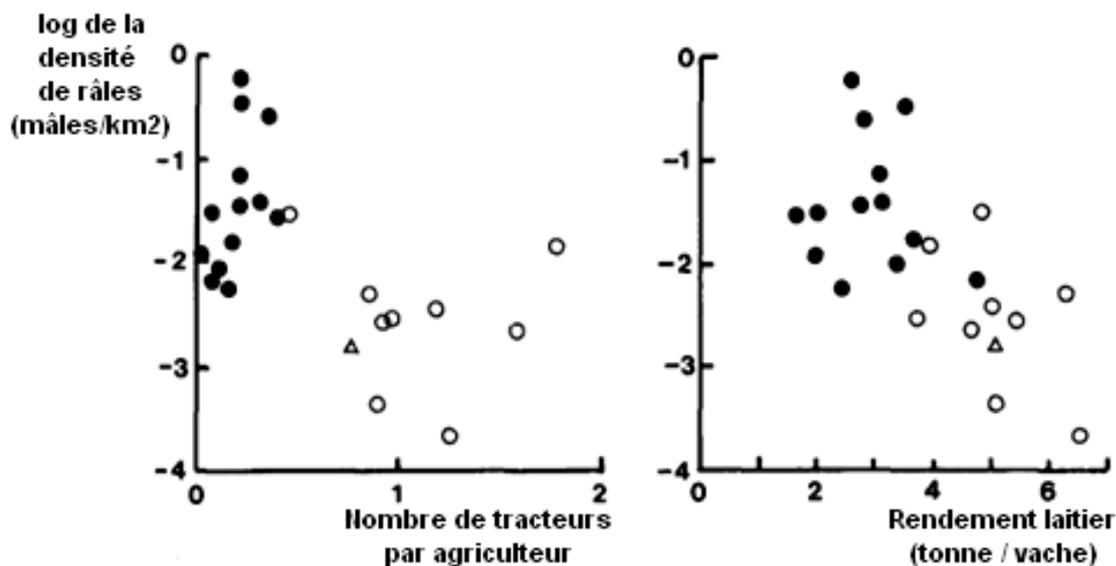
- Le Rôle des genêts est préférentiellement localisé au niveau des prairies naturelles fauchées (milieu semi-naturel), à fort degré d'hygromorphie (milieux inondables, marais, tourbières) (document IV.4). L'indice d'humidité des milieux occupés par le rôle des genêts (document IV.5.A) le confirme.
- Le Rôle des genêts affectionne les prairies avec une végétation assez haute et présentant une certaine densité (documents IV.5.A)
- Il s'agit de prairies naturelles gérées par l'Homme, préférentiellement non utilisées (document IV.5.B) mais aussi, dans une moindre mesure, pâturées (documents IV.4 et IV.5.B).

IV-C-2-b Les causes du déclin du Rôle des genêts

■ Indiquez dans le cadre situé sur la page suivante, quelles informations vous sont fournies par le Document IV.6 sur le déclin de l'espèce et les causes possibles.

Document IV.6 - Densité de Rôles des genêts en Europe en fonction du nombre de tracteurs par agriculteur et du rendement laitier.

Les cercles indiquent les données des pays de l'ouest de l'Europe, les ronds noirs, celles des pays de l'est de l'Europe et les triangles, celles de l'Allemagne (d'après Green et Rayment, 1996).



Réponse à la question IV-C-2-b

Le rendement laitier et le nombre de tracteurs par agriculteur sont des indices de l'agriculture intensive. Le document établit donc la relation entre la densité en Rôle des genêts et ces paramètres. Par ailleurs, le document différencie l'Allemagne, les pays de l'ouest et les pays de l'est de l'Europe

NOM :

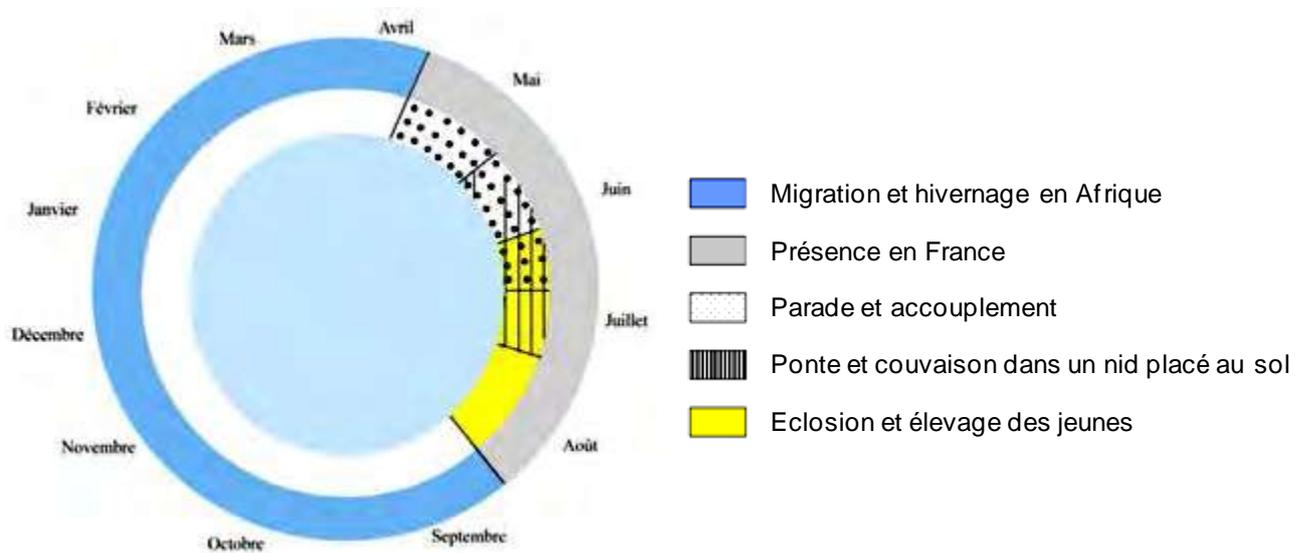
Prénom :

Salle :

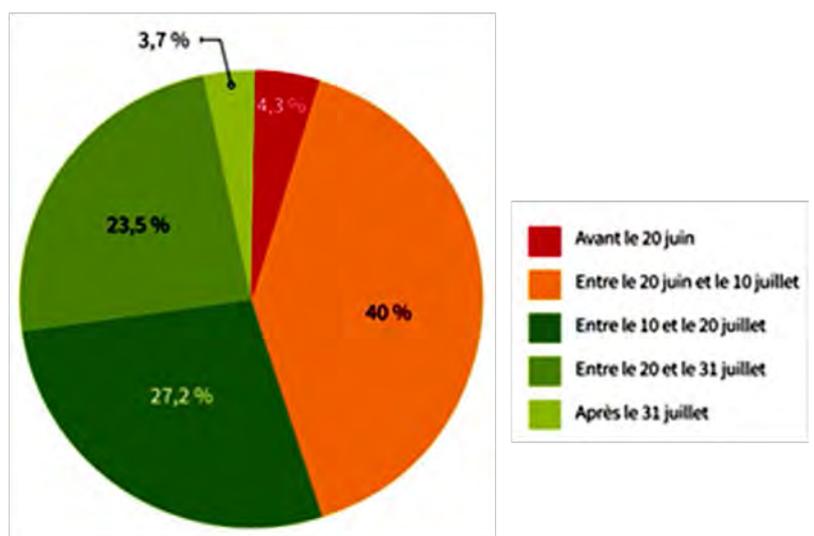
- On remarque que la densité du Râle des genêts n'est pas homogène sur son aire de répartition et apparaît plus faible dans les régions de l'ouest de l'Europe (cercles, valeurs de -2 à -4 en \log_{10}). Cela confirme le déclin du râle des genêts en France et dans l'ouest de son aire de répartition.
- On note une corrélation entre la réduction des effectifs dans l'ouest de l'Europe et le développement d'une agriculture intensive en relation avec l'évolution des techniques agricoles (mécanisation mesurée par le nombre de tracteurs par agriculteur) et l'élevage intensif (destruction des habitats prairiaux naturels).

■ Indiquez, dans le cadre situé sur la page suivante, quelles informations vous sont fournies par les Documents IV.7 et IV.8 sur les causes possibles du déclin de l'espèce en France.

Document IV.7 – Cycle de vie annuel du Râle des genêts, une espèce migratrice.



Document IV.8 – Périodes de fauchage des prairies dans la région angevine entre les mois de juin et juillet de 2010 à 2015. Les résultats sont donnés en pourcentage de surface prairiale sur un total de 2613,5 hectares.



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

Suite de la réponse à la question IV-C-2-b

- Le Râle des genêts est une espèce migratrice dont l'arrivée en France correspond à la phase reproductrice.
- La période des fenaisons en début juillet correspond précisément à la période de la ponte et de la couvaison de l'espèce.

→ On peut donc supposer que la fauche des prairies conduit donc à la destruction des nids et la mort des couvées ou des jeunes.

IV-C-2-c Bilan

A partir des observations précédentes, complétez le tableau ci-dessous résumant les causes du déclin du Râle des genêts en Anjou et des mesures conservatoires possibles.

Réponse à la question IV-C-2-c

Causes du déclin	Conséquences	Mesures conservatoires possibles
Destruction de l'habitat (réduction des prairies naturelles)	Destruction de l'habitat humide, de la densité de végétation	Préservation des prairies humides inondables ou de zones choisies (Natura 2000)
Exploitation intensive des prairies naturelles	Appauvrissement des espèces et réduction des sources alimentaires Prédation accrue	
Fauche coïncidant avec la naissance des petits	Destruction des nids, forte mortalité des poussins	Fauche décalée dans le temps et fauche centrifuge Faire une fauche tous les 2 ans
Pertes liées à la migration et aux aires d'hivernage	Mortalité des adultes	Préservation des milieux de vie en Afrique

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

5.3.1 Présentation de l'épreuve

Le TP se composait de 3 parties indépendantes, toutes trois en lien avec la géologie des Alpes externes françaises. Ces différents exercices avaient pour but d'évaluer la capacité de raisonnement des candidats sur des données géologiques diverses (carte géologique, données géophysiques, échantillons macro et microscopiques, données sismologiques et structurales, etc...). L'ensemble des exercices, construits autour de données classiques pour un agrégatif SVT, était réalisable en 6H (90% des candidats ont terminé le sujet).

La première partie abordait la structure et la nature des massifs subalpins (Vercors et Bauges) et surtout le lien qui relie ces massifs aux bassins d'avant chaîne oligo-miocène. La première sous-partie demandait aux candidats la réalisation d'une coupe géologique « classique » du Vercors après l'analyse de certains pendages que les étudiants devaient reproduire devant le jury à l'aide d'une boussole et d'un système reproduisant les strates sédimentaires (que les étudiants devaient orienter). En analysant une lame mince de molasse (du bassin d'avant chaîne) les étudiants devaient reconstituer un environnement de dépôts miocènes avant de tenter une reconstitution des grandes étapes tectoniques et sédimentaires de la zone d'étude à partir de l'ensemble des exercices. La seconde sous-partie se basait sur l'étude d'un profil sismique d'un bassin molassique et de la carte géologique simplifiée associée au front du massif des Bauges. Après des calculs simples et la comparaison avec le log. stratigraphique (et la carte géologique) afin d'identifier les réflecteurs majeurs, le candidat était appelé à légender un maximum le profil sismique.

La seconde partie se basait sur la carte géologique de Lyon au 50.000ème. Il était demandé au candidat de réaliser un schéma structural des formations quaternaires (en insistant sur les formations glaciaires du Würm et du Riss). Ceci nécessitait de savoir lire une carte géologique et sa légende, mais aussi d'utiliser les informations géographiques (relief, réseau hydrographique) afin d'illustrer correctement les dépôts et flux glaciaires. L'identification de galets de natures diverses retrouvés dans les formations superficielles à la sortie de la cluse de l'Isère (entre Vercors et Chartreuse) permettait d'améliorer la précision des paléo flux glaciaires (en retrouvant les affleurements potentiellement sources de ces roches) sur le schéma. Il fallait pour cela identifier quatre échantillons macroscopiques de natures variées à l'aide des outils classiques de pétrologie macroscopique (loupe, lame d'acier, lame de verre, acide).

La troisième partie, « moins classique », concernait le mouvement de terrain de Séchilienne (vallée de la Romanche, Isère). A l'aide de nombreuses données (photos de terrains, modèle numérique de terrain issu de données Lidar, carte sismo-tectonique, mécanismes aux foyers, analyse de la fracturation, données extensométriques, profil de sismique réfraction) les candidats étaient amenés en plusieurs questions à construire un modèle simple de contrôle du mouvement de terrain.

5.3.2 Commentaires concernant la première partie

La partie I a été globalement bien réussie en ce qui concerne la première sous-partie. Le peu de calcul présent dans la seconde sous-partie et l'interprétation du profil sismique ont posé plus de problèmes aux candidats peu entraînés à l'interprétation de documents.

Dans le détail, l'exercice sur la reproduction de pendage a été discriminant de même que la coupe géologique. La moitié des candidats maîtrise l'utilisation de la boussole et l'interprétation de la structure globale de la coupe et des failles présentes sur la carte géologique. Toutefois le jury déplore que de nombreux candidats omettent les failles sur leur coupe ou semblent découvrir l'usage de la

boussole (même pour retrouver le Nord) lors de leur passage devant le jury. La même proportion de candidats ont identifié la lame mince du « Vindobonien » comme une subarkose et/ou sublitharénite et ont évoqué son dépôt de type « deltas » dans des bassins subsidants (« molassiques ») à proximité de chevauchements et de chaînes de montagnes en érosion. Trop peu d'agregatifs ont malheureusement réellement démontré leur raisonnement. L'utilisation d'un dessin d'observation correct (avec légende, échelle, diagnose des minéraux et du liant) et une réflexion sur la représentativité des proportions de minéraux utilisés dans l'exercice de nomenclature n'ont été retrouvés que dans quelques copies. La synthèse qui découle des parties précédentes a souvent été tenté, rarement réussi (1/3 des candidats) mais a servi aussi, souvent de zone de « défoulement ». En effet on retrouve dans ce tableau des « histoires théoriques des Alpes », sans lien avec le TP et les documents, et le plus souvent entachées d'erreurs majeures. Le jury n'a évidemment pas attribué de point à ce type de réponse, laissant aussi par conséquent le candidat se sanctionner doublement en s'infligeant une perte de temps !

L'exercice sur l'analyse du profil sismique et les documents associés (carte géologique simplifiée et log. stratigraphiques) a permis de classer les candidats entre ceux qui n'ont vraisemblablement pas ou peu suivi les consignes (et/ou qui ne lisent pas correctement les questions) et ceux capables d'interpréter réellement les documents. Il a été, en effet, peu commode aux candidats (75 % !) ne calculant les épaisseurs des formations géologiques à la verticale que d'un seul lieu, de comparer ensuite l'évolution latérale de ces formations dans la question suivante ! L'identification du toit des formations du Tithonique et de l'Urgonien dans le profil sismique a été peu réussie. Au delà des approximations sur le lien entre le réflecteur bien visible sur un profil sismique et le toit d'une formation compétente, nous regrettons l'absence d'utilisation de la carte géologique (ou le profil était tracé) et du log.stratigraphique qui représentait aussi la compétence des formations. Pour conclure sur cette partie, nous pouvons évoquer notre (très grand) étonnement de la « farouche » volonté (est ce une croyance ?) d'une petite dizaine de candidats à reconnaître des failles normales et des blocs basculés de socle sur ce profil sismique... résultant forcément et évidemment d'un rifting jurassique « thétysien ». Une absence de réponse (après réflexion), dans le cadre d'un concours scientifique, aurait été une option beaucoup plus intéressante pour ces candidats.

5.3.3 Commentaires concernant la seconde partie

Si l'exercice de synthèse des données géologiques qu'est la réalisation d'un schéma structural est connu de la plupart des candidats, la réalisation d'un document précis ne représentant qu'une part des données (les dépôts quaternaires ici) afin d'en tirer des conclusions n'est pas maîtrisée. L'oubli d'informations majeures pour la géologie du quaternaire (comme le relief, l'hydrographie actuelle et récente, les moraines, etc...) n'ont pas permis à certains candidats de répondre correctement à la problématique de cet exercice. Lorsque ces approximations se sont ajoutées à une mauvaise qualité graphique et à une légende incomplète le jury a accordé très peu de points. A l'inverse quelques candidats ont correctement réalisé cet exercice en ajoutant par exemple des flèches (avec un figuré spécifique) indiquant le trajet probable entre la zone source et la cluse de l'Isère pour les échantillons à identifier. La pétrologie des galets glaciaires a été moyennement réussie, ce qui montre des connaissances de base des candidats en pétrologie macroscopique. Toutefois, trop peu de candidats (25 %) ont été capables d'identifier les 4 échantillons (des plus classiques) de manière correcte, sans doute autant que le nombre de candidats ayant « arrosé » les échantillons d'acide afin de « savoir » s'il s'agit d'une roche sédimentaire ou non. Au delà de l'inutilité, et de l'erreur d'associer ce test et

cette conclusion nous pouvons noter, qu'elle révèle souvent une mauvaise maîtrise de la démarche scientifique qui est nécessaire à l'obtention d'une agrégation scientifique (les copies de TP les moins bonnes sont celles où l'on retrouve ce type d'erreur).

5.3.4 Commentaires concernant la troisième partie

La troisième partie a permis de distinguer les candidats qui continuaient à se « battre » et à réfléchir sur les documents et ceux essayant maladroitement de grappiller des points en paraphrasant quelques documents. Nous avons constaté que, comme souvent, l'analyse tectonique a été l'exercice le moins bien réussi de ce TP. Si un peu plus de la moitié des candidats ont su interpréter le mécanisme au foyer, une grande majorité s'est perdue dans l'analyse des canevas et de la sismicité locale. L'utilisation des données semi-quantitatives, obligatoires dans ce type d'analyse (M_L , fréquence des séismes sur la période considérée) aurait permis à de nombreux candidats de ne pas inventer de la tectonique « très active » dans les Alpes responsable de mouvements de terrain à chaque réplique ! Les Alpes françaises ne sont ni les Andes, ni l'Himalaya où ce genre de phénomène est observé (mais avec des magnitudes supérieures à 7!). La réalisation de la carte géomorphologique a été réalisée de manière assez complète par les candidats même si des problèmes d'échelle des objets ont été trop souvent observés. De la même manière l'interprétation des profils de vitesses des ondes P a permis à de nombreux candidats de visualiser le mouvement de terrain en 3D, même si souvent les dessins d'interprétations ont été réalisés sans légende ou de manière brouillonne. A l'opposé, le nombre de candidats reliant la cyclicité de la vitesse d'écartement mesurée à des cycles climatiques annuels (saisons, pluviosité, variations de température) est resté trop faible, plus faible que le nombre de conclusion « fantaisiste » évoquant même parfois des modifications de la géodynamique méditerranéenne ou encore la présence d'un glacier (imaginaire !) dans la zone instable. Là encore, et comme dans la conclusion, les candidats s'éloignant trop des données de terrain et partant même parfois dans de la « pseudo géo-poésie » ont été sanctionnés contrairement à ceux qui ont indiqué clairement un contrôle tectonique (dû à l'héritage structural) et gravitaire sur lequel s'ajoutent des variations climatiques saisonnières (en l'occurrence les précipitations ici).

5.3.5 Sujet commenté

Les informations qui suivent constituent des indications mais en aucun cas un corrigé complet.

NOM :

Prénom :

Salle :

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2017

TRAVAUX PRATIQUES DE SPECIALITE DU SECTEUR C

Durée totale : 6 heures

Parcours géologique dans les Alpes externes françaises.

L'épreuve se compose de 3 parties indépendantes (les sous parties IA et IB le sont aussi). Certaines nécessitent des passages à des ateliers et des déplacements (*voir planning de passage au tableau*), prévoyez votre organisation en conséquence.

Partie I : Les rebords ouest du Vercors et des Bauges

page 2

Durée conseillée : 3h10 – barème : 65/120.

dont 10 minutes à l'atelier « boussole » et 15 minutes à l'atelier « lame mince ».

Partie II : Les dépôts glaciaires de la cluse de l'Isère

page 9

Durée conseillée : 1h15 – barème : 25/120

dont 20 minutes à l'atelier « Roches »

Partie III : Le mouvement de terrain de Séchilienne

page 14

Durée conseillée : 1h35 – barème : 30/120

Ce sujet contient 24 pages de texte et de figures, dont 4 annexes en format A3 (annexe 3 sur 2 pages) qui sont à rendre avec la copie (4 feuilles de papier calque non incluses au dossier sont utilisables).

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

Les calques, devront être collés aux endroits indiqués.

**AVANT DE REMETTRE 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 : Les rebords ouest du Vercors et des Bauges

Durée conseillée : 3h10 (190 minutes dont 10 minutes à l'Atelier « Boussole » et 15 minutes à l'Atelier lame mince). - barème : 65 / 120

I.A- Etude du rebord sud-ouest du massif du Vercors. *Durée conseillée : 2h10*

Vous disposez pour cette partie d'un extrait de la carte géologique au 1/50000^{ème} de Charpey et de sa légende ; BRGM (Annexe 1).

I.A 1- Analyse de pendage

Attention : pour réaliser la partie I-A-1 et son passage imposé devant le correcteur, il est impératif d'avoir réalisé les travaux demandés dans la partie I-A-1-a et d'avoir pris note de la question I-A-1-b. Prévoyez un temps de travail de 10 minutes environ sur cet exercice avant votre horaire de passage indiqué à l'atelier « Boussole ».

I-A-1-a-Analyse de la carte

La zone encadrée « Zoom » dans la partie sud-ouest de l'extrait de carte de l'annexe 1 qui contient un signe de pendage est reproduite ci-dessous (figure 1).



Figure 1 : « zoom » sur un pendage dans le Vindobonien^{1 (page 3)} (Miocène « m2 »). Le nombre en dessous de la flèche du symbole est « 65 ».

Estimez la valeur numérique du pendage (direction de l'horizontale du plan, plongement) et expliquez les particularités du pendage de ces couches sédimentaires miocènes dans cette zone.

Réponse à la question I-A-1-a

Le signe de pendage correspond à un pendage inverse, les couches sont « retournées », les strates les plus jeunes sont au dessous. Le signe de pendage indique une direction de l'horizontale d'environ N15 avec un pendage de 65° est.

I-A-1-b-Atelier « boussole » (voir planning de passage au tableau).

Cet exercice se déroule à l'extérieur de la salle. Vous disposez de 5 minutes de réflexion et de 5 minutes maximum de passage devant le jury.

A l'aide d'une planche (assimilée à une strate), d'un système de cales et en vous aidant d'une boussole, reproduisez le pendage analysé dans la partie I-A-1 et répondez aux questions du jury en relation avec votre montage et l'utilisation de la boussole.

I.A-2- Coupe géologique

Réalisez une coupe géologique entre les points A et B visible sur la carte de l'annexe 1 (à réaliser en utilisant le profil topographique de la figure 2 page 3, vous figurerez la légende sur la même figure).

Salle :

Prénom :

NOM :

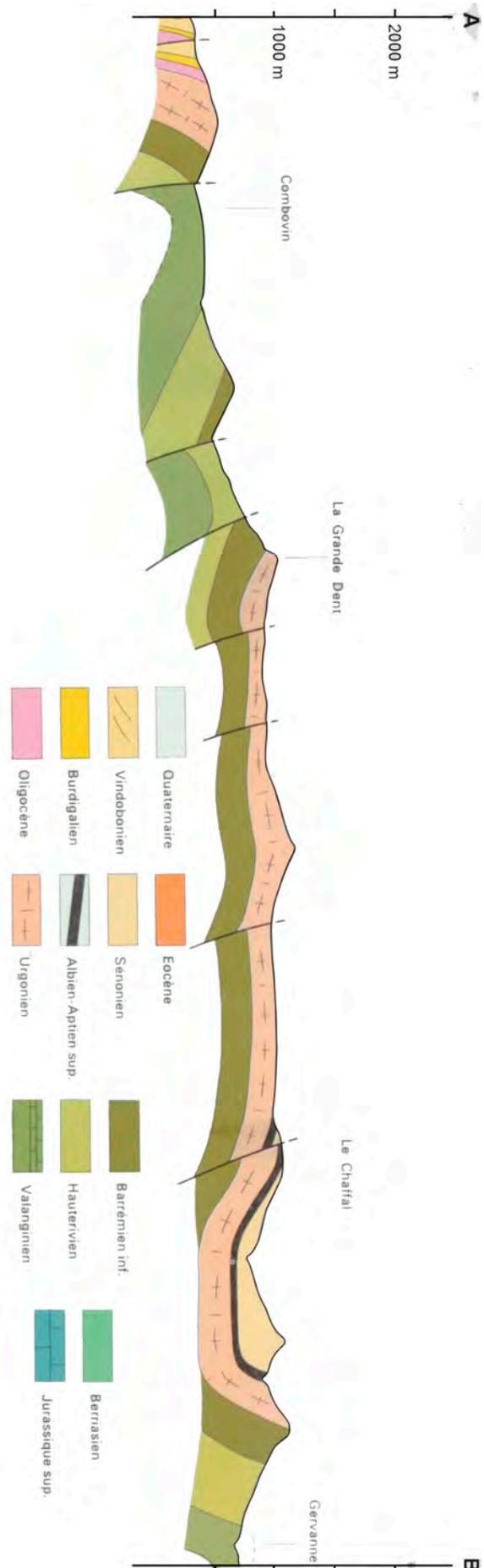


Figure 2 : Coupe géologique schématisée (d'après la carte géologique de Charpey, BRGM éditions). L'interprétation de l'orientation et les pendages des failles a été accepté avec une marge d'erreur étant donné le peu d'indices cartographiques disponibles. Sur une coupe « à la main » il est préférable d'utiliser des figures plutôt que des couleurs.

NOM :

Prénom :

Salle :

I.A-3- Pétrographie des terrains du Vindobonien¹

I-A-3-a Analyse de lame mince : Atelier « lame mince » (voir planning de passage au tableau).

Cette partie nécessite un passage de 15 minutes maximum à l'atelier « lame mince ».

Réalisez un dessin légendé de la lame mince d'un échantillon de Vindobonien (Miocène « m2 »).

Réponse à la question I-A-3-a

Nous attendions des candidats un dessin légendé, propre, avec une échelle. Une organisation avec d'un côté les légendes, et de l'autre les critères simples de diagnose en LPA et LPNA a été apprécié.

On observait dans cette lame :

- une granulométrie homogène (infra-millimétrique) avec un bon classement*
- la forme des grains varie de sub-anguleux à arrondie, beaucoup de grains sont jointifs. Le liant ne représente que quelques % de la lame.*
- un liant présentant des teintes de polarisation vives mais « délavées », il s'agit d'un ciment de sparite (et donc de calcite)*

La nature des grains est dans l'ordre :

- du quartz (70% environ).*
- des feldspaths, orthose sans mâcle ou de type petite (entre 10 et 20 % selon la zone)*
- des éléments lithiques variés (clastes de calcaire micritique, claste de poly quartz, fragments bio-clastiques de bivalves notamment etc..) entre 10 et 20 % selon la zone*
- de la glauconie (en trace), parfois marron ou verdâtre en LPNA,*

¹ Le Vindobonien est une division stratigraphique locale du Vercors qui correspond à la majeure partie du Miocène moyen et à la base du Miocène supérieur (Fin du Burdigalien, Langhien, Serravalien et Tortonien , entre 16-17 Ma et 7 Ma)

NOM :

Prénom :

Salle :

I-A-3-b Nomenclature sédimentologique.

A partir de vos observations et à l'aide de la figure 3 nommez la roche de l'atelier « lame mince ».

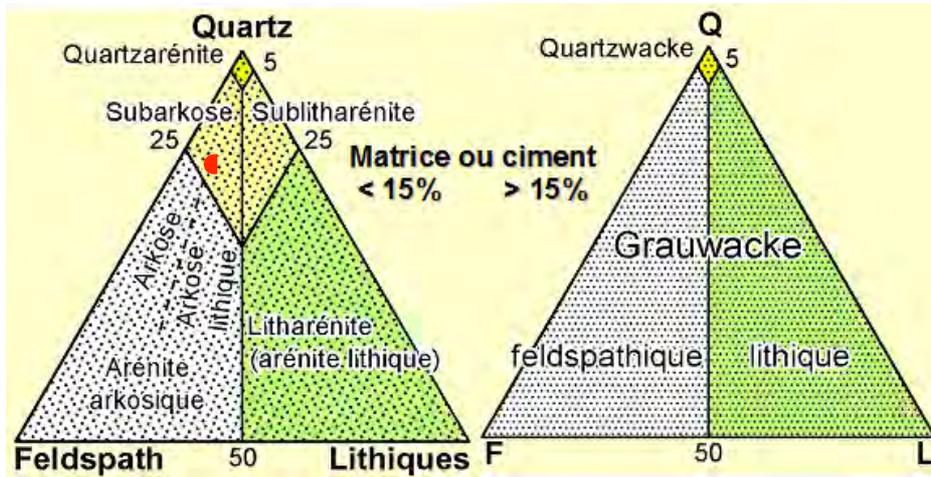


Figure 3 :
Classification des roches clastiques en fonction de la nature des grains

(Petitjohn et al., 1987)

Réponse à la question I-A-3-b

Etant donné les incertitudes sur le comptage ou les différences observées sur la lame, la meilleure réponse consistait à utiliser un cercle sur la figure 3. Cette réponse est donc plus juste que celles qui ont été acceptées (subarkose ou sublitharénite ou encore arénite lithique si la réponse était bien justifiée).

Etant donnée la présence de glauconie et le type de grain on peut aussi (en utilisant un nom qui rapporte au contexte géodynamique) parler de molasse.

I-A-3-c Paléoenvironnement du Miocène.

A partir des questions I-A-3-a et I-A-3-b reconstituez l'environnement de dépôt du sédiment à l'origine de cette roche. A partir de vos observations, identifiez la nature des roches potentiellement source de ce sédiment qui se dépose au Miocène.

Réponse à la question I-A-3-c

Ce type de sédiment détritique correspond à des dépôts dans des environnements de type « Deltas ». Il faut donc imaginer un dépôt dans un système deltaïque subsidant au cours du miocène, proche de zone montagneuse (la nature et la forme des grains attestent de ce fait) et vraisemblablement en milieu d'eau peu profond (présence de glauconie). Les massifs sources au Miocène devaient être des massifs granitico-gneissiques mais aussi sédimentaires en moindres proportions. On peut étant donné les informations de la carte géologique (contexte de raccourcissement au Miocène) penser que ces dépôts miocènes se sont faits dans un bassin d'avant chaîne (en avant d'un chevauchement) et que l'érosion devait toucher les massifs proches en surrection en arrière du chevauchement).

NOM :

Prénom :

Salle :

I.A-4- Synthèse

A partir de vos réponses aux questions I-A-2 et I-A-3 indiquez les principaux évènements sédimentaires et tectoniques ayant affecté la région de Charpey.

Réponse à la question I-A-4 (dans le tableau ci-dessous)

	Age/Etage/ Epoque	Evènements sédimentaires	Evènements tectoniques
Plus récent ^	<i>Post Würm</i>	<i>Dépôt des cônes alluviaux et des alluvions modernes</i>	
	<i>Quaternaire (sauf post Würm)</i>	<i>Dépôt des terrasses anciennes</i>	
	<i>Post/syn Pliocène</i>	<i>Dépôt du Pliocène</i>	<i>Soulèvement/raccourcissement</i>
	<i>Oligo-miocène</i>	<i>Dépôt des molasses</i>	<i>Soulèvement/raccourcissement Est-Ouest (plis d'axe N-S) et plissement syn-sédimentaires.</i>
	<i>Eocène</i>	<i>Dépôt de l'Eocène (continental ?)</i>	<i>Soulèvement ?</i>
	<i>Crétacé sup</i>	<i>Dépôts sédimentaires marins</i>	
	<i>(C2-C5)</i>	<i>Lacune ? Dépôt puis érosion ?</i>	<i>Soulèvement ? Plissement ?</i>
Plus vieux	<i>Berriasien-Crétacé inf.</i>	<i>Dépôts sédimentaires marins</i>	<i>Subsidence</i>

NOM :

Prénom :

Salle :

I.B- Etude du rebord nord-ouest du massif des Bauges. Durée conseillée : 60 min

Vous disposez pour cette partie d'une carte géologique et d'un log stratigraphique (Annexe 2) ; la légende de l'Annexe 1 est aussi utilisable dans cet exercice.

I.B-1- Analyse quantitative du profil sismique

Calculez les épaisseurs entre les différents réflecteurs indiqués sur la figure 4, page 8 (entre T1-T2 et T2-T0) au niveau des deux flèches verticales noires. L'échelle verticale est en « secondes temps double » et les vitesses des ondes sont de 3,3 km/s pour les formations au dessus de T2 et de 3,9 km/s pour les formations en dessous de T2.

Réponse à la question I-B-1

Le calcul ne présentant aucune difficulté (à part l'utilisation de la règle de proportionnalité et de ne pas oublier qu'il s'agit de seconde temps double), le candidat devait dans cette partie réaliser le calcul au niveau des deux flèches. Ainsi il devenait possible de comparer les épaisseurs et de voir que si T1/T2 est constant les épaisseurs de T0-T2 ne le sont pas.

I.B-2- A partir des valeurs obtenues en **I-B-1-a** et de l'annexe 2 (B), identifiez la nature des réflecteurs T1 et T2. Pourquoi ces réflecteurs sont-ils si visibles ? Que pouvez-vous dire sur les « épaisseurs » (comparez les évolutions latérales) des formations comprises entre T1-T2 et T1-T0 ?

Réponse à la question I-B-2

Les réflecteurs T1 et T2 sont très visibles (surtout leur toit) car ils correspondent à des formations très compétentes au milieu d'une série sédimentaire plutôt marneuse. T1 correspond au toit de l'Urgonien et T2 au toit du Tithonique. Ces deux formations possèdent des caractéristiques « acoustiques » qui se manifestent par des réflecteurs clairs et continus en sismique réflexion. Les épaisseurs calculées sur le profil pour ces réflecteurs, et surtout l'épaisseur qui les sépare sont compatibles avec le log stratigraphique de l'annexe2.

Les épaisseurs T1-T2 sont constantes : ils n'y a pas de variations sédimentaires majeures pour ces dépôts.

Les épaisseurs T1-T0 varient : on observe des variations latérales d'épaisseurs. Nous pouvons faire l'hypothèse d'un dépôt dans un bassin subsidant avec une migration du dépôt centre. Ce type de dépôt est typique des bassins contrôlés par une surcharge tectonique : il s'agit d'un bassin d'avant chaîne marqueur d'une tectonique de convergence à l'Oligocène (et au Miocène).

I.B-3- Interprétation du profil sismique

Réalisez sur un calque fourni (en vous aidant de l'annexe 2 et des questions I-B-1 et I-B-2) une interprétation du profil sismique de la figure 4. Indiquez dans votre légende et sur votre calque le maximum d'informations sédimentaires et/ou tectoniques visibles sur ce profil.

NOM :

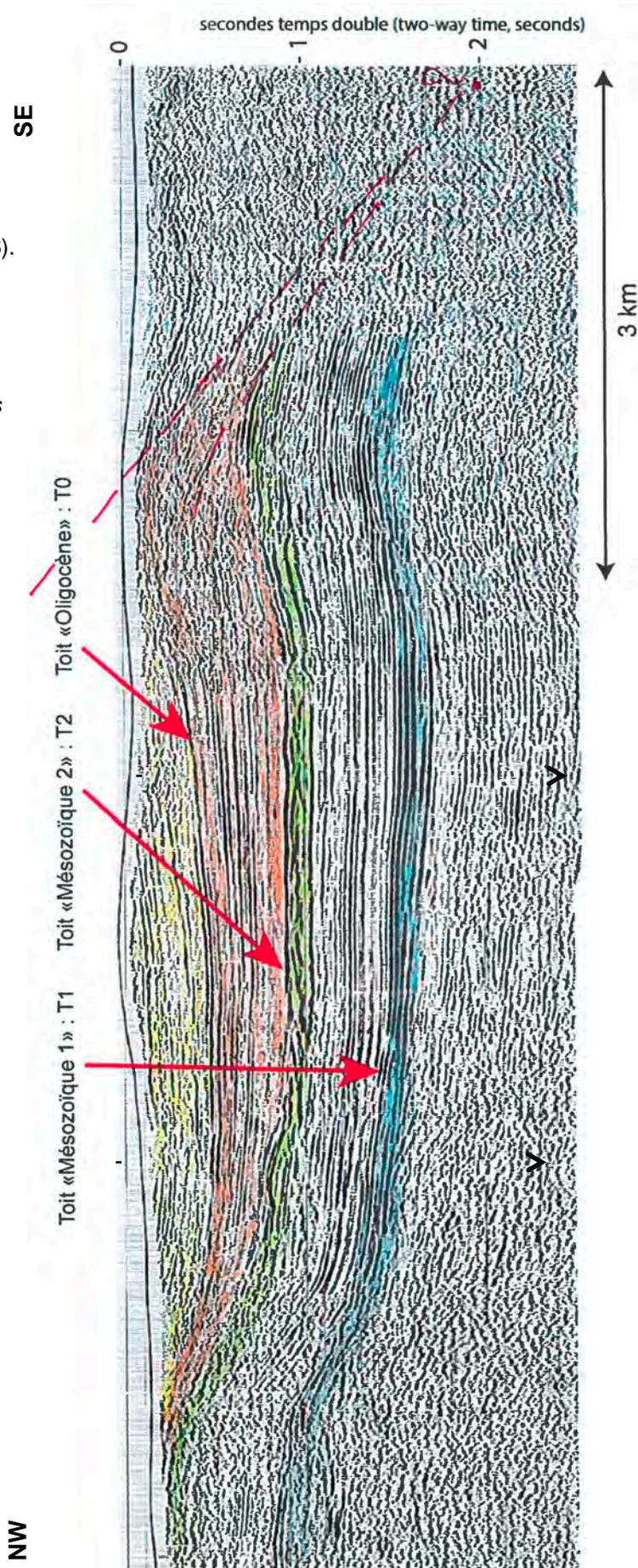
Prénom :

Salle :

Figure 4 : Profil sismique réflexion du bassin de Rumilly (Beck et al., 1996).

Interprétation possible:

- en rouge pointillé, failles supposées.
- en jaune, Miocène
- en orange, Oligocène
- en vert, Tithonique
- en bleu, Urgonien



NOM :

Prénom :

Salle :

Partie II : Les dépôts glaciaires de la cluse de l'Isère

Durée conseillée : 1h15 (75 minutes dont 20 minutes à l'atelier « Roches »)

Barème : 25 / 120

Vous disposez pour cette partie de la carte géologique de Lyon au 1/250000 et de sa légende (Annexe 3A, carte géologique et 3B, légende).

Pour votre passage à l'atelier « Roches » (II-B) voir planning de passage au tableau.

II.A- Cartographie des dépôts quaternaires de la cluse de l'Isère (entre Vercors et Chartreuse). Durée conseillée : 45 min

II-A-1 Schéma structural des dépôts quaternaires

La cluse de l'Isère est une ancienne vallée glaciaire qui sépare les massifs du Vercors (au Sud de la cluse) du massif de la Chartreuse (au Nord). A partir de l'annexe 3A et 3B, réalisez un schéma structural des formations quaternaires. Vous présenterez le réseau hydrographique (et la topographie simplifiée) et les formations associées aux périodes du Würm et du Riss en regroupant pour chacune des périodes les dépôts fluviatiles et fluvio-glaciaires (les dépôts plus anciens ne seront pas représentés). Pour les terrains récents (post Würm), ne représentez que les plus importants. La légende du schéma sera présentée page 9 dans le cadre réponse à la question **II-A-1**, le schéma (de la zone encadrée en noir sur l'annexe 3A) sera réalisé dans le cadre page 10 (ou en utilisant un calque que vous collerez).

Réponse à la question II-A-1 ; légende et schéma structural

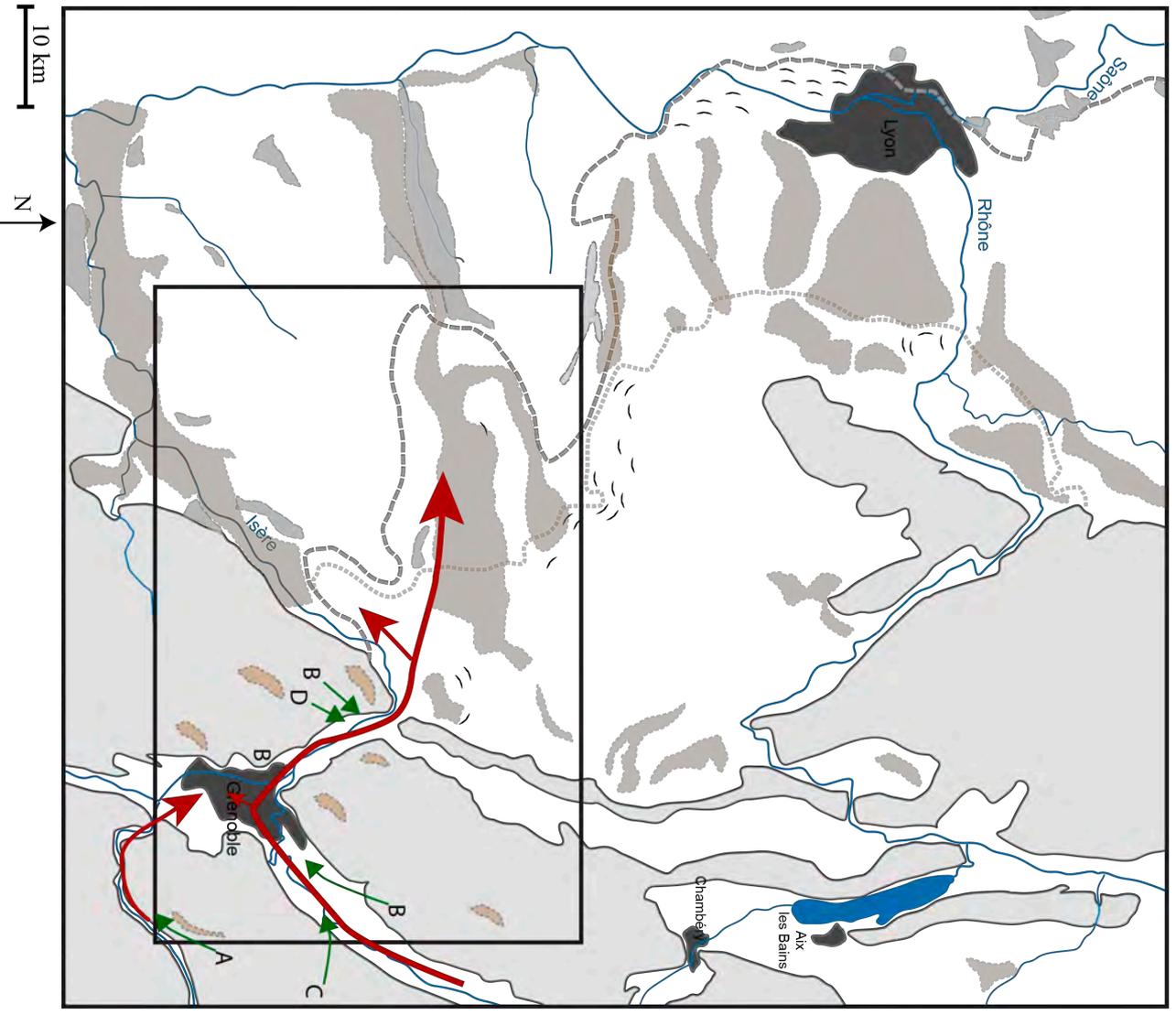
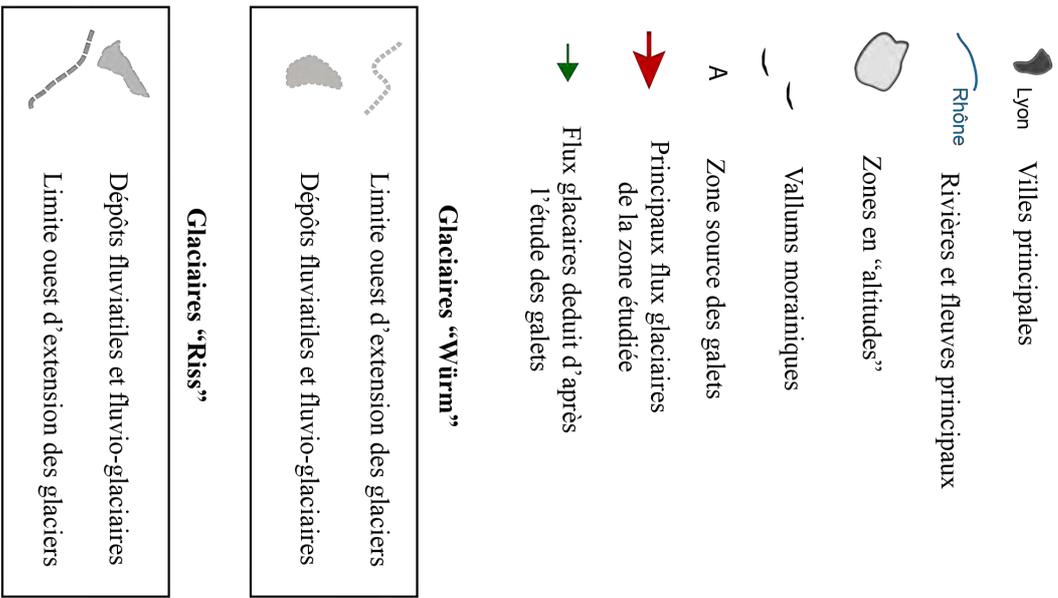
Un schéma structural avec sa légende qui correspond à une zone plus large est proposé page suivante, la zone à étudier dans ce TP est encadrée. Ce schéma correspond au minimum qui était attendu, les candidats pouvaient aussi représenter les cônes de déjection ou les autres formations quaternaires majeures.

NOM :

Prénom :

Salle :

Schéma oro-hydrographique des formations quaternaires de la carte de Lyon au 1/250000



NOM :

Prénom :

Salle :

II-A-2 Analyse

Indiquez le sens d'écoulement glaciaire à l'origine des dépôts würmiens et rissiens sur votre schéma structural (II-A-1) et proposez un scénario expliquant l'importance et la position relative des dépôts glaciaires présentés sur votre schéma structural.

Réponse à la question II-A-2

On met ici en évidence grâce à ces données la prédominance de deux phases glaciaires (ou du moins de deux phases d'avancée maximales du glacier de l'Isère).

Les caractéristiques des dépôts glaciaires (dépôts aériens, forte érodabilité, principe de superposition) font que les traces d'extension maximale des périodes glaciaires les plus récentes sont les plus visibles. Par rapport aux données de la carte on peut relier le maximum d'extension des glaciers Würm avec le front le plus à l'Est et celui du Riss avec le front plus en « aval » (donnés dans la légende !). L'emboîtement des terrasses fluvio-glaciaires (bien visible dans la basse vallée de l'Isère) indique une antécédence du « glaciaire Riss » par rapport au « glaciaire Würm ». Il est intéressant de noter que si les fronts sont assez proches au niveau de la vallée de l'Isère, il n'en est rien lorsque les glaciers s'étalent dans une plaine plus large. Ce phénomène est d'autant plus amplifié que en se « dirigeant vers Lyon le glacier de l'Isère était rejoint par des diffluences du glacier du Rhône-Arve (non visibles ici). Si on peut évoquer des conditions climatiques moins favorables à l'extension glaciaire au Würm qu'au Riss (moins froid et/ou moins neigeux) il ne faut pas oublier que le fait que les glaciers érodent fortement les vallées (sur le fond et sur les pentes) introduit un biais. En effet depuis 1 Ma et le début des alternances glaciaires/interglaciaires de 100 000 ans à chaque période glaciaire de 80 000 ans les glaciers érodent fortement. La taille des vallées augmente donc depuis 1Ma et ce qui implique que lors des dernières phases glaciaires et particulièrement la dernière « il y avait plus de place dans les massifs » et que donc pour la même quantité de glace les glaciers pouvaient avoir des fronts plus proches des sources et moins distaux.

En termes de chronologie absolue des extensions maximales, les données pour le Riss restent floues, alors que pour le Würm, les partisans d'un maximum à 20000cal BP s'opposent farouchement à ceux d'un maximum à 35000 calBP (sans que beaucoup de datations précises ne soient mises en jeu).

II.B- Pétrologie de quelques « galets glaciaires ». Durée conseillée : 20 min

Cette partie nécessite un passage de 20 minutes maximum à l'atelier « roches ».

A l'aide du matériel fourni, réalisez une reconnaissance des 4 échantillons (A à D) qui ont été prélevés dans les moraines à la sortie de la cluse de l'Isère.

Complétez le tableau page 12.

NOM :

Prénom :

Salle :

Réponse à la question II-B

	Critères de reconnaissance	Nom de la Roche
A	<p><i>Riche sombre, dense, formée de deux minéraux. Le plus présent est noir sous forme de baguette peu visible, sa dureté (difficile à estimer car les minéraux sont petits) est entre celle du verre et celle de l'acier) : Amphibole.</i></p> <p><i>Minéral blanc peu présent ou peu visible de dureté là aussi difficile à estimer : Feldspath (plagioclase).</i></p> <p><i>Cette roche se reconnaît « en partie à sa tête » mais les feuillets visibles (foliation) indiquent le caractère métamorphique de cette roche.</i></p>	<u>Amphibolite</u>
B	<p><i>Roche claire, à cassure « blanc crème » et patine blanc—gris formé d'un liant calcaire fin (micrite) contenant des clastes de fossiles en proportion plus ou moins grandes (bivalves inéquivalves : rudistes du genre Agriopleura ?).</i></p>	<p><u>Calcaire à rudistes (Urgonien).</u></p> <p>Où</p> <p><u>Wackestone à rudistes ou mudstone à rudistes selon les échantillons</u></p>
C	<p><i>Roche bicolore, moyennement dense, formée de lits clairs et de lits sombres plus ou moins continus. On observe des « yeux » de minéraux blancs qui indiquent une déformation. Il s'agit d'une roche métamorphique formée de feldspath, quartz et biotite. Le protolithe est vraisemblablement un granite.</i></p>	<u>Gneiss (Orho ?)</u>
D	<p><i>Roche composée de galets centimétriques de natures diverses emballés dans un liant silto-sableux (en terme de granulométrie). Il s'agit d'une roche sédimentaire de type poudingue. Les galets, de quartz, de calcaires (divers), de silex et parfois de radiolarite attestent de la diversité mais aussi de la proximité des zones sources (de natures géologiques variées).</i></p>	<u>Poudingue polygénique</u>

▣

NOM :

Prénom :

Salle :

II.C- Origine des « galets glaciaires ». Durée conseillée : 10 min

A partir de la carte de Lyon au 1/250 000 et de sa légende (annexe 3A et 3B) proposez une formation géologique potentiellement source pour chacun des 4 échantillons analysés à la question précédente (II-B).

Réponse à la question II-C

- Les amphibolites peuvent provenir du « complexe de Belledonne » (δ sur la carte) ; massif de Belledonne.
- Les calcaires à rudistes peuvent provenir du **nU** (Barrémo-aptien à faciès urgonien), massif de la Chartreuse ou du Vercors.
- Les Gneiss peuvent avoir diverses sources dans la « formation migmatitique et granites associés » ; massif de Belledonne.
- Les poudingues peuvent aussi avoir diverses sources : **g1** (Oligocène), ou **m3** (miocène sup.), massif de la Chartreuse ou du Vercors. (On peut exclure les conglomérats du Taillefer car il s'agit de conglomérats métamorphiques).

NOM :

Prénom :

Salle :

Partie III : Le mouvement de terrain de Séchilienne

Durée conseillée : 1h30 - barème : 30 / 120

L'exercice porte sur l'étude du mouvement de terrain de Séchilienne dans la vallée de la Romanche (Isère), à l'est du Vercors sur la bordure ouest du Massif Cristallin Externe de Belledonne (MCE). L'annexe 4 présente différentes données utilisables dans l'exercice (documents A, B, C, D)

En raison des risques induits en cas d'effondrement et d'obturation de la vallée (Grenoble se situe en aval), des aménagements ont été réalisés :

- Construction d'une digue et d'un chenal de dérivation (au sud de celle-ci) pour évacuer les eaux de la Romanche (pour des volumes de roche de 1.10^6m^3). Document C, annexe 4
- Construction d'un tunnel de dérivation pour la Romanche sur le versant sud (pour des volumes de roche de 5.10^6m^3). Document C, annexe 4

Ces ouvrages sont prévus pour un effondrement de la zone active et des zones très proches de celle-ci (la zone active est bien mise en évidence par l'absence de végétation, Document C et D, annexe 4). Cet exercice a pour but de faire le point sur la stabilité de l'ensemble du versant (composé de micaschistes) afin de comprendre les mécanismes mais aussi de quantifier l'ensemble des masses rocheuses instables à long terme (à l'échelle de la centaine d'année).

III.A- Analyse tectonique. Durée conseillée : 15 min

A partir de la carte sismo-tectonique de la région (Document A, annexe 4) et de l'analyse structurale des plans de failles (projection de Wulf) présentées et localisées sur le document B, annexe 4, caractérisez la zone sismique de la Faille Bordière de Belledonne (ou BBF : Belledonne Border Fault). Pour cela, analysez le mécanisme au foyer du séisme de Laffrey et donnez les orientations des failles et fractures de ce système.

Réponse à la question III-A

Le séisme de Laffrey correspond à un séisme en décrochement sur des plans sub verticaux (70-80° de pendage environ) orientés N30 ou N120. L'alignement des séismes historiques de faible intensité sur une direction N30 le long du massif de Belledonne (30 séismes de magnitude locale entre 1 et 3 en 10 ans) indique un contexte décrochant dextre sur une direction N30 (plutôt qu'un décrochement senestre sur le plan N120). Les fractures analysées sur les sites 1 et 2 indiquent une fracturation sub verticale la zone dans la même direction (N30 environ).

L'ensemble de la zone (du mouvement de terrain et de la BBF) est donc une zone fracturée et faillée de manière sub-verticale dans une direction N30 en réponse à un contexte tectonique de faible activité localement décrochant dextre.

NOM :

Prénom :

Salle :

III.B- Carte géomorphologique. *Durée conseillée : 20 min*

La carte géomorphologique de la figure 5 ci-dessous est incomplète. L'escarpement sommital du mouvement de terrain (en photo sur le document B, annexe 4) y est figuré en plus de la topographie et de la géologie simplifiée. Complétez ce schéma (et sa légende) à l'aide des documents C et D et de vos réponses à la question III-A. Vous devez figurer notamment sur ce schéma la zone active, la fracturation, les failles annexes, les limites de la zone instable.

Réponse à la question III-B

Sur ce schéma il était nécessaire de représenter à partir de l'annexe 4 (en respectant les proportions) :

- la zone active et sa délimitation (à partir du doc C)
- les fractures orientées N30 (très visibles sur le doc D)

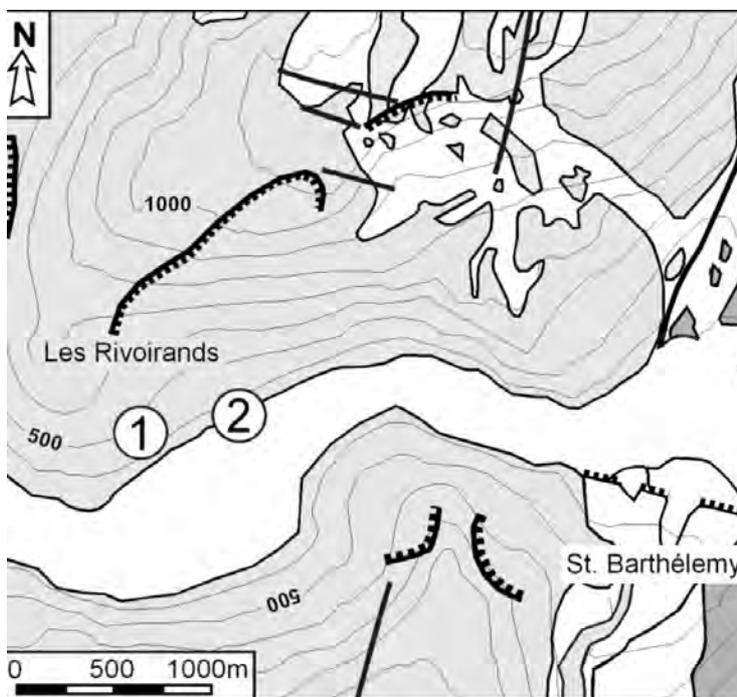


Figure 5 : Carte géomorphologique de la zone de Séchillienne

III.C- Auscultation des mouvements. *Durée conseillée : 15 min*

La figure 6 présente les résultats du suivi d'un extensomètre (numéro A13) au sommet de la zone active. Le graphique présente la vitesse d'écartement (et donc la vitesse du mouvement vers la vallée, en mm/jour ou mm/day en anglais) d'un bloc rocheux en fonction du temps (du 5 décembre 1990, jour 2000 à Décembre 2007, jour 6500).

- Tracez la tendance observable sur le graphique. Qu'en pensez-vous ?

□

NOM :

Prénom :

Salle :

- A partir de ces résultats que pouvez-vous envisager comme mécanismes de contrôle pour expliquer cette tendance ?

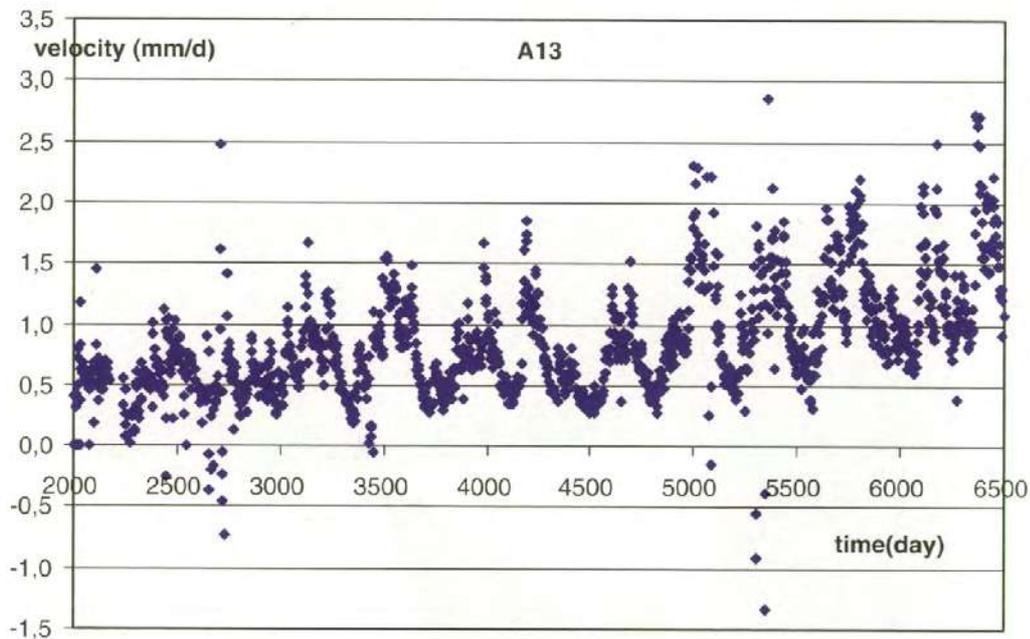


Figure 6 : Vitesse d'écartement de l'extensomètre 13 au cours du temps (CETE, LYON)

Réponse à la question III-C,

On observe sur la période instrumentée une accélération du mouvement (de 0,5 mm/jour) au début des années 90 à 1,5 mm/jour dans les années 2000. Cette augmentation de vitesse est affectée par des variations cycliques pseudo annuelles. Des variations saisonnières climatiques (températures et pluviosité) pourraient donc être responsables de cette cyclicité. Etant donnée « l'irrégularité » de ces cycles, les variations de précipitations qui viendraient « charger » les fractures et failles pré-existantes pourraient être un facteur forçant du mouvement de terrain (plus que des variations de températures qui sont généralement plus régulières au cours d'une année).

III.D- Etude géophysique. Durée conseillée : 25 min

Afin de contraindre les données plus profondes, des profils de sismique réfraction ont été tirés. Les valeurs des vitesses des ondes P calculées sont présentées sur la figure 7 (a et b).

La figure 7c présente la loi de Wyllie qui relie la porosité à la vitesse des ondes P (loi calibrée en laboratoire sur des micaschistes).

On considère que la roche est saine lorsque sa porosité est inférieure à 4% (au delà on parle de roche poreuse). Au delà de 8% les infiltrations d'eaux conduisent à une déstabilisation marquée (dans ce versant).

A l'aide d'un calque, et après avoir reporté la topographie des deux profils, tracez sur ceux-ci les limites correspondantes : roches saines/roches poreuses et roches poreuses/roches déstabilisées). Indiquez la zone où la déstabilisation est la plus profonde sur chaque profil (indiquez sa valeur en mètre).

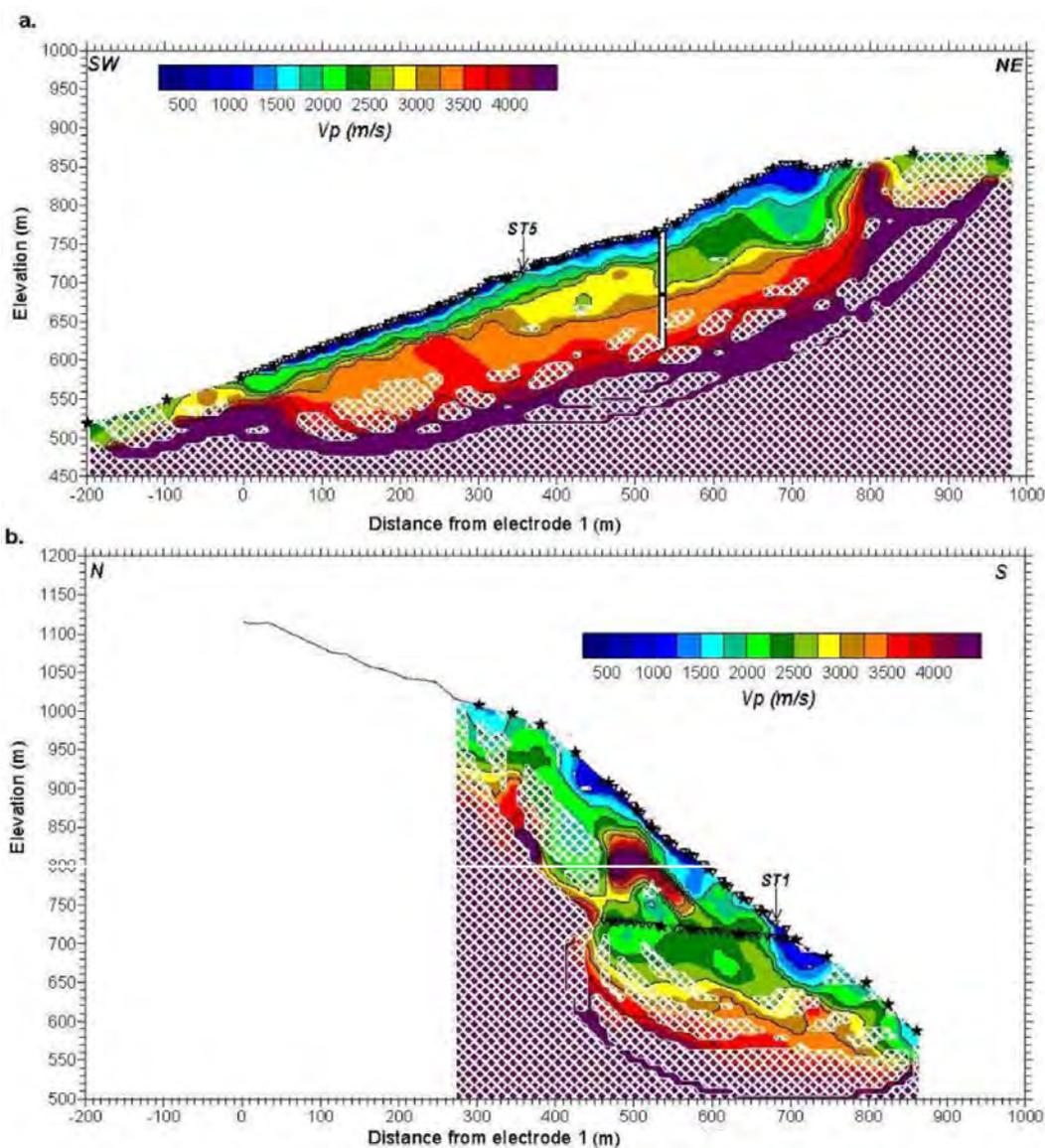


Figure 7 a et b : Résultats de la prospection de sismique réfraction sur les profils ST1 (7a) et ST5 (7b). (D'après Le Roux *et al.*, 2009). La localisation des profils sismiques ST1 et ST5 est visible sur le [document C](#) de l'annexe 4.

NOM :

Prénom :

Salle :

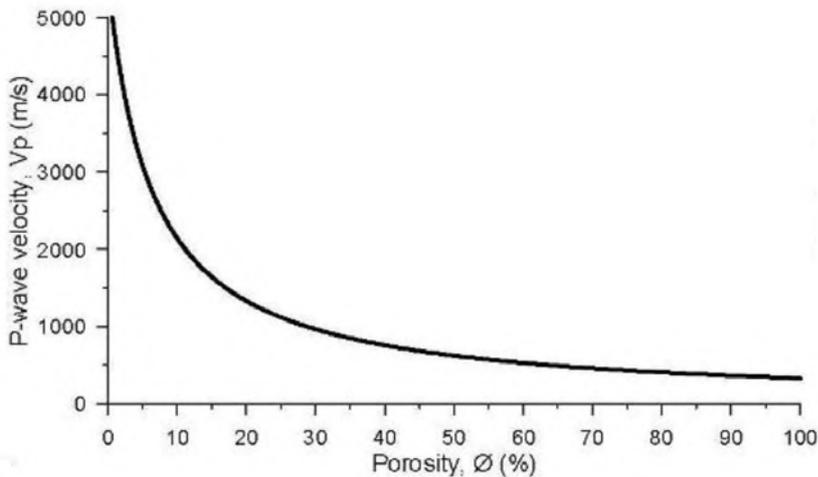


Figure 7 c : Résultats de la calibration de l'évolution de la vitesse des ondes P (en m/s) en fonction de la porosité (en pourcentage) - Loi de Wyllie. (Tiré de Le Roux et al., 2009)

Réponse à la question III-D, coller vos calques interprétatifs ici.

Pour cet exercice nous attendons :

- l'utilisation de la figure 7c afin de calculer (graphiquement) les vitesses des ondes P correspondantes aux valeurs de 4 et 8% (plus de 3000 m/s pour 4% de porosité et 2200m/s pour 8% de porosité).
- A partir de ces valeurs, une délimitation des zone poreuses et instables sur les calques afin de mettre en évidence en « 3D » la déstabilisation de la zone II était ainsi possible de trouver graphiquement les zones les plus instables et leurs épaisseurs maximales (qui atteignent par endroit 200 m de profondeur). Il est donc possible à ce stade de quantifier l'étendue et l'épaisseur des déstabilisations de la zone dite inactive. Un report de ce travail par certains candidats sur la figure 5 nous a amenés à donner des points bonus)
- une légende correcte (épaisseur, orientation, échelle) et un report sur les calques de la localisation et de la valeur des zones déstabilisées (ce dernier point mal réalisé par les candidats à été sanctionné le cas échéant)

NOM :

Prénom :

Salle :

III-E Conclusion. Durée conseillée : 15 min

A partir de vos analyses dans les questions III-A, III-C, III-D, établissez un modèle simple du contrôle du mouvement de terrain de Séchilienne (faisant intervenir tectonique et climat).

Réponse à la question III-E,

Avec l'ensemble des données de cet exercice nous pouvons dire :

- *que la zone affectée par ce mouvement de terrain est une zone en pente forte (30 ° environ).*
- *que ces micaschistes ont hérité (en plus de leur foliation) de plans préférentiels de faiblesse induit par le contexte tectonique locale en décrochement dextre (sur des plans N30 subverticaux). Ces plans visibles sur le MNT (sous la forme de linéaments) correspondent aussi à l'alignement des séismes de faible intensité. Il y a donc une déformation à différentes échelles qui affecte la formation instable et la région.*
- *les variations de pluviosité viennent plus ou moins « charger » ces fractures et altérer d'autant plus cette zone (infiltration d'eau verticale dans la zone en pente).*

Au final cette zone pré-fracturée de micaschistes affleurant dans une pente forte est par nature instable et amène à une déstabilisation progressive du massif (qui s'accélère vraisemblablement). Ce mouvement est aussi affecté et accentué périodiquement lors des périodes de fortes précipitations. La zone active est sans doute plus sensible à ce contrôle saisonnier car plus fracturée et plus altérée. Il y a donc un effet amplificateur du climat sur le contexte tectonique et gravitaire à l'origine de ce mouvement.

La compréhension de ce système géologique instable permet donc d'envisager des systèmes de prévention et de protection cohérent :

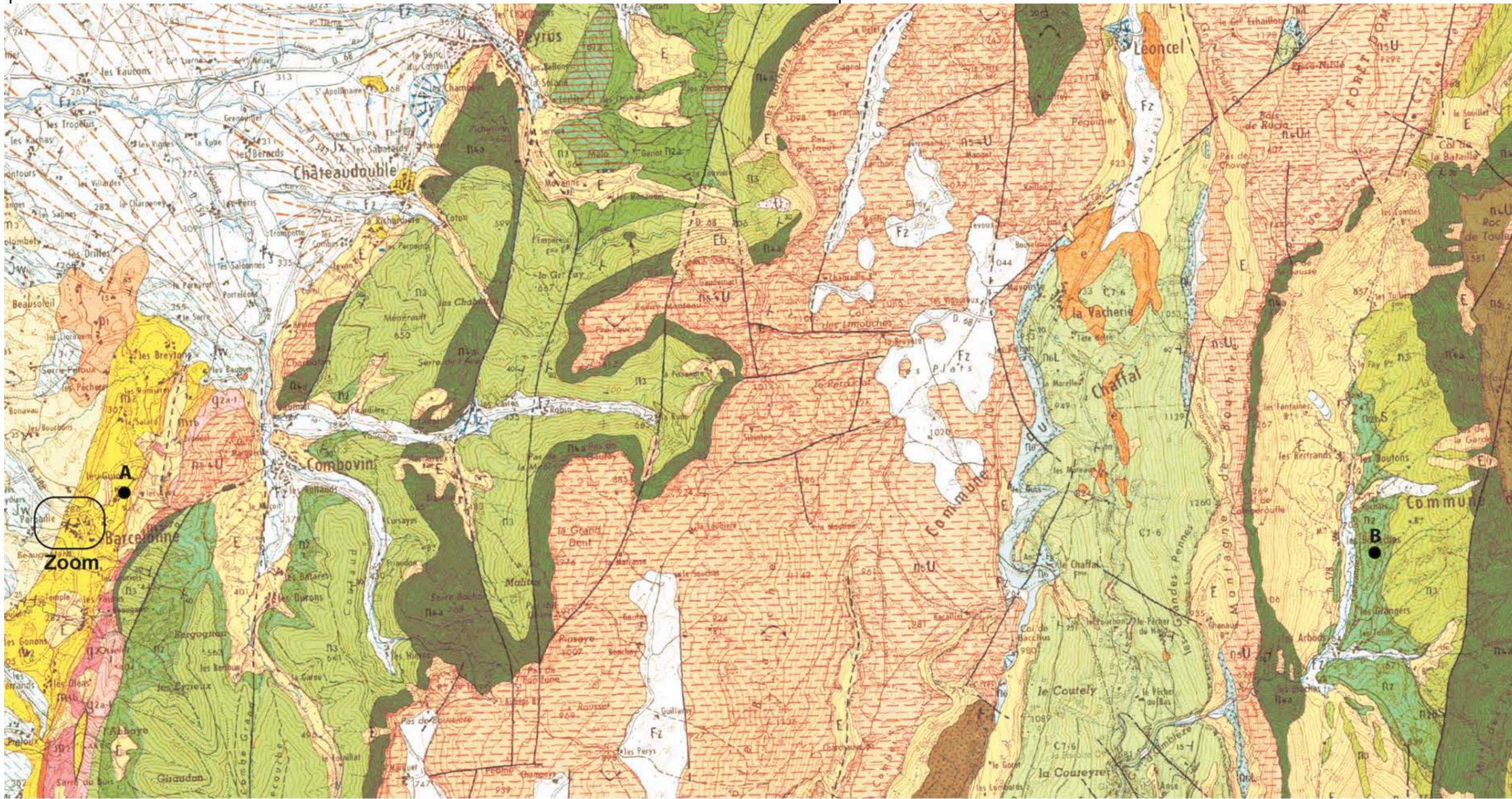
- *dimensionnement des ouvrages protecteurs*
- *dimensionnement de la zone totale à surveiller (pas que la zone active)*
- *système d'alerte en cas de forte pluie*

NOM :

Prénom :

Salle :

Annexe 1 : Extrait de la carte géologique de Charpey (BRGM)



<p>E Ey Eb E Eboulis Ey Eboulis anciens Eb Eboulis à gros blocs</p> <p>U Tufs calcaires</p> <p>Jz Jx Jw J Jz Cônes de déjection réce Jy Jx Jw Jv Cônes de déjéc anciens</p> <p>Fz Fy Fx Fw F Fz Alluvions modernes et dol Fy Terrasses de la Véore et du Guimand Fx Terrasses d'Alixan Fw Terrasses de Chatuzange à galets alpins Fv Terrasses de Chatuzange à quartzites</p>	<p>G Glaciaire local du Vercors (Würmien ou Postwürmien)</p> <p>p1 Pliocène inférieur</p> <p>m3 Pontien</p> <p>m2b m2 M2 Vindobonien m2b Vindobonien supérieur m2a Vindobonien inférieur</p> <p>m1b m1 M1 Burdigalien m1b Burdigalien supérieur</p>	<p>g3 Aquitanien</p> <p>g2 Chattien-Stampien</p> <p>g2a-1 Sannoisien-Stampien</p> <p>e Eocène</p> <p>C7-6 C7-5g C7-6 Crétacé supérieur calcaï C7-5g Crétacé supérieur sable</p>	<p>Ci Albien</p> <p>n6 n6L n6 Gargasien n6L Lumachelle</p> <p>n5 n5S n5A n5D n5U n5 Bédoulien n5A Id. calcaires d'Ambel n5D Id. calcaires à débris n5S Id. calcaires à silex n5U "Urgonien" n5U "Urgonien," masse supér n4ab Barrémien n4Ud "Urgonien," masse inférieure n4a Barrémien inférieur</p>	<p>n3b n3 n3 Hauterivien, n3b Hauterivien supérieur n3a Hauterivien inférieur</p> <p>n2 n2a n2 Valanginien n2b Valanginien supérieur n2bD Id. détritique n2bS Id. sableux n2a Valanginien inférieur</p> <p>n1 Berriasien</p>	<p>Glissements marneux</p> <p>Sens de déplacement d'une masse rocheuse glissée</p> <p>Pendage + Horizontalité - - - Verticalité F Gisement de fossiles</p>	<p>1 3 2 1. Contour géologique 2. Contour géologique supposé 3. Contact anormal</p> <p>Crêtes morainiques</p> <p>Vallée sèche</p> <p>Sondage pétrolier (Indices d'huile)</p>	
---	--	--	---	---	---	--	--

NOM :

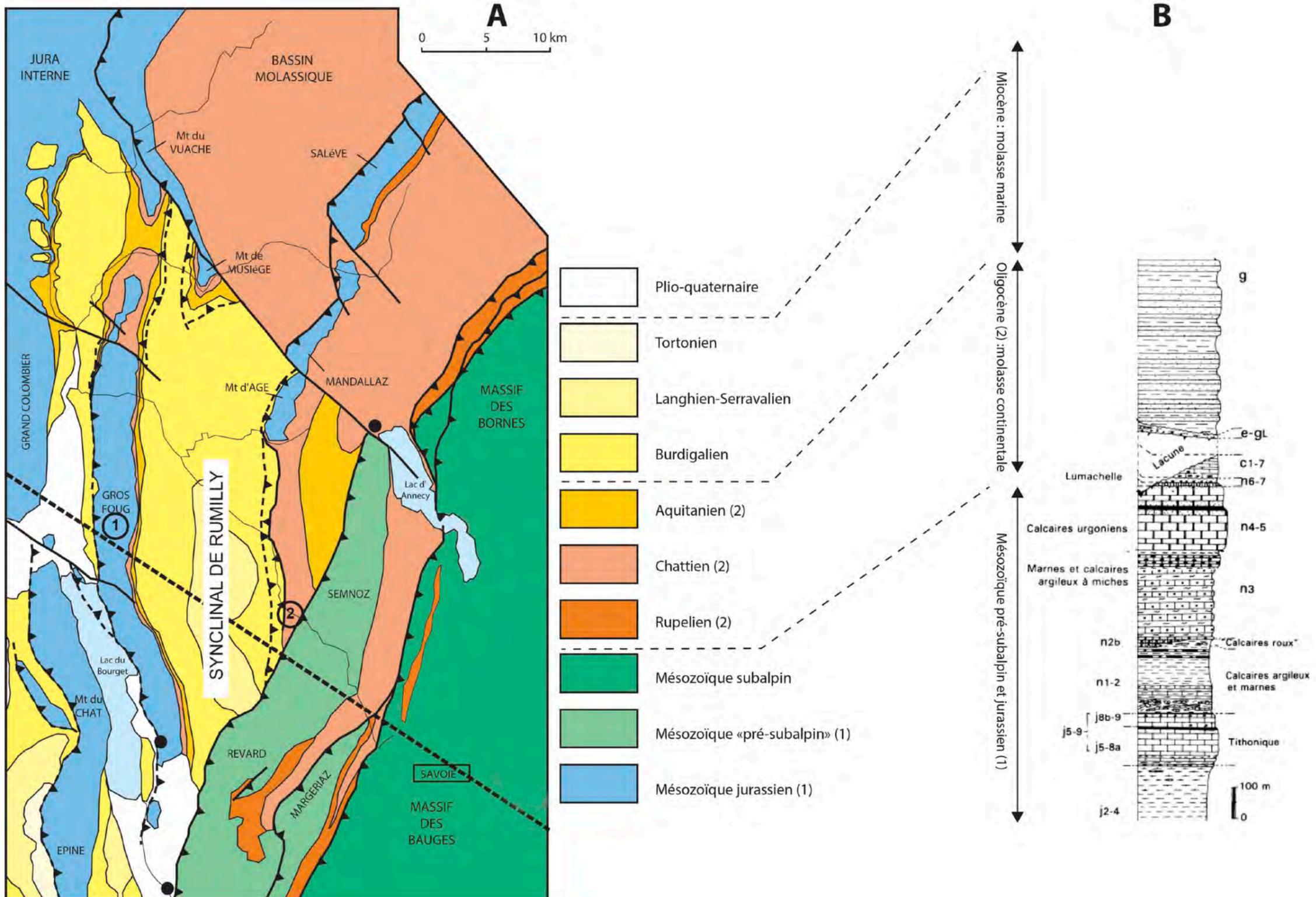
Prénom :

Salle :

Annexe 2 : Carte géologique et log. stratigraphique du rebord ouest du massif des Bauges.

(A) D'après Beck *et al.* ; 1996. Le trait pointillé correspond approximativement au tracé du profil sismique entre les points 1 et 2.

(B) D'après les cartes géologiques de Rumilly et Seyssel au 1/50000 (éditions BRGM). Les noms et codes des formations (n4-5 etc...) et leurs âges peuvent être aussi reliés à la légende de **l'annexe1**.



NOM :

Prénom :

Salle :

Annexe 3A : Extrait de la Carte géologique de Lyon au 1/250000 (BGRM éditions)

Le cadre noir correspond à la zone à étudier pour le schéma structural de la question II-A-1,



NOM :

Prénom :

Salle :

Annexe 3B : Légende de la Carte géologique de Lyon au 1/250000 (BGRM éditions)

TERRAINS SÉDIMENTAIRES

QUATERNAIRE

Table of Quaternary sedimentary units: CE (Löss et limons), B (Couverture superficielle diverse), E (Ebouffis), Eb (Eboulement de Myans), Fz (Alluvions post-wurmienne), FzL (Alluvions de la Loire), F (Alluvions et colluvions indifférenciées).

Alluvions fluviales et dépôts glaciaires fluvioglaciers et lacustres

Table of fluvial and glacial deposits: Fz (Alluvions post-wurmienne), FzL (Alluvions de la Loire), F (Alluvions et colluvions indifférenciées), FzLz (Alluvions post-wurmienne), Fy (Fluviales), FyL (Fluviales de la Saône), FyLx (Fluviales de la Saône), FyLxL (Fluviales de la Saône), FyLxLx (Fluviales de la Saône), FyLxLxL (Fluviales de la Saône), FyLxLxLx (Fluviales de la Saône), FyLxLxLxL (Fluviales de la Saône), FyLxLxLxLx (Fluviales de la Saône).

TERTIAIRE

Table of Tertiary units: Rp2 (Formation résiduelle des cailloutils de Chambaran et Bonnevau), pz (Pliocène supérieur), p1 (Pliocène inférieur marin), m-p (Cailloutils infra-pliocène), m3 (Miocène indifférencié), m2 (Miocène supérieur continental), m1 (Miocène inférieur marin), g (Oligocène indifférencié), g1 (Oligocène supérieur continental), g2 (Oligocène inférieur marin), g3 (Oligocène inférieur marin), g4 (Oligocène inférieur marin), g5 (Oligocène inférieur marin).

SECONDAIRE

Table of Secondary units: C7 (Sénonien indifférencié), C6 (Maastrichtien), C5 (Campanien), C4 (Turonien), C3 (Albien supérieur), C2 (Barrémien), C1 (Hauteriviens), J1 (Barrémien inférieur), J2 (Barrémien inférieur), J3 (Barrémien inférieur), J4 (Barrémien inférieur), J5 (Barrémien inférieur), J6 (Barrémien inférieur), J7 (Barrémien inférieur), J8 (Barrémien inférieur), J9 (Barrémien inférieur), J10 (Barrémien inférieur).

JURA SUBALPINES

Table of Jura Subalpine units: J1 (Barrémien inférieur), J2 (Barrémien inférieur), J3 (Barrémien inférieur), J4 (Barrémien inférieur), J5 (Barrémien inférieur), J6 (Barrémien inférieur), J7 (Barrémien inférieur), J8 (Barrémien inférieur), J9 (Barrémien inférieur), J10 (Barrémien inférieur), J11 (Barrémien inférieur), J12 (Barrémien inférieur), J13 (Barrémien inférieur), J14 (Barrémien inférieur), J15 (Barrémien inférieur), J16 (Barrémien inférieur), J17 (Barrémien inférieur), J18 (Barrémien inférieur), J19 (Barrémien inférieur), J20 (Barrémien inférieur).

PRIMAIRE ET TERRAINS CRISTALLINS

CHAÎNE DE BELLEDONNE

Table of Primary and Crystalline units: r (Permien), h (Stéphanois-Vosgesiens), M2 (Gneiss à sillimanite), M1 (Anatexites), X1 (Leptynites), X2 (Gneiss ocellés), M1 (Anatexites), M2 (Gneiss à sillimanite), M3 (Gneiss à sillimanite), M4 (Gneiss à sillimanite), M5 (Gneiss à sillimanite), M6 (Gneiss à sillimanite), M7 (Gneiss à sillimanite), M8 (Gneiss à sillimanite), M9 (Gneiss à sillimanite), M10 (Gneiss à sillimanite).

MASSIFS CRISTALLINS EXTERNES DES ALPES (Belledonne-Tailleur)

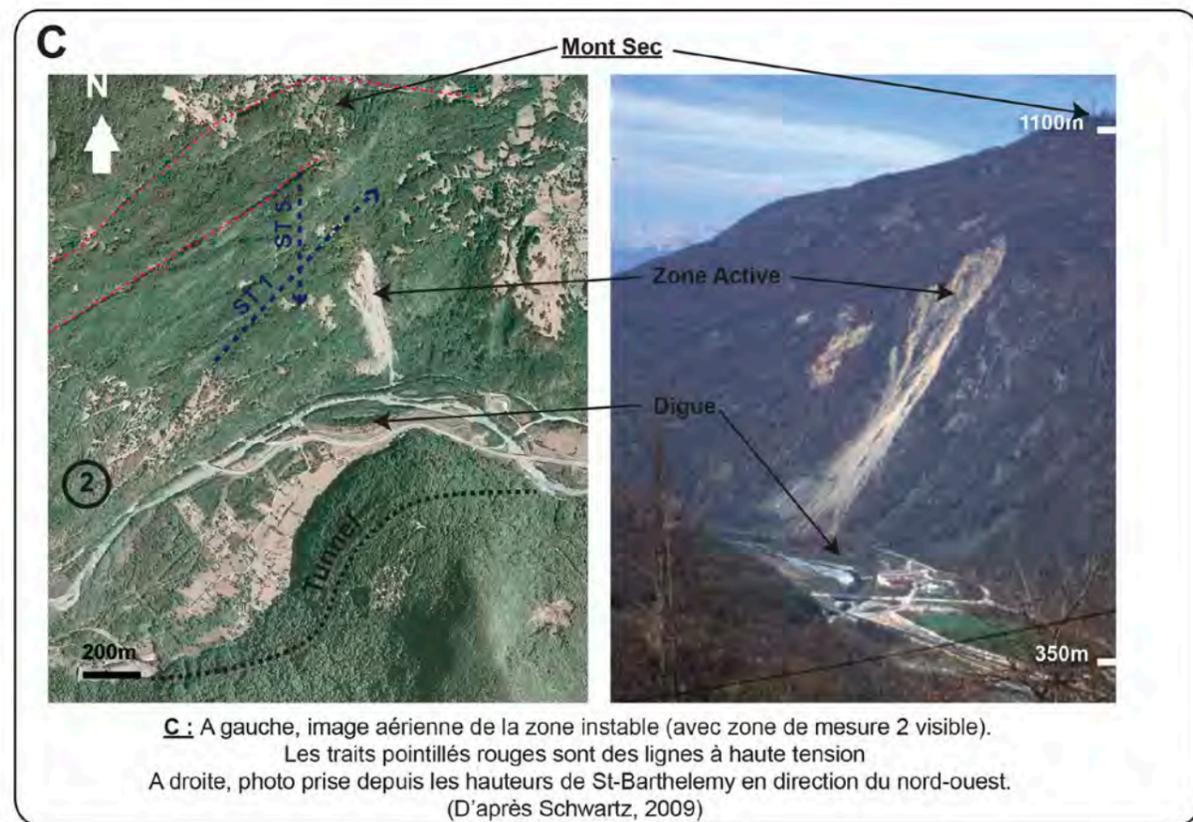
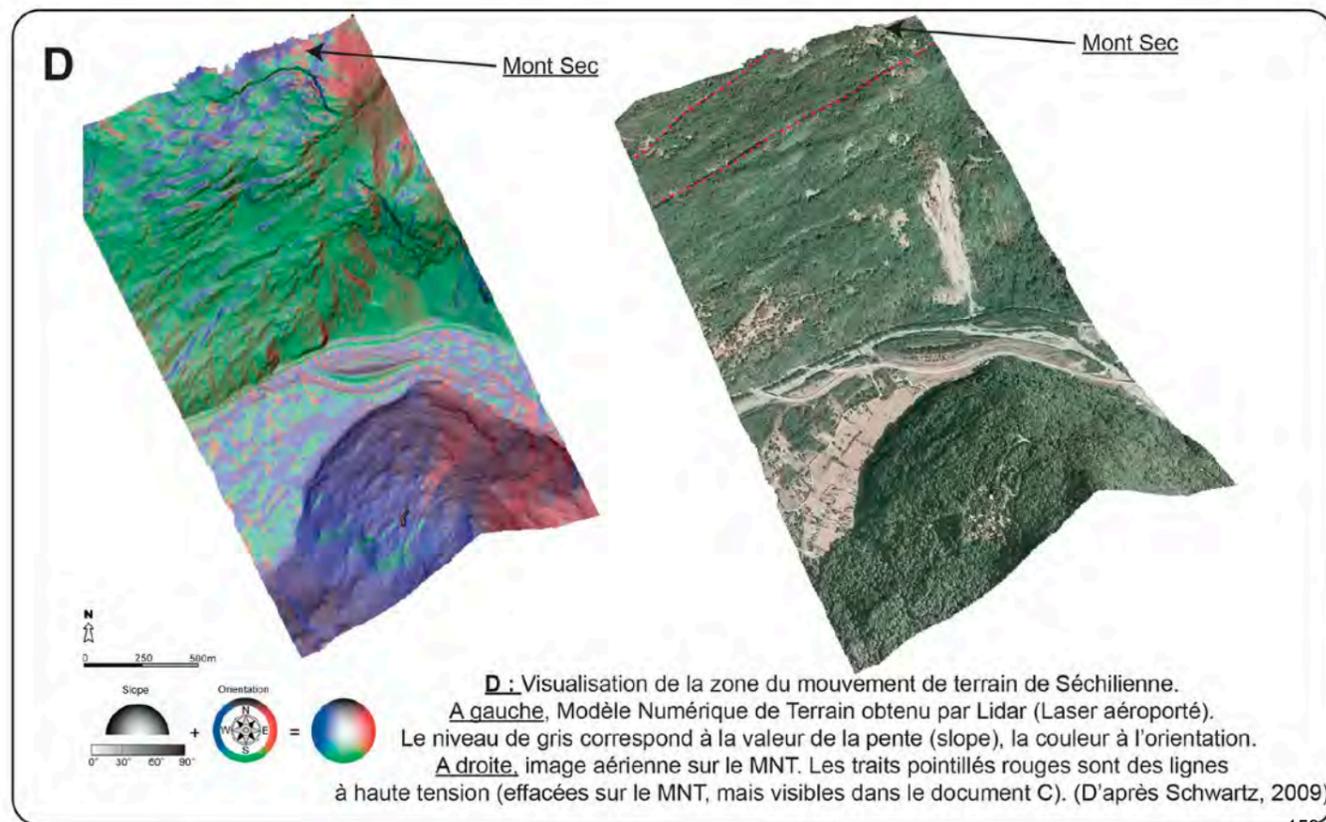
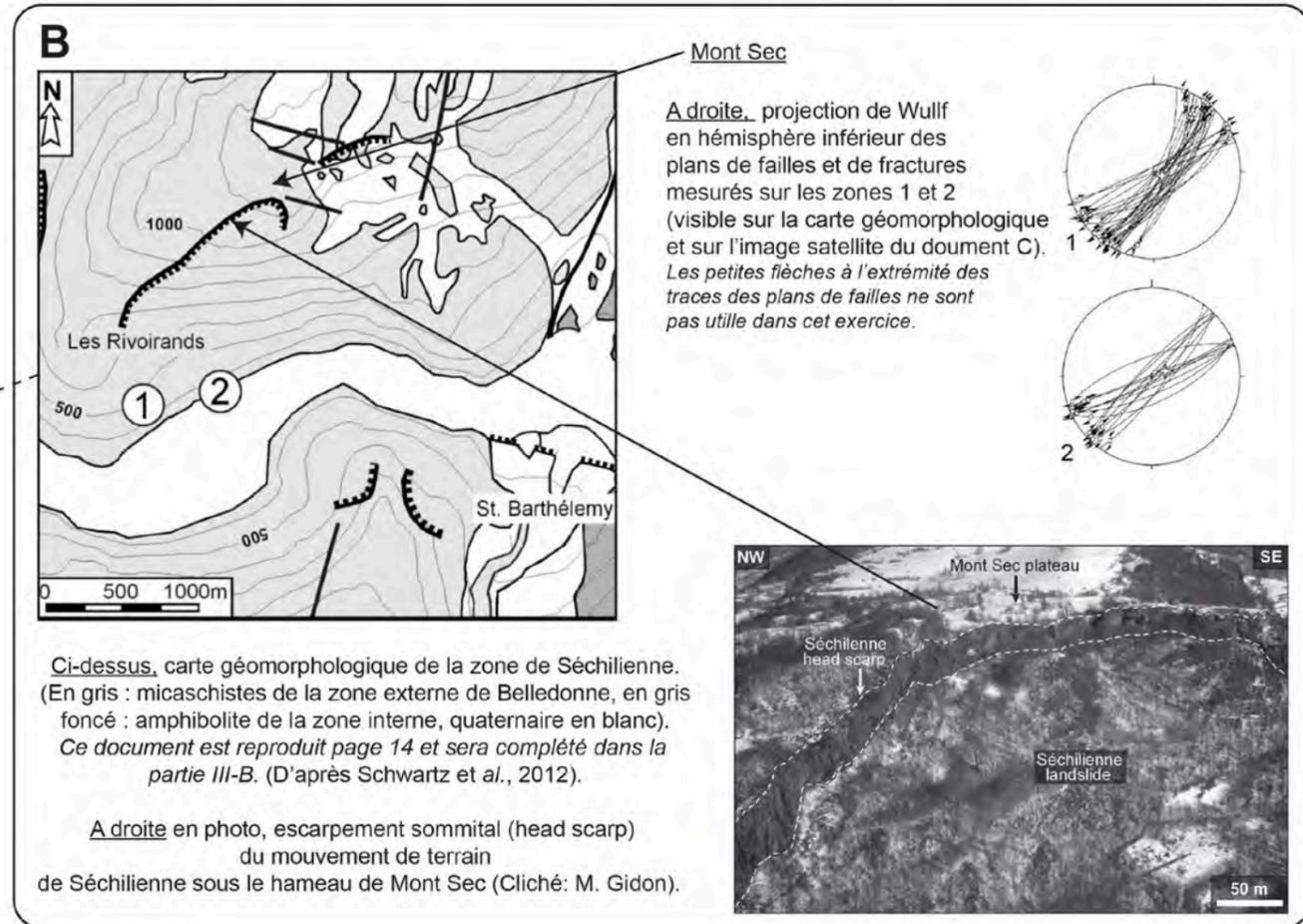
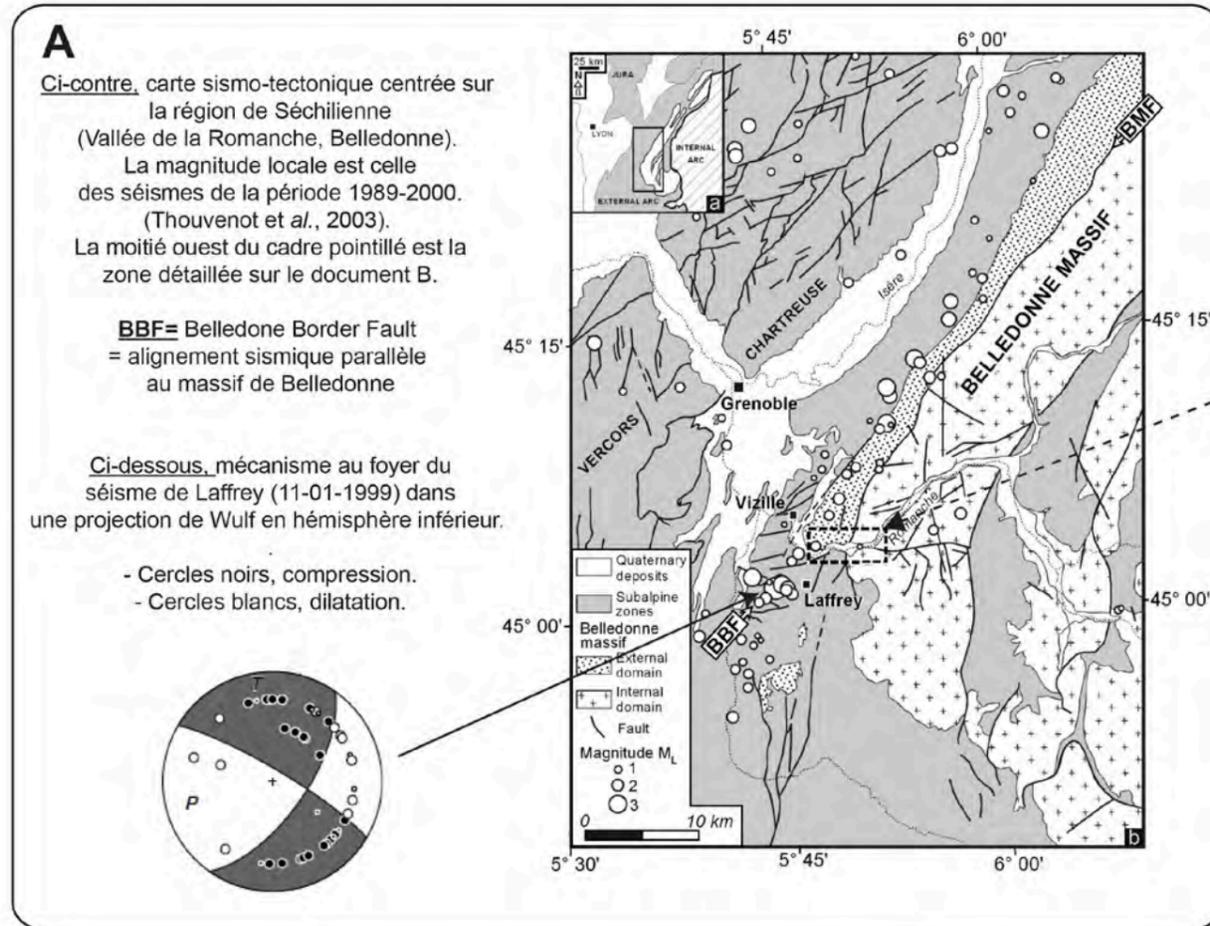
Table of External Crystalline Massifs: Z1 (Rameau externe de Belledonne), Z2 (Séries du Tailleur), Z3 (Séries du Tailleur), Z4 (Séries du Tailleur), Z5 (Séries du Tailleur), Z6 (Séries du Tailleur), Z7 (Séries du Tailleur), Z8 (Séries du Tailleur), Z9 (Séries du Tailleur), Z10 (Séries du Tailleur).

NOM :

Prénom :

Salle :

Annexe 4 : Documents relatifs au mouvement de terrain de Séchilienne (Isère)



5.4 Epreuve de travaux pratiques de contre-option du secteur A : Sujet et commentaires

5.4.1 Présentation de l'épreuve

L'épreuve pratique de contre-option du secteur A s'intéressait à la multiplication de la levure *Saccharomyces cerevisiae*. Le sujet s'articulait autour de plusieurs montages microscopiques simples, de comptages et mesures nécessitant l'élaboration puis la mise en œuvre de protocoles faisant appel à des techniques classiques, et de l'analyse génétique de résultats de tests simples réalisés à partir des souches étudiées et présentés sous forme de photographies.

1^{ère} partie :

Les candidats devaient d'abord rappeler, au moyen d'un schéma, les caractéristiques du cycle de multiplication de la levure *S. cerevisiae*, posant les bases théoriques, ainsi que le vocabulaire indispensable au traitement de l'ensemble du sujet. Des termes scientifiques précis liés à la reproduction sexuée et asexuée étaient attendus. Les événements cellulaires bornant les phases haploïdes et diploïdes devaient être clairement indiqués.

Il s'agissait ensuite de réaliser des montages et observations microscopiques de deux souches fournies en suspension, de façon à déterminer laquelle contenait des asques et était par conséquent diploïde. Le même type de manipulation était ensuite demandé, cette fois afin de déterminer le type sexuel d'une souche haploïde, les critères d'identification, non exigibles, étant fournis. Si cette partie a le plus souvent été correctement traitée, le jury a remarqué plusieurs défauts dans la réalisation et l'observation de montages pourtant basiques. En particulier, le réglage du diaphragme est parfois mal maîtrisé ; l'utilisation d'un objectif à immersion sans huile est inefficace et dangereuse pour le matériel d'optique ; la quantité de liquide placée sous la lamelle est parfois inadaptée ; le fait de laisser une lame très longtemps sur le microscope allumé conduit à une évaporation rapidement nuisible à la qualité de la préparation. L'observation, activité essentielle en biologie, doit être complète et critique. Pour pouvoir déterminer la souche diploïde ou le type sexuel, il était nécessaire de comparer les deux situations proposées. Par ailleurs, un échantillon biologique est par nature diversifié : il ne faut donc pas se contenter du premier objet observé mais parcourir la lame afin d'en choisir un qui soit représentatif. Enfin, le jury accorde une part importante à l'adéquation entre le dessin réalisé et le champ microscopique qui est montré. Il ne s'agit donc pas de coller des connaissances ou attendus sans lien avec la réalité observée.

Les candidats devaient ensuite déterminer la relation entre densité optique à 600 nm et concentration en cellules pour deux souches fournies en phase stationnaire. Cette partie manipulative, plus longue et demandant un peu d'initiative, n'a pas été traitée par tous les candidats, qui ont préféré basculer sur la deuxième partie, plus documentaire. Le jury rappelle que le barème d'une épreuve de travaux pratiques valorise les manipulations et pénalise donc cette stratégie d'évitement.

Si les comptages sur lame Kova, dont l'utilisation était intégralement expliquée, n'ont souvent pas posé de problème, le calcul des concentrations des suspensions a révélé des lacunes surprenantes. De nombreux candidats ne savent pas convertir des microlitres en millilitres et le facteur de dilution initial a souvent été oublié. Il est attendu des candidats qu'ils exercent leur esprit critique sur le résultat obtenu. Ainsi une valeur de quelques cellules par millilitre doit alerter sur une probable erreur de calcul, ou tout du moins donner lieu à un commentaire. La taille des cellules a souvent été correctement estimée, mais la méthode utilisée rarement expliquée.

Les méthodes proposées puis mises en œuvre par les candidats pour diluer les suspensions ont fait perdre un temps précieux à certains, alors que les volumes fournis et le matériel proposé devaient amener à une dilution en série très rapide à réaliser. L'utilisation du colorimètre ne semble pas bien

maîtrisée, alors que les aspects purement techniques, qui dépendent du modèle utilisé, étaient intégralement fournis. Ainsi, de nombreux candidats ont découvert en arrivant au poste de mesure qu'il fallait prévoir de réaliser un « blanc » (valeur de référence). Ce dernier ne peut pas être réalisé sans cuve, ni avec une cuve vide ; le seul facteur variant avec les conditions suivantes devant être la présence des levures. Toutes les mesures nécessitant d'être réalisées dans les mêmes conditions, l'orientation de la cuve n'est pas aléatoire. Le jury rappelle que toute manipulation nécessite de se poser des questions sur son objectif et ses conditions de réalisation. Les candidats qui ont obtenu des valeurs cohérentes ont tracé des courbes dont l'allure globale était classique et qui permettaient, à condition d'être considérées dans leur portion linéaire, de déterminer une relation proportionnelle entre densité optique et nombre de cellules. L'influence de la taille des cellules sur cette relation n'a pas souvent été démontrée.

2^{ème} partie :

Bien que découlant largement des bases théoriques mises en place en première partie, la seconde partie pouvait être traitée de façon indépendante. L'utilisation de la levure, organisme à cycle haplodiplophasique, permettait d'exploiter génétiquement les caractéristiques des phases haploïdes et diploïdes pour l'étude de mutants thermosensibles (4 mutants *cdc*) : tests génétiques classiques de dominance/récessivité, allélisme/complémentation et analyse de descendance impliquant la ségrégation d'un ou deux gènes.

Les observations microscopiques des mutants ont donné lieu à des conclusions surprenantes. Les phénotypes des mutants à température non permissive étaient très simples : arrêt homogène en phase non bourgeonnante ou arrêt en phase « gros bourgeon » alors que la souche sauvage (témoin) présentait toutes les étapes du cycle cellulaire. Peu de candidats ont observé et encore moins correctement interprété ces différences alors que leurs mesures de taux de bourgeonnement étaient correctes. Bien qu'il était mentionné que les mutants avaient été obtenus à partir de la souche haploïde de départ, des sur-interprétations grossières des observations microscopiques ont été faites : des figures de division ou des cellules de petite taille comme argument de l'état haploïde de la souche ou l'absence de mitose ou des cellules de grande taille comme argument de l'état diploïde ; la synchronisation en une phase comme un ralentissement de la division alors que le test de croissance montrait une absence de croissance. Il est possible que les résultats inadéquats de ces observations résultent d'observations à un grossissement mal adapté : observation d'un ensemble de cellules vs des cellules isolées étaient nécessaires. De plus, la relation entre niveau de ploïdie et taille montrée en première partie ne devait pas aboutir au raisonnement inverse lors de cette partie.

Pour l'analyse génétique, des confusions ont été relevées : entre thermosensibilité et récessivité des phénotypes observés, entre tests de complémentation et de dominance, entre ségrégation allélique (notion de déterminisme monogénique d'une différence phénotypique) et indépendance génétique, entre exploitation d'asques non ordonnés et ordonnés. Ces difficultés dans la maîtrise de l'analyse génétique classique semblent provenir la plupart du temps d'un défaut de raisonnement portant sur le fait que les cellules dont on observe le phénotype sont haploïdes ou diploïdes. Néanmoins, plusieurs candidats ont su traiter de façon pertinente l'ensemble du sujet.

Le sujet ne nécessitait pas de connaissances particulières hormis le mécanisme fondamental de l'alternance de phases haploïde/diploïde lors de la reproduction sexuée, mais devait s'appuyer entièrement sur des observations, d'où découlaient des conclusions directes. Il était important de prendre en compte le déroulé logique du sujet.

En conclusion, le jury tient à rappeler que pour s'inscrire dans une démarche scientifique, 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 d'une démarche scientifique que les enseignants de SVT doivent transmettre à leurs élèves.

5.4.2 [Sujet commenté](#)

Les informations qui suivent constituent des indications mais en aucun cas un corrigé complet.

NOM :

Prénom :

Salle :

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2017

TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE-OPTION DU SECTEUR A

CANDIDATS DES SECTEURS B ET C

Durée totale : 2 heures

Caractérisation du cycle de multiplication de la levure

Saccharomyces cerevisiae

L'objectif de ce travail est de caractériser certains aspects du cycle de multiplication de la levure *Saccharomyces cerevisiae*, ainsi que quelques souches porteuses de mutations.

Les deux parties peuvent être traitées de façon indépendante.

La liste des cultures fournies est donnée en annexe.

Partie I : Quelques aspects du cycle de multiplication de *S. cerevisiae*

page 1

Durée conseillée : 1h15 – barème : 60/100

Partie II : Caractérisation génétique de différentes souches mutantes

page 9

Durée conseillée : 45min – barème : 40/100

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

N'oubliez pas d'appeler un examinateur lorsque cela est demandé.

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

Vous devez rendre la totalité des feuilles du dossier

NOM :

Prénom :

Salle :

Partie I : Quelques aspects du cycle de multiplication de *S. cerevisiae*

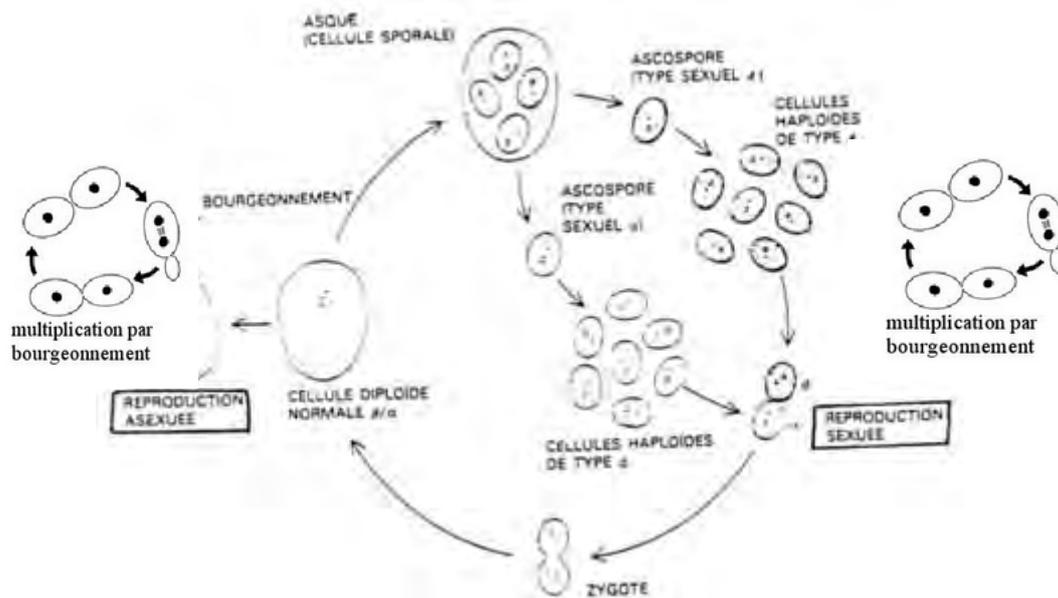
Vous disposez de deux souches de levures, l'une haploïde et l'autre diploïde. Le généticien qui a réalisé l'ensemencement a appelé ces échantillons A et B, ce qui ne permet pas de savoir quelle souche est la diploïde ou l'haploïde. Par ailleurs, il n'a pas noté le signe sexuel de la souche haploïde.

Il s'agira d'identifier les souches A et B fournies, et de préciser le signe sexuel de la souche haploïde.

I-A Schématisation du cycle

Question Q-IA : Représenter sous forme de schéma le cycle de multiplication de *S. cerevisiae*.

Réponse à la question Q-IA



NOM :

Prénom :

Salle :

I-B Observation de la sporulation

Des cellules des souches A et B ont été incubées 72h sur un milieu AcK, conditions qui induisent la sporulation et la formation d'asques chez un diploïde. L'objectif est d'identifier, à partir de ces cellules en milieu AcK, laquelle des souches A et B est la souche diploïde.

Question QI-B : A partir des suspensions de chacune des souches A (tube 1) et B (tube 2), réaliser un montage entre lame et lamelle (sur la même lame, à l'aide d'une pipette automatique P200). Réaliser un dessin légendé de l'observation pour la souche diploïde. Présenter à un examinateur un champ qui permette de conclure, en parallèle du dessin légendé et de l'identification de la souche diploïde.

Réponse à la question QI-B

Dessin d'observation uniquement pour la souche diploïde :

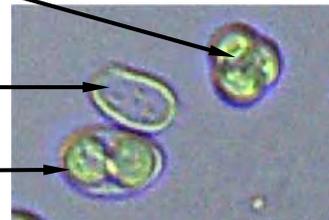
Seule la souche B laisse voir des asques en tétrade, et pas la souche A. Elle est donc capable de réaliser la méiose et est la diploïde.



Une ascospore (ou spore)
d'une tétrade (méiose achevée)

Paroi d'un asque (vidé)

Deux cellules issues de la
première division de méiose



Identité de la souche diploïde (entourer la réponse) : A ou **B**

I-C Détermination du signe sexuel

Le signe sexuel d'une souche peut être déterminé en la croisant avec deux souches de référence de signe connu, a et alpha. En présence du signe sexuel opposé, les cellules se déforment (*shmoo*), avant de fusionner et donner des zygotes en forme d'haltère puis en trèfle. L'objectif est d'identifier le signe sexuel de la souche haploïde.

La souche haploïde a été incubée en présence de chacune des souches de référence de signe a et alpha . Vous disposez de chacun de ces mélanges dans les tubes 3 et 4 :

Croisement (mélange)	Référence a	Référence alpha
Souche haploïde	tube 3	tube 4

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

Question QI-C : A partir des suspensions des croisements (tube 3 et 4), réaliser un montage entre lame et lamelle (sur la même lame). Réaliser un dessin légendé de l'observation pour les souches qui croisent. Présenter à un examinateur un champ qui permette de conclure, en parallèle du dessin légendé et du tableau indiquant par un « + » si les souches croisent et un « - » si elles ne croisent pas. Identifier le signe sexuel de la souche à tester.

Réponse à la question QI-C		
Croisement	Référence a	Référence alpha
Souche haploïde à tester	-	+
<p>Dessin d'observation uniquement pour les souches qui croisent :</p> <p><i>Seules les levures du tube 4 présentent des formes en haltère (à gauche) et en trèfle (à droite) : elles sont donc capables de croiser avec la référence alpha et sont de signe a.</i></p> <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 20px;">   </div> <p>Signe sexuel de la souche haploïde (entourer la réponse) : <input checked="" type="checkbox"/> a ou <input type="checkbox"/> alpha</p>		

I-D Caractérisation de cultures des souches A et B

La concentration en cellules d'une culture peut être déterminée de plusieurs façons. L'objectif est de déterminer la relation entre densité optique à 600 nm et concentration en cellules pour chacune des cultures des souches A et B en phase stationnaire.

A partir de chacune des suspensions fournies, la concentration en cellules sera déterminée après dénombrement sur lame de numération Kova. Une gamme de dilution sera réalisée et la densité optique (DO) mesurée à 600 nm. La courbe $DO_{600} = f(\text{concentration en cellules})$ sera alors construite.

Matériel fourni : cultures en phase stationnaire de cellules des souches A (tube 5) et B (tube 6). Les manipulations des questions I-D-1 et I-D-2 peuvent être traitées dans l'ordre au choix du candidat.

NOM :

Prénom :

Salle :

I-D-1 Numération sur lame Kova

Attention, les tubes 5 et 6 sont à utiliser dans les questions I-D-1 et I-D-2. Isoler au maximum 100µL du contenu des tubes 5 et 6 dans un tube Eppendorf pour la numération sur lame de Kova.

Réaliser une numération des cultures des souches A (tube 5) et B (tube 6) sur lame Kova. La notice d'utilisation de la lame est donnée en annexe 2.

Question QI-D-1A : Donner le résultat des comptages en explicitant les calculs.

Réponse à la question QI-D-1A

Souche A (tube 5) :

Dilution effectuée (entourer la réponse correspondant à votre protocole) : Oui Non

Si oui, quelle dilution ? de 20 à 50 (ici 50) Faire un schéma précis de votre protocole de dilution :

Dilution en deux fois après évaluation globale de la concentration sur lame Kova.

Nombre de cellules totales comptées : 110

Nombre de carrés élémentaires concernés : 3

Concentration cellulaire de la suspension du tube 5 (en nombre de cellules par mL) : $1,84 \cdot 10^8$ cellules/mL

Souche B (tube 6) :

Dilution effectuée (entourer la réponse correspondant à votre protocole) : Oui Non

Si oui, quelle dilution ? 20 Faire un schéma précis de votre protocole de dilution :

Idem

Nombre de cellules totales comptées : 144

Nombre de carrés élémentaires concernés : 3

Concentration cellulaire de la suspension du tube 6 (en nombre de cellules par mL) : $0,96 \cdot 10^8$ cellules/mL

Question I-D-1B : Déterminer, en indiquant la démarche utilisée grâce à l'annexe 2, la taille des cellules pour les souches A et B. Conclure.

Réponse à la question QI-D-1B

On utilise la référence de l'épaisseur d'un trait fin de la lame Kova (ou l'échelle indiquée sur la photo).

Pour A : 5-6 µm

Pour B : 8-9 µm

NOM :

Prénom :

Salle :

I-D-2 Mesures de la densité optique à 600 nm

Attention, les tubes 5 et 6 sont à utiliser dans les questions I-D-1 et I-D-2. Utiliser au maximum 500µL du contenu des tubes 5 et 6 pour les mesures de densité optique.

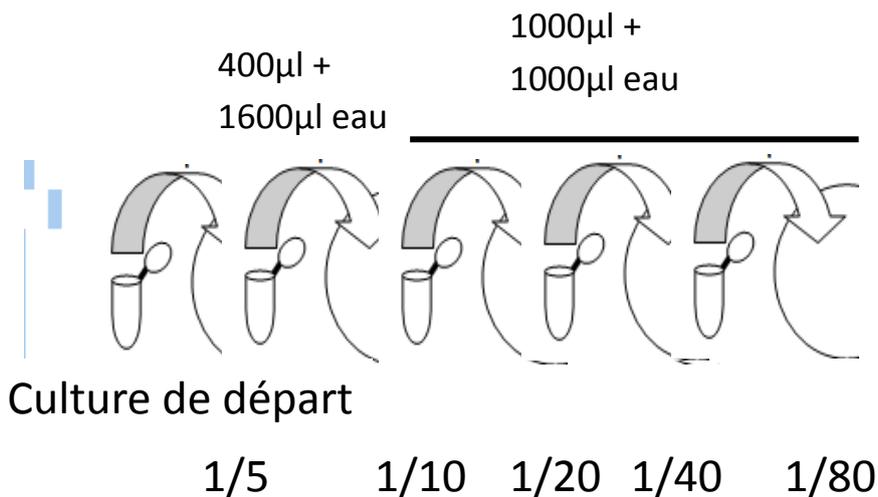
Etape 1 : Réaliser une série de dilutions des suspensions initiales (1/5, 1/10, 1/20, 1/40, 1/80) des souches A (tubes 5) et B (tube 6). Les dilutions seront effectuées dans de l'eau et directement dans les cuves (carrés de parafilm fournis). On précise que le volume minimal permettant la mesure est de 1 mL et que le volume maximal tenant dans une cuve est de 3 mL. Toutes les dilutions seront préparées à votre poste, avant d'aller réaliser les mesures de densité optique à 600nm (DO).

Etape 2 : Faire le zéro de DO à 600 nm avec une cuve remplie d'eau.

Etape 3 : Mesurer la densité optique de chaque dilution pour chaque souche.

Question I-D-2A : Faire un schéma précis de votre protocole de dilution.

Réponse à la question I-D-2A



Question QI-D-2B: Au poste de mesure, remplir les lignes grisées du tableau, et appeler un examinateur pour la vérification des mesures de DO.

Réponse à la question I-D-2B					
Dilution	1/5	1/10	1/20	1/40	1/80
DO mesurée pour la souche A	1,68	1,23	0,79	0,43	0,23
Concentration cellulaire pour A	36,8.10 ⁶ c/mL	18,4.10 ⁶ c/mL	9,2.10 ⁶ c/mL	4,6.10 ⁶ c/mL	2,3.10 ⁶ c/mL
DO mesurée pour la souche B	1,42	0,96	0,57	0,3	0,15
Concentration cellulaire pour B	19,2. 10 ⁶ c/mL	9,6.10 ⁶ c/mL	4,8.10 ⁶ c/mL	2,4.10 ⁶ c/mL	1,2.10 ⁶ c/mL

NOM :

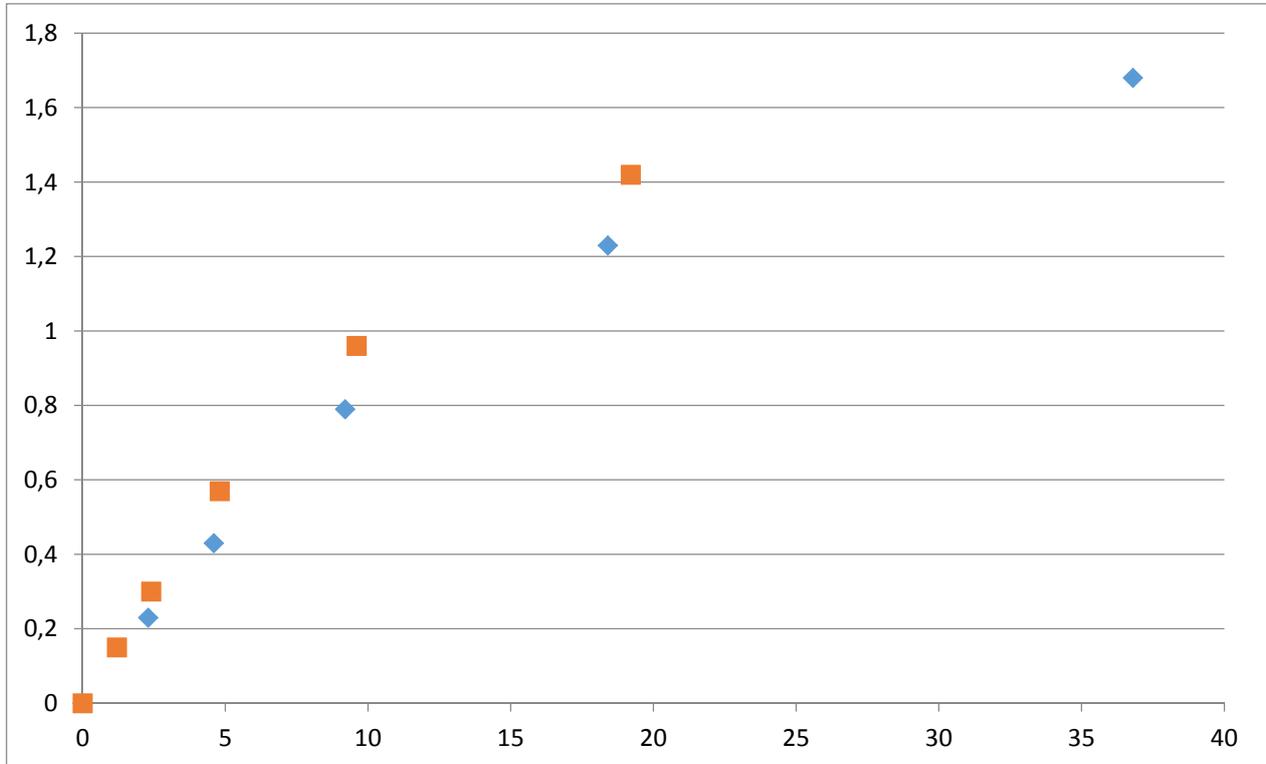
Prénom :

Salle :

I-D-3 Courbes $DO_{600} = f$ (concentration en cellules)

Question QI-D-3A : Construire le graphique $DO = f$ [concentration en cellules] pour chacune des souches A et B sur le papier millimétré. Les deux courbes seront construites sur le même graphique.

Réponse à la question QI-D-3A



Losanges bleus : B

Carrés rouges : A

Abscisses : nombre de cellules par mL (10^6)

Ordonnées : DO

NOM :

Prénom :

Salle :

Question QI-D-3B : Déterminer en le justifiant la correspondance entre unité de DO et concentration en cellules (en nombre de cellules par mL), dans la zone permettant une mesure directe.

Réponse à la question QI-D-3B

Calcul possible dans la zone linéaire (3 premiers points).

Souche A : 1 unité $DO_{600} = 1,07 \cdot 10^7$ cellules / mL

Souche B : 1 unité $DO_{600} = 0,80 \cdot 10^7$ cellules / mL

Question QI-D-3C : Comparer les résultats pour les souches A et B et conclure sur le paramètre qui peut faire varier la relation entre DO et concentration cellulaire.

Réponse à la question QI-D-3C

La relation dépend de la souche, dont on a vu que la taille des cellules varie. La taille influence donc la relation entre DO et concentration cellulaire.

NOM :

Prénom :

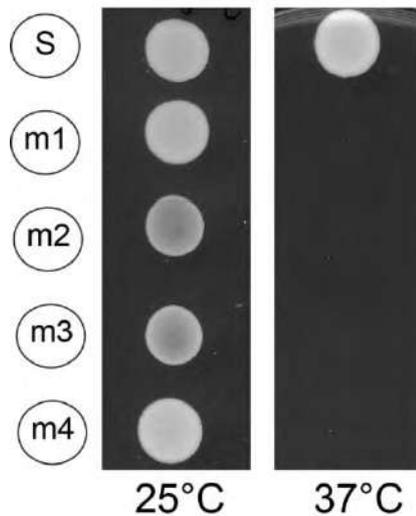
Salle :

Partie II : Caractérisation génétique de différentes souches mutantes

II-A Phénotype de croissance à différentes températures

On s'intéresse à quatre souches mutantes (m1 à 4) obtenues par mutagenèse de la souche de référence S et sélectionnées selon un même critère décrit ci-après. La souche S est la souche haploïde identifiée dans la partie I.

La croissance des différentes souches a été testée en déposant une goutte de suspension cellulaire sur milieu complet solide, et testée à différentes températures. Les photographies ci-dessous montrent le résultat de cette expérience à 25°C et 37°C. Le schéma de dépôt est indiqué à gauche des photographies.



Question QII-A : Comment nomme-t-on ce phénotype ? Interpréter ces résultats.

Réponse à la question QII-A

Les levures se développent à 25 °C mais pas à 37°C. Le phénotype des 4 mutants est donc thermosensible. Les produits protéiques des gènes sont non fonctionnels à 37°C (structure 3D instable)

II-B Phénotype cellulaire

On se propose de déterminer le phénotype de croissance des différents mutants par observation microscopique de la morphologie cellulaire et détermination du pourcentage de cellules bourgeonnantes. A 25°C, les cinq souches (S et m1 à 4) ont les mêmes caractéristiques de croissance, en particulier le pourcentage de cellules bourgeonnantes.

Pour chacune des suspensions des souches S, m1 et m3 (respectivement tubes 7, 8 et 9), réaliser une préparation sur lame Kova (notice d'utilisation de la lame en annexe 2) ou entre lame et lamelle. Compter sur environ 50 cellules le nombre de cellules présentant un bourgeon.

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

Question QII-B-1 : Indiquer les valeurs dans le tableau ci-dessous.

<i>Réponse à la question QII-B-1</i>			
	Nombre total de cellules comptées	Nombre de cellules bourgeonnantes	Pourcentage de cellules bourgeonnantes
Souche S (Tube 7)	> 50		<i>Environ 70 %</i>
m1 (Tube 8)	> 50		<i>Environ 100 %</i>
m2			Même phénotype que m1
m3 (Tube 9)	> 50		<i>Environ 0 %</i>
m4			Même phénotype que m3

Question QII-B-2 : Dessiner l'aspect des cellules pour chaque souche (S, m1 et m3), commenter les observations et interpréter les résultats en termes de cycle cellulaire pour les différents mutants.

<i>Réponse à la question QII-B-2</i>			
Dessin	S	m1	m3
			
<p><i>Objectif 40. Sur lame Kova ou entre lame et lamelle (moins dense).</i></p> <p><i>S : culture en phase exponentielle présentant toutes les tailles de bourgeons et avec la plupart des cellules bourgeonnantes. Sert de témoin.</i></p> <p><i>m1 : toutes les cellules ont la même morphologie (gros bourgeon non séparé). Elles sont stoppées en phase G2.</i></p> <p><i>m2 : toutes les cellules ont la même morphologie (sans bourgeon). Elles sont stoppées en phase G1.</i></p> <p><i>Les gènes mutés sont donc impliqués dans des étapes du cycle cellulaire.</i></p>			

NOM :

Prénom :

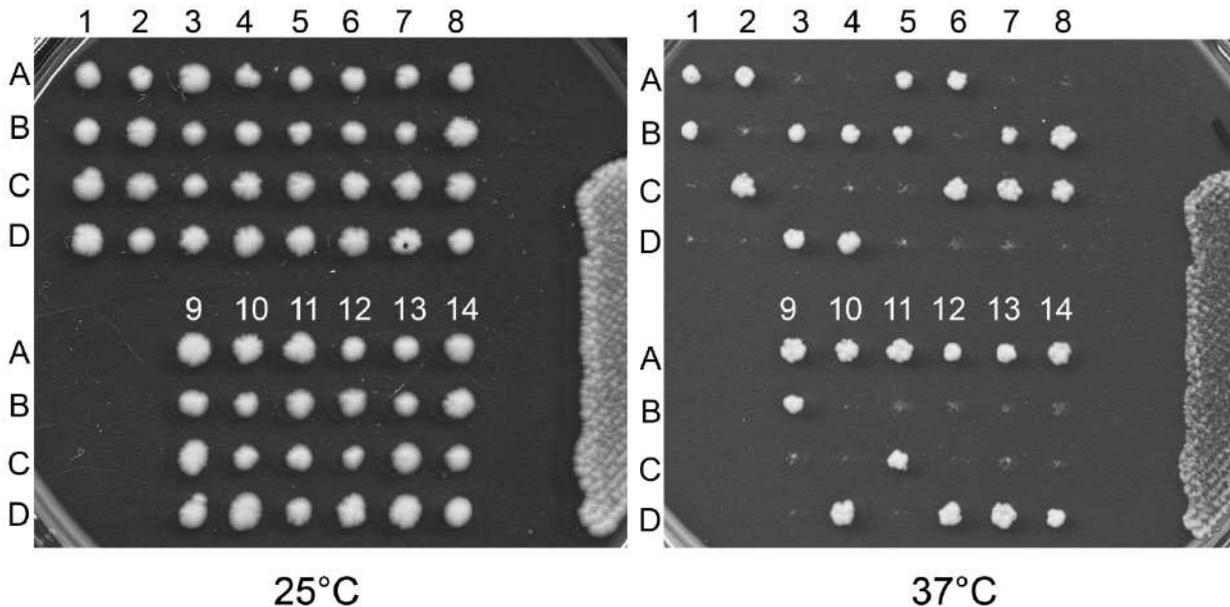
Salle :

II-C Analyse génétique

Cette partie ne comporte pas de travail pratique et est basée sur l'analyse de photographies de résultats.

II-C-1 Analyse de la descendance des croisements mutants x sauvage

La souche m1 a été croisée avec la souche sauvage S de signe opposé, et la descendance de ce croisement (m1 x S) analysée : 14 asques ont été disséqués par micromanipulation. Pour chacun, les 4 spores de l'asque ont été isolées et mises en germination sur un milieu complet. Les colonies obtenues ont ensuite été répliquées sur boîtes de milieu complet, qui ont été incubées à 25°C ou à 37°C.



Les numéros 1 à 14 indiquent le numéro de l'asque et les lettres identifient les spores de chaque asque.

Question II-C-1 : Interpréter les résultats obtenus : quelle conclusion peut-on tirer de ces résultats pour la souche m1 sur le plan génétique ?

Réponse à la question II-C-1

Ségrégation 2 :2 dans chaque asque.

Déterminisme monogénique de la thermosensibilité : un seul gène (ou couple d'allèle) est impliqué dans la différence phénotypique entre m1 et S.

On précise pour la suite que les souches m2 à 4 présentent le même résultat que m1 pour cette analyse.

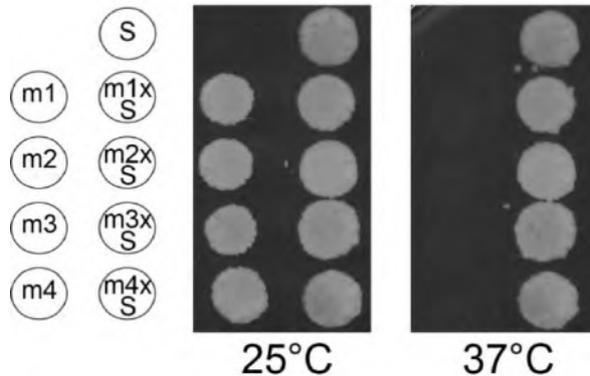
NOM :

Prénom :

Salle :

II-C-2 Analyse du phénotype des diploïdes issus des croisements mutants x sauvage

Les cellules diploïdes obtenues par croisement de la souche sauvage avec les différents mutants ont été répliquées en déposant une goutte sur milieu complet, et incubées à 25°C ou à 37°C. Le schéma de dépôt est indiqué à gauche des photographies.



Question II-C-2 : Quel est l'objectif de ce test ? Interpréter les résultats obtenus pour les différents mutants.

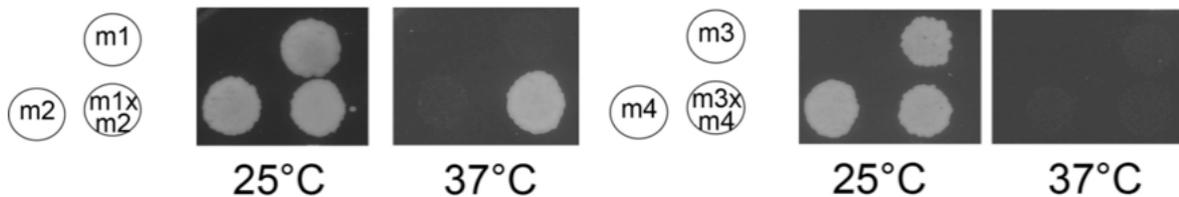
Réponse à la question II-C-2

Définir les relations de dominance / récessivité.

La thermosensibilité est récessive par rapport au phénotype sauvage pour les 4 souches mutantes.

II-C-3 Analyse du phénotype des diploïdes issus des croisements mutants x mutants

De la même façon, les colonies des souches diploïdes obtenues par croisement entre m1 et m2 d'une part (m1xm2) et entre m3 et m4 d'autre part (m3xm4) ont été répliquées en déposant une goutte sur milieu complet et incubées à 25°C ou à 37°C. Le schéma de dépôt est indiqué à gauche des photographies.



Question II-C-3-A : Quel est le nom du test réalisé ? Quel en est l'intérêt ? En quoi les résultats du II-C-2 sont-ils importants pour l'interprétation de ce test ?

Réponse à la question II-C-3-A

Test de complémentation.

Déterminer si deux mutants sont touchés sur un même gène ou non. Ici, la question se pose d'une part pour m1 et m2 qui ont le même phénotype de blocage dans le cycle, et d'autre part pour m3 et m4 (idem).

Le test ne peut s'interpréter que si les phénotypes des mutants sont récessifs (c'est le cas ici).

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

Question II-C-3-B : Interpréter les résultats obtenus pour chacun des croisements m1 x m2 et m3 x m4 sous forme d'un schéma. Conclure.

Réponse à la question II-C-3-B

Pour m1 x m2 :

Se développe à 37°C : complémentation, indique que les mutations touchent des gènes (ou des unités fonctionnelles) différents.

On attend un schéma montrant que chaque souche apporte l'allèle fonctionnel du gène muté chez l'autre, et que la fonction peut être assurée.

Pour m3 x m4 :

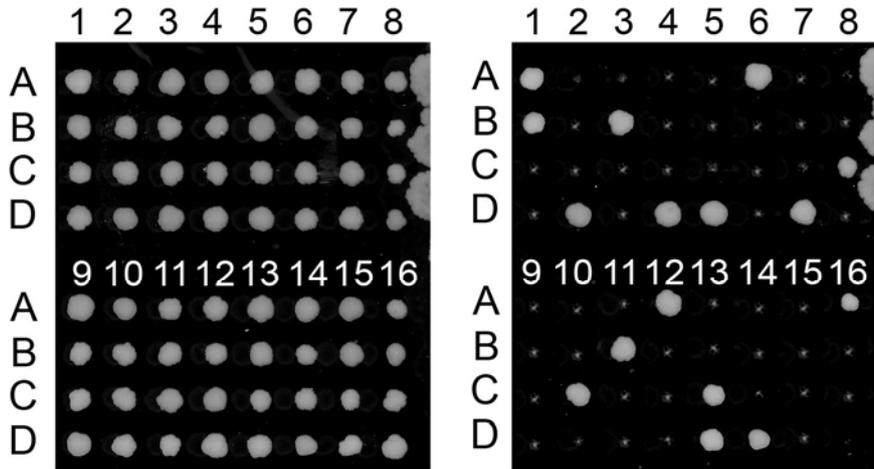
Ne se développe pas à 37°C : absence de complémentation, indique que les mutations touchent le même gène.

On attend un schéma montrant que les deux souches apportent un allèle muté du même gène, et que la fonction ne peut pas être assurée.

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

II-C-4 Analyse de la descendance de croisements mutant x mutant

Les diploïdes issus du croisement m1 x m2 ont ensuite été mis en sporulation et la descendance du croisement m1 x m2 analysée en asque.



25°C

37°C

Question II-C-4 : Dans le tableau ci-dessous, proposer un génotype pour les spores contenues dans chacun des types d'asques (colonne A), nommer les types d'asques (nomenclature conventionnelle, colonne B), et indiquer leur nombre (colonne C).

<i>Réponse à la question II-C-4</i>				
		<i>Colonne A</i>	<i>Colonne B</i>	<i>Colonne C</i>
<i>Type d'asque</i>	<i>Asques concernés</i>	<i>Génotype des spores</i>	<i>Nom du type d'asque</i>	<i>Nombre d'asques</i>
<i>I</i>	1, ...	1A (a+,b+) 1B (a+,b+) 1C (a-,b-) 1D (a-,b-)	<i>Ditype recombiné (DR)</i>	2
<i>II</i>	2, 3, ...	2A (a+,b-) 2B (a-,b+) 2C (a-,b-) 2D (a+,b+)	<i>Tétratype (TT)</i>	12
<i>III</i>	9, ...	9A (a-,b+) 9B (a-,b+) 9C (a+,b-) 9D (a+,b-)	<i>Ditype parental (DP)</i>	2

NOM :

Prénom :

Salle :

Question II-C-5 : Exploiter les proportions des types d'asques obtenus. Expliquer l'obtention des génotypes des spores des asques de type II à l'aide d'un schéma.

Réponse à la question II-C-5

On observe autant de DR que de DP. Les gènes sont donc indépendants (deux chromosomes différents ou même chromosome mais éloignés de plus de 50 cM).

Partir par exemple d'un schéma avec deux gènes sur deux chromosomes différents. Les asques tétratypiques proviennent d'une recombinaison entre un des deux gènes et le centromère du chromosome qui le porte.

Question II-C-6 : Quel(s) résultat(s) peut-on attendre du même type de manipulation réalisée à partir du diploïde $m_3 \times m_4$? Préciser.

Réponse à la question II-C-6

Même gène donc loci mutés identiques ou très proches. On attend donc uniquement des spores de phénotype mutant ou très peu dans des asques tétratypiques (recombinaison intragénique).

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

ANNEXE 1 : Liste des cultures fournies

Conserver les tubes dans la glace.

Un seul de chaque tube par candidat (pas de remplacement possible).

Numéro Tube	Contenu	Questions	Volume	Objectif
Tube 1	Souche A en milieu Ack	<i>QI-B</i>	50 µL	Sporulation
Tube 2	Souche B en milieu Ack	<i>QI-B</i>	50 µL	Sporulation
Tube 3	Souche haploïde croisée avec souche de référence de signe a	<i>QI-C</i>	50 µL	Type sexuel
Tube 4	Souche haploïde croisée avec souche de référence de signe alpha	<i>QI-C</i>	50 µL	Type sexuel
Tube 5	Souche A en phase stationnaire	<i>QI-D-1 et 2</i>	600 µL	Concentration
Tube 6	Souche B en phase stationnaire	<i>QI-D-1 et 2</i>	600 µL	Concentration
Tube 7	Souche sauvage S après passage à 37°C	<i>QII-B-1</i>	50 µL	Analyse génétique
Tube 8	m1 après passage à 37°C	<i>QII-B-1</i>	50 µL	génétique
Tube 9	m3 après passage à 37°C	<i>QII-B-1</i>	50 µL	génétique

NOM :

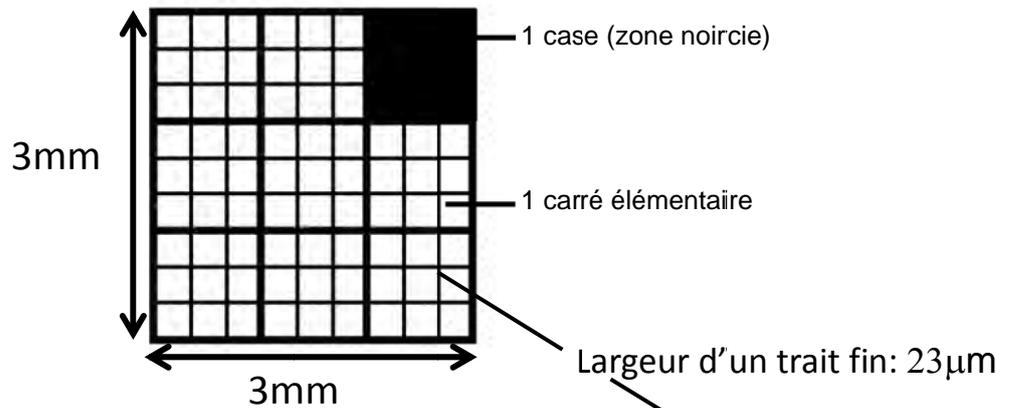
Prénom :

Salle :

ANNEXE 2 : Notice d'utilisation de la lame Kova

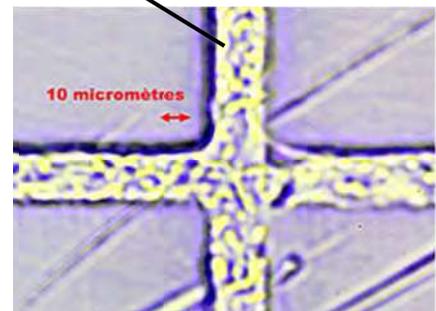
Les lames Kova sont à usage unique et peuvent être annotées à votre convenance. 10 compartiments sont disponibles, ils seront utilisés pour les questions QI-D-1 et éventuellement QII-B-1.

Chaque compartiment comprend une grille de comptage quadrillée (3x3 mm) constituée de 9 cases, chacune subdivisée en 9 carrés élémentaires.



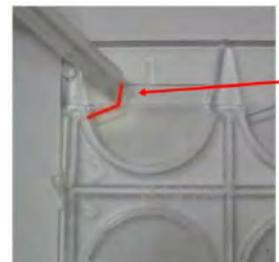
Volume au dessus

- d'un carré élémentaire: $0,01\mu\text{L}$
- d'une case : $0,1\mu\text{L}$



Protocole :

Etape 1 : Prélever un échantillon de la suspension avec une P200 et remplir une cupule de la lame, par capillarité au niveau de l'encoche (flèche). Attention de ne pas déborder !



Etape 2 : Faire la mise au point sur la grille. Pour la numération, se placer dans des conditions de concentration d'environ 10 à 40 cellules par carré élémentaire. Si la concentration est trop élevée, faire une (ou des) dilution(s) dans de l'eau (7 compartiments disponibles). Pour un carré élémentaire, ne pas prendre en compte les cellules qui se trouvent sur les bordures. Compter les cellules bourgeonnantes comme une seule cellule. Compter jusqu'à une centaine de cellules en tout.

Etape 3 : Déterminer le nombre de cellules par unité de volume de la suspension étudiée.

5.5 Epreuve de travaux pratiques de contre-option du secteur B : Sujet et commentaires

5.5.1 Présentation de l'épreuve

Le sujet visait à étudier des processus biologiques en relation avec le déficit hydrique. La première partie concernait l'effet de la sécheresse sur la croissance du Frêne à partir de l'analyse d'une carotte prélevée dans le tronc de l'arbre. La deuxième partie s'intéressait au fonctionnement de la communauté microbienne du sol en comparant les caractéristiques de sols ayant des teneurs en eau du sol différentes qui fallait quantifier. La troisième partie était centrée sur la physiologie de plantes soumises à différentes situations hydriques à travers l'étude de résultats expérimentaux. Cette partie comprenait également des coupes à réaliser dans du matériel frais et une reconnaissance de plantes de milieux secs pour laquelle les candidats devaient identifier les adaptations.

5.5.2 Commentaires concernant la première partie

Dans cette première partie, on demandait de mesurer la biomasse d'un tronc d'arbre en utilisant une relation allométrique permettant d'obtenir le volume du tronc à partir de mesures effectuées sur le terrain. Pour obtenir le résultat, il fallait calculer le volume du tronc puis multiplier par la masse volumique. L'utilisation de la relation allométrique nécessitait de connaître la relation entre la circonférence et le diamètre ($C = \pi.D$). Il fallait être vigilant sur les unités à utiliser et ne pas oublier d'élever au carré le diamètre. L'erreur la plus fréquente des candidats a été d'utiliser la circonférence à la place du diamètre. Pour estimer la croissance de l'année 2015, objet de la deuxième question, il fallait identifier correctement le cerne 2015 sur la photo, mesurer son épaisseur en utilisant l'échelle centimétrique fournie, multiplier par 2 pour passer à l'échelle du diamètre et retrancher cette valeur au diamètre de 2015. Il suffisait alors de calculer la biomasse de 2014 et la retrancher à celle calculée dans la question précédente. De nombreux candidats n'ont pas su identifier la portion à analyser ; certains n'ont pas été capables d'orienter la carotte dans le bon sens. La construction de la courbe représentant l'évolution de la croissance du cerne en fonction du temps nécessitait de bien repérer les unités de croissance. Cette courbe servait de base à l'analyse des effets du climat sur la croissance. Les candidats qui ont réussi cette partie ont su généralement en faire une analyse correcte.

5.5.3 Commentaires concernant la seconde partie

Dans la deuxième partie, on demandait l'établissement d'un protocole pour mesurer l'humidité d'un sol. Le protocole attendu ne devait pas être celui proposé dans le sujet (qui n'était qu'une manière de se plier aux conditions particulières du concours) et devait faire au moins apparaître des pesées successives afin de suivre la déshydratation de l'échantillon. La détermination de la teneur en eau des deux sols a posé des difficultés de deux types. D'une part, certains candidats n'ont pas su gérer la tare correctement, d'autres n'ont pas su faire les calculs demandés. Le jury a apprécié que les candidats analysent leurs données de manière critique comme, par exemple, l'humidité identique des deux sols étudiés alors qu'ils possédaient manifestement des teneurs en eau différentes. Dans la suite de cette partie, il fallait calculer l'activité respiratoire d'un sol à partir de données brutes d'Exao et évaluer la quantité de nitrates dans un sol à partir de mesures spectrophotométriques réalisées par les candidats. Les erreurs de calculs ont été nombreuses. En particulier, pour le calcul de l'activité respiratoire, il fallait tenir compte du volume de l'air dans l'enceinte et de la masse de sol. Pour le calcul de la quantité de nitrates dans le sol, l'erreur la plus fréquente a consisté à omettre le volume de la solution d'extraction.

Concernant la synthèse sur cette partie, les candidats ont su généralement faire référence à la respiration pour analyser l'effet de la teneur en eau du sol sur les variations de concentration en O₂. Une erreur fréquente dans les copies proposait le mécanisme respiratoire comme étant à l'origine des différences de teneur en eau. Seuls certains candidats ont su présenter les liens entre humidité du sol et la production de nitrates.

5.5.4 Commentaires concernant la troisième partie

Un temps insuffisant a été consacré à cette partie 3 qui portait sur des adaptations aux milieux secs *sl*.

Dans une première sous-partie, une tige feuillée de Salsepareille a été proposée. Une coupe transversale avec la méthode classique de coloration au carmino-vert et un schéma d'observation du montage étaient attendus. Des précisions sur les adaptations à la vie en milieu sec étaient également demandées.

- La qualité des coupes était correcte mais les colorations très inégales ; le protocole n'était pas fourni, les candidats n'ont pas toujours adopté le bon ordre et temps de traitement. Ainsi, les tissus facilement reconnaissables n'avaient pas toujours des colorations significatives.
- Le schéma globalement réussi, lorsqu'il a été réalisé, manquait parfois d'échelle et de titre. Il est à noter que les proportions et la position des tissus n'ont pas toujours été respectées. Certaines confusions ont été faites, comme l'identification d'une gaine périvasculaire (de plante C4) à la place d'un sclérenchyme autour du faisceau cribro-vasculaire.
- Un certain nombre de candidats a vu un mésophylle hétérogène avec du parenchyme lacuneux et palissadique.
- La liste des caractéristiques adaptatifs au milieu était très pauvre et certaines propositions relevaient plus de la récitation que de réelles observations morphologiques et anatomiques.
- La deuxième sous-partie invitait à réaliser une comparaison de l'anatomie de la feuille de *Pistacia lentiscus* et de *Juniperus phoenicea* afin d'envisager les différences anatomiques et de les relier au fonctionnement photosynthétique et évapotranspiratoire de la plante au cours des saisons.
- Rares sont les copies où l'analyse des 2 photos a été menée dans l'esprit d'une comparaison efficace afin de dégager des caractéristiques histologiques utiles pour la suite du sujet. La majorité des candidats s'est contentée de légender les documents.
- Les modalités du fonctionnement physiologique n'ont été que sommairement abordées (malgré des rédactions très longues) ; l'analyse est restée approximative et partielle. La mise en relation entre l'étude anatomique et les résultats graphiques n'a jamais été faite.
- A partir d'une lecture-interprétation de premier ordre et insuffisante, des hypothèses inappropriées ont également été proposées.
- Une dizaine d'échantillons de plantes a été proposée pour identification spécifique et pour repérer des adaptations aux milieux secs.
- L'exercice d'identification des échantillons végétaux proposés a montré la méconnaissance d'un certain nombre d'espèces courantes et des difficultés portant sur la nomenclature de la taxonomie.
- Les familles sont rarement identifiées et leur nom parfois inadapté (graminée ou céréale pour poacée).

- Parmi les échantillons proposés, quatre étaient courants et classiques, les autres de niveau de difficultés variables. Les premiers ont été rarement identifiés et des confusions surprenantes ont émergé (blé ou orge à la place du brachypode, romarin ou lavande à la place de la salicorne, etc.).
- Les adaptations au milieu de vie n'ont pas été correctement proposées et, malgré le peu de difficultés de cette partie de l'exercice, rares sont les candidats qui ont profité des points.

5.5.5 [Sujet commenté](#)

Les quelques informations qui suivent constituent des indications mais en aucun cas un corrigé complet.

NOM :

Prénom :

Salle :

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2017

TRAVAUX PRATIQUES DE SPÉCIALITÉ DU SECTEUR b

Durée totale : 2 heures

ETUDE DE QUELQUES PROCESSUS BIOLOGIQUES

EN RELATION AVEC LA SECHERESSE

Les 3 parties sont indépendantes. Certaines nécessitent des manipulations, prévoyez donc votre organisation en conséquence.

Partie I : Effet de la sécheresse sur la croissance du Frêne

page 2

Durée conseillée : 0h30 – barème : 30/120

Partie II : Effet de la sécheresse sur le fonctionnement du sol

page 7

Durée conseillée : 0h45 – barème : 48/120

Partie III : Etude de quelques adaptations aux milieux secs

page 12

Durée conseillée : 0h45 – barème : 42/120

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 REMETTRE 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 : Effet de la sécheresse sur la croissance du Frêne

L'étude de la croissance des arbres peut être réalisée par la mesure de paramètres morphométriques et par l'analyse des carottes issues des troncs.

Afin d'étudier l'impact des conditions environnementales sur la croissance des arbres ;

- des mesures de la circonférence du tronc (C_{130} = circonférence à 130 cm du sol) et de la hauteur des arbres (H = Hauteur) sont réalisées,
- des carottes sont prélevées perpendiculairement à la surface du tronc, à 130 cm du sol.

A la date du 10 septembre 2015, une campagne de mesures et de prélèvements est menée sur des Frênes (*Fraxinus excelsior*) dans une forêt d'Ile de France. La photo d'une carotte représentative de celles obtenues lors de l'échantillonnage vous est présentée sur le document 1 (page 3). Elle est issue d'un arbre dont la C_{130} est de 135 cm et la hauteur de 25 m.

I-A Détermination de la biomasse du tronc

Pour déterminer la biomasse d'un arbre sans l'abattre on peut passer par des relations allométriques. Ainsi, le volume de tronc (V) peut être estimé à partir du diamètre du tronc à 130 cm (D_{130}) et de la hauteur totale de l'arbre (H) par la relation suivante (Alberti et al., 2005) :

$$V \text{ (m}^3\text{)} = 0,40 H D^2 \text{ (relation 1)}$$

V : Volume de tronc (m³)

H : Hauteur de l'arbre (m)

D : Diamètre du tronc à 130 cm, s'exprime en (m)

Sachant par ailleurs que la masse volumique (m_v) du bois de Frêne est de 500 kg.m⁻³, calculez la biomasse du tronc à la fin de l'année 2015. Vous présenterez vos calculs.

Réponse à la question I-A Calcul de la biomasse du tronc à la fin de l'année 2015

Biomasse de tronc 2015 : $BT_{2015} = 924 \text{ kg}$

Calculs :

$$BT_{2015} = V_{2015} \times \text{Masse volumique, avec } V_{2015} = 0,4 \times 25 \times (D_{2015})^2$$

$$\text{Soit } BT_{2015} = 0,4 \times 25 \times (0,4299)^2 \times 500$$

$$\text{Pour rappel : } D = C/\pi \text{ donc } D_{2015} = 1,35/3,14 = 0,4299 \text{ m}$$

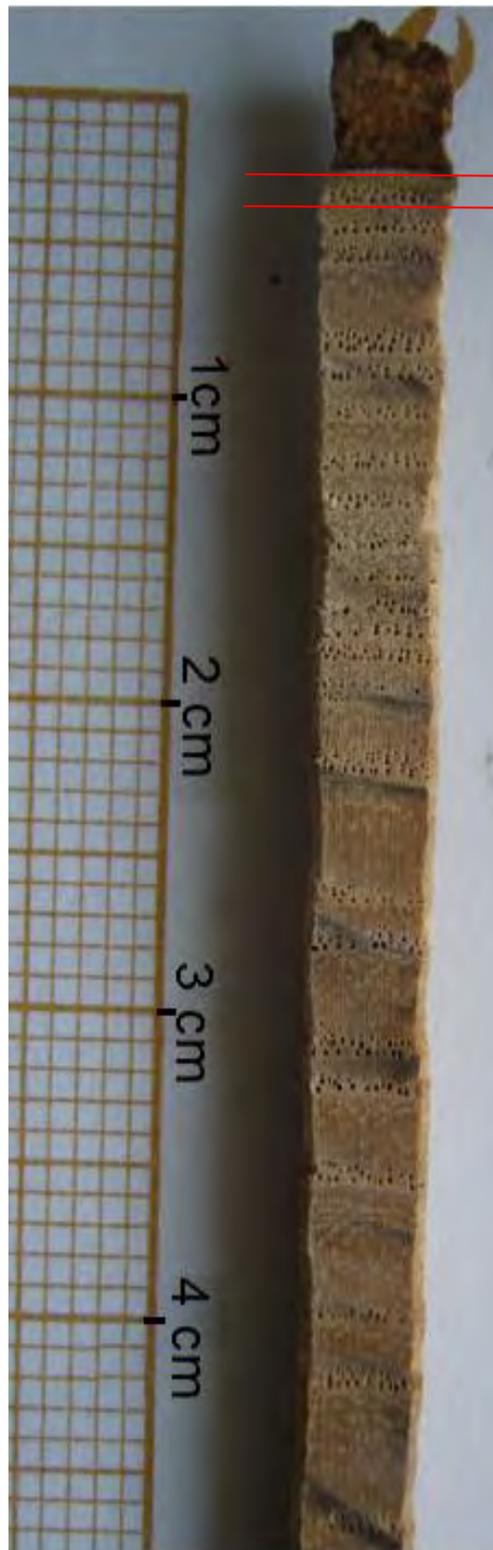
I-B Etude de la croissance en relation avec les conditions climatiques

Voici le prélèvement par carottage réalisé lors de la campagne d'échantillonnage.

NOM :

Prénom :

Salle :



Cerne 2015

Document 1 : Photographie d'une carotte du tronc du Frêne échantillonné le 10 septembre 2015 et échelle centimétrique associée.

I-B-1 Calcul de la croissance du tronc durant l'année 2015

Estimez la croissance en biomasse du tronc de l'arbre durant l'année 2015. Vous poserez et justifierez les calculs afin d'exprimer les résultats en kg. Vous reporterez sur la photo de la carotte les limites de la portion

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

utilisée pour votre estimation. On négligera l'accroissement en hauteur de l'arbre et l'épaississement des tissus autres que le bois.

<p>Réponse à la question I-B-1 Calcul de la croissance biomassique</p> <p>Croissance 2015 = 10 kg/an (autour de cette valeur suivant la largeur de cerne estimée.)</p> <p>Calculs :</p> <p>Croissance 2015 = $BT_{2015} - BT_{2014} = 0,4 \times 25 \times 500 (D_{2015} - D_{2014}) = 0,4 \times 25 \times 500 \times (D_{2015} - 2 \text{ largeur cerne } 2015)^2$</p> <p>Avec épaisseur cerne 2015 = 1,125 mm = 0,001125 m $BT_{2014} = 914 \text{ kg}$</p>

I-B-2 Etude de l'évolution de la largeur des cernes au cours du temps

Construisez le graphique représentant l'évolution de la largeur du cerne annuel en fonction du temps durant la période 1993-2015.

Vous utiliserez la feuille de papier millimétré à votre disposition et la rendrez avec votre copie en y portant votre numéro d'anonymat.

I-B-3 Etude de l'évolution de la largeur des cernes en fonction des conditions climatiques

Les précipitations et les températures sur la période étudiée sont enregistrées à la station de Melun et sont listées dans le tableau 1. Cinq années repérées en rouge sont qualifiées de "sèches" sur la base des données de précipitations cumulées annuelles.

Reliez ces informations aux modalités de la croissance du tronc de Frêne étudié au-dessus et décrivez l'impact des sécheresses. Discutez de la pertinence des données du tableau 1 pour cette étude.

Année	Précipitations cumulées annuelles (en mm)	Température moyenne annuelle (en °C)
1993	742,2	10,69
1994	791,5	12,11
1995	702,3	11,55
<u>1996</u>	<u>552,2</u>	10,04
1997	715	11,51
1998	649,8	11,24
1999	879,4	11,87
2000	863,6	11,82
2001	871,6	11,50
2002	680,4	11,96
<u>2003</u>	<u>545</u>	11,97
2004	567,4	11,32
<u>2005</u>	<u>500,2</u>	11,55
2006	679,4	11,97
2007	696,1	11,87
2008	647,4	11,29
2009	604,4	11,45

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

2010	597,9	10,63
<u>2011</u>	554,6	12,44
2012	637,1	11,45
2013	709,4	11,07
2014	659,3	12,51
<u>2015</u>	474,9	12,56

Tableau 1 : Précipitations cumulées et températures moyennes annuelles mesurées sur la station de Melun.

Réponse à la question I-B-2 Croissance des cernes et conditions climatiques

La réponse à cette question n'était possible qu'après une identification correcte des unités de croissance sur toute la période. L'analyse des liens entre précipitation et croissance permettait de montrer :

L'effet négatif sur la croissance d'un déficit d'apport en eau soit directement sur l'année concernée par la sécheresse, soit sur l'année suivante (arrière effet). On pouvait noter aussi que la largeur moyenne de cernes après 2003 (avec plusieurs sécheresses consécutives) était plus faible que celle calculer sur la période antérieure (plus humide).

Des données à une échelle plus fine (journalière, hebdomadaire ou mensuelle) auraient été plus pertinentes car elles auraient permis de cibler la période de croissance du tronc

Partie II : Effet de la sécheresse sur le fonctionnement du sol

Le sol est le siège d'importants processus métaboliques mettant en jeu une grande diversité d'organismes et de processus biogéochimiques. Certains indicateurs du niveau de l'activité biologique du sol peuvent être facilement mesurés et l'effet de la sécheresse peut alors être en partie évalué.

II-A Détermination de l'humidité du sol

II-A-1 Protocole pour déterminer l'humidité d'un sol

Proposez un protocole général afin de déterminer l'humidité d'un sol.

Réponse à la question II-A-1 Protocole pour mesurer l'humidité relative d'un sol

Le protocole consiste à :

- 1) Prélever un nombre suffisant d'échantillon pour tenir compte de l'hétérogénéité potentielle du sol
- 2) Peser rapidement (pour éviter la déshydratation de l'échantillon) une certaine quantité de sol frais (Poids frais= PF).
- 3) Une fois pesé, l'échantillon est placé dans une étuve à 105°C (T° permettant la déshydratation complète de l'échantillon)

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

- 4) Peser régulièrement l'échantillon jusqu'à ce que son poids se stabilise signifiant la déshydratation totale.
 5) Peser le poids sec (Poids sec = PS)
 6) Calculer % humidité = $(PF-PS/PF) \times 100$ pour chaque échantillon,
 7) Calculer moyenne et écart-type à partir de plusieurs mesures
 Concrètement pour la pesée : Faire le zéro sur la balance ; peser le contenant à vide, noter son poids P_C ; ajouter une certaine quantité de sol et faire la pesée ($P_{C+sol\ frais}$) ; puis suivre l'évolution du poids (contenant + contenu) jusqu'à stabilisation , on a alors $P_{C+sol\ sec}$

$$H = 100 \times (P_{C+sol\ frais} - P_{C+sol\ sec}) / (P_{C+sol\ frais} - P_C)$$

II-A-2 Mesure de l'humidité de deux sols

Deux échantillons du sol de la forêt étudiée, prélevés sous différentes conditions climatiques, vous sont proposés. Calculez l'humidité H1 et H2 de ces échantillons qui peut être approchée en réalisant la déshydratation de 2 grammes de sol pendant 4 minutes au micro-onde.

Pour des raisons pratiques cette étape sera réalisée par le jury. Par conséquent vous identifierez vos coupelles avec votre numéro d'anonymat (un feutre est à votre disposition) puis vous les remettrez au jury qui vous les rendra après déshydratation.

Les coupelles devront être données au plus tard 30 minutes avant la fin de l'épreuve.

Réponse à la question II-A-2 Mesure de l'humidité relative des sols S1 et S2

H1 = autour de 2%

H2 = autour de 15%

$H = (PF-PS)/P \times 100$

Calcul de l'humidité sol S1 : $H_1 = 100 \times (P_{C1+sol\ frais\ 1} - P_{C1+sol\ sec\ 1}) / (P_{C1+sol\ frais\ 1} - P_{C1})$

Calcul de l'humidité sol S2 : $H_2 = 100 \times (P_{C2+sol\ frais\ 2} - P_{C2+sol\ sec\ 2}) / (P_{C2+sol\ frais\ 2} - P_{C2})$

II-B Activité respiratoire du sol

Une enceinte de mesure de la teneur en O₂ est remplie d'un échantillon de 350 g équivalent poids sec de S1 et S2. L'électrode à oxygène est placée dans l'enceinte juste au dessus du sol. On estime que la concentration en oxygène dans l'air au dessus du sol est en équilibre avec la concentration en oxygène dans les pores du sol et que le volume de l'air dans l'enceinte est de 50 cm³ pour les deux situations. L'évolution de la concentration en O₂ est suivie par un dispositif ExAO pour ces deux sols. Les résultats figurent dans le tableau 2 suivant :

Temps (min)	% O ₂ du sol S1	%O ₂ du sol S2
0	21,444	21,144
1	21,413	21,119
2	21,369	21,094
3	21,381	21,05

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

4	21,35	21,025
5	21,344	21,012
6	21,325	20,962

Tableau 2 : Evolution de la concentration en O₂ dans les sols S1 et S2

Calculez la vitesse de variation de la concentration en oxygène V1 et V2 dans les deux sols S1 et S2. Exprimez les résultats en nmol de O₂. h⁻¹. g⁻¹ de sol sec en prenant la valeur de 22,4 L pour le volume molaire de O₂. Interprétez ces résultats.

Réponse à la question II-B Vitesse de consommation du O₂ des sols S1 et S2

$$V1 = 76 \text{ nmol h}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ (environ)}$$

$$V2 = 116 \text{ nmol h}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ (environ)}$$

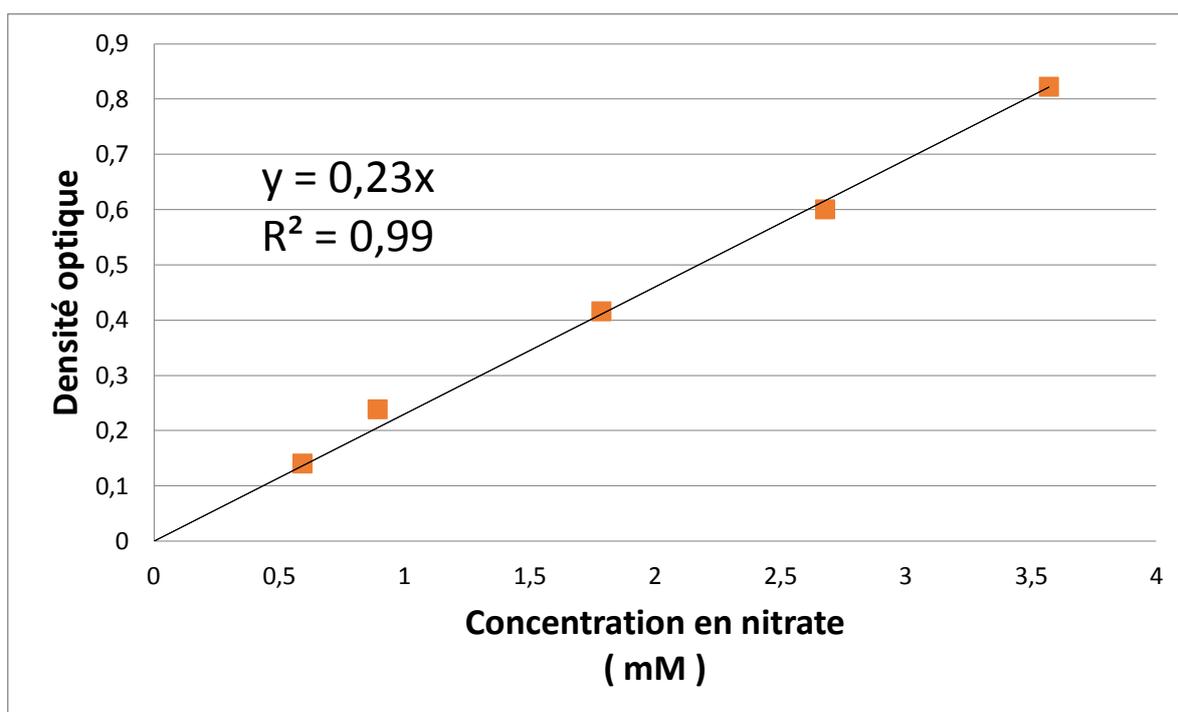
Calculs :

$$V1 = (((21,444 - 21,325 / 100) \times 50 \cdot 10^{-3} \text{ L}) / 6 \text{ min}) \times 60 \text{ min} / 22,4 \text{ L} / 350 \text{ g}$$

$$V2 = (((21,325 - 20,962 / 100) \times 50 \cdot 10^{-3} \text{ L}) / 6 \text{ min}) \times 60 \text{ min} / 22,4 \text{ L} / 350 \text{ g}$$

II-C Mesure de la concentration en nitrate du sol

Afin de connaître la quantité de nitrate présente dans les deux sols S1 et S2, une extraction est réalisée avec 20 ml d'eau bouillante sur l'équivalent de 5 grammes de sol sec issu des deux échantillons. Le filtrat est récupéré et additionné d'un réactif spécifique, le HI937283, indicateur coloré de la quantité du nitrate. Le dosage se fait par lecture de la densité optique à 420 nm en utilisant une courbe étalon (Document 2).



Document 2 : Courbe d'étalonnage

NOM :

Prénom :

Salle :

II-C-1 Mesure de la concentration en nitrate du sol

Vous disposez de 2 échantillons du filtrat E1 du sol S1 et E2 du sol S2 mélangés à l'indicateur coloré ainsi que d'une solution I (eau additionnée de l'indicateur coloré). Déterminez la quantité de nitrate Q1 et Q2 de ces échantillons, en exprimant les résultats en $\mu\text{moles de nitrate g}^{-1}$ de sol sec, en utilisant le spectrophotomètre.

Vous vous manifesterez pour aller mesurer les DO. Le jury définira ainsi l'ordre de passage à ce poste.

Réponse à la question II-C-1 Concentration du nitrate dans S1 et S2

$$Q1 = 1,4 \mu\text{mol g}^{-1} \text{ (pour une DO1} = 0,08)$$

$$Q2 = 2,7 \mu\text{mol g}^{-1} \text{ (pour une DO2} = 0,16)$$

Calculs :

$$Q1 = ((\text{DO1}/0,23) 10^{-3} \times 20 \cdot 10^{-3})/5 \text{ (moles g}^{-1} \text{ de sol)}$$

$$Q2 = ((\text{DO2}/0,23) 10^{-3} \times 20 \cdot 10^{-3})/5 \text{ (moles g}^{-1} \text{ de sol)}$$

II-D Bilan

Expliquez les modifications des concentrations des molécules étudiées dans les expériences précédentes (II-B et II-C). Présentez les principales voies métaboliques mises en jeu, en donnant leur nom ainsi que le nom des entités biologiques impliquées dans ces voies.

Réponse à la question II-D Bilan et voies métaboliques mises en jeu

La diminution de la concentration en dioxygène dans les sols est liée à l'activité respiratoire de la communauté microbienne hétérotrophe du sol (champignons et bactéries) qui oxyde la matière organique du sol pour assurer sa nutrition.

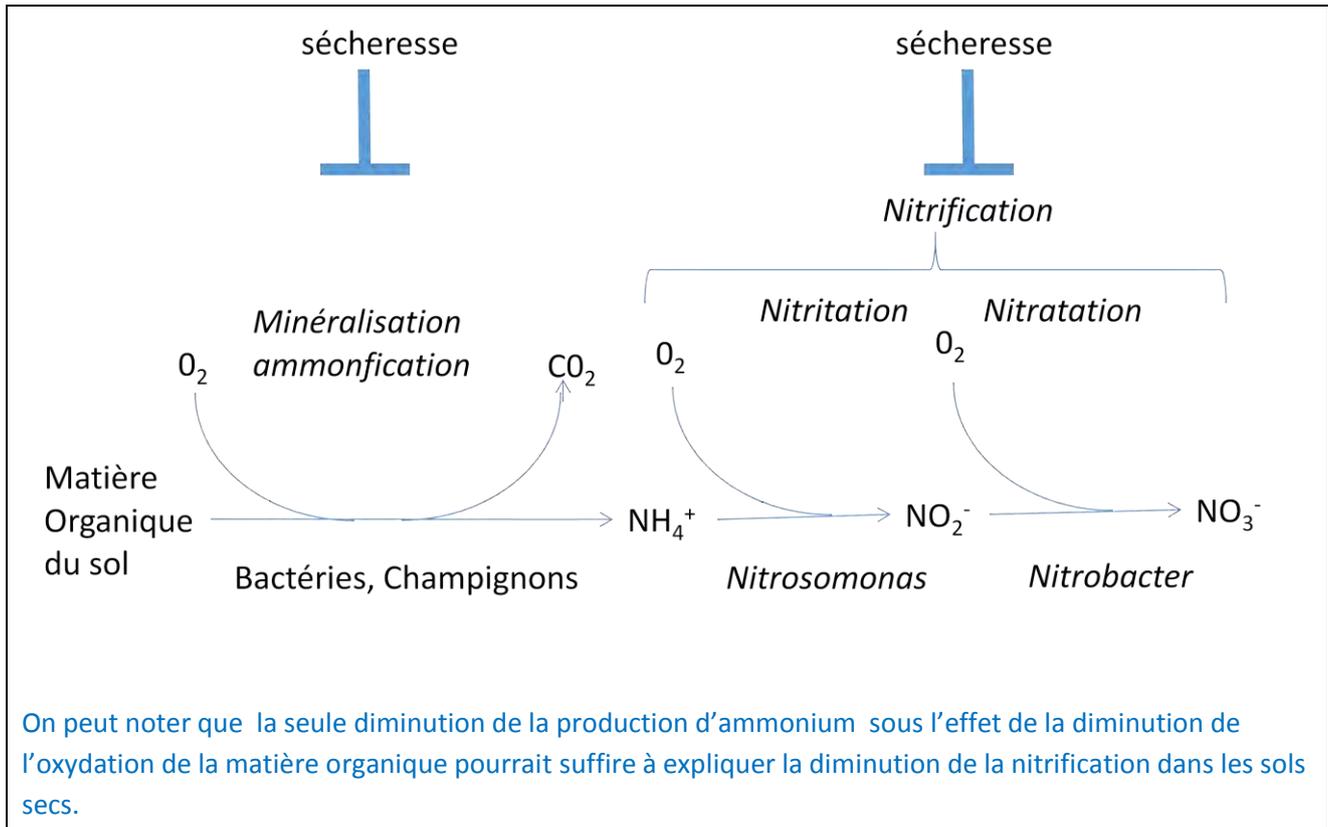
La production de nitrate est assurée par les bactéries nitrifiantes du sol qui oxydent de l'ammonium provenant du processus d'ammonification (dernière étape de la minéralisation de la matière organique du sol).

Le sol S1 est plus sec que le sol 2. L'activité respiratoire du sol 1 et la concentration en nitrate dans ce sol sont plus faible que dans le sol 2. On en conclue que les activités microbiennes de respiration et de production azote minéral via l'ammonification et la nitrification sont limitées par la disponibilité en eau. Ces résultats sont compatibles avec le modèle suivant :

NOM :

Prénom :

Salle :



Partie III : Etude de quelques adaptations aux milieux secs

Les espèces végétales des milieux secs présentent des adaptations de différents ordres leur permettant de résister aux mauvaises conditions de leur milieu de vie au cours des saisons. Quelques adaptations sont ici envisagées à partir de l'étude anatomique et morphologique d'un nombre limité d'espèces.

III-A Etude de la feuille de la Salsepareille (*Smilax aspersa*)

III-A-1 Structure anatomique de la feuille

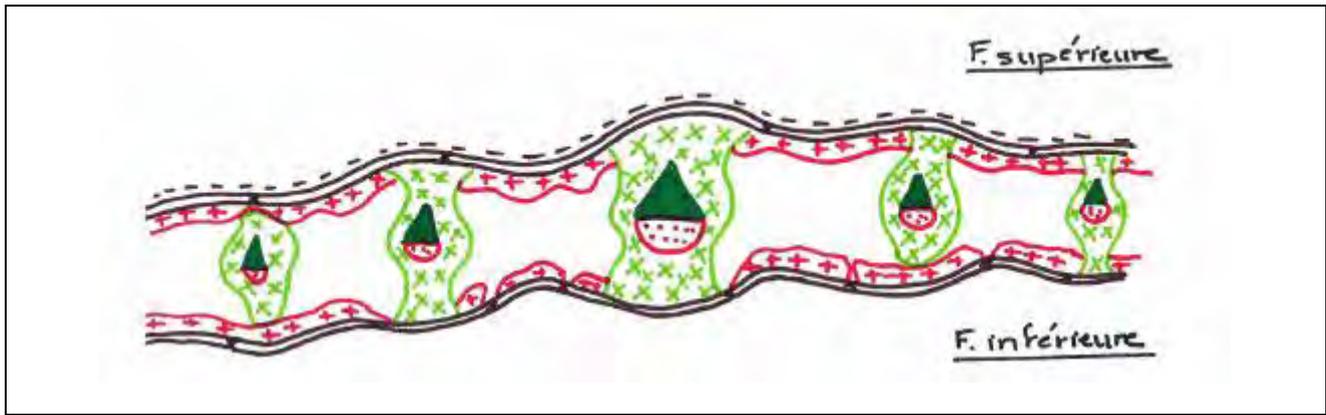
A partir de l'échantillon de la tige feuillée de la Salsepareille (*Smilax aspersa*) à votre disposition vous réaliserez une coupe au niveau de la feuille. Il est attendu un schéma avec les figurés conventionnels.

Réponse à la question III-A-1 Schéma d'observation de la coupe transversale de la feuille de Salsepareille

NOM :

Prénom :

Salle :



III-A-2 Adaptations de la feuille

A partir de ce montage, rédigez un bilan listant les adaptations observées au niveau de cette feuille.

Réponse à la question III-A-2 Bilan des adaptations de la feuille

Des caractéristiques morphologiques étaient identifiables :

- Feuilles rigides
- Aspect cireux de la surface foliaire

Les caractéristiques anatomiques montraient :

- Une cuticule épaisse
- Des stomates enfoncés dans l'épiderme
- Stomates plus nombreux sur la face inférieure
- Une gaine de sclérenchyme épaisse et associée aux deux faces de la feuille assurant le soutien mais isolant également le faisceau cribro-vasculaire
- Collenchyme sous épidermique plus ou moins épais soutenant et formant une couche hypodermique plus ou moins résistante à la diffusion de la vapeur d'eau des méats intercellulaires.

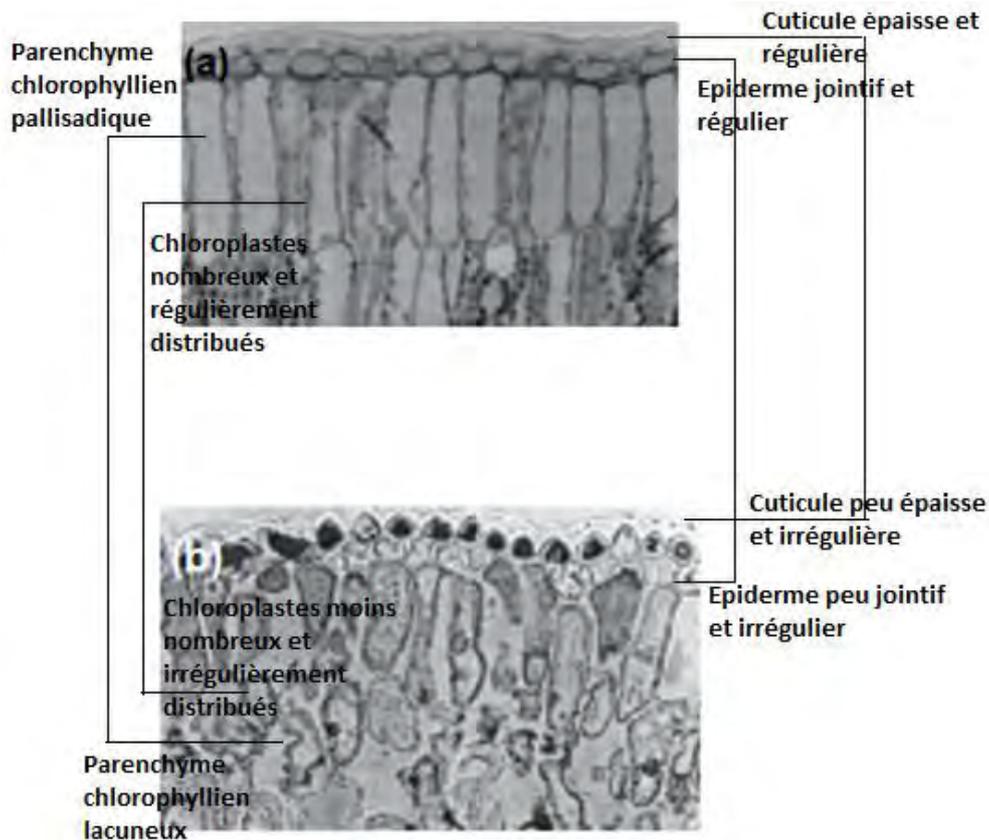
III-B Etude de la physiologie de quelques espèces méditerranéennes

La survie dans les milieux secs suppose des adaptations histo-physiologiques permettant aux plantes de se maintenir durant les saisons. Les documents suivants mettent en évidence des fonctionnements différents des espèces.

III-B-1 Comparaison de l'organisation histologie des feuilles de deux plantes adaptées aux milieux secs

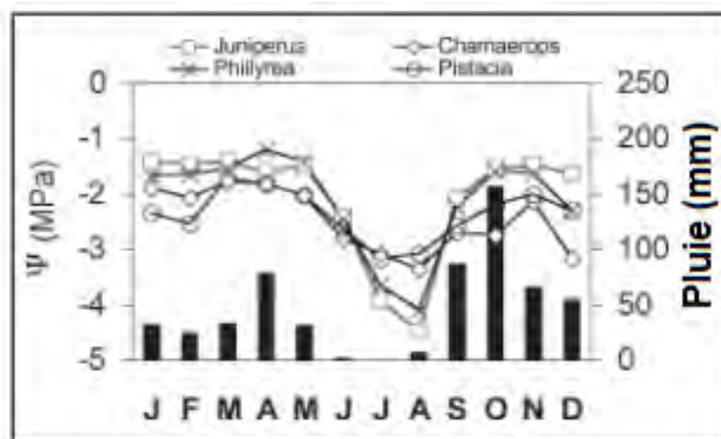
Légendez les photos suivantes afin de dégager les différences majeures entre la feuille de *Pistacia lentiscus* (a; MO x200) et de *Juniperus phoenicea* (b; x400).

Réponse à la question III-B-1 Organisation histologique des feuilles de *Pistacia lentiscus* et de *Juniperus phoenicea*

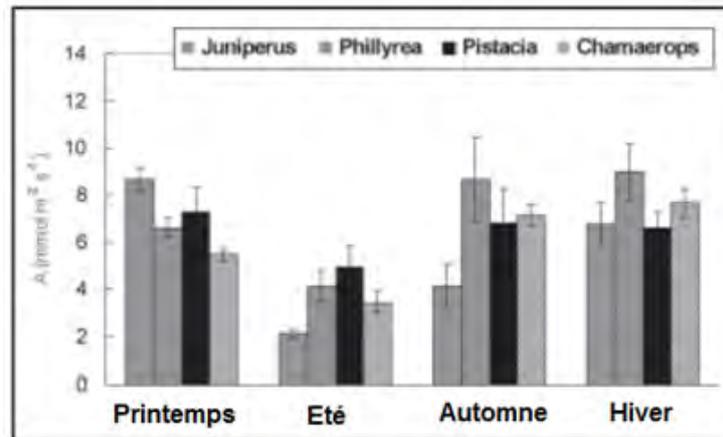


III-B-2 Physiologie des feuilles des deux plantes adaptées aux milieux secs

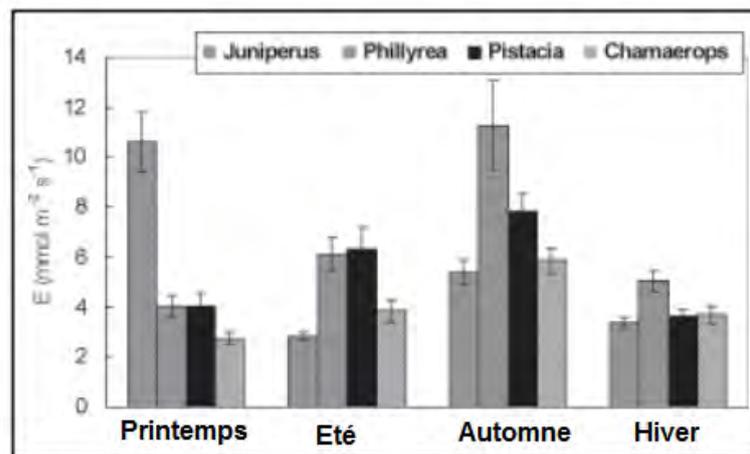
A partir de l'analyse des documents suivants et des coupes précédentes, vous dégagerez les modalités du maintien de l'équilibre hydrique de ces espèces méditerranéennes.



Document 3a : Evolution du potentiel hydrique au niveau des tissus foliaires de 4 espèces, dont *Pistacia lentiscus* et *Juniperus phoenicea* et pluviométrie mensuelle.



Document 3b : Photosynthèse nette A, des 4 espèces durant différentes saisons de l'année.



Document 3c : Transpiration E, des 4 espèces durant différentes saisons de l'année.

Réponse à la question III-B-2 Bilan des adaptations physiologiques

- Relation entre le potentiel hydrique foliaire et le niveau des pluies.
- *Juniperus-Phillyrea* (JP) et *Chamaerops-Pistacia* (CP) ont à peu près la même réponse hydrique au cours des saisons.
- Les fluctuations saisonnières sont moins marquées chez le couple CP que chez le couple JP : équilibre hydrique plus sensible aux conditions extérieures pour JP/ CP qui semble maintenir un niveau hydrique plus élevé et stable.

Le couple JP qui gère mieux son équilibre hydrique au printemps et automne à une A plus importante que CP. Mais ce couple gère mal son équilibre hydrique en été connaît une moins grande A. Certainement pour maintenir l'équilibre hydrique lors du compromis T/A.

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

III-C Etude de quelques espèces adaptées aux milieux secs

Identifiez les organismes en démonstration et présentez les adaptations majeures observables macroscopiquement en relation avec le mode de vie dans les milieux secs.

Vous pouvez observer les échantillons avec la loupe à main mise à votre disposition, mais il vous est demandé de ne pas les toucher.

Identification		Adaptations / milieu de vie
1) Astérolide épineux <i>Pallenis spinosa (L.) Cass./ Astericus spinosus</i>	Ordre : Asterales Famille : Asteraceae Genre : Pallenis	<ul style="list-style-type: none"> - Tige et feuilles poilues - Réduction et sclérisation des feuilles
2) Stéhéline <i>Staehelina dubia L.</i>	Ordre : Asterales Famille : Asteraceae Genre : Staehelina	<ul style="list-style-type: none"> - Feuilles réduites - Production d'essences - Feuilles légèrement succulentes
3) Tamaris d'Afrique <i>Tamarix africana Poir., 1789/Tamarix parviflora/Tamarix gallica L., 1753</i>	Ordre : Caryophyllales Famille : Tamaricaceae Genre : Tamarix	<ul style="list-style-type: none"> - Feuilles réduites et filiformes
4) Filaire/Alavert <i>Phillyrea angustifolia L.</i>	Ordre : Lamiales Famille : Oleaceae Genre : Phillyrea	<ul style="list-style-type: none"> - Feuilles cutinisées et sclérifiées
5) Alaterne <i>Rhamnus alaternus subsp. alaternus</i>	Famille : Rhamnaceae Genre : Rhamnus Espèce : Rhamnus alaternus	<ul style="list-style-type: none"> - Feuilles cutinisées et sclérifiées
6) Salicorne vivace <i>Sarcocornia perennis subsp. perennis</i>	Famille : Amaranthaceae Genre : Sarcocornia Espèce : Sarcocornia perennis	<ul style="list-style-type: none"> - Tige et feuilles succulentes et microphyllie
7) Ciste de Montpellier <i>Cistus monspeliensis L.</i>	Ordre : Malvales Famille : Cistaceae Genre : Cistus	<ul style="list-style-type: none"> - Feuilles poilues - Production d'essences - Feuilles repliées sur elles-mêmes

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

8) Grand Statice <i>Limoniastrum monopetalum (L.) Boiss</i>	Ordre : Caryophyllales Famille : Plumbaginaceae Genre : Limoniastrum	<ul style="list-style-type: none"> - Feuilles réduites à membraneuses - Tige succulente
9) Germandrée blanc-grisâtre <i>Teucrium polium L.</i>	Ordre : Lamiales Famille : Lamiaceae Genre : Teucrium	<ul style="list-style-type: none"> - Feuilles réduites - Production d'essence - Feuilles succulentes
10) Brachypode Brachypode rameux <i>Brachypodium retusum (Pers.) P.Beauv.</i>	Ordre : Poales Famille : Poaceae Genre : Brachypodium	<ul style="list-style-type: none"> - Feuilles réduites et fines - Feuilles repliées avec des cellules bulliformes

FIN

5.6 Epreuve de travaux pratiques de contre-option du secteur C : Sujet et commentaires

5.6.1 Présentation de l'épreuve

L'épreuve comportait trois parties indépendantes illustrant différents types d'étude de fossiles en Sciences de la Terre :

I – l'étude paléontologique et sédimentologique d'un échantillon de fossile permettant d'identifier le fossile et de reconstituer l'histoire de sa mise en place.

II – l'étude géochimique ($\delta^{18}O$) d'un échantillon permettant de reconstituer les conditions de vie (t°) de l'organisme et de proposer une hypothèse paléo-climatique.

III – l'étude d'assemblages fossilifères et de leur contexte sédimentaire permettant de discuter leur synchronisme et de mettre en évidence un changement latéral de faciès.

5.6.2. Commentaire général

Les exercices proposés s'appuyaient sur des objets et documents des plus courants en paléontologie (tels une ammonite ou un assemblage récifal) et en sédimentologie (tels la carte de Vermenton, située dans le Bassin de Paris dès l'en-tête de la partie concernée, et des faciès carbonatés simples), ou encore faisaient appel à l'outil biogéochimique type des études paléo-climatiques : le $\delta^{18}O$. L'objectif était de faire la part belle aux observations/ informations tirées des documents et à leur exploitation pour la construction d'une interprétation cohérente.

Il apparaît néanmoins que pour certains candidats, les connaissances nécessaires à minima pour traiter le sujet n'étaient pas maîtrisées. Globalement, bon nombre de candidats a plutôt réussi un seul des trois exercices pour ce qui concerne l'observation/ l'acquisition des données, et la qualité de l'interprétation est généralement meilleure pour la partie I que pour la partie III (peu de profils de dépôt cohérent) ; elle est généralement absente pour la partie II.

On ne peut que souligner la faible maîtrise d'exercices simples tels :

- la description d'un fossile,
- la réalisation d'une coupe géologique simple,
- la compréhension d'une équation classique telle celle reliant la valeur du $\delta^{18}O$ dans un carbonate à celles du $\delta^{18}O$ et de la température du milieu.

Si des qualités artistiques ne sont pas attendues, les schémas, coupes, et diagrammes doivent être précis et légendés.

5.6.3. Sujet et commentaires de détail

Dans le sujet ci-après, des indications sur un traitement possible de chaque question sont fournies mais elles ne constituent en aucun cas un corrigé complet. Des commentaires spécifiques sur les prestations des candidats y figurent a

NOM :

Prénom :

Salle :

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2017

TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE-OPTION DU SECTEUR C CANDIDATS DES SECTEURS A ET B Durée totale : 2 heures

Les fossiles : des outils en géologie

Les fossiles au sens large recouvrent l'ensemble des traces d'organismes conservées dans les archives sédimentaires, que ce soit une partie diagenétisée de leurs restes, le moulage de certaines de leurs structures, leurs empreintes et les autres traces de vie y compris des modifications de paramètres chimiques de l'environnement. Outre les informations qu'ils apportent sur la paléobiodiversité, les fossiles sont des outils précieux pour le géologue : pour la datation des terrains sédimentaires, pour la reconstitution des paléoenvironnements depuis la connaissance des paléobiocénoses à celle des paléoclimats, pour les reconstitutions paléobiogéographiques, et pour la connaissance des milieux de dépôt et de l'évolution des sédiments déposés y compris leur diagenèse et leurs déformations. A travers le sujet, différents types d'utilisation des fossiles assez classiques en Sciences de la Terre sont visités. Suivant les cas, les fossiles sont pris en compte seuls ou dans leur contexte sédimentaire.

Le sujet comporte 3 parties (I à III) indépendantes. La première partie implique de se déplacer à un poste d'observation pour un temps de 7 minutes maximum suivant le planning indiqué dans la salle.

Partie I : Etude d'un fossile indicateur des conditions de sédimentation, du dépôt à la diagenèse page 2

Durée conseillée : 40 minutes – barème : 40/120

Partie II : Etude isotopique dans une coquille fossile indicatrice de paléoclimat page 7

Durée conseillée : 40 minutes – barème : 40/120

Partie III : Fossiles stratigraphiques et fossiles de faciès :
des outils pour les corrélations et l'interprétation des paléoenvironnements page 11

Durée conseillée : 40 minutes – barème : 40/120

**La qualité des illustrations et la précision des argumentations seront prises en compte.
Les réponses aux questions figureront dans les cadres réservés à cet effet.**

**AVANT DE REMETTRE 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 (18 pages)

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

Partie I :
Etude d'un fossile indicateur des conditions de sédimentation, du dépôt à la diagenèse

Cette partie consiste en l'étude d'un échantillon de fossile (Figure 1), dans son ensemble : étude des restes de la coquille fossilisée et des matériaux sédimentaires associés.

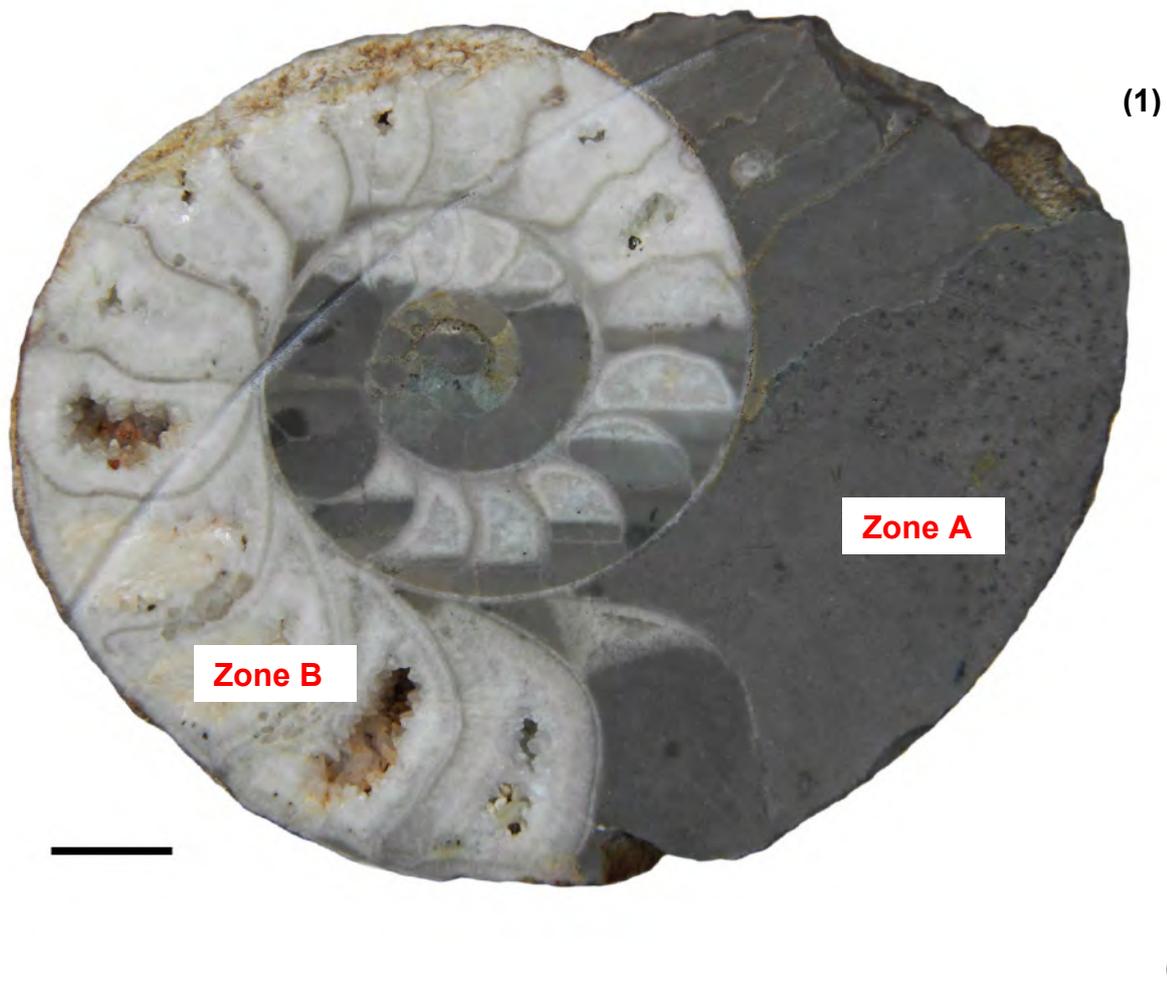


Figure 1.
Photographie d'un fragment d'ammonite.
(1). coupe sagittale, échelle de 1cm ;
(2). détail externe de l'échantillon,
zoom sur le dernier tour.
(by courtesy of S. Lallemand)



NOM :

Prénom :

Salle :

I-A- Etude pétrographique des zones A et B pointées sur la figure 1 (POSTE D'OBSERVATION)

Décrivez et déterminez la nature pétrologique des zones A et B de la Figure 1, à partir de l'étude de l'échantillon du poste d'observation. **Vous disposez de 7 minutes maximum au poste d'observation.**

Réponse à la question I-A

Echantillon A :

Test acide : effervescence

Test dureté : rayé par l'acier, ne raye pas le verre

On ne distingue pas d'élément figuré hormis quelques ooïdes ferrugineuses (teinte rouille) noyées dans une matrice gris moyen.

La matrice fait effervescence à l'acide ; la réaction est vive : la matrice est carbonatée.

C'est une micrite/ une boue carbonatée lithifiée, un mudstone.

Remarque : suivant la salle, l'échantillon présentait des éléments figurés qui pouvaient différer.

Echantillon B :

Test acide : effervescence

Test dureté : rayé par l'acier, ne raye pas le verre

On distingue des cristaux blanchâtres, plus ou moins translucides, infra-millimétriques à millimétriques, avec une augmentation de la dimension des cristaux depuis le bord fixe constitué par les parois des loges de la coquille vers la lumière de la loge. Dans certains cas, la lumière n'est pas comblée.

Les cristaux font effervescence à l'acide ; la réaction est vive : ce sont des cristaux de sparite/calcite.

C'est un ciment sparitique/calcitique, un packstone.

Commentaire sur la prestation des candidats : exercice plutôt réussi avec un bémol sur la description des éléments figurés dans la matrice carbonatée, et plus encore sur la géométrie des cristaux de sparite. La grande majorité des candidats a proposé des identifications justes.

NOM :

Prénom :

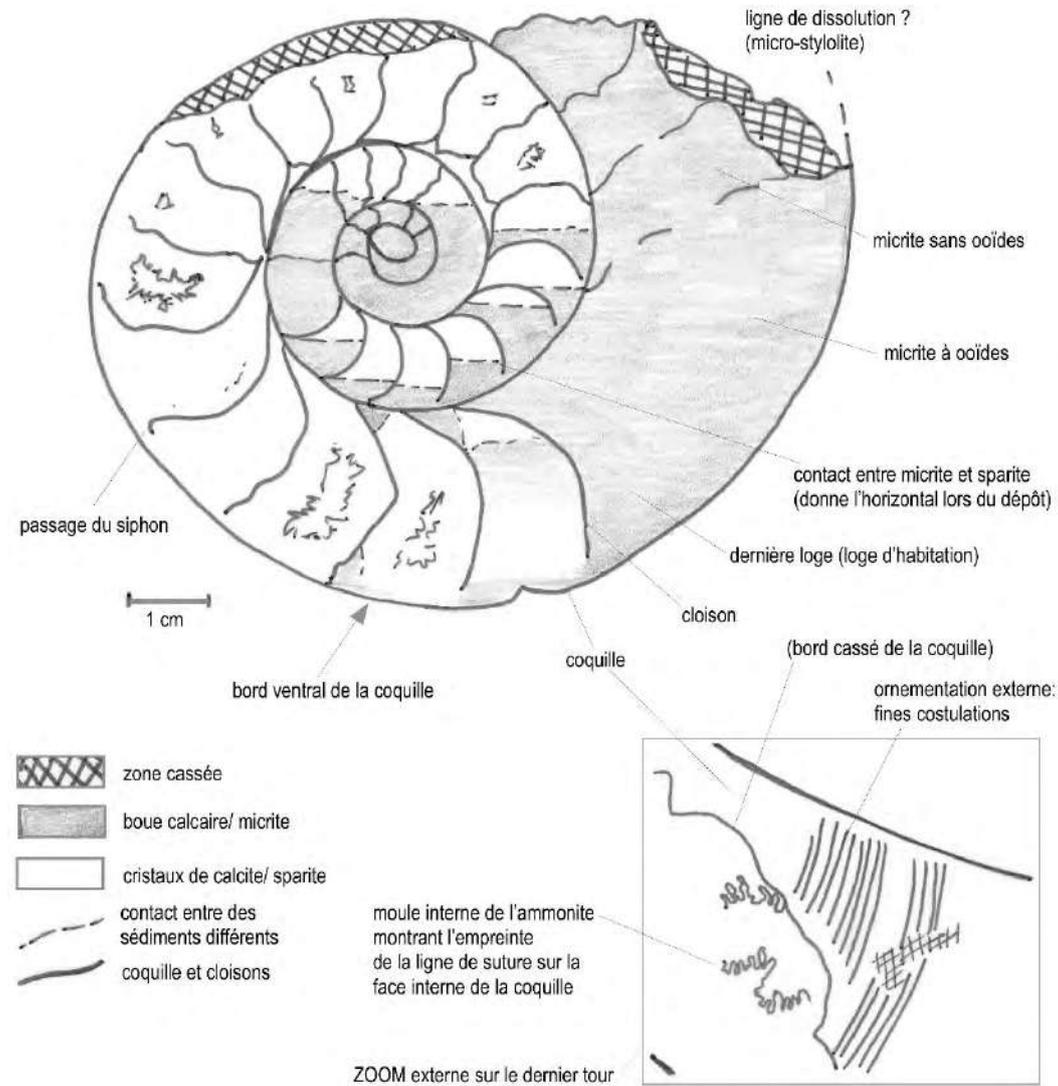
Salle :

I-B- Etude de l'échantillon fossile d'ammonite (Figure 1)

I-B-1- Description de l'échantillon de la Figure 1

Décrivez le plus complètement possible l'échantillon de la Figure 1 (à partir de schéma).

Réponse à la question I-B-1



Commentaire sur la prestation des candidats : La description de l'échantillon est généralement très incomplète et associe rarement des détails sur le fossile et sur les sédiments. En outre, les caractères anatomiques de base sont peu maîtrisés (ex : confusion entre l'ornementation externe et les lignes de suture), et le vocabulaire peu précis (ex : soudure pour suture, paroi pour cloison...). Des détails complémentaires (dimension et distribution des cristaux, éléments figurés, traces d'oxydation, etc.) étaient bienvenus et valorisés.

NOM :

Prénom :

Salle :

I-B-2- Critères d'identification du fossile (Figure 1)

Présentez les caractères diagnostiques observés et commentez leur valeur diagnostique (l'identification n'est pas attendue).

Réponse à la question I-B-2

Plusieurs traits visibles sur la coquille ont une valeur diagnostique :

- une coquille cloisonnée, la position du siphon, l'orientation des cloisons (opisthocoele) et la complexité des lignes de suture (des cloisons sur la coquille) ont une valeur supra-familiale ;
- les proportions de la coquille, le degré d'enroulement (coquille plus ou moins involute), la morphologie générale et l'ornementation externe de la coquille permettent de reconnaître des familles et même une attribution générique, voire spécifique.

Commentaire sur la prestation des candidats : rarement plus de 3 caractères sont proposés. Il apparaît aussi que les niveaux systématiques sont peu maîtrisés.

I-B-3- Histoire de l'échantillon (figure 1) depuis la mort de l'organisme jusqu'à sa mise à l'affleurement

Interprétez les différents traits observés en termes de conditions de leur mise en place et replacez-les chronologiquement (vous pouvez les numéroter en I-B-1 et y faire appel).

Réponse à la question I-B-3

- la mort et la décomposition des tissus mous ;
- le dépôt sur le fond marin et le début de l'enfouissement :
 - la micrite pénètre dans les loges accessibles et le toit du dépôt donne l'horizontale au moment du dépôt ;
 - certaines loges, intactes, restent vides, tandis que d'autres sont partiellement voire totalement comblées ;
 - la micrite dénote un environnement calme, certainement au-dessus de la CCD ;
- l'enfouissement se poursuit :
 - il induit des phénomènes de compaction et de circulations de fluides qui conduisent à la lithification de la boue carbonatée et à la précipitation de sparite dans les loges vacantes ;
- l'exhumation de l'échantillon ;
- l'altération chimique et mécanique (bien visible sur la bordure supérieure).

Commentaire sur la prestation des candidats : la mise en lien avec les observations sur l'échantillon est pratiquement absente excepté pour les candidats qui font référence à la relation géométrique entre sparite et micrite dans certaines loges.

Nb : une page supplémentaire permettait de répondre à cette question.

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

Partie II :
Etude isotopique d'une coquille d'ammonite indicatrice de paléoclimat

Cette partie consiste en l'analyse d'un jeu de données géochimiques d'isotopes stables de l'oxygène (Tableau 1) et son interprétation.

Sample	$\delta^{18}\text{O}$ (‰) (PDB)	ventral length (mm)	Sample	$\delta^{18}\text{O}$ (‰) (PDB)	ventral length (mm)	Sample	$\delta^{18}\text{O}$ (‰) (PDB)	ventral length (mm)
G1	-1.25	325.0	G23	-1.69	222.5	G57	1.65	87.3
G2	-1.29	321.2	G25	-1.71	213.5	G59	1.83	81.0
G3	-1.37	314.0	G27	-1.80	204.5	G61	1.59	74.6
G4	-1.26	307.0	G29	-1.70	196.3	G63	1.94	68.5
G5	-1.11	302.5	G31	-1.74	188.4	G65	-1.36	61.6
G6	-1.32	298.0	G33	-1.77	180.2	G67	-1.18	55.6
G7	-1.12	294.0	G35	-1.61	172.5	G69	-1.28	50.2
G8	-1.31	289.4	G37	-1.47	163.0	G71	-1.38	44.4
G9	-1.21	285.5	G39	-1.62	156.0	G73	-1.27	38.6
G10	-1.35	280.8	G41	-1.68	148.0	G75	1.42	33.0
G11	-1.28	277.6	G43	1.67	140.6	G77	1.24	27.6
G12	-1.55	273.1	G45	1.69	133.0	G79	1.40	22.2
G13	-1.25	268.0	G47	-1.24	125.7	G81	1.39	17.6
G14	-1.33	263.0	G49	-1.14	118.3	G83	1.14	13.0
G15	-1.32	258.5	G51	-1.07	108.7	G85	1.32	8.4
G16	-1.34	253.4	G53	-1.24	101.0	G87	1.11	3.8
G17	-1.58	248.8	G55	-1.28	94.6	G89	1.41	0.0
G19	-1.85	240.0						
G21	-1.81	230.8						

Tableau 1. Valeurs du $\delta^{18}\text{O}$ de l'aragonite de la coquille d'un spécimen de Perisphinctes de l'Oxfordien de Madagascar en fonction de la longueur ventrale (d'après Lécuyer & Bucher, eEarth, 1, 1-7, 2006). Les valeurs barrées correspondent aux mesures écartées de l'analyse par les auteurs de l'article car non significatives pour l'étude du paléoclimat.

Informations complémentaires :

- On considère qu'il n'y a pas d'effet vital lors de l'incorporation des isotopes de l'oxygène dans le carbonate, et qu'il n'y a eu aucun remaniement du matériel de la coquille ni au cours de la vie, ni à posteriori.

- La mesure du $\delta^{18}\text{O}$ de l'aragonite est faite avec une incertitude de 0.1‰.

- Les isotopes de l'oxygène sont incorporés suivant l'équation de fractionnement entre l'eau de mer (W) et l'aragonite (AR), en fonction de la température (Grossman & Ku, 1986) :

$$T (^{\circ}\text{C}) = 21,8 - 4,69 (\delta^{18}\text{O}_{\text{AR-pdb}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{W-smow}})$$

- Une fonction cosinus permet de modéliser les données mesurées :

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{AR-pdb}} = \{A \cdot \cos[(2\pi \cdot \text{longueur}/T) + P]\} + S$$

où A est l'amplitude (A= -0,283), T est la période (T=227,1), P est la phase (P=0,749), et S est une constante (S= -1,471) ; le R² est de 0,75.

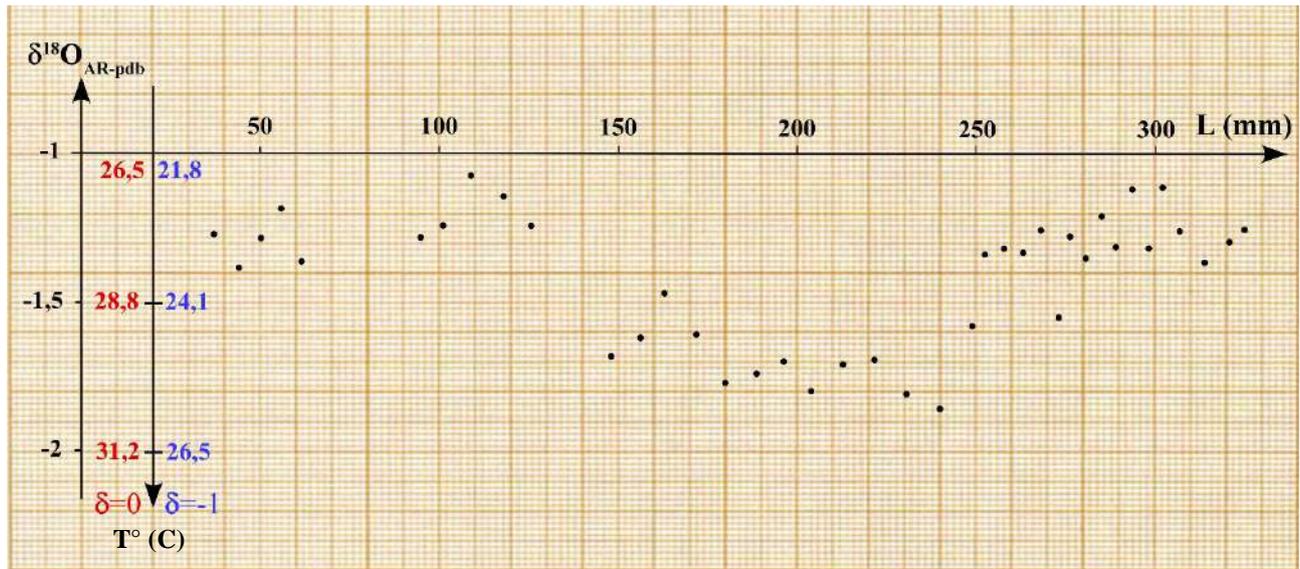
II-A- Etude de la variation de la valeur du $\delta^{18}\text{O}$ le long du bord ventral de la coquille

Présentez graphique les données mesurées et calculées et interprétation en termes de températures :

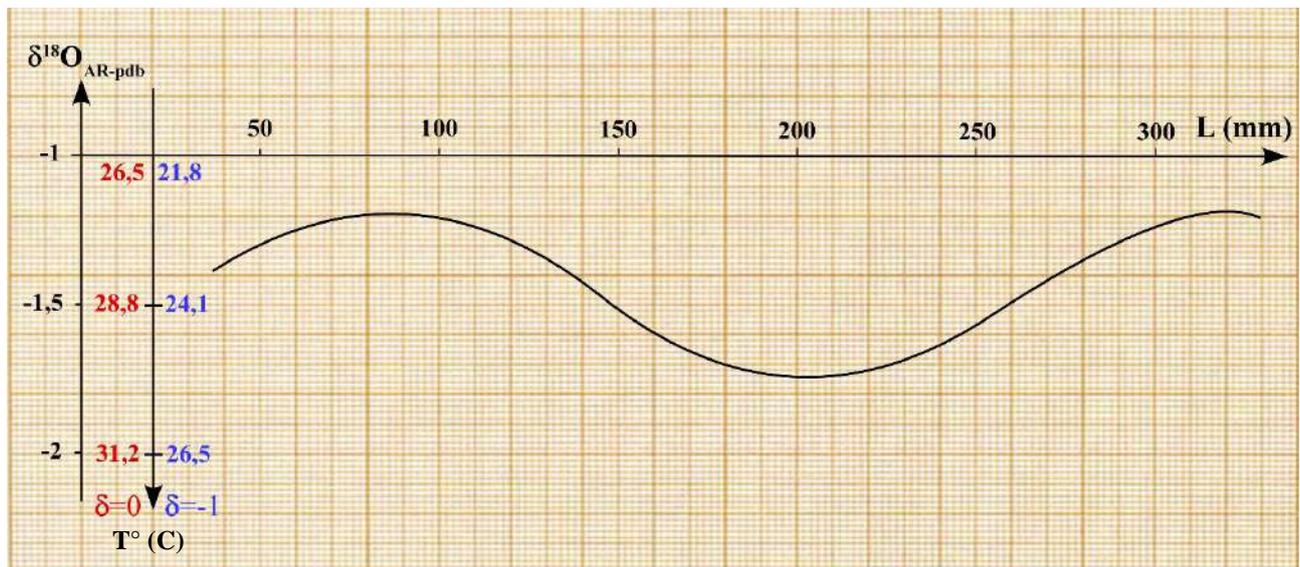
- Premier diagramme : valeurs du $\delta^{18}\text{O}_{\text{AR}}$ de l'aragonite en fonction de la longueur ventrale.
- Second diagramme : valeurs du $\delta^{18}\text{O}_{\text{AR}}$ de l'aragonite calculées suivant la fonction cosinus.
- Ajoutez sur les deux diagrammes une double échelle donnant la valeur de la température correspondant au $\delta^{18}\text{O}_{\text{AR}}$, pour un $\delta^{18}\text{O}_{\text{W}}$ de 0‰ et pour un $\delta^{18}\text{O}_{\text{W}}$ de -1‰.

Réponse à la question II-A

Premier diagramme :



Deuxième diagramme :



Commentaire sur la prestation des candidats : Les points ont été placés assez correctement sur le premier diagramme. En revanche, les échelles de température pour les deux valeurs de δ étaient parfois aberrantes (par exemple décalées d'un degré) et le second diagramme a souvent été négligé. Dans ces deux derniers cas, le sens des équations n'est pas compris.

II-B- Interprétation des variations observées

Les *Perisphinctes* sont reconnues comme des organismes nectoniques. Un organisme benthique du même niveau que l'échantillon de *Perisphinctes* de l'Oxfordien de Madagascar présente des variations du $\delta^{18}\text{O}$ comparables. Cela suggère que le signal isotopique correspondent à un signal paléoclimatique et non paléo-écologique.

Pour interpréter les variations mesurées chez le spécimen de *Perisphinctes* en termes de paléoclimat, des valeurs hypothétiques sont calculées pour une coquille aragonitique croissant dans les conditions de températures actuelles de l'Océan Indien à une latitude de 40° sud (position supposée de Madagascar à l'Oxfordien) et pour une valeur de $\delta^{18}\text{O}_w$ de -1‰ (valeur pour une Terre sans calotte polaire) : Figure 2.

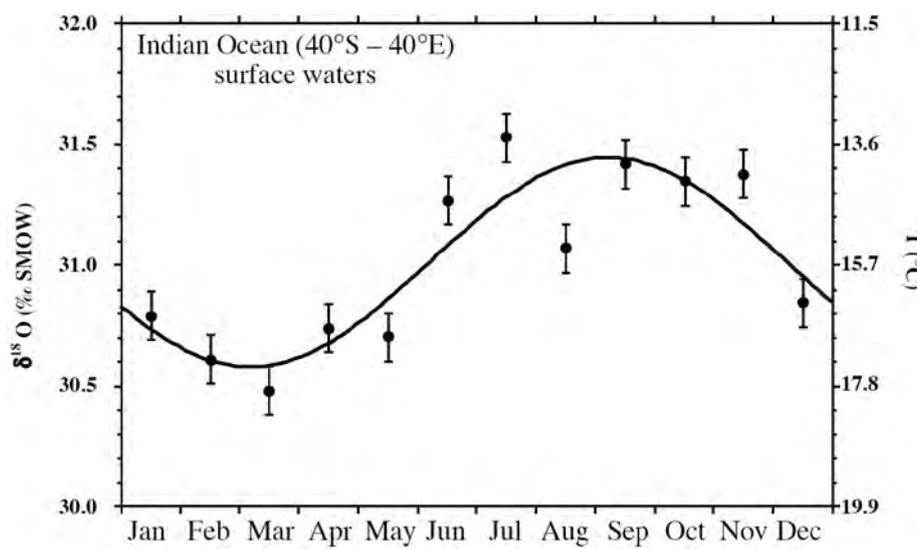


Figure 2. Valeurs du $\delta^{18}\text{O}$ de l'aragonite calculées pour les valeurs actuelles de température de l'eau de surface de l'Océan Indien à 40° de latitude sud et pour un $\delta^{18}\text{O}_w$ de -1‰ , au cours d'une année.
D'après Lécuyer & Bucher, *eEarth*, 1, 1–7, 2006.

En comparant votre courbe calculée (question II.A) et celle de la figure 2, faites votre propre analyse des conditions paléoclimatiques qui prévalaient lors de la vie du *Perisphinctes* à Madagascar, notamment en termes de paléosaisons. Déduisez-en aussi le taux de croissance moyen de ce spécimen (entre les points G1 et G75).

NOM :

Prénom :

Salle :

Réponse à la question II-B

On sait que :

- la coquille est construite par incréments (pas de remobilisation de matériel au cours de la vie de l'organisme) ;
- les fluctuations du δ 18O correspondent à des fluctuations de la température du milieu au long de la vie de l'animal (on exclut des variations du δ 18O de l'océan à cette échelle de temps).

On constate :

- que le signal enregistré dans la coquille suit une fonction cosinus : il correspond à une variation cyclique, relativement régulière de la température du milieu, au long de la vie de l'animal ;
- que l'amplitude de variation de la température enregistrée est d'environ 4,5°C ;
- que la forme et l'amplitude de ce signal sont comparables à ceux simulés dans le cas de variations de températures saisonnières (environ 4°C d'amplitude) de l'Océan Indien actuel (à 40°S et 40° E) enregistrées dans la coquille d'un organisme vivant dans les eaux de surface d'un océan dont le δ 18O serait de -1‰.

On en déduit que la variation de température enregistrée dans la coquille d'ammonite est saisonnière.

On pouvait aussi remarquer que plusieurs hypothèses sont possibles pour expliquer des variations saisonnières de la température de l'eau : soit la température de l'eau de surface fluctue de façon saisonnière, soit c'est l'animal qui se déplace de façon saisonnière. Néanmoins, un organisme benthique contemporain a enregistré les mêmes fluctuations de température que l'ammonite au cours de sa vie, ce qui permet d'exclure l'hypothèse de migration.

Il y a donc une saisonnalité marquée des variations de la température de l'Océan Indien à l'Oxfordien. En outre, les températures y étaient globalement plus élevées qu'à l'heure actuelle que l'on se place dans le cas d'une Terre avec un volume de glace équivalent à l'actuel (δ 18O de l'océan à 0‰) ou avec un volume de glace moindre (δ 18O de l'océan à -1‰). En l'occurrence pour un δ 18O de l'océan à -1‰, la différence de température est de l'ordre de 9°C à une même latitude. Ce sont des facteurs paléogéographiques et climatiques qui contrôlent la température à un endroit donné.

Pour conclure, on pouvait noter le poids de l'hypothèse sur la valeur du δ 18O de l'océan, c'est-à-dire sur le volume de glace qui prévalait à l'époque dans les interprétations du milieu de vie, ou suggérer que ce type de données doit justement permettre de discuter l'extension des volumes de glace pour des périodes de temps reculées.

Un autre intérêt de cette étude est de proposer une estimation de l'âge et donc du taux de croissance de l'ammonite. Si on considère un système avec 2 saisons par an, l'ammonite avait 1,5 an environ à sa mort et le taux de croissance entre G1 (325mm) et G75 (33mm) correspond au taux moyen sur plus d'une année (on aurait probablement des valeurs différentes à petite échelle, notamment en début de vie de l'animal). On pouvait donc proposer de prendre directement la valeur de la période de la courbe (227mm/an), ou la calculer à partir du premier diagramme.

Commentaire sur la prestation des candidats : C'est probablement la question la moins bien réussie et en fait rarement traitée. Un petit nombre de candidats a proposé une mise en regard cohérente des informations. Un nombre à peu près similaire a formulé des interprétations assez fantaisistes (par exemple : les ammonites vivent aujourd'hui dans des eaux plus froides). Pour ceux qui n'avaient pas tracé le second diagramme, le calcul du taux de croissance à partir d'une courbe tracée à main levée sur le premier a été considéré.

NOM :

Prénom :

Salle :

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

**Partie III : Fossiles stratigraphiques et fossiles de faciès :
des outils pour les corrélations et l'interprétation des paléoenvironnements**

Cette partie est basée sur l'étude d'assemblages de fossiles et de faciès sédimentaires ; elle vise l'interprétation des relations géométriques de formations stratigraphiques et la construction d'un transect cohérent à travers ces formations.

La carte géologique de Vermenton est localisée au sud-est du Bassin de Paris dans l'auréole jurassique de ses dépôts sédimentaires. Les faciès d'intérêt sont ceux de l'Oxfordien supérieur et moyen du "Récif de Mailly-le-Château" et du "Calcaire de Vermenton". Ils présentent un contact Est-Ouest sur la carte et un faciès intermédiaire est observé à Mailly-La-Ville (Documents A et B).

L'identification de fossiles stratigraphiques et l'interprétation paléoenvironnementale des faciès et fossiles associés permettent de comprendre leur lien géométrique, et de réaliser le transect suivant le tracé présenté sur la carte (Document B).

III-A- Interprétation des assemblages fossiles et faciès sédimentaires de l'Oxfordien supérieur et moyen des environs de Vermenton

**TABLEAU DE CORRESPONDANCE ENTRE LES ETAGES
DEFINIS PAR LE COLLOQUE DE LUXEMBOURG
(1962) ET LES ANCIENS ETAGES**

		ETAGES	Datation par les Ammonites ZONES SOUS-ZONES		EQUIVALENCE ANCIENNE
KIMMERIDGIEN	SUPERIEUR		<i>pseudomutabilis</i>		"KIMMERIDGIEN"
	MOYEN		<i>mutabilis</i>		
	INFERIEUR		<i>cymodoce</i>		"ASTARTIEN"
		<i>baylei</i>		"SEQUANIEN"	
OXFORDIEN	SUPERIEUR		<i>bimammatum</i>	<i>bimammatum</i>	"RAURACIEN"
				<i>hypselum</i>	"ARGOVIEN"
	MOYEN		<i>transversarium</i>	<i>bifurcatus</i>	"OXFORDIEN"
				<i>transversarium</i>	
				<i>paradieri</i>	
	INFERIEUR		<i>plicatilis</i>	<i>plicatilis</i>	
				<i>tenuicostatum</i>	
INFERIEUR		<i>cordatum</i> <i>mariae</i>	<i>cordatum</i>	"OXFORDIEN"	
			<i>mariae</i>		

*Figure 3. Biozonations de l'Oxfordien dans le Bassin de Paris
(extrait de la notice de la carte géologique au 1/50 000 de Vermenton).*



Mailly le Château (j6a-5)

- biocalcaire construit.
- calcaires à bioclastes, tous généralement à ciment sparitique.
- grande diversité de polypiers avec des morphologies variées suivant les affleurements, comme par exemple le corail branchu, en boule (figuré ci-contre), ou encore des formes rameuses.
- nombreux organismes marins tels des brachiopodes, des oursins.
- présence de *Perisphinctes panthieri* (base de la la biozone à *transversarium*).
- présence des rudistes *Diceras* sp.



Mailly la Ville (toute bordure de j6a-5)

- calcaire oolitique à bioclastes non triés de coraux et de coquilles de mollusques, et ciment sparitique (tel celui présenté ci-contre).
- localement dans cette zone, on observe des interdigitations des deux autres faciès.

Vermenton (j6a-1 à 3)

- à la base des calcaires à spongiaires très massifs.
- alternances de bancs massifs (calcaire micritique) et de marnes à débits en feuillets; certains niveaux sont finement silteux.
- présence de foraminifères des genres *Planularia* et *Lenticulina*.
- (rare) présence de *Glochiceras nimbatum* correspondant à la sous-zone à *hypselum* dans sa partie supérieure au moins.

Figure 4. Compléments aux données de la carte sur les caractéristiques sédimentaires et les fossiles des faciès à Mailly-le-Château, à Mailly-la-Ville et à Vermenton (extraits de la notice de la carte géologique au 1/50 000 de Vermenton ; photos E. Vennin). Ces trois localités sont positionnées sur la carte (p. 18).

NOM :

Prénom :

Salle :

III-A-1- Analyse stratigraphique

A partir des données de la légende de la carte (Document A) et des figures 3 et 4, donnez les âges des trois faciès de Mailly le Château, Mailly la Ville et Vermenton.

Réponse à la question III-A-1

Les ammonites sont d'excellents fossiles stratigraphiques du Jurassique.

Les faciès de Mailly-le-Château et Mailly-la-Ville (j6a-5) sont notés du Rauracien (base de l'Oxfordien supérieur) et de l'Argovien (sommet de l'Oxfordien moyen). Effectivement, les dépôts de Mailly-le-Château comportent des *Perisphinctes panthieri* qui sont typiques de la biozone à *transversarium* qui correspond à l'Argovien.

Le faciès de Vermenton (j6a-1 à 3) est noté (Rauracien) sur la carte. Effectivement, les dépôts comportent des *Glochiceras nimbatum* qui appartiennent à la sous-zone à *hypselum* qui correspond au Rauracien.

De plus, des interdigitations sont signalées entre le faciès de Mailly-la-Ville et les deux autres faciès.

Ainsi les faciès sont contemporains à sub-contemporains.

Commentaire sur la prestation des candidats : L'utilisation des ammonites comme marqueur stratigraphique a été généralement proposée.

III-A-2- Analyse paléoenvironnementale

A partir des données de la légende de la carte (Document A) et des figures 3 et 4, interprétez les faciès de l'Oxfordien moyen et supérieur et leur contenu fossilifère en termes de paléoenvironnements.

Réponse à la question III-A-2

Interprétation du faciès de Mailly-le-Château

C'est un récif carbonaté à coraux et rudistes avec une forte diversité de macro-organismes benthiques (oursins, brachiopodes...). Les coraux et les rudistes sont des fossiles de faciès qui caractérisent un environnement récifal marin relativement chaud, situé dans la zone photique, sous la limite de basse-mer (immersion continue). Le récif est un lieu de forte diversité.

La morphologie des coraux (en boules), et la présence de bioclastes et d'un ciment sparitique comme liant principal dans les calcaires indiquent un hydrodynamisme fort à moyen.

NOM :

Prénom :

Salle :

Interprétation du faciès de Mailly-la-Ville

On distingue des litages plans et obliques, voire des stratifications entrecroisées sur l'affleurement présenté. Les calcaires sont constitués d'oolites et de bioclastes non triés, liés par un ciment sparitique.

Tous ces éléments concordent avec un milieu marin de plateforme carbonatée à fort hydrodynamisme variant localement de façon rapide.

Cet environnement occupe une bande de terrain (« bordure de j6a-5 »). Sa position géographique et les interdigitations signalées le localisent à l'interface entre le faciès précédent et le suivant : il constitue la bordure externe et battue du récif.

Interprétation du faciès de Vermenton

Après une base de calcaires à spongiaires, les dépôts sont essentiellement constitués de dépôts de boue carbonatée (micrite) plus ou moins riches en argiles (marnes), à passées silteuses. La faune est principalement représentée par des foraminifères benthiques. La diversité est réduite par rapport au milieu récifal de Mailly-le-Château et doit correspondre à une moindre productivité.

Ces dépôts par décantation correspondent à un milieu de faible énergie sur une plateforme carbonatée avec plus ou moins d'apport détritique.

Commentaire sur la prestation des candidats : cet exercice a très souvent été traité mais les prestations sont très inégales. Certains candidats ont su présenter de façon cohérente les données sédimentaires et paléontologiques et leur interprétation environnementale. Des connaissances pointues sur les foraminifères n'était pas attendues mais un candidat a évoqué la possibilité d'une adaptation morphologique de certains foraminifères benthiques à un déficit d'oxygène.

NOM :

Prénom :

Salle :

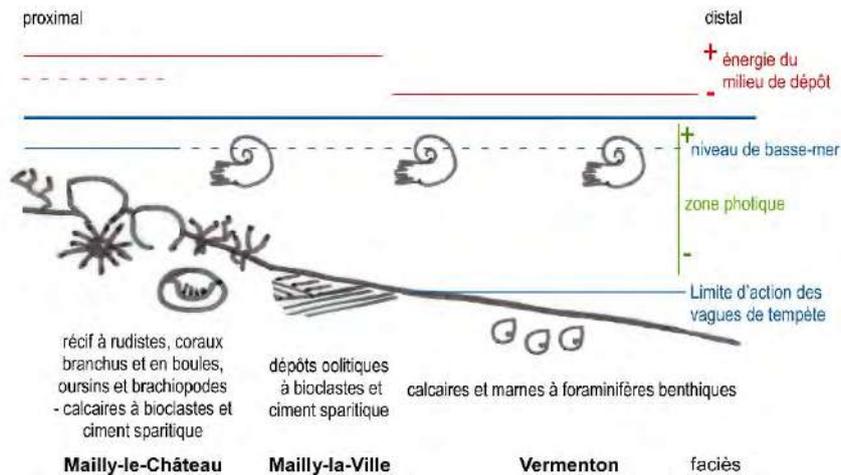
III-A-3- Profil de dépôt

Placez les environnements interprétés sur un modèle de dépôt hypothétique d'une plateforme. Indiquez la polarité par rapport au continent et le niveau relatif d'énergie le long du profil.

Réponse à la question III-A-3

Les trois faciès trouvent leur place sur un modèle de rampe barrée, dans sa partie infra-tidale.

Exemple de profil possible :



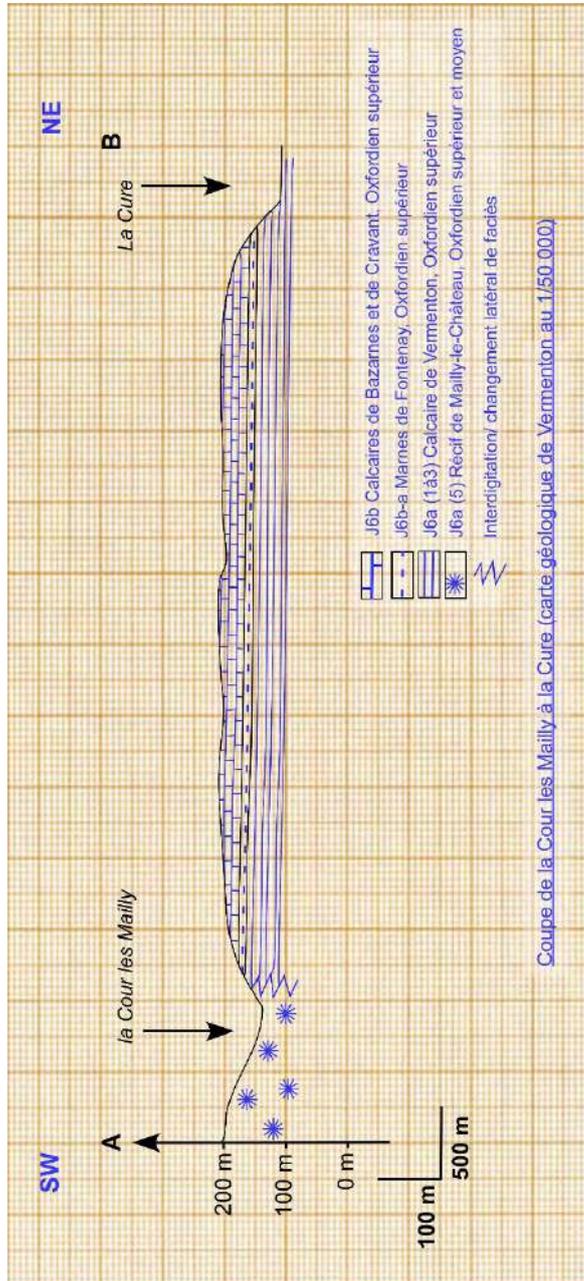
Commentaire sur la prestation des candidats : En plus d'un profil de plateforme carbonatée correctement légendé, la cohérence entre le modèle proposé et les interprétations précédentes était valorisée (par exemple avec une zone interne du récif de moindre énergie). Cette transposition a posé des problèmes à de nombreux candidats. Trop ont notamment voulu coller à un modèle de variation linéaire de l'énergie avec la distance à la côte (soit en augmentation, soit en baisse !), en contradiction avec leurs conclusions sur l'interprétation des faciès.

III-B- Coupe géologique

Réalisez la coupe localisée sur l'extrait de la carte géologique de Vermenton au 1/50 000 (Document B).

Réponse à la question III-B

La coupe montre la structure monoclinale à faible pendage (ou sub-tabulaire) ainsi qu'un changement latéral de faciès affectant au moins la base de l'Oxfordien supérieur.



Commentaire sur la prestation des candidats : une majorité de coupes figuraient une structure plissée, et même parfois la présence d'un accident (généralement un chevauchement) au contact entre le récif et le faciès de Vermenton. Outre la mauvaise lecture de la carte, cela laisse penser que les grands traits de la géologie du bassin de Paris ne sont pas connus. La notion de changement/variation latérale de faciès est peu connue.

NOM :

Prénom :

Salle :

Document A. Extrait de la légende de la carte géologique de Vermenton au 1/50 000ème.

FORMATIONS SUPERFICIELLES

X	Remblais
E	Eboulis
B	Couverture limoneuse
GP	Dépôts cryoclastiques de versant
F	Alluvions de vallées sèches
Fz	Alluvions modernes
Fy	Alluvions anciennes – Basses terrasses
Fx	Alluvions anciennes – Moyenne terrasse
Fw	Alluvions anciennes – Haute terrasse
Fy-x-w	Alluvions anciennes – Terrasses polygéniques
mp	Mio-Pliocène
Ra Rb	Formations résiduelles non datées : Ra : sableuses ou gréseuses, Rb : à chailles

TERRAINS SÉDIMENTAIRES

Les notations employées ici sont celles définies par le Colloque de Luxembourg (1967). Entre parenthèses figure la correspondance avec l'ancienne terminologie.

J ⁸	Kimméridgien supérieur et moyen (Kimméridgien) Marnes et calcaires
J ^{7b}	Kimméridgien inférieur – Calcaire à Astartes (Séquanien supérieur) •• Niveau terminal à glauconie
J ^{7a}	Kimméridgien inférieur – Calcaire de Tonnerre (Séquanien moyen)
J ^{6b}	Oxfordien supérieur – Calcaires de Bazarnes et de Cravant (Séquanien inférieur)
J ^{6b a}	Oxfordien supérieur – Marnes de Fontenay (Limite Séquanien-Rauracien)
J ^{6a}	Oxfordien supérieur – Calcaires de Vermenton (Rauracien) 3-Marnes de Frangey 2-Marnes de Moutot 1-Calcaires à spongiaires — Niveau marneux

J ^{6a-5}	Oxfordien supérieur et moyen – Récif de Mailly-le-Château* (Rauracien-Argovien)
J ⁶	Oxfordien moyen – Calcaires grumeleux et Calcaires à chailles (Argovien)
J ⁵	Oxfordien moyen et inférieur – Oolithe ferrugineuse (Oxfordien S.S.)
J ³	Callovien Chailles litées et calcaires oolithiques
J ^{2c-b}	Bathonien supérieur et moyen Calcaires, calcaires oolithiques et marnes
J ^{2b-a}	Bathonien moyen et inférieur – Marno-calcaires à Pholadomyes (faciès "Vésulien")
J ¹	Bajocien Calcaires marneux, marnes et calcaires à entroques
l ⁵	Toarcien Argiles et marnes noires
l ^{4c}	Domérien supérieur – Calcaire à Gryphées géantes
l ^{4b}	Domérien inférieur – Argiles micacées
l ^{4a}	Carixien – Marnes à Bélemnites
l ³	Lotharingien – Sinémurien Calcaires à Gryphées

μ	Brèche de faille	Υ	Formes rameuses	} Polypiers
<	Pendage local	*	Formes en boule	
F	Gîte fossilifère	⊖	Formes aplaties	
▲	Mardelle, aven, gouffre	⊕	Zones à édifices construits importants (Barrière récifale)	
∩	Grotte	ℵ	Nérinées	
		ℒ	Dicéras	
		⊕	Térébratules	
		ℋ	Lumachelle à Huitres	

1	Contour géologique visible
2	Contour géologique masqué
3	Faille visible
4	Faille masquée

NOM :

Prénom :

Salle :

Document B. Extrait de la carte géologique de Vermenton au 1/50 000ème.



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 correctement sur la fiche prévue à cet effet le titre et les auteurs des ouvrages demandés ainsi que le matériel supplémentaire. 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, analyser-interpréter l'ensemble des documents qui lui ont été fournis et réaliser tous les supports qui lui semblent nécessaires à sa démonstration (transparents, présentations informatiques, cartes, échantillons, montages expérimentaux...). Chaque titre de leçon de spécialité est accompagné d'un nombre limité de documents (6 au maximum) 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. Ces documents doivent s'insérer dans la démarche scientifique et pédagogique utilisée par le candidat pour répondre à la problématique du sujet mais ne peuvent en aucun cas en être le seul et unique support.

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 l'organisation de la leçon, sur l'exploitation des documents fournis ainsi que les documents et 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 celui-ci.

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 les connaissances du candidat sur ces thématiques. Ils peuvent 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 une 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 insiste sur le fait qu'il est fondamental que le candidat dégage une problématique claire dans son introduction qui servira de fil directeur à sa démonstration. Cette problématique n'est en aucun cas une paraphrase du sujet, mais résulte d'une analyse rigoureuse de ce dernier et du questionnement scientifique qui en découle. Le jury rappelle qu'une phrase interrogative ne constitue pas pour autant une problématique... Le déroulement de l'exposé doit ensuite être articulé de manière à répondre à cette problématique. Les documents présentés et les connaissances apportées doivent être au service de cette réponse. Ainsi, la stratégie d'apprendre par cœur des plans préconçus n'est pas une façon pertinente de se préparer à cet exercice, d'autant que les documents fournis par le jury risquent fort de ne pas cadrer avec cette organisation préétablie.

A la fin de l'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. Le jury tient à rappeler qu'un schéma bilan n'est pas une simple juxtaposition de mots clés éventuellement reliés par des flèches dont la signification reste obscure.

Des connaissances scientifiques et un 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 pour lesquels les candidats estiment leurs connaissances initiales plus limitées. Paradoxalement, les candidats ont souvent moins de difficultés à traiter les leçons jugées difficiles que les leçons jugées plus classiques pour lesquelles ils sont obligés d'adopter une réelle démarche de raisonnement, leurs connaissances initiales ne pouvant servir de refuge. Ce constat oblige à réaffirmer 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 est attendue. Le jury tient 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

être exploités au cours de l'exposé et les notions dégagées doivent être intégrées dans la démarche démonstrative de la leçon. Le jury a apprécié l'exploitation astucieuse de certains documents, dont des parties pouvaient être utilisées à différentes fins. Par contre, 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 comme un schéma explicatif de l'expérimentation, une expérience ou un échantillon complémentaire, un schéma résumant les principaux résultats, est très appréciée par le jury.

Depuis la session 2016, certains documents fournis par le jury sont 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 cela a déjà été souligné, les documents proposés par le jury ne couvrent pas tous les aspects du sujet. Par les documents qu'il propose, le concepteur du sujet peut choisir de ne pas aborder des aspects importants du sujet afin de laisser au candidat l'initiative de présenter certains documents ou matériels. L'exposé ne peut donc pas être construit seulement autour des thèmes que les documents permettent d'aborder et il revient au candidat de compléter l'illustration de sa leçon par des documents, 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. Cette exploitation est, bien évidemment, prise en compte dans l'évaluation de la leçon. 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.). Il 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.

Pour mener à bien leur démonstration, les candidats ont à leur disposition différents supports, tels que le tableau, des transparents et maintenant un vidéoprojecteur associé à un ordinateur. L'utilisation judicieuse et équilibrée de ces supports leur est conseillée. Concernant l'utilisation du vidéoprojecteur, il leur est conseillé d'organiser les images/scans fournies par l'équipe technique dans un seul fichier. La projection n'en sera que plus fluide. De même, le retraitement informatique de certains documents scannés par exemple en mettant une légende, en enlevant les parties inutiles ou en entourant les parties importantes augmente la fluidité de l'exposé. Par contre, la réalisation partielle ou complète de l'exposé ou l'exploitation des illustrations dans un diaporama n'est pas une exigence du concours et n'est pas ni conseillée. Ce type de présentation fait perdre beaucoup de temps au candidat et n'augmente pas la qualité pédagogique de son exposé.

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 scientifiques » (roches, spécimens, faits expérimentaux etc..) 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 « objets scientifiques » est rarement accompagnée d'un travail traduisant sa réelle appropriation par le candidat. Très souvent, l'objet ou le document est seulement décrit sans qu'une conclusion n'en soit tirée ou n'est utilisé que comme prétexte pour exposer des généralisations voire des modèles théoriques recopiés dans des ouvrages et donc écrits dans un autre contexte que celui de la leçon. La théorie est souvent présentée avant l'analyse des « objets scientifiques », ceux-ci n'étant alors utilisés que comme une simple illustration *a posteriori* sans qu'ils ne participent à la construction d'une véritable 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 donc clairement justifier dans son introduction les différents aspects du sujet qu'il souhaite traiter ainsi que ses limites en se fondant sur une analyse précise et rigoureuse des termes du sujet. 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. Il est donc apte 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 sur des bases scientifiques. De la même façon, le candidat est libre d'exploiter les documents proposés comme il l'entend, un document pouvant parfois être utilisé en appui de différents aspects du sujet.

Une communication d'une qualité suffisante

L'épreuve de leçon de spécialité est aussi l'occasion d'évaluer la présentation, la posture et le vocabulaire choisi, ainsi que les qualités pédagogiques du candidat. 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 sont pénalisées. De même, une mauvaise gestion du temps, une expression orale confuse et une utilisation trop imprécise du vocabulaire, surtout du vocabulaire scientifique, se voient sanctionnées.

Une indispensable réactivité

Le premier entretien, consécutif à la leçon, a pour but de faire réfléchir le candidat sur l'exposé qu'il vient de produire et 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 face à des données que le jury propose. Il est important que le candidat construise sa réponse ; une juxtaposition de mots-clefs ne peut suffire. L'écoute et la réactivité sont des qualités indispensables pour une bonne réussite de cette partie de l'épreuve. Elle peut permettre au candidat de montrer que, même si sa leçon était peu 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 et moléculaire, de biochimie, de génétique, de virologie, d'immunologie ou de neurologie 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, la diversité du monde viral, les différents récepteurs impliqués dans la réaction immunitaire ou encore de réaliser une analyse génétique ou de démontrer les relations entre structure, propriétés et fonctions des molécules biologiques fondamentales. Il est inacceptable pour un candidat d'option A de ne pas être capable d'identifier un noyau sur une électrographie (qu'il a lui-même choisie !), de proposer l'amidon comme molécule de réserve animale ou de légèrer « cellulose » une matrice extracellulaire située sous une cellule épithéliale d'intestin... Le jury a écouté cette année un nombre important de candidats dont le niveau de connaissances dans le secteur A était proche de celui du lycée. Il tient à rappeler que le niveau requis pour cette leçon d'option est un niveau master.

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. Il est préférable pour un enseignant scientifique de comprendre et manipuler les notions de bases et d'être capable de les compléter par des détails recherchés dans des ouvrages ou sites internet que l'enseignant a l'habitude de consulter.

Enfin, le jury s'inquiète d'un manque de curiosité scientifique et de capacité à expliciter scientifiquement des notions véhiculées par les médias généralistes comme les thérapies géniques ou cellulaires, les OGM, les cellules souches...

Travailler à toutes les échelles et construire le sens biologique

Dans le programme officiel de l'agrégation le secteur A est désigné par le titre : « 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 au niveau physiologique. Par exemple, il est difficile de décrire les mécanismes immunitaires ou neurologiques sans les localiser dans les différents organes lymphoïdes ou les différents organes nerveux, chose dont la plupart des candidats se révèle incapable. L'utilisation de programme de manipulation de modèles moléculaires doit être maîtrisée par les candidats ; elle est parfois imposée 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 présenter 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.

Adopter une démarche scientifique

Même si cela a déjà été fait, le jury tient à réaffirmer ici que, quel que soit le sujet posé, le candidat doit adopter pour y répondre une démarche scientifique basée sur l'observation de faits ou d'objets scientifiques. Les documents imposés par le jury proposent fréquemment des supports pour cette démarche. Mais cette démarche ne saurait en aucun cas se réduire à la seule succession des analyses de ces documents, que certains candidats proposent comme succédané de plan. Par contre, s'il n'y a pas de lien entre les différents documents proposés par le jury, il y a en revanche un lien entre les différentes parties d'un même document : il est donc dans ce cas recommandé de les étudier successivement et d'établir les liens entre les différentes données présentées.

Trop souvent, l'analyse proposée par le candidat manque de rigueur : elle se borne à la paraphrase des résultats et conduit le candidat à plaquer des connaissances inappropriées sur les documents. L'analyse doit se poursuivre par une conclusion clairement explicitée et une interprétation des résultats, c'est-à-dire une mise en perspective vis-à-vis de la démarche globale de la leçon, et lorsque cela s'y prête, la formulation d'hypothèses pour expliquer les observations.

De même l'intégration des documents dans la leçon, laissée à l'initiative du candidat, est très souvent maladroite, voire inexistante. Les documents sont trop souvent présentés dans le plan comme un exemple illustrant une situation particulière, alors que ce n'est pas spécifiquement cet exemple ou ces conditions qui importent mais le mécanisme cellulaire ou moléculaire mis en évidence. Par ailleurs, certains documents sont proposés pour attirer l'attention du candidat sur un aspect du sujet qui mérite d'être développé au-delà de ce qui est montré dans le document : le jury attend alors du candidat qu'il prolonge l'approche en apportant d'autres données.

Adopter une démarche didactique

La démarche didactique 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.

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.

Exploitation des documents et du matériel imposés

Les dossiers proposés par les concepteurs des sujets proposent en général des échantillons et des documents imprimés sur transparents. Le jury est particulièrement attentif à la démarche d'analyse des documents et regrette que trop de candidats sous-exploitent ce matériel. Il est rappelé que les échantillons sont destinés à être exploités en détail. Les documents extraits d'articles scientifiques ou de livres doivent être décrits, interprétés et utilisés dans une démonstration. Trop de candidats se contentent de les utiliser pour illustrer leur propos ou simplement de les paraphraser.

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. Si 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. Pour les observations réalisées au microscope photonique, la préparation doit être préalablement mise au point et correctement centrée de manière à ce que les membres du jury puissent rapidement juger.

Les insuffisances scientifiques sur le programme de spécialité

Une solide formation naturaliste est attendue des candidats à l'Agrégation externe de SV-STU. Le jury a souligné 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 dans les domaines de la biologie animale et végétale, à leur positionnement dans les classifications phylogénétiques ou encore à leur écologie. Le jury a été frappé que des candidats méconnaissent totalement des échantillons 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.

Plus généralement, le jury a été étonné cette année par l'abondance d'exposés démontrant une maîtrise insuffisante de connaissances de base en biologie et physiologie. Comment imaginez passer l'agrégation sans connaître le fonctionnement ovarien, la pollinisation et les incompatibilités associées, la physiologie comparée du système cardiovasculaire ou du rein, les végétaux dans le milieu aquatique... 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.

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", "de par"). L'utilisation des cartes géologiques par les candidats n'est pas adaptée : la carte au millionième est souvent mal employée 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 et absentes des leçons. Des notions de thermodynamique et de chimie (notamment isotopique) sont requises pour aborder le système Terre.

De solides connaissances géographiques sont exigées 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 et ou d'échantillons macroscopiques et de lames minces restent souvent sommaires (confusion entre péridotite-gabbro ; plagioclase-pyroxène ; organismes fossiles ; ciment-matrice). De même le fonctionnement des outils expérimentaux les plus classiques (GPS, radar, sonde

électronique, spectromètre) en sciences de la Terre et de l'Univers doit être connu. Le jury note que de moins en moins de candidats maîtrisent le principe et le fonctionnement de ces outils. Enfin, 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.

Trop souvent, lorsqu'ils ne maîtrisent pas bien le sujet de la leçon, les candidats ont tendance à se plonger dans les ouvrages les plus spécialisés sur le sujet et à présenter devant le jury des concepts et des dispositifs expérimentaux qu'ils ne maîtrisent pas du tout, alors que les notions de base sur le sujet sont à peine abordées. Lorsqu'un sujet n'est pas du tout maîtrisé, il est recommandé de consulter les ouvrages généralistes. Il faut alors privilégier la présentation des concepts de base sur le sujet, afin de prendre le temps pendant la préparation de la leçon de s'approprier ces concepts et de les maîtriser au mieux. »

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. De même une production autour des cartes est souhaitable (schéma structural, coupe).

- 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. 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 de synthèse répondant au sujet ou en tous cas une représentation graphique des points forts de la leçon. Tous les sujets de secteur C ne se prêtent pas à un "schéma bilan", néanmoins, le tableau doit contenir le message essentiel que le candidat a décidé de faire passer.

6.1.6 Liste des leçons d'option de la session 2017 :

Type de leçon	Sujet
Option A	Activation de la réponse immunitaire innée par le pathogène chez les métazoaires
Option A	Apports d'Agrobacterium tumefaciens à la biotechnologie végétale
Option A	Cellules souches adultes et cellules souches pluripotentes
Option A	Compartimentation cellulaire et transports vésiculaires
Option A	Dynamique du cytosquelette des cellules eucaryotes
Option A	Dynamique et variabilité du génome des eucaryotes
Option A	Éléments génétiques mobiles et dynamique des génomes
Option A	Immunité innée des plantes
Option A	Interconnexions entre les voies de signalisation eucaryotes
Option A	La grippe, une maladie infectieuse
Option A	La cellule musculaire striée squelettique
Option A	La chromatine
Option A	La fécondation et les aides à la procréation dans l'espèce humaine
Option A	La génétique des organites
Option A	La mise en place de l'axe antéro-postérieur chez les animaux
Option A	La mitochondrie des cellules animales
Option A	La mitose
Option A	La perméabilité membranaire à l'eau
Option A	La plaque motrice
Option A	La présentation des antigènes au cours de la réponse immunitaire
Option A	La réception du signal hormonal chez les végétaux
Option A	La régulation hormonale de la pression artérielle
Option A	La réplication de l'ADN des cellules

Option A	La réplication de l'ADN des cellules
Option A	La réponse immunitaire adaptative humorale
Option A	La RuBisCO
Option A	La somesthésie
Option A	La structure des chromosomes nucléaires
Option A	Le baroréflexe
Option A	Le contrôle de l'activité des protéines lors du cycle cellulaire
Option A	Le diabète insipide
Option A	Le maintien de l'intégrité des génomes
Option A	Le message nerveux
Option A	Le vin
Option A	L'eau et les biomolécules
Option A	Les ATP synthases
Option A	Les bases immunologiques de la vaccination
Option A	Les cellules de l'intestin
Option A	Les communications chez les procaryotes
Option A	Les déplacements des cellules eucaryotes
Option A	Les divisions cellulaires chez les eucaryotes
Option A	Les éléments génétiques mobiles
Option A	Les fonctions des lipides
Option A	Les formes des cellules: origines, dynamique et conséquences fonctionnelles
Option A	Les génomes bactériens
Option A	Les hormones lors du développement post-embryonnaire
Option A	Les interactions non covalentes et les biomolécules
Option A	Les interactions protéiques au cours du développement animal
Option A	Les levures, organismes modèles en génétique
Option A	Les lipides membranaires
Option A	Les lysosomes
Option A	Les matrices extracellulaires
Option A	Les mécanismes moléculaires et cellulaires d'acquisition et de maintien de l'identité cellulaire
Option A	Les méristèmes
Option A	Les messagers stéroïdiens chez les animaux
Option A	Les méthodes d'étude des neurones
Option A	Les modifications post-traductionnelles dans la transduction des signaux
Option A	Les molécules de réserves chez les végétaux
Option A	Les oxydoréductions
Option A	Les pigments des angiospermes
Option A	Les potentiels d'action
Option A	Les protéines fixatrices de dioxygène
Option A	Les réactions du muscle à l'activité sportive
Option A	Les réarrangements génétiques
Option A	Les recombinaisons génétiques
Option A	Les ribosomes
Option A	Les sites des enzymes
Option A	Les synapses
Option A	Les thérapies géniques et cellulaires applicables aux maladies dégénératives
Option A	Les tissus adipeux
Option A	Les virus
Option A	L'obésité
Option A	Microtubules et vie cellulaire
Option A	Mise en place et adaptation du répertoire immunitaire au cours de la vie
Option A	Place du lymphocyte T CD4+ dans la mise en place d'une réponse immunitaire adaptative
Option A	Résistance des bactéries aux antibiotiques
Option A	Séquençage et annotation des génomes
Option A	Stratégies infectieuses des bactéries pathogènes
Option A	Unité et diversité des mécanismes de l'immunité chez les métazoaires

Option B	Acclimatation et adaptation à l'altitude chez les vertébrés
Option B	Adaptation des végétaux aux milieux humides
Option B	Apprentissages : aspects comportementaux, neurobiologiques et évolutifs
Option B	Autofécondation et allofécondation
Option B	Bilan hydrique chez les animaux terrestres
Option B	Biologie et écologie des algues de la zone intertidale
Option B	Biologie et physiologie des végétaux en milieu sec
Option B	De l'induction florale à la fleur chez les Angiospermes
Option B	Espèce et spéciation
Option B	Gestation, parturition et allaitement
Option B	La biologie des graines
Option B	La biologie des orchidées
Option B	La coévolution
Option B	La compétition interspécifique
Option B	La dépense énergétique et ses variations chez l'Homme
Option B	La différenciation sexuelle
Option B	La diversité des algues
Option B	La dynamique des écosystèmes
Option B	La feuille, organe des Angiospermes
Option B	La fonction de transport du sang chez les mammifères
Option B	La fonction ovarienne chez les mammifères
Option B	La gamétogenèse chez les mammifères
Option B	La lumière et les végétaux (on ne traitera pas des mécanismes de la photosynthèse)
Option B	La masse corporelle et ses relations avec la morphologie, le métabolisme et la physiologie des vertébrés
Option B	La microphagie
Option B	La mise en place du comportement chez les animaux : aspects ontogénétiques et évolutifs
Option B	La pression artérielle : une variable régulée
Option B	La réduction du carbone et de l'azote lors de la nutrition des angiospermes de type C3
Option B	La reproduction sexuée en milieu aérien
Option B	La sélection naturelle
Option B	La vie dans la zone intertidale
Option B	L'autotrophie pour l'azote chez les angiospermes
Option B	Le bilan de carbone à l'échelle de l'écosystème forestier
Option B	Le poumon des vertébrés : évolution et adaptation
Option B	Le rôle des vaisseaux sanguins
Option B	L'édification de l'appareil végétatif des angiospermes
Option B	Les adaptations de la fonction respiratoire chez les animaux aquatiques
Option B	Les ajustements physiologiques accompagnant un exercice physique
Option B	Les caractéristiques des populations naturelles
Option B	Les fonctions du rein chez les Mammifères
Option B	Les fonctions hépatiques
Option B	Les forces évolutives
Option B	Les mécanismes photosynthétiques de type C4 et CAM et leur intérêt écologique
Option B	Les méristèmes et le développement
Option B	Les méristèmes et le développement
Option B	Les modalités de la défense chez les végétaux
Option B	Les organismes épiphytes
Option B	Les peuplements pionniers
Option B	Les phylogénies et leurs utilisations
Option B	Les pigments respiratoires des métazoaires
Option B	Les relations plantes-insectes
Option B	Les réserves d'énergie chez les animaux
Option B	Les rythmes saisonniers chez les animaux
Option B	Les sèves et leur circulation
Option B	Les signaux sonores
Option B	Les solutions circulantes des angiospermes aériennes

Option B	Les symbioses chez les végétaux
Option B	Les unités soumises à la sélection
Option B	L'excrétion azotée et les milieux de vie des animaux
Option B	L'importance des microorganismes dans le cycle de l'azote
Option B	Locomotion et milieu de vie chez les vertébrés : aspects biomécaniques et énergétiques
Option B	Osmorégulation et ionorégulation en milieu aquatique
Option B	Oviparité et viviparité
Option B	Parasitisme et mutualisme
Option B	Plan d'organisation : homologues et convergences
Option B	Pollen et pollinisation
Option B	Structure et fonctions de la racine chez les Angiospermes
Option B	Structures et fonctions branchiales
Option B	Unité et diversité des annélides
Option B	Unité et diversité des arthropodes
Option B	Unité et diversité des arthropodes
Option B	Unité et diversité des mammifères
Option B	Unité et diversité des mollusques
Option B	Vie sociale chez les insectes
Option C	Âges et durées en géologie
Option C	Bassins sédimentaires et tectonique des plaques
Option C	Bioconstructions et plateformes carbonatées
Option C	Du rift continental à la dorsale : processus et conséquences
Option C	Du sédiment à la roche
Option C	Dynamique de la chaîne alpine
Option C	Erosion et altération des continents
Option C	Expérimentation et modélisation en géologie
Option C	Impacts de la géodynamique interne sur le climat
Option C	La chaîne hercynienne en Europe
Option C	La cinématique des plaques lithosphériques
Option C	La collision continentale
Option C	La conquête du milieu terrestre
Option C	La convection mantellique
Option C	La déformation des roches à toutes les échelles
Option C	La différenciation de la Terre
Option C	La disponibilité en eau douce sur les continents
Option C	La lithosphère océanique
Option C	La notion d'anomalie en géophysique
Option C	La notion de lithosphère
Option C	La reconstitution des paléoenvironnements continentaux
Option C	La sismicité de la France dans son cadre géologique
Option C	La tectonique décrochante à toutes les échelles
Option C	Le couplage océan atmosphère
Option C	Le cycle sismique
Option C	Le magmatisme tertiaire et quaternaire du Massif Central
Option C	Le magnétisme terrestre à différentes échelles
Option C	Le manteau terrestre
Option C	Le noyau terrestre
Option C	L'enregistrement sédimentaire des variations du niveau marin
Option C	Les bassins houillers en France
Option C	les évaporites
Option C	Les événements anoxiques océaniques
Option C	Les fossiles : outils pour le géologue
Option C	Les glaciations au cours des temps géologiques
Option C	Les marqueurs de la déformation dans les Alpes occidentales
Option C	Les matériaux géologiques de construction
Option C	Les météorites

Option C	Les méthodes d'études des bassins sédimentaires
Option C	les ressources énergétiques du sous-sol
Option C	Les ressources hydrogéologiques en France
Option C	Les risques géologiques majeurs
Option C	Les systèmes pétroliers
Option C	Les variations chimiques de l'atmosphère au Quaternaire
Option C	Organismes marins et genèse des sédiments : exemples, processus et implications
Option C	origine et évolution de la matière organique
Option C	Origine et évolution des Hominidés à partir de fossiles historiques
Option C	Origine et évolution des magmas basaltiques
Option C	Origine et genèse des granites
Option C	Reconstitutions des histoires Pression-Température-temps-déformation des roches métamorphiques
Option C	Reconstitutions des paléoenvironnements sédimentaires marins
Option C	Ressources minérales et processus endogènes
Option C	Rhéologie et déformations, de la roche à la lithosphère
Option C	Rythmes et cycles sédimentaires
Option C	Transfert de matière des continents vers les océans
Option C	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 4 heures 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 que le candidat doit remplir avec soin la fiche prévue à cet effet en précisant le nom précis des ouvrages et du matériel demandés. Aucun matériel d'expérimentation n'est fourni pendant les 30 dernières minutes de la préparation. Il en est de même pour les documents et autres supports pendant les 15 dernières minutes. Durant son temps de préparation, l'étudiant doit construire sa leçon, réaliser les supports (transparents, schémas au tableaux ou les documents informatiques) qui lui semblent indispensables et, si le sujet s'y prête, 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, un aspect du sujet qui n'a pas été abordé par le candidat ou bien certaines erreurs pour déterminer s'il s'agissait de simples lapsus ou de véritables erreurs scientifiques. 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 mise en œuvre.

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, résultats 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'exposés, 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 dont les méthodes d'obtention doivent être maîtrisées, 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. Tout comme dans la leçon de spécialité, le jury rappelle que la démarche scientifique doit être la clé de voûte de la construction de la leçon. Les termes du sujet doivent être analysés pour dégager une problématique claire (qui, le jury le réaffirme, n'est pas une simple paraphrase des termes du sujet). La démonstration mise en place au cours de la leçon doit permettre de répondre à cette problématique. La conclusion doit donner des éléments de réponse à la problématique indiquée en introduction. Le jury voit trop souvent des candidats écrire « doctement » une problématique au tableau, problématique dont il n'est ensuite plus jamais question au cours de l'exposé !

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.

Tout comme dans la leçon de spécialité, le jury met en garde les candidats contre une utilisation excessive et inappropriée des documents scannés à partir des livres de la bibliothèque ou issus du Web. Pour éviter qu'il ne perde trop de temps lors de son exposé, il est conseillé au candidat de faire un retraitement informatique très simple de ces documents pour par exemple enlever les parties inutiles, entourer les parties intéressantes ou les mettre dans l'ordre dans un dossier unique. Par contre, la réalisation partielle ou complète de l'exposé ou l'exploitation des illustrations dans un diaporama n'est pas demandée ni conseillée.

Enfin le format de l'épreuve impose un rythme soutenu dans le questionnement qui suit l'exposé. Ainsi, le jury observe chez certains candidats 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 bref temps proposé par le jury 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 problématique(s) 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. Le jury tient à rappeler, encore une fois, qu'un schéma bilan n'est pas une simple juxtaposition de mots clés reliés par des flèches.

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 et 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. Ainsi, 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. Par exemple, la présentation d'une molécule grâce au logiciel RasTop nécessite un minimum de traitement du fichier afin de mettre en exergue des éléments utiles à la démonstration.

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. Le jury a été très étonné cette année par l'absence quasi totale de connaissances de base dans le secteur A de certains candidats. De nombreux candidats ne maîtrisaient pas la structure de base de la cellule et son fonctionnement ainsi que la structure des macromolécules biologiques !

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. Ainsi, le matériel demandé doit être réellement exploité dans l'exposé et pas seulement utilisé comme simple illustration. Un schéma de l'observation peut être ainsi utile à condition qu'il soit judicieusement intégré à la démonstration.

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. Il est donc fondamental 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. Les sujets "... à partir de ..." n'excluent en rien, et

appellent même d'autres supports que ceux requis. Il est à noter encore qu'une carte d'anomalies gravimétriques, une carte du risque sismique ou une carte des ressources minérales sont des "cartes géologiques".

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. En revanche certains tableaux, graphiques, schémas construits au fur et à mesure de la leçon peuvent être intégrés de façon pertinente aux informations présentes sur le tableau. Certains noms ou acronyme complexe doivent apparaître au tableau. 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. Un effort dans la présentation d'échantillons, de cartes ou de photographies présentées en accompagnement a été observé. 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. Le microscope polarisant installé dans chaque salle n'est utilisé qu'exceptionnellement et mal maîtrisé. 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, ni interrogation sur leurs limites.

L'utilisation du tableau est trop souvent limitée. Trop peu de candidats l'ont utilisé pour réaliser des coupes ou schémas structuraux construits progressivement au cours de la leçon (exemple: il est recommandé pour une leçon traitant du Jura qu'une coupe soit réalisée sur le tableau).

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 générale 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 requis (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 une ou des informations importantes. 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

Type de leçon	Sujet
Contre option biologie	Cellules souches animales et végétales
Contre option biologie	Cycles de vie chez les insectes
Contre option biologie	Détermination et différenciation sexuelle chez l'espèce humaine
Contre option biologie	Equilibre hydro-électrique chez les métazoaires
Contre option biologie	Espèce et spéciation
Contre option biologie	Homéostasie et régulation chez les Mammifères
Contre option biologie	Homologie et liens de parenté
Contre option biologie	La biodiversité
Contre option biologie	La cellule acineuse du pancréas : une cellule polarisée
Contre option biologie	La cellule œuf chez les mammifères
Contre option biologie	La cellule procaryote
Contre option biologie	La communication hormonale chez l'Homme
Contre option biologie	La communication inter-cellulaire chez les animaux
Contre option biologie	La compartimentation cellulaire
Contre option biologie	La coopération cellulaire au cours de la réponse immunitaire
Contre option biologie	La dynamique des génomes
Contre option biologie	La floraison
Contre option biologie	La mémoire immunitaire
Contre option biologie	La plaque motrice
Contre option biologie	La plasticité cérébrale
Contre option biologie	La racine des angiospermes
Contre option biologie	La reproduction des embryophytes
Contre option biologie	La ventilation chez les vertébrés
Contre option biologie	La vie dans la zone intertidale
Contre option biologie	L'ADN dans la cellule
Contre option biologie	L'apport des bactéries et des virus en génétique et biologie moléculaire
Contre option biologie	Le contrôle de l'expression des gènes chez les eucaryotes
Contre option biologie	Le cycle de Krebs
Contre option biologie	Le développement floral
Contre option biologie	Le flux hydrique chez les angiospermes
Contre option biologie	Le glucose dans les cellules végétales
Contre option biologie	Le polymorphisme
Contre option biologie	Le réflexe myotatique
Contre option biologie	Les animaux et la température
Contre option biologie	Les bases rationnelles d'une alimentation équilibrée
Contre option biologie	Les cellules musculaires
Contre option biologie	Les couplages énergétiques
Contre option biologie	Les échanges de matières minérales chez les Angiospermes

Contre option biologie	Les forces évolutives
Contre option biologie	Les matrices extra-cellulaires
Contre option biologie	Les méristèmes
Contre option biologie	Les mutations
Contre option biologie	Les neurones
Contre option biologie	Les plantes transgéniques
Contre option biologie	Les protéines membranaires
Contre option biologie	Les relations interspécifiques
Contre option biologie	Les réserves chez les angiospermes
Contre option biologie	Les surfaces d'échange chez les végétaux terrestres
Contre option biologie	Les zones humides
Contre option biologie	L'évolution: faits et théories
Contre option biologie	L'exercice physique
Contre option biologie	L'homéostasie glucidique
Contre option biologie	Lipides et vie cellulaire
Contre option biologie	Mitose et méiose
Contre option biologie	Oviparité et viviparité chez les vertébrés
Contre option biologie	Pollen et pollinisation
Contre option STU	Accumulations sédimentaires et contexte géodynamique
Contre option STU	Apports de la géophysique à la connaissance de la structure interne de la Terre
Contre option STU	Bioconstructions et bioaccumulations sédimentaires
Contre option STU	Caractérisation d'un processus géologique au choix du candidat à partir de lames minces
Contre option STU	Chronologie relative : principes et applications
Contre option STU	Cinématique des plaques lithosphériques
Contre option STU	Circulations atmosphérique et océanique
Contre option STU	Comportement rhéologique des matériaux géologiques et structures associées
Contre option STU	Convection et dynamique du globe
Contre option STU	Croûte océanique et croûte continentale
Contre option STU	Croûte océanique et croûte continentale
Contre option STU	Cycles et rythmes dans les processus sédimentaires
Contre option STU	Cycles et rythmes dans les processus sédimentaires
Contre option STU	Dynamismes éruptifs et risques associés
Contre option STU	Elaboration d'un modèle de la structure interne de la Terre
Contre option STU	Énergie solaire et bilan énergétique de la Terre
Contre option STU	Érosion et altération des continents
Contre option STU	Exploitation et protection des ressources en eau
Contre option STU	Formation et dislocation de la Pangée et leurs conséquences
Contre option STU	Fossiles et échelle des temps géologiques
Contre option STU	Genèse et évolution de la lithosphère océanique
Contre option STU	Genèse et évolution des magmas
Contre option STU	Géοide et reliefs de la Terre
Contre option STU	Géologie de l'Europe à partir de supports cartographiques au choix du candidat
Contre option STU	Géologie de l'Océan Atlantique
Contre option STU	Géologie de l'Océan Indien
Contre option STU	Influence de la lithologie et du climat sur le modelé des paysages
Contre option STU	Intérêts d'un groupe fossile au choix du candidat
Contre option STU	Intérêts d'un groupe fossile au choix du candidat
Contre option STU	L'apparition de la vie sur la Terre primitive
Contre option STU	L'apport des données satellitaires à l'étude de la Terre
Contre option STU	L'effet de serre
Contre option STU	La bassin de Paris à partir de la carte géologique au millionième
Contre option STU	La biostratigraphie
Contre option STU	La circulation thermohaline : mise en évidence, fonctionnement et effets climatiques
Contre option STU	La connaissance de l'intérieur de la Terre
Contre option STU	La connaissance de l'intérieur de la Terre
Contre option STU	La construction de l'échelle chronostratigraphique

Contre option STU	La crise Crétacé-Paléocène
Contre option STU	La datation des roches métamorphiques
Contre option STU	La datation des roches sédimentaires: méthodes et limites
Contre option STU	La déformation à toutes les échelles en contexte de convergence
Contre option STU	La déformation ductile
Contre option STU	La diagenèse
Contre option STU	La différenciation des enveloppes de la Terre
Contre option STU	La distribution de l'énergie solaire à la surface de la Terre
Contre option STU	La formation des roches par les êtres vivants
Contre option STU	La fusion partielle de la croûte continentale
Contre option STU	La géologie de la Réunion
Contre option STU	La lithosphère océanique
Contre option STU	La lithosphère océanique
Contre option STU	La modélisation de la convection: principes et limites
Contre option STU	La reconstitution des chemins Pression - Température des roches métamorphiques
Contre option STU	La reconstitution des paléoenvironnements continentaux
Contre option STU	La sédimentation lacustre
Contre option STU	La sédimentation continentale
Contre option STU	La sédimentation détritique
Contre option STU	La sédimentation détritique
Contre option STU	La sédimentation en domaine océanique
Contre option STU	La subduction océanique
Contre option STU	La tectonique en décrochement et les grandes structures associées
Contre option STU	La Terre comparée aux autres planètes telluriques
Contre option STU	L'apport des données paléontologiques à la reconstitution paléoenvironnementale
Contre option STU	Le bassin aquitain à partir de la carte géologique de France au millionième
Contre option STU	Le champ magnétique terrestre
Contre option STU	Le contrôle astronomique des climats
Contre option STU	Le cycle du carbone et ses variations au cours des temps géologiques
Contre option STU	Le cycle externe de l'eau
Contre option STU	Le fossé Rhénan
Contre option STU	Le magmatisme d'origine mantellique
Contre option STU	Le magmatisme de points chauds
Contre option STU	Le magmatisme des chaînes de montagnes
Contre option STU	Le manteau terrestre
Contre option STU	Le manteau terrestre
Contre option STU	Le noyau terrestre
Contre option STU	Le paléomagnétisme
Contre option STU	Le paléomagnétisme : outil de la géodynamique
Contre option STU	Le phénomène d'altération : du minéral au paysage
Contre option STU	Le rôle de l'océan sur le climat terrestre
Contre option STU	Le volcanisme outre-mer et sa signification géodynamique
Contre option STU	Le volcanisme outre-mer et sa signification géodynamique
Contre option STU	L'émergence de la vie
Contre option STU	Les anomalies géophysiques
Contre option STU	Les bassins sédimentaires à partir de la carte géologique de France au millionième
Contre option STU	Les bioconstructions carbonatées
Contre option STU	Les chaînes de collision
Contre option STU	Les chaînes de collision
Contre option STU	Les couplages océan – atmosphère
Contre option STU	Les courants océaniques
Contre option STU	Les cycles glaciaires et interglaciaires : mise en évidence et origine
Contre option STU	Les différents types de métamorphisme et leur signification géodynamique à partir de la carte géologique de France au millionième
Contre option STU	Les dorsales océaniques
Contre option STU	Les enregistrements des paléoclimats

Contre option STU	Les fondements de la tectonique des plaques
Contre option STU	Les glaciations au cours des temps géologiques
Contre option STU	Les grandes crises de la biodiversité
Contre option STU	Les grandes lignes de l'histoire géologique des Alpes à partir de cartes géologiques au choix du candidat
Contre option STU	Les grandes lignes de l'histoire géologique du Bassin de Paris à partir de cartes géologiques au choix du candidat
Contre option STU	Les grandes lignes de l'histoire géologique du Jura à partir de cartes géologiques au choix du candidat
Contre option STU	Les grandes lignes de l'histoire géologique du Massif Armoricain à partir de cartes géologiques au choix du candidat
Contre option STU	Les grandes lignes de la géologie de la Corse à partir de cartes géologiques au choix du candidat
Contre option STU	Les grandes lignes de la géologie de la Méditerranée
Contre option STU	Les grandes lignes de la géologie des Pyrénées à partir de cartes géologiques au choix du candidat
Contre option STU	Les grandes lignes de l'orogénèse hercynienne à partir de cartes géologiques au choix du candidat
Contre option STU	Les grands cycles orogéniques à partir de la carte géologique de France au millionième
Contre option STU	Les grands cycles orogéniques à partir de la carte géologique de France au millionième
Contre option STU	Les grands ensembles géologiques de France à partir de la carte au millionième
Contre option STU	Les grands ensembles géologiques de France à partir de la carte au millionième
Contre option STU	Les grands ensembles géologiques de l'Europe
Contre option STU	Les îles océaniques
Contre option STU	Les magmas dans leur contexte géodynamique
Contre option STU	Les marqueurs de la collision continentale
Contre option STU	Les marqueurs de la collision continentale
Contre option STU	Les marqueurs géologiques et géochimiques des glaciations
Contre option STU	Les métamorphismes liés au cycle alpin en France
Contre option STU	Les météorites
Contre option STU	Les météorites
Contre option STU	Les modifications anthropiques des enveloppes externes
Contre option STU	Les mouvements verticaux de la lithosphère
Contre option STU	Les nappes d'eau souterraines : ressources en eau, sources d'énergie
Contre option STU	Les premières traces de vie sur notre planète
Contre option STU	Les ressources énergétiques du sous-sol
Contre option STU	Les ressources énergétiques fossiles
Contre option STU	Les rifts intracontinentaux
Contre option STU	Les roches métamorphiques, marqueurs de la géodynamique interne
Contre option STU	Les séquences de dépôts
Contre option STU	Les transferts de chaleur à l'intérieur de la Terre
Contre option STU	Les variations climatiques à différentes échelles de temps
Contre option STU	Les variations du niveau marin
Contre option STU	Les variations du niveau marin
Contre option STU	L'oxygénation de la Terre
Contre option STU	Métamorphisme et déformation des roches
Contre option STU	Mobilité horizontale et verticale de la lithosphère océanique
Contre option STU	Modélisation analogique d'un processus géologique au choix du candidat
Contre option STU	Origine et évolution des Hominidés
Contre option STU	Origine et genèse des granites
Contre option STU	Origine et histoire de la matière organique des roches
Contre option STU	Paléogéographie et glaciations paléozoïques
Contre option STU	Radiochronologie : principes et applications
Contre option STU	Récifs et sédimentation péirécifale
Contre option STU	Relief et géodynamique externe
Contre option STU	Relief et géodynamique interne
Contre option STU	Rifting et ouverture océanique
Contre option STU	Risque et aléa sismique
Contre option STU	Risques et aléas liés à la géodynamique interne
Contre option STU	Roches et paysages

Contre option STU	Sismologie et structure de la lithosphère
Contre option STU	Sismologie et structure du globe
Contre option STU	Tectonique et reliefs continentaux
Contre option STU	Transferts de matières du continent à l'océan
Contre option STU	Un cycle biogéochimique au choix
Contre option STU	Utilisation des roches dans la construction
Contre option STU	Utilisation du $\delta^{18}O$ 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

Depuis la 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 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.