



Concours de recrutement du second degré

Rapport de jury

**CONCOURS EXTERNE
DE RECRUTEMENT DE PROFESSEURS AGREGES**

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

Session 2016

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

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 2015

1.2.1 Le calendrier.

Admissibilité : épreuves écrites

- mardi 1er mars 2016 : épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur A
- mercredi 2 mars 2016 : épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur B
- jeudi 3 mars 2016 : épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur C

Les résultats de l'admissibilité ont été publiés le vendredi 13 mai 2016.

Admission : épreuves pratiques

- Vendredi 10 juin 2016 : accueil des candidats.
- samedi 11 juin 2016 : travaux pratiques portant sur le programme de spécialité (secteur A, ou B, ou C)
- dimanche 12 juin 2016 : travaux pratiques portant sur le programme général des deux autres secteurs.

Admission : épreuves orales

- du jeudi 16 juin 2016 au mardi 5 juillet 2016.

Les résultats de l'admission ont été publiés le mardi 5 juillet 2016 au soir.

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 Engelbrecht, 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, et pour les épreuves su secteur B de Tablettes numériques aimablement prêtées par le rectorat de l'académie de Créteil .

Les épreuves orales se sont déroulées au Lycée Saint-Louis (44 boulevard Saint Michel, 75006 Paris) grâce à l'accueil de toutes les personnes citées plus haut. Le bon fonctionnement des épreuves orales a été permis grâce à l'aide de personnels techniques de loge et d'entretien. Le lycée Henri IV a prêté une partie du matériel utilisé par les candidats pendant leurs épreuves orales. Les équipements EXAO ont été fournis par les établissements Jeulin et Sordalab. Pour le bon fonctionnement des épreuves d'admission, le bureau du concours a pu s'appuyer sur une équipe technique de grande qualité, qui comportait :

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

- BATARD Séverine Isabelle : Assistante ingénieure
- CASTELLANI Patricia : technicien de laboratoire
- De Oliveira Diana : Adjoint Technique de Laboratoire
- BROT Loïc : technicien de laboratoire
- HORTAULT Gil : Adjoint Technique de Laboratoire
- SIRAJ Rehana : Technicienne de laboratoire

Trois professeurs ont rejoint l'équipe technique pour assurer le bon déroulement des épreuves pratiques

- DEMONT Jean-Marc, professeur de chaire supérieure au lycée Saint Louis
- BOSIO Mélinée, professeure agrégée (lycée Pierre Giles de Gennes, Paris)
- BAUER Matthieu, professeur agrégé (lycée J Prévert, Taverny)

Pour les travaux pratiques et les épreuves orales, 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 Djamila :

- 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 Djamila, technicienne de laboratoire ; Lycée Saint Louis
- DRANET Michèle, adjointe technique (Lycée M Luther-King, Bussy St Georges)

- 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
- 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 2016, 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 12 juin 2016 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	552	37,7%	527	36,0%	385	26,3%	1464
candidats présents	219	34,2%	245	38,2%	176	27,5%	640
candidats admissibles	78	33,7%	89	38,5%	64	27,7%	231
candidats admis	40	38,8%	38	36,9%	25	24,2%	103

La totalité des postes mis au concours (103) 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 (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 cette année, cette observation n'est pas 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 6.91/20. La moyenne des candidats à l'issue des épreuves écrites est de 6.31/20 et celle des admissibles est de 10.06/20. Les meilleurs candidats obtiennent comme à l'habitude des résultats spectaculaires, 6 admissibles ayant plus de 16 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 admis ont en moyenne gagné 20 places entre les deux étapes du concours, les non admis en ont perdu en moyenne 7. Les coefficients élevés des épreuves d'admission expliquent bien évidemment ce résultat.

En particulier il doit être signifié que les épreuves pratiques et orales peuvent avoir un effet reclassant spectaculaire : cette année, un candidat a progressé de 158 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	962	441	148	64
hommes	502	239	83	39

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 64% des candidats présents, 64% des admissibles et 62% 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, plus de 50% des lauréats sont nés en 1994, 1993 (année de naissance théorique pour être inscrit en M2) ou 1992 en année de (année de naissance théorique pour être inscrit en préparation à l'agrégation post master). 73% des lauréats ont moins de 26 ans. 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. 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
1957	3	0	0	0
1958	1	0	0	0
1959	2	1	0	0
1960	5	1	1	0
1961	3	1	0	0
1962	4	0	0	0
1963	2	1	1	0
1964	7	2	1	0
1965	6	1	0	0
1966	5	1	0	0
1967	8	1	0	0
1968	6	3	1	0
1969	11	3	0	0
1970	9	3	1	0
1971	17	5	1	0
1972	21	6	1	1
1973	12	3	1	0
1974	17	7	0	0
1975	30	9	3	1
1976	25	7	4	0
1977	32	15	5	0
1978	42	12	1	1
1979	28	8	3	0
1980	32	15	3	0
1981	47	19	4	1
1982	42	10	4	2
1983	54	14	4	1
1984	66	26	9	2
1985	79	27	7	2
1986	79	28	8	3
1987	101	37	6	4
1988	118	52	15	6
1989	118	64	17	6
1990	120	71	23	10
1991	126	74	28	12
1992	107	83	33	19
1993	67	61	42	30
1994	9	9	4	2
Somme	1 461	680	231	103

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

Professions	Nb d'inscrits	Nb de présents	Nb Admissibles	Nb d'admis	% Réussite (Admis/Présents)
ETUDIANT HORS ESPE	147	117	64	38	32%
CERTIFIE	534	230	84	25	11%
ELEVE D'UNE ENS	29	29	24	23	79%
ETUDIANT EN ESPE	120	82	21	7	9%
ENS.STAGIAIRE 2E DEG. COL/LYC	139	82	26	5	6%
PERS ENSEIG TIT FONCT PUBLIQUE	22	9	3	2	22%
FONCT STAGIAIRE FONCT PUBLIQUE	4	2	1	1	50%
PERS ENSEIG NON TIT FONCT PUB	5	2	1	1	50%
SANS EMPLOI	157	43	4	1	2%
AG NON TIT FONCT HOSPITAL	2	1	0		
AG NON TIT FONCT TERRITORIALE	3	1	0		
AG NON TITULAIRE FONCT PUBLIQ	12	4	0		
AGENT ADMI.MEMBRE UE(HORS FRA)	2	0	0		
AGRICULTEURS	1	0	0		
ARTISANS / COMMERCANTS	2	1	0		
ASSISTANT D'EDUCATION	24	14	0		
CADRES SECT PRIVE CONV COLLECT	22	4	0		
CONTRACT ENSEIGNANT SUPERIEUR	13	1	0		
CONTRACTUEL 2ND DEGRE	91	31	1		
CONTRACTUEL APPRENTISSAGE(CFA)	1	0	0		
EMPLOI AVENIR PROF.2ND D.PUBLI	1	0	0		
ENSEIG NON TIT ETAB SCOL.ETR	1	0	0		
ENSEIGNANT DU SUPERIEUR	10	0	0		
FONCT STAGI FONCT TERRITORIALE	3	0	0		
FORMATEURS DANS SECTEUR PRIVE	5	1	0		
MAITRE AUXILIAIRE	19	8	1		
MAITRE CONTR.ET AGREE REM MA	1	0	0		
MAITRE CONTR.ET AGREE REM TIT	4	3	1		
MAITRE DELEGUE	5	1	0		
PERS ADM ET TECH MEN	2	0	0		
PERS FONCT HOSPITAL	1	0	0		
PERS FONCT TERRITORIALE	2	0	0		
PERS FONCTION PUBLIQUE	8	0	0		
PLP	9	3	0		
PROF DES ECOLES STAGIAIRE	3	0	0		
PROFESSEUR ASSOCIE 2ND DEGRE	2	2	0		
PROFESSEUR ECOLES	7	1	0		
PROFESSIONS LIBERALES	15	2	0		
SALARIES SECTEUR INDUSTRIEL	7	2	0		
SALARIES SECTEUR TERTIAIRE	17	3	0		
SURVEILLANT D'EXTERNAT	1	0	0		
VACATAIRE DU 2ND DEGRE	8	1	0		
VACATAIRE ENSEIGNANT DU SUP.	3	0	0		
Somme	1 464	680	231	103	

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 : 37% sont étudiants (masters disciplinaires hors ESPE ou année de préparation à l'agrégation) ; 22 % sont élèves d'une ENS, 27% sont jeunes certifiés ou certifiés stagiaires. Les autres provenances sont faibles : 6% en ESPE voire anecdotiques : 1% sans emploi.

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

Répartition géographique des candidats :

Académie	Nb d'inscrits	Nb de présents	Nb Admissibles	Nb d'admis
PARIS - VERSAILLES - CRETEIL	396	156	74	35
LYON	79	43	25	23
STRASBOURG	54	38	19	10
BORDEAUX	55	24	14	7
MONTPELLIER	70	30	17	5
AIX-MARSEILLE	70	30	9	4
GRENOBLE	54	29	11	3
NANCY-METZ	35	11	4	2
NICE	35	16	5	2
ORLEANS-TOURS	43	17	4	2
POITIERS	41	20	6	2
RENNES	88	48	10	2
BESANCON	13	9	1	1
DIJON	29	20	2	1
LA GUYANE	8	4	1	1
LILLE	66	36	6	1
ROUEN	32	19	3	1
TOULOUSE	58	15	1	1
AMIENS	45	23	3	0
CAEN	26	13	1	0
CLERMONT-FERRAND	19	11	2	0
CORSE	2	1	0	0
LA GUADELOUPE	22	11	3	0
LA MARTINIQUE	9	4	1	0
LA NOUVELLE CALEDONIE	2	0	0	0
LA POLYNESIE FRANCAISE	6	3	1	0
LA REUNION	19	6	1	0
LIMOGES	6	1	0	0
MAYOTTE	7	1	0	0
NANTES	53	30	7	0
REIMS	22	11	0	0
Somme	1 464	680	231	103

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 18 ont des admis. Et encore, le nombre des admis est souvent très faible. Lyon, PCV, Strasbourg, Bordeaux, Montpellier et Marseille avec 35, 23, 10, 7, 5 et 4 admis, concentrent près de 85% 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.

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	

Évolution des chiffres clés du concours depuis 1993

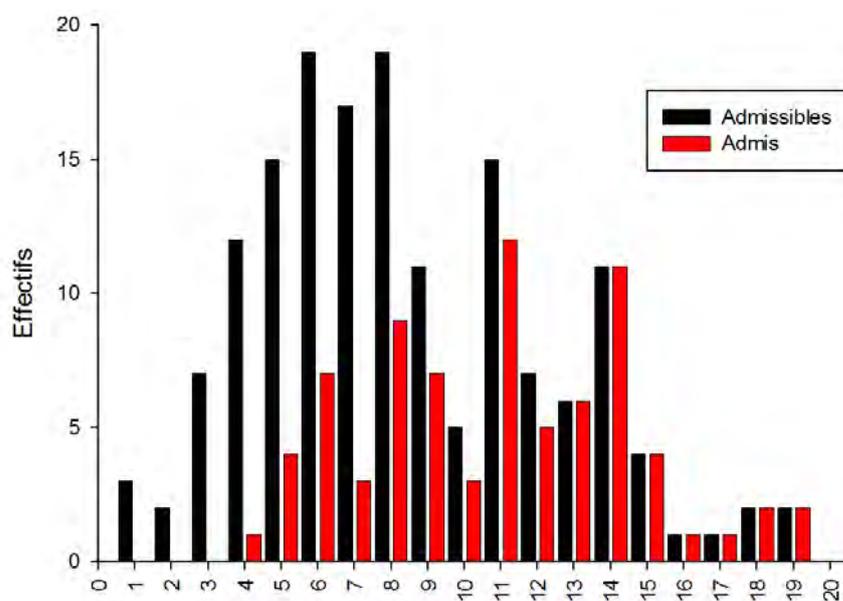
Le concours de cette session est marqué par une stabilisation du nombre de candidats présents à toutes les épreuves écrites, et en particulier par une ré-augmentation du pourcentage des inscrits qui composent aux épreuves d'admissibilité (40% en 2013, 45% en 2014 et 50% cette année). Cependant, ce concours demeure très sélectif et la qualité des agrégés recrutés reste excellente.

2.3 QUELQUES DONNÉES STATISTIQUES CONCERNANT L'ÉCRIT

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

2.3.1 Épreuve écrite de secteur A

Moyenne des présents :	6.54	Moyenne des admissibles	11.13
Écart type des présents :	4.24	Écart type des admissibles	3.93

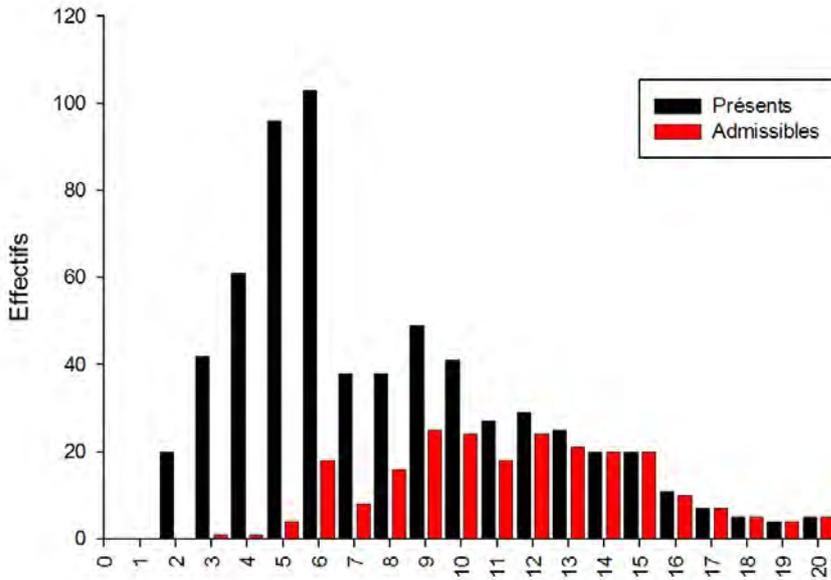


Distribution des notes :
La valeur indiquée est la note supérieure de l'intervalle considéré

Histogramme des notes de l'épreuve écrite de secteur A

2.3.2 Épreuve écrite de secteur B

Moyenne des présents :	6.22	Moyenne des admissibles	10.25
Écart type des présents :	3.59	Écart type des admissibles	2.60

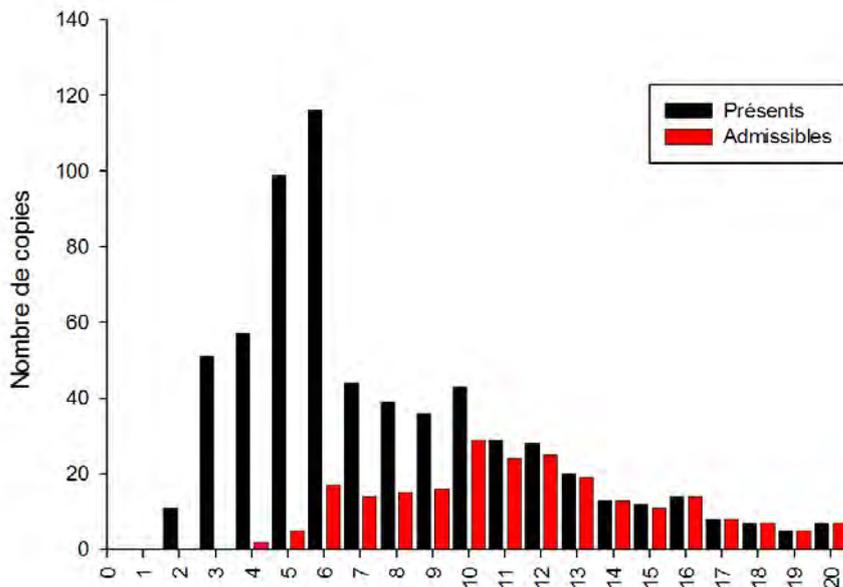


Distribution des notes :
La valeur indiquée est la note supérieure de l'intervalle considéré

Histogramme des notes de l'épreuve écrite de secteur B

2.3.3 Épreuve écrite de secteur C

Moyenne des présents :	6.18	Moyenne des admissibles :	9.71
Écart type des présents :	3.26	Écart type des admissibles :	2.32



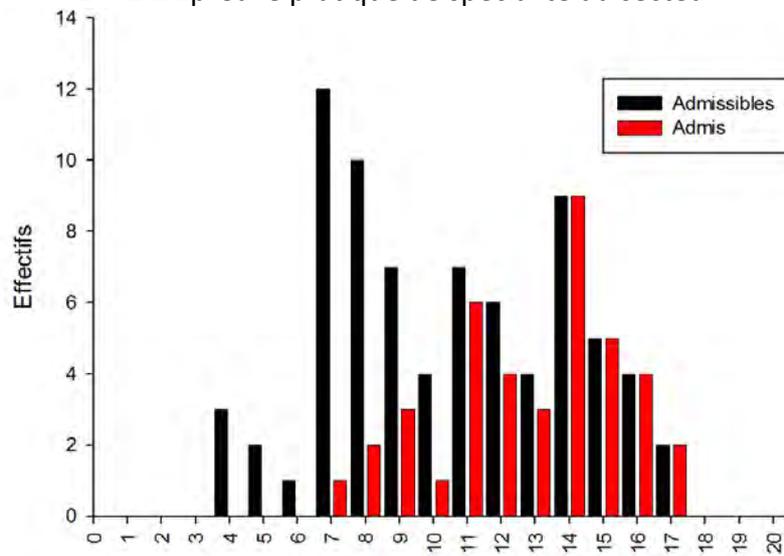
Distribution des notes :
La valeur indiquée est la note supérieure de l'intervalle considéré

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

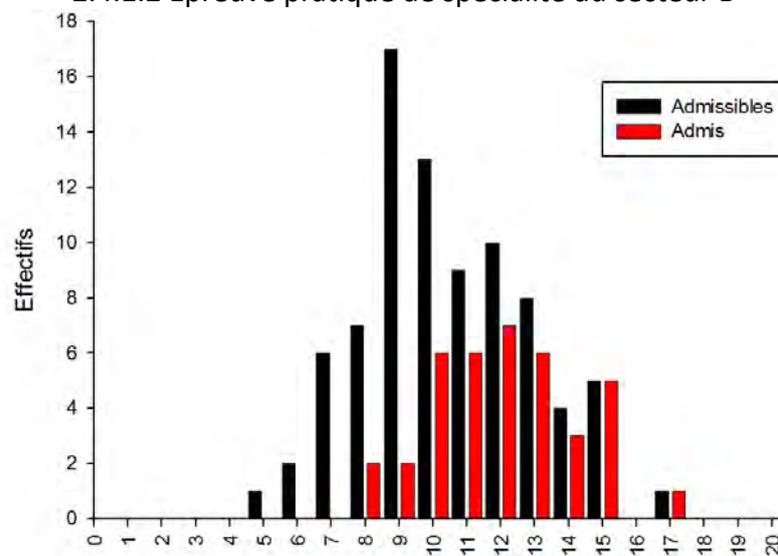
2.4.1.1 Épreuve pratique de spécialité du secteur A



Distribution des notes :

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

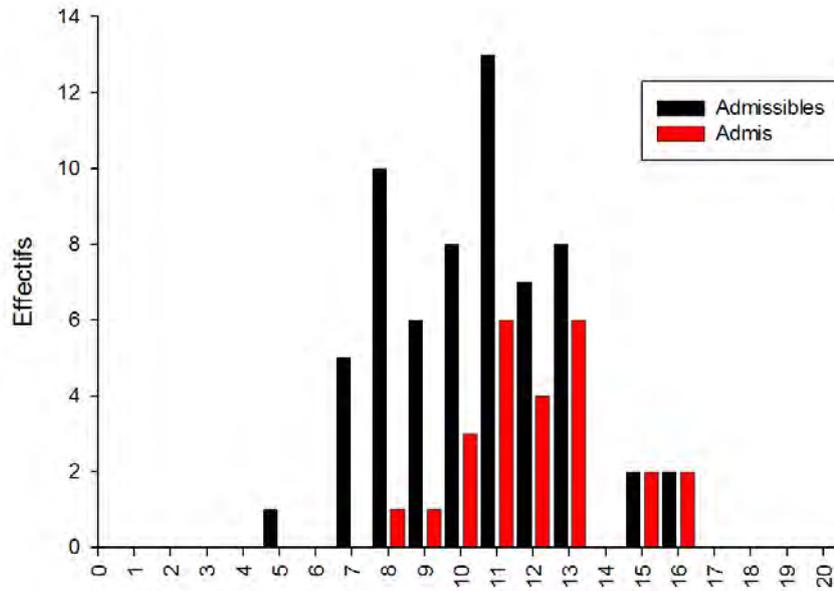
2.4.1.2 Épreuve pratique de spécialité du secteur B



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

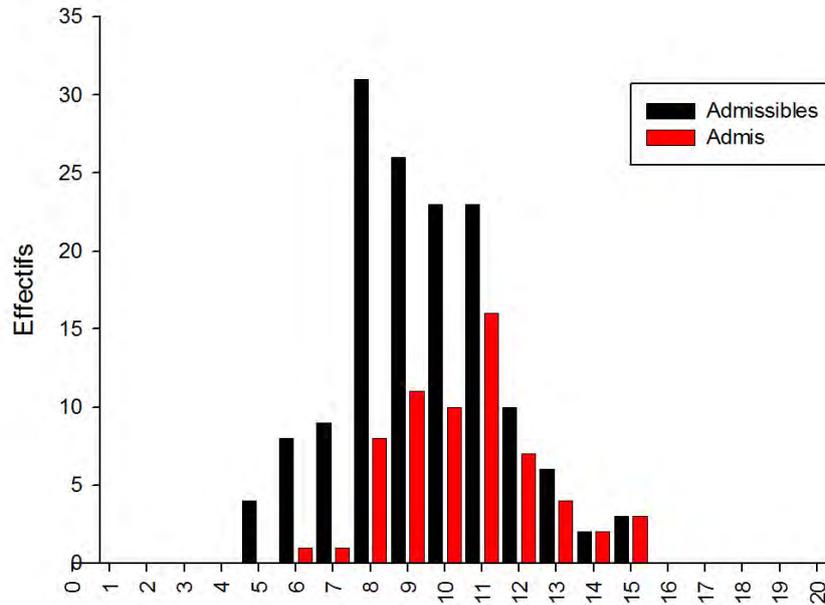


Distribution des notes :

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

2.4.2 Épreuves pratiques de contre-option

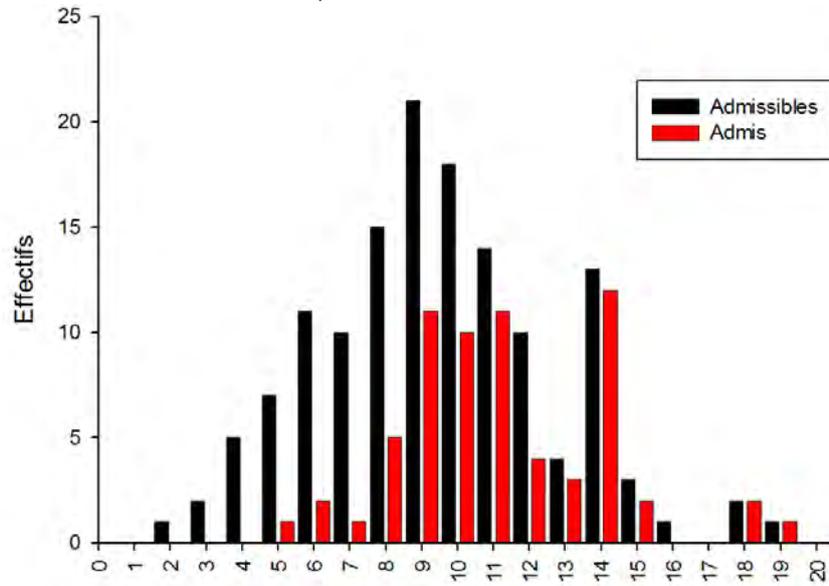
2.4.2.1 Épreuve pratique de contre-option du secteur A (pour les candidats B et C)



Distribution des notes :

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

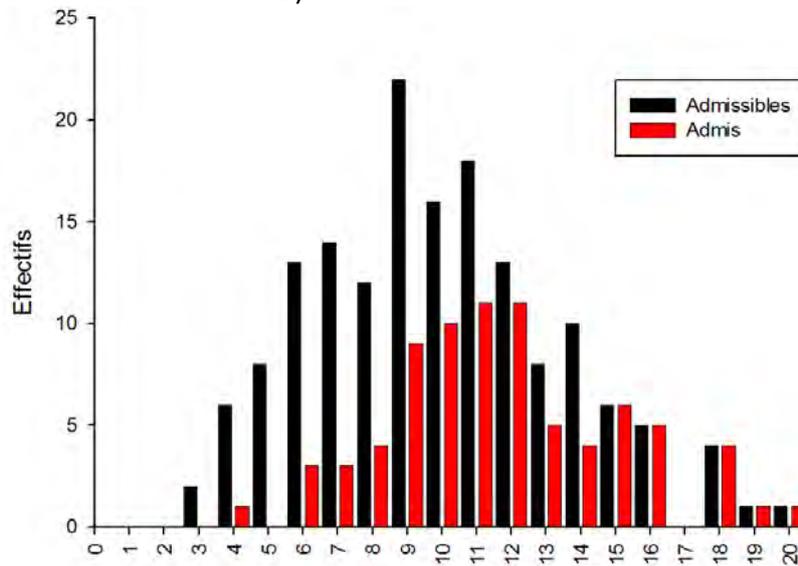
2.4.2.2 Épreuve pratique de contre-option du secteur B (pour les candidats A et C)



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)



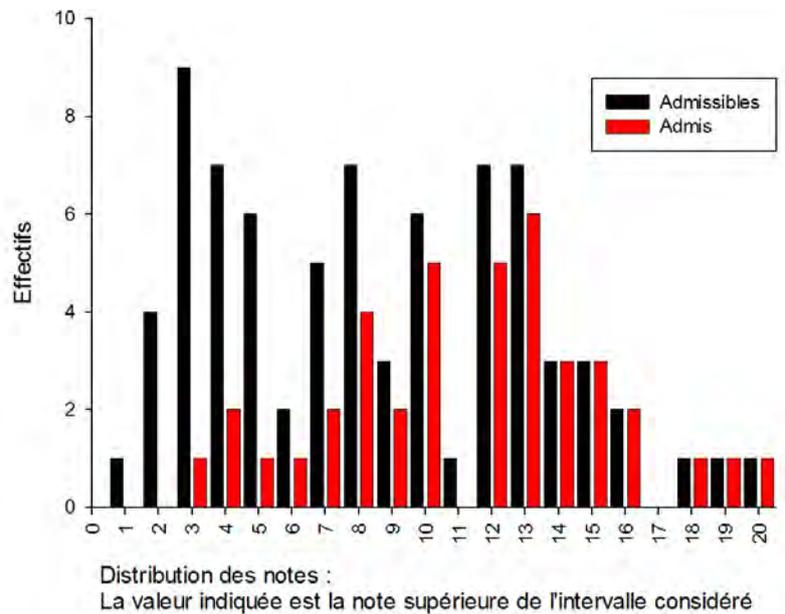
Distribution des notes :

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

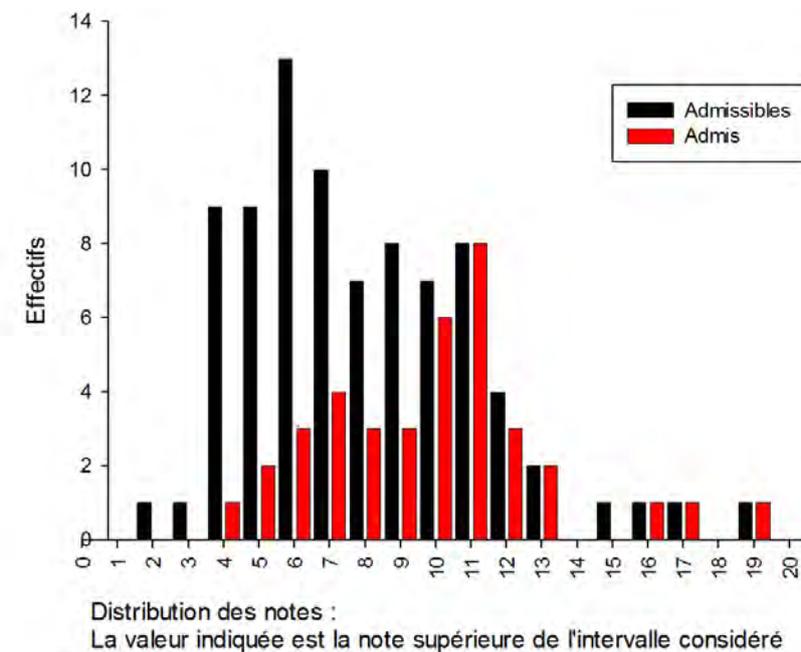
2.4 Quelques données statistiques concernant les épreuves orales

2.4.1 Épreuves orales de spécialité

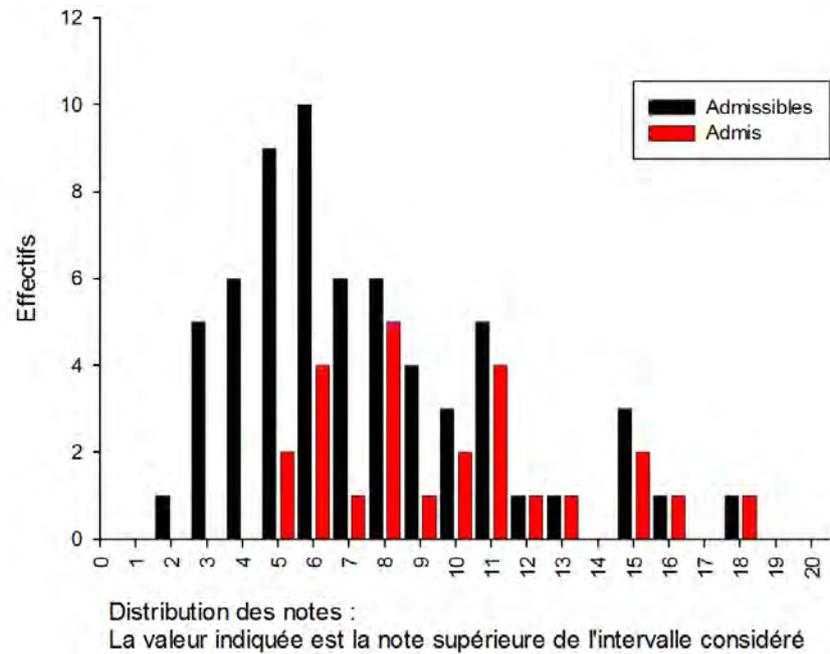
2.4.1.1 Épreuve orale de spécialité de secteur A



2.4.1.2 Épreuve orale de spécialité de secteur B

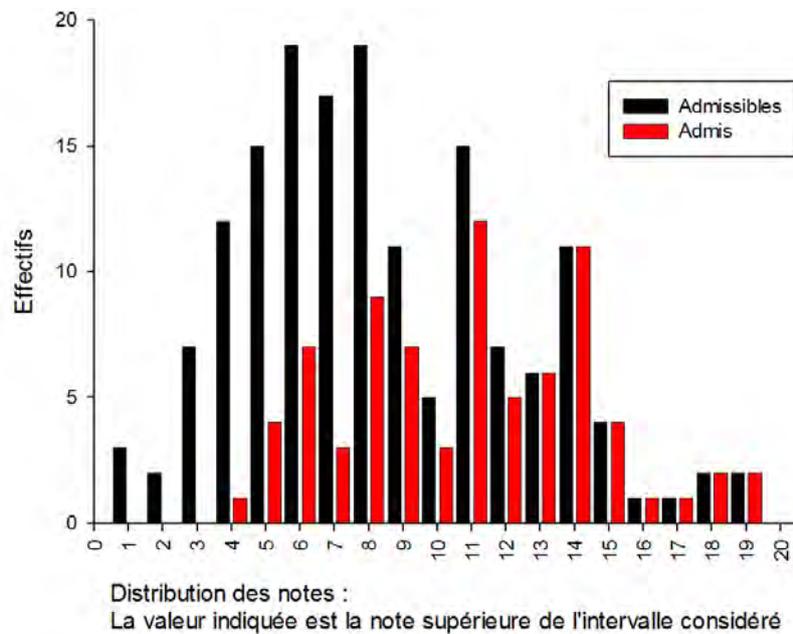


2.4.1.3 Épreuve orale de spécialité de secteur C

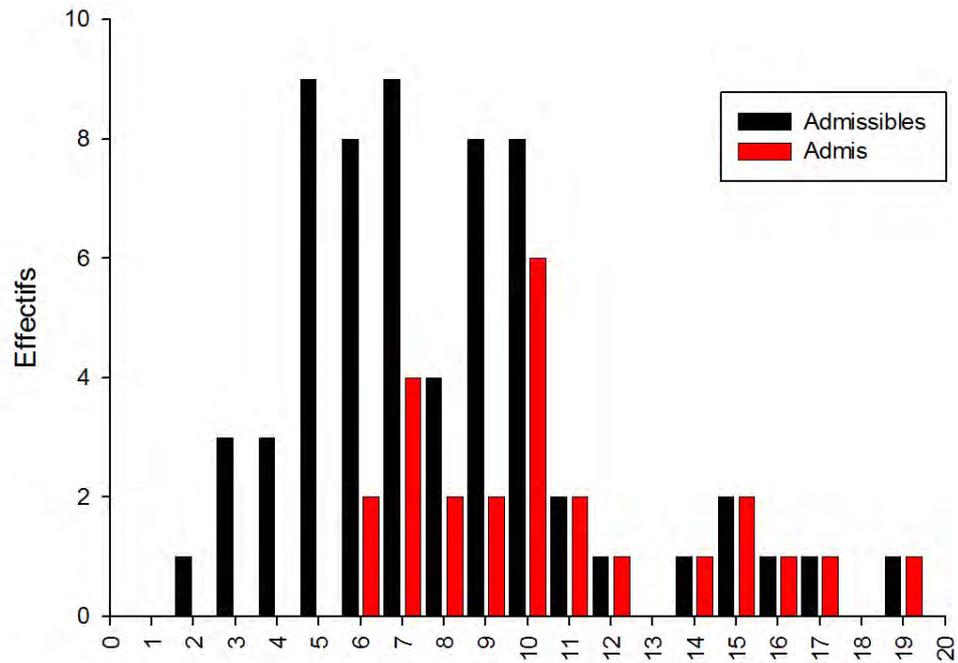


2.4.2 Épreuves orales de contre-option (maintenant notée sur 15)

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



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



Distribution des notes :

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

3. Programme du concours

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

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

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

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

Tout au long des épreuves du concours, le jury aura le souci de faire travailler les candidats sur des documents scientifiques originaux qui peuvent donc (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 :

La motricité somatique

4.1.2 Commentaires

4.1.2.1. Commentaires généraux sur l'épreuve

L'épreuve écrite du concours de l'agrégation externe de 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). Ce difficile exercice de synthèse est exigeant et oblige le candidat à **une profonde réflexion sur le sujet** afin d'organiser au mieux, dans le temps imparti, ses connaissances puisées dans différents domaines du secteur A. Ainsi, une phase de préparation au brouillon est indispensable et doit comprendre systématiquement un balayage du champ des connaissances du candidat pour **définir correctement le sujet et éviter d'en traiter un autre** comme cela a été le cas cette année dans un trop grand nombre de copies. En effet, la notion de motricité somatique, pourtant très classique qui est d'ailleurs traitée sous cet intitulé dans les ouvrages de référence en neurosciences n'a pas été placée au centre de la réflexion des candidats. Le terme de motricité a souvent été confondu avec celui de motilité. De même le terme de somatique a été interprété comme en référence aux cellules non reproductrices (par opposition aux cellules germinales) ; ce qui n'est en aucun cas le sens de ce terme quand il qualifie la motricité. La motricité somatique peut être définie comme des mouvements (volontaires et involontaires) produits par des contractions de muscles striés squelettiques (motricité végétative exclue du sujet) qui déplacent les pièces osseuses sur lesquelles ils sont fixés au niveau des articulations. Une fois que le sujet a été correctement défini, le candidat doit construire son exposé. Cette motricité s'appuie sur de nombreuses régulations nerveuses qui sont à traiter. Pour cela, le candidat doit mettre en œuvre une **démarche scientifique pour répondre à une problématique qu'il aura pris soin de formuler dès l'introduction**. Il doit **montrer l'ensemble 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...).

L'**introduction** ne sert pas uniquement à décrire un plan, mais doit permettre (i) de **contextualiser le sujet**, (ii) d'en **définir les termes clés**, (iii) de **préciser la problématique** de la composition en montrant en quoi elle découle de la définition des termes du sujet et d'explicitier les limites de ce qui sera traité 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 externe est un concours scientifique. Il faut absolument bannir les banalités telles que, « On parle de motricité somatique (soma), le corps lorsqu'on s'intéresse à l'Homme », trop fréquentes, et qui elles sont irrecevables comme entrée en matière.

La démarche scientifique doit impérativement guider le développement de la composition.

Elle est basée sur la problématique qui en constitue son point de départ. La résolution du problème doit se faire de manière organisée en plusieurs parties qui doivent permettre de construire les notions fondamentales que le candidat veut présenter. Pour cela, il doit s'appuyer sur des **exemples pertinents** (observations ou faits scientifiques, modélisations, expériences historiques ou récentes). Malheureusement, les mises en évidence expérimentales correctement décrites (et dont les résultats sont donc interprétables) restent rarissimes. L'invention par le candidat d'expériences fictives pour étayer son raisonnement part d'un bon sentiment, mais se révèle souvent désastreuse, surtout lorsque le candidat n'a pas d'expérience pratique sur le protocole qu'il décrit. Dans la plupart des copies, les **transitions** sont artificielles ; elles sont pourtant fondamentales pour aider le lecteur à comprendre la logique et l'enchaînement des idées. Pour faciliter la compréhension par le lecteur de l'enchaînement des idées du candidat, des transitions logiques et développées doivent être présentes. Une conclusion synthétique à la fin d'une partie doit amener le thème de la partie suivante. Tout au long de la rédaction de la composition, le candidat doit toujours veiller à rester « dans le cadre du sujet » et ne pas se laisser aller à des digressions qui sortent de ce cadre. Un questionnement précisément posé dans l'introduction évite cet écueil. Les différentes parties doivent être équilibrées et traitées de façon équitable. De trop nombreux candidats ont traité des thèmes connexes au sujet comme la motricité végétative ou sans aucun rapport comme les voies métaboliques de la respiration mitochondriale. Beaucoup ont aussi limité la composition à l'unité motrice et à la contraction musculaire. Et encore, même dans cette limite, n'ont souvent été traités que quelques aspects parfois à un niveau superficiel. Si les bases moléculaires de la contraction musculaire ont souvent été discutées, les bases cellulaires ont le plus souvent été survolées, le reste n'a été que très exceptionnellement, au mieux, évoqué. Par ailleurs, de nombreuses confusions ont été faites. Le jury a été très surpris du manque de connaissance des réflexes neuronaux de bases comme le réflexe myotatique, la notion de récepteur sensoriel (exemple le fuseau neuromusculaire) est souvent absente, les voies comportaient parfois un nombre de neurones fantaisistes. Les mécanismes de base de fonctionnement du système nerveux (potentiel d'action, mode d'action des neurotransmetteurs, etc.) comme de son anatomie (différentes grandes subdivisions de l'encéphale, anatomie de la moelle épinière) sont trop souvent mal connus. De nombreux candidats assimilent la motricité somatique à la motricité volontaire montrant par là même leur méconnaissance importante dans ce domaine. Les illustrations sont très inégales selon les copies. La motricité volontaire est quasiment absente dans toutes les copies. Quand elle a été traitée, c'est au mieux de manière très superficielle et avec des confusions souvent importantes aussi bien au niveau des régions cérébrales impliquées que des voies nerveuses. Dans quasiment aucune copie n'apparaît l'idée que les motoneurones alpha est la voie finale commune de la motricité somatique. Le rôle du cervelet ou des ganglions de la base est très mal connu. Ces deux régions ne sont d'ailleurs quasiment jamais citées.

L'illustration à l'aide de dessins ou schémas est cruciale. Il est indispensable de faire des figures soignées sur la forme et très précises sur le fond scientifique. La taille doit être raisonnable (au minimum une demie page A4 par illustration). La figure doit être suffisamment détaillée et légendée pour apporter des informations de nature structurale et fonctionnelle. À chaque fois que cela s'avère utile, l'échelle doit être systématiquement précisée. Il faut être également exigeant sur la qualité graphique et bien représenter les éléments essentiels qui sont en appui de la démonstration. L'utilisation d'un code couleur est souvent indispensable.

Le jury tient à rappeler ici qu'un schéma qui n'est pas accompagné d'explication, même courte, n'a que peu d'intérêt.

Sur le plan de la forme, l'utilisation de couleur pour écrire ou souligner les titres et sous-titres permet au lecteur de le visualiser plus facilement. Le candidat doit s'exprimer de façon claire, précise et concise en ayant toujours le souci d'utiliser un vocabulaire adéquat (l'agrégation recrute des enseignants et le jury évalue aussi la clarté de l'expression et la capacité à se faire comprendre). La syntaxe doit être adaptée pour éviter une description trop finaliste de la biologie. Par exemple, on ne dit pas qu'un neurone moteur établit une synapse avec une fibre musculaire "pour" assurer la contraction, ce qui sous-entendrait qu'il y a une volonté du neurone d'établir cette synapse. Une formulation correcte serait qu'un neurone moteur établit une synapse avec une fibre musculaire ce qui lui permet d'assurer la contraction. Enfin, il est aussi primordial de s'efforcer d'écrire de manière lisible. Il semble aussi utile de rappeler que la langue française comporte des accents, des accords, une ponctuation et que les majuscules ne doivent être utilisées qu'en début de phrase et non au milieu de mots ou de phrases. L'orthographe doit être soignée ; un enseignant se doit de maîtriser la langue qu'il utilise pour son enseignement. Il s'agit d'une des compétences professionnelles attendues dans le référentiel des compétences professionnelles des métiers du professorat et de l'éducation (arrêté du 1-7-2013 - J.O. du 18-7-2013). Malgré ces réserves, le jury tient à noter que dans l'ensemble les copies étaient propres, bien rédigées, dans un français correct avec peu de fautes d'orthographe ou de grammaire. Enfin, des exemples non attendus, mais judicieusement placés et exploités ont été trouvés dans plusieurs copies pour le plus grand plaisir des membres du jury et ont pu constituer un bonus pour les candidats.

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

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 - 2016		n° de copie
Épreuve du secteur A La motricité somatique		
Introduction	<p>Contexte épistémologique :</p> <ul style="list-style-type: none"> - observations et expériences de Claude Galien (2ème siècle) : la commande est transmise par le cerveau via les nerfs jusqu'aux muscles (exemple ventilation) ; - expériences de sections des racines rachidiennes ventrales par Magendie (18ème siècle) ; - Charles Sherrington (19ème siècle) : motoneurone, une voie finale commune ; concept de synapse, etc. (Nobel en 1932). <p>Contexte pathologique. Le contexte doit servir d'ancrage à l'introduction.</p>	
	<p>Analyse des termes du sujet à partir du contexte :</p> <ul style="list-style-type: none"> - mouvements (volontaires et involontaires) produits par des contractions de muscles striés squelettiques (motricité végétative exclue du sujet) qui déplacent les pièces squelettiques sur lesquelles ils sont fixés au niveau des articulations ; - contraction et relâchement des muscles commandés par le système nerveux central (toutes les parties du système nerveux protégées par les méninges et une enveloppe osseuse : encéphale et moelle épinière) qui permettent le maintien de la posture et l'élaboration des mouvements ; - tous les mouvements nécessitent l'activation de motoneurones α (beaucoup plus rarement β chez certains vertébrés) dont le corps cellulaire se trouve dans le tronc cérébral ou la moelle épinière ; - ces neurones sont coordonnés par des réseaux qui permettent trois types de mouvements, réflexes (tronc cérébral et moelle épinière), rythmiques (tronc cérébral et moelle épinière) et volontaires (essentiellement cortex cérébral, cervelet, ganglions de la base et tronc cérébral) ; - les pathologies de la motricité concernent aussi bien les muscles que le système nerveux. 	
	<p>Problématique clairement posée et justifiée par l'analyse du sujet : quels sont les éléments cellulaires de la motricité somatique ? En quoi leurs caractéristiques expliquent le fonctionnement normal et pathologique des systèmes moteurs.</p>	
	Axe directeur de la composition explicité et bien justifié	
	<p>Pour tous les items abordés dans le barème et notés sur 3 (ou des multiples, soit $nx3$ pts) :</p> <p>aucune information : 0 ;</p> <p>Connaissances parcellaires : de 1 à $nx1$ point(s) ;</p> <p>Connaissances précises, mais partiellement analysées : de 2 à $nx2$ points ;</p> <p>Connaissances analysées et remise en perspective dans une démarche globale : de 3 à $nx3$ points .</p>	
Bases cellulaires de la contraction musculaire	<p>Les fibres musculaires commandées par les motoneurones (Figure 1).</p> <p>Les muscles (du latin <i>mus</i> \Rightarrow image de souris s'activant sous la peau) sont constitués d'éléments contractiles indépendants, les fibres musculaires ou myocytes (des milliers voire des millions). Les fibres musculaires (diamètre 50-100 μm ; longueur 2 à 4 cm en majorité et jusqu'à 35 cm) sont des cellules polynucléées (syncytium) délimitées par une membrane excitable (sarcolemme) et qui contiennent des myofibrilles (diamètre 1 à 2 μm ; 80% du volume de la fibre), des motifs cylindriques constitués d'alternances de bandes claires (striations I pour isotrope) et sombres (striations A pour anisotrope) appelées striations (c'est l'alignement des bandes (grâce aux filaments intermédiaires, en l'occurrence la desmine) qui est responsable de la striation macroscopiquement observable) \Rightarrow muscles striés. Chaque striation A possède en son milieu une zone plus claire (striation H) séparée en deux par la ligne M formée de molécules de myoméline.</p> <p>Les bandes noires sont constantes en longueur alors les bandes claires s'allongent ou se raccourcissent lors de la contraction ou de la relaxation musculaire.</p> <p>Les muscles sont contrôlés par des motoneurones (en moyenne une centaine) dont le corps cellulaire est localisé dans des noyaux moteurs (tronc cérébral et moelle épinière). Un motoneurone innerve entre 100 et 1000 fibres musculaires. Un motoneurone et l'ensemble des fibres musculaires qu'il innerve forme une unité motrice. La finesse du mouvement du nombre d'unités motrices. Chaque fibre musculaire est innervée par un seul motoneurone.</p>	
	<p>Message nerveux à l'échelle du neurone. Potentiel de repos. Intégration du signal (PPSI-PPSE). Potentiel d'action. Conduction saltatoire. Myéline. Codage en fréquence.</p>	
	<p>La communication au niveau de la plaque motrice (Figure 2 A, B et C).</p> <p>La connexion fonctionnelle entre un motoneurone et une fibre musculaire est une synapse chimique appelée plaque motrice. Le neurotransmetteur est l'acétylcholine. Libération quantique augmentée sous l'influence de potentiels d'action. Mécanisme de l'exocytose (canaux calciques voltage-dépendants, complexe SNARE, etc.). Dégradation dans la fente synaptique par l'acétylcholinestérase et recapture de la choline par l'élément présynaptique. Fixation de l'acétylcholine sur chacune des deux sous-unités alpha du récepteur nicotinique (pentamère). Modification de la perméabilité au sodium et potassium principalement et accessoirement calcium et magnésium (forte entrée de sodium et faible sortie de potassium) de la membrane qui induit une dépolarisation appelée potentiel de plaque motrice (graduable, sommable et propagation électrotonique). Un potentiel d'action dans l'élément nerveux engendre systématiquement un potentiel d'action musculaire.</p>	

	<p>Couplage excitation-contraction (Figures 1 et 3). Le potentiel d'action musculaire entraîne la libération de calcium à partir du réticulum sarcoplasmique ⇒ contraction. Le retour du calcium dans les organites ⇒ relaxation. Le sarcolemme présente des invaginations (tubules transverses ou T) qui forment un véritable réseau. A la jonction disques A / I présence de zones d'apposition entre tubules T et citernes du réticulum sarcoplasmique (triades) avec un couplage physique et fonctionnel au niveau de canaux calciques sensibles au potentiel récepteurs DHP) localisés sur le tubule T et associés à un canal calcique sensible à la ryanodine localisé sur la membrane du réticulum. L'arrivée des potentiels d'action au niveau des tubules T ⇒ changement de conformation du récepteur DHP ⇒ activation directe des canaux ryanodines ⇒ augmentation de la concentration du calcium intracellulaire ⇒ contraction.</p>
<p>Bases moléculaires de la contraction musculaire</p>	<p>Figures 1 et 3 En microscopie électronique, les myofibrilles apparaissent constituées de motifs cylindriques répétitifs, appelés sarcomères (unité fonctionnelle du muscle ; longueur 1,5-3,5 µm). Les sarcomères sont constitués de filaments épais et de filaments fins, limités par des disques Z sur lesquels s'ancrent les filaments fins. Recouvrement filaments fins et épais. Contraction musculaire correspond à une augmentation du recouvrement entre filaments fins et épais provoquant un raccourcissement de la fibre musculaire (raccourcissement du sarcomère). Filaments fins : actine F, polymères d'actine G arrangées par paires (structure en hélice ; site de liaison avec les têtes de myosine) + tropomyosine (longue protéine filamenteuse logée dans le sillon formé par les paires de molécules d'actine) + troponine (Il y a en fait un complexe de 3 troponines : troponine C (qui a les sites de liaison au calcium), troponine T (qui assure l'interface du complexe des troponines avec la tropomyosine) et troponine I (qui est en fait la principale responsable de l'inhibition stérique et qui se déplace largement lors du changement de conformation du complexe)). Filaments épais : environ 250 molécules de myosine II chacune constituée d'un tronc et de deux têtes globulaires (sites de liaison de l'actine et de l'ATP et ATPase). Les molécules sont antiparallèles. La force de contraction est produite par une liaison entre les têtes de myosine et les molécules d'actine adjacentes et un glissement des filaments entre eux (modèle proposé par Andrew Huxley et coll. dans les années 1950). Figure 4 - Liaison du calcium à la troponine C - Libération du site de liaison - Liaison de la myosine énergisée (ADP + Pi) à l'actine qui forme des ponts d'union - Elimination du Pi qui initie le « coup de force » - « Coup de force » = changement de conformation de la tête, qui prend la conformation à 45°. Ce coup de force est associé à la libération concomitante de l'ADP (Figure 4 C). Système à « double rotule » qui reflète en fait la morphologie moléculaire de la tête. - Libération de la myosine par fixation de l'ATP - Hydrolyse de l'ATP en ADP, les produits d'hydrolyse restant dans le site actif. Cette hydrolyse est associée à un changement de conformation de la tête de myosine qui « pointe » alors vers l'extrémité (+) Le cycle se poursuit tant qu'il y a du calcium et de l'ATP disponibles. Rigidité cadavérique : absence d'ATP empêche le détachement des têtes de myosine de l'actine</p> <p>Les éléments non contractiles du muscle sont à l'origine d'une stabilité des éléments contractiles. Les éléments non contractiles du muscle sont à l'origine d'une stabilité des éléments contractiles. Myoméline et protéine C assurent le maintien des filaments épais à distance constante entre eux (comme l'alpha-actinine maintient les filaments d'actine au niveau de la strie Z). La titine est une protéine très élastique impliquée dans la résistance à l'étirement (permet d'éviter que le sarcomère ne se « déboîte ») et dans le retour élastique du muscle.</p>
<p>Différents types d'unités motrices</p>	<p>Figure 3 Exemple classique du poulet : muscles rouges (cuisses) et blancs (axiaux et ailes) ⇒ liés à des différences biochimiques entre les fibres musculaires. Muscles rouges (notamment antigravitaires) : majorité de fibres I à vitesse de contraction lente. Fibres de petite taille avec peu de matériel contractile ⇒ tension faible, mais de longue durée sans déplétion des réserves énergétiques ⇒ résistance à la fatigue ⇒ lié au métabolisme oxydatif aérobie ⇒ apport de glucose et de dioxygène par le flux sanguin ; dense réseau de capillaires ; nombreuses mitochondries et enzymes spécialisées dans le métabolisme oxydatif ; myoglobine (La teneur en myoglobine est la cause principale de la coloration des fibres et donc des muscles). Muscles blancs : majorité de fibres II à vitesse de contraction rapide. Fibres de grandes tailles et avec beaucoup de matériel contractile ⇒ tension développée importante, mais de courte durée ⇒ deux sous-types de fibres de type II en fonction de leur métabolisme et de leur résistance à la fatigue. - fibres II A : résistantes à la fatigue quelques minutes avec un métabolisme oxydatif aérobie ; - fibres II B : fatigables avec un métabolisme énergétique anaérobie : ⇒ réserves de glycogène ⇒ production d'acide lactique. ⇒ réserves de créatine phosphate (disponible, mais épuisée en 4/5 seconde) ⇒ production de créatine.</p> <p>Un motoneurone innerve des fibres musculaires qui sont toutes du même type. Motoneurones des unités motrices rapides : corps cellulaire et fibres de grande taille, vitesse de conduction des potentiels d'action rapide ; fréquence de décharge importante (30 à 60 potentiels d'action par seconde) en bouffée. Motoneurones des unités motrices lentes : corps cellulaire et fibres de petite taille, vitesse de conduction des potentiels d'action lente ; fréquence de décharge lente (10 à 20 potentiels d'action par seconde) régulière.</p>

Force de contraction	<p>Les unités motrices dont la force de contraction est la plus faible sont recrutées avant celles dont la force de contraction est la plus forte. Figure 5.</p> <p>L'ordre de recrutement est fortement corrélé au diamètre et à la vitesse de conduction de l'axone. Le seuil de déclenchement des potentiels d'action est inversement proportionnel à la résistance électrique et donc à la taille des corps cellulaires des neurones (size principle d'Henneman) : les plus petits neurones déchargent les premiers et les plus grand les derniers ⇒ application de la loi d'Ohm ($U = R \times I$).</p> <p>La force de contraction dépend du nombre de motoneurones recrutés et de leur fréquence de décharge individuelle.</p>
Pathologie des unités motrices	<p>Signe commun aux neuropathies motrices et myopathies : faiblesse musculaire (Diminution de la force et de la résistance à la fatigue)</p> <p>Diagnostic basé sur des critères cliniques et de laboratoire.</p> <p>1- anomalies au niveau des muscles 2- anomalies au niveau de la synapse 3- anomalies au niveau du système nerveux (conduction nerveuse par exemple)</p> <p>Pour chaque catégorie plusieurs exemples sont possibles</p>
Mise en place des acteurs de la motricité	<p>Myogenèse et synaptogénèse et attraction des neurones</p>
<p>Conclusion :</p> <p>-le système musculosquelettique est l'appareil mécanique par lequel le système nerveux interagit avec l'environnement ;</p> <p>-les muscles permettent la transduction de l'énergie électrique et chimique en énergie mécanique ;</p> <p>-des perturbations peuvent être liées soit au système nerveux, soit au système musculaire.</p>	
<p>OBLIGATOIRE : schéma actine/myosine - couplage excitation contraction ; jonction synaptique</p>	
Proprioception à partir des fuseaux neuromusculaires	<p>Fuseau neuromusculaire (fibres intrafusales). Figure 6.</p> <p>Récepteurs encapsulés (capsule fibreuse) dans la partie charnue du muscle.</p> <p>Trois composantes principales :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 8 à 10 fibres musculaires intrafusales (à sac nucléaire dynamique et statique et à chaîne nucléaire uniquement statique) non contractiles en position centrale et adjacente et contractile aux pôles - récepteur sensoriel : Fibres Ia qui s'enroulent autour de la région centrale de toutes les fibres (faisceau annulospiralé) et II qui s'enroulent uniquement autour des fibres statiques adjacente à la région centrale ; - motoneurones γ innervant la partie contractile polaire des fibres. <p>Étirement (stimulus) ⇒ activation des fibres Ia et II ⇒ augmentation de la perméabilité au sodium et calcium ⇒ potentiel de récepteur ⇒ augmentation de la fréquence de décharge des fibres Ia et II.</p> <p>Deux phases lors de l'étirement, dynamique (changement de longueur) puis statique (maintien de la longueur).</p> <p>Réflexe myotatique (réflexe d'étirement) : contraction d'un muscle en réponse à son étirement (réflexe monosynaptique). Figure 7.</p> <p>Expériences de Sherrington sur des animaux décérébrés notamment de section des racines dorsales et ventrales. Étude de la durée de réalisation du réflexe a montré l'existence d'une seule synapse.</p> <p>Fibres Ia et II pénètrent dans la moelle épinière par les racines dorsales et forment de nombreuses synapses excitatrices sur des motoneurones α et sur de nombreux interneurones.</p> <p>Voie à deux neurones : récepteur sensoriel et motoneurone α.</p> <p>Réflexe responsable du tonus musculaire. Boucle de rétroaction négative ⇒ maintien la longueur du muscle constante.</p> <p>Utilisée en clinique pour tester l'intégrité du système nerveux.</p> <p>Inhibition réciproque : l'activation d'un groupe de muscles s'accompagne du relâchement de muscles antagonistes.</p> <p>Collatérale des fibres sensorielles qui font synapse avec des interneurones inhibiteurs des motoneurones α commandant les muscles antagonistes.</p> <p>Rôle des motoneurones γ (boucle γ). Activation des motoneurones ⇒ raccourcissement des régions polaires des fibres intrafusales ⇒ étirement des régions équatoriales et adjacentes non contractiles ⇒ augmentation de la fréquence de décharge des fibres Ia et II.</p> <p>Les motoneurones γ permettent de maintenir une activité au niveau des récepteurs même lors de la contraction musculaire. Les récepteurs ne cessent jamais de décharger. ⇒ maintien de la longueur déterminée du muscle. Les motoneurones γ déterminent une longueur de référence du muscle.</p> <p>Les motoneurones γ agissent indépendamment sur les fibres statiques et dynamiques.</p> <p>Commande spécifique originaire du tronc cérébral sur les motoneurones γ (<i>voie extrapyramidale : faisceaux rubrospinal et réticulospinal - info jury non exigible</i>).</p>
Proprioception à partir des organes tendineux de Golgi	<p>Organe tendineux de Golgi. Figure 8. Récepteur encapsulé entre les muscles et les tendons positionnés en série). Innervation par les fibres Ib. Contrôle la tension musculaire ou la force de contraction.</p> <p>Transmission d'informations complémentaires à celles du fuseau neuromusculaire.</p> <p>Étirement de l'organe tendineux de Golgi (contraction du muscle) ⇒ compression des terminaisons Ib par les fibres de collagène (détection de tensions) ⇒ augmentation de la fréquence de décharge.</p> <p>Réflexe myotatique inverse. Fibres Ib pénètrent dans la moelle épinière par les racines dorsales et leurs terminaisons très ramifiées font synapses sur des interneurones de la corne ventrale. Certains interneurones inhibent les motoneurones α innervant le même muscle, d'autres excitent les motoneurones α innervant le muscle antagoniste. Boucle de rétroaction négative qui régule la tension musculaire. Conditions physiologiques : ralentir la contraction quand la force de contraction augmente. Conditions extrêmes : protection du muscle d'une trop forte tension.</p>

Réflexe de flexion	<p>Réflexe de flexion polysynaptique à point de départ cutané (réflexe d'extension croisé).Figure 9. Stimulus nociceptif ⇒ excitation d'un nocicepteur (fibre Aδ) ⇒ terminaison dans la corne dorsale de la moelle épinière :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>moelle homolatérale</i> : <ul style="list-style-type: none"> ⇒ excitation d'interneurones inhibiteurs qui font synapse sur les motoneurones α qui innervent le muscle extenseur ; ⇒ excitation d'interneurones excitateurs qui font synapse sur les motoneurones α qui innervent le muscle fléchisseur. ⇒ Flexion de du membre stimulé provoquant son retrait. - <i>moelle controlatérale à partir d'interneurones qui croisent la ligne médiane</i> : <ul style="list-style-type: none"> ⇒ excitation d'interneurones excitateurs qui font synapse sur les motoneurones α qui innervent le muscle extenseur ; ⇒ excitation d'interneurones inhibiteurs qui font synapse sur les motoneurones α qui innervent le muscle fléchisseur. ⇒ Extension du membre opposé (amélioration du support postural durant le retrait). 		
Générateur spinal de rythme	<p>Chaque membre possède son propre générateur central de rythme (oscillateur spinal). A noter qu'il existe des générateurs de rythme au niveau du tronc cérébral et en particulier le réseau respiratoire.</p>		
<p>Conclusion :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Charles Sherrington a contribué largement aux connaissances sur la motricité et en particulier sur l'importance des informations sensorielles dans la régulation des mouvements ; - les réflexes sont des réponses motrices, involontaires et coordonnées, à des stimuli appliqués sur des récepteurs périphériques ; - les informations afférentes jouent un rôle essentiel dans la régulation du mouvement et la posture ; - des voies descendantes d'origine supraspinale modulent les réflexes, contribuent à la valeur de référence du tonus musculaire et sont à l'origine de la motricité volontaire. 			
<p>OBLIGATOIRE : organisation du fuseau neuromusculaire et le circuit nerveux du réflexe myotatique et le principe de la boucle γ.</p>			
Mouvements volontaires	Cortex moteur et voies motrices (Figure 10)	Cortex moteur primaire	<p>Cortex moteur localisé principalement au niveau d'aires interconnectées du lobe frontal. Aires conjointement responsables de la planification et du déclenchement des mouvements. Cortex moteur primaire (aire 4 de Brodmann) : projections directes sur les motoneurones α du tronc cérébral et de la moelle épinière. Neurones pyramidaux (cellules de Betz) de la couche V. Deux voies : faisceaux corticobulbaires et corticospinaux (voie pyramidale) :</p>
		Cortex prémoteur, aire motrice supplémentaire	<p>Organisation fonctionnelle du cortex moteur primaire. Expériences historiques de la fin du 19ème / début du 20ème siècle. Travaux de stimulation électrique focale du cortex de Sherrington sur le singe, puis chez l'humain ⇒ carte topographique de la musculature du corps. Homonculus disproportionné : surface plus étendue pour la musculature impliquée dans des tâches fines que dans des tâches moins précises. Cartes corticales : programme moteur (codage) avec des mouvements organisés et non des muscles individuels contrôlés de manière individuelle. A l'intérieur d'une grande représentation (bras, etc.) il existe un réseau de neurones qui organise le mouvement. Un seul neurone cortical s'articule avec plusieurs groupes de motoneurones.</p>
		Pathologies	<p>Syndrome pyramidal. Neuropathie, le syndrome neurogène central (lésion de la voie à un endroit quel qu'il soit) : paralysie flasque (abolition du tonus musculaire), signe de Babinski, spasticité et hyporéflexie. Autres pathologies : sclérose en plaques (démýélinisation des pré-motoneurones), tumeurs cérébrales, etc.</p>
	Ganglions de la base ou noyaux gris centraux	<p>Anatomie : noyau caudé, putamen et globus pallidus ainsi que substance noire et noyaux sous thalamiques. Pas de projections directes sur les motoneurones α ni sur les neurones des circuits locaux de la moelle épinière et du tronc cérébral. Régulation de l'activité des neurones moteurs du cortex et du tronc cérébral. Boucle sous-corticale indispensable à une réalisation normale des mouvements volontaires. Pathologies : maladies de Huntington et de Parkinson (atteinte de la voie dopaminergique nigrostriée).</p>	
	Cervelet	<p>Pas de projections directes sur les motoneurones α ni sur les neurones des circuits locaux de la moelle épinière et du tronc cérébral. Régulation de l'activité des neurones moteurs du cortex et du tronc cérébral. Voies indispensables à une réalisation normale des mouvements volontaires. Pathologies : tumeurs, accidents vasculaires cérébraux</p>	
Plasticité	<p>Plasticité des circuits chez l'adulte.</p>		

Qualité générale de la construction de la copie	Conclusion : - plusieurs aires corticales avec différentes fonctions sont impliquées dans la programmation des mouvements volontaires; - à l'inverse des mouvements réflexes, les mouvements volontaires sont très adaptables en vitesse et en précision; - les ganglions de la base et le cervelet régulent la programmation et la finesse des mouvements volontaires.	
	Conclusion	Quelques idées clés ...
		... qui permettent de dégager des réponses concrètes aux questions posées en intro
		Ouverture pertinente
	Plan	Logique, cohérence, titres informatifs, adéquation entre titres et contenus des paragraphes
	Transitions	Les transitions sont globalement : absentes (0), artificielles (1) , logiques (2) , logiques et bien justifiées (3)
	Approches expérimentales et observations	à apprécier par rapport à la richesse de la copie
	Illustrations	Pertinence, qualité : à apprécier par rapport à la richesse de la copie
	Total du fond	
Bonus		
Forme	Rédaction	Clarté, concision
		Orthographe, syntaxe
	Présentation	Présentation et soin
	Total de la forme	
TOTAL de la copie		

4.2 Epreuve écrite du secteur B:

4.2.1 Le sujet proposé :

Les couleurs chez les Métazoaires

4.2.2 Commentaires

4.2.2.1. Commentaires généraux sur l'épreuve

Le sujet « Les couleurs chez les métazoaires » était un sujet de synthèse nécessitant d'intégrer différents aspects de la biologie des organismes (physiologie, éthologie, écologie, génétique et évolution) et différentes échelles du vivant (des molécules aux comportements). En général, les copies des candidats admissibles étaient soignées, bien rédigées et bien illustrées. Ce sont celles qui ont révélé des connaissances solides dans l'ensemble des domaines et qui ont su gérer le temps alloué à l'épreuve. En effet, un sujet de synthèse nécessite de prendre un temps de réflexion en début d'épreuve afin d'évaluer l'ensemble des notions devant être traitées dans le temps imparti et de dégager une problématique permettant de développer le sujet dans toutes ses dimensions.

Il est rappelé que les différentes notions doivent être étayées par des exemples précis. Il est plus judicieux d'associer un exemple à une notion que de multiplier les exemples pour une même notion. Il est aussi tout à fait possible de développer plusieurs aspects d'un même exemple à différents niveaux du devoir. D'autre part, nous rappelons que le devoir doit s'appuyer sur une démarche scientifique et que les démonstrations partant d'observations ou d'expériences sont indispensables. Des références à des expérimentations ou découvertes historiques sont encouragées. De même, les illustrations sont nécessaires et souvent appréciées quand elles sont judicieuses et de bonne qualité. Elles doivent avant tout servir à illustrer le propos et renforcer l'argumentation scientifique des notions développées. Le jury est aussi très attentif à l'aspect démonstratif du devoir, à la logique, la rigueur et la pertinence de l'argumentation dans le développement des idées.

Les principales notions attendues sont présentées ci-dessous, associées aux remarques du jury sur le contenu des copies corrigées. D'autres éléments de correction figurent dans une version simplifiée de la grille de correction fournie en fin de section. Il est à noter que le découpage des items ne constitue pas un plan type. Comme dans tout sujet de synthèse, différents plans pouvaient être proposés dans la mesure où ils étaient clairement justifiés.

COMMENTAIRES SPECIFIQUES

Introduction

L'introduction doit présenter le contexte biologique du sujet, en utilisant un exemple ou une accroche biologique, historique, artistique, etc. Trop peu de candidats ont su replacer le sujet dans le cadre de la perception de l'environnement (biotique et abiotique) ou dans le cadre de l'univers sensoriel des animaux. L'introduction doit aussi servir à définir les termes du sujet et ses limites, à dégager une problématique argumentée guidant le plan développé dans le devoir. Il est regrettable que ce dernier point pose problème à de nombreux candidats dans la mesure où il révèle une incapacité à poser un questionnement scientifique et que l'absence de problématique ou sa maladresse affecte la pertinence de l'ensemble du devoir.

Une définition simple des couleurs était au moins attendue dans l'introduction (i.e. la perception visuelle des différentes longueurs d'ondes de la lumière) et des informations plus détaillées sur les propriétés de la lumière et des couleurs pouvaient être développées dans le corps du devoir. Il est navrant de constater que le terme « métazoaires » a posé problème à de trop nombreux candidats qui ont confondu métazoaires et organismes pluricellulaires et ont intégré dans le sujet les chlorobiontes, par exemple. A l'inverse, il était inutile de dessiner l'arbre des métazoaires en tant que tel dans l'introduction.

Plusieurs problématiques intégrant les différents aspects du sujet pouvaient être proposées. D'une façon générale, on pouvait s'interroger sur la diversité des couleurs observées et poser les questions de leur origine, leur détection, leurs fonctions au niveau des individus et des populations et leurs liens avec l'évolution des espèces. Ces notions pouvaient aussi être discutées au regard de leur modulation en fonction du contexte (facteurs biotiques et abiotiques) et du temps. On pouvait aussi penser les couleurs hors contexte de communication (conséquence de l'alimentation, protection vis-à-vis des UV, utilisation de repères visuels colorés pour s'orienter dans l'espace) et dans le contexte de la communication animale.

Couleurs et propriétés de la lumière

Un devoir traitant des couleurs ne pouvait pas faire abstraction de quelques propriétés physiques de base de la lumière permettant de poser les fondements de notions importantes concernant la perception et la production des couleurs chez les métazoaires. Il s'agissait de préciser que la lumière est une onde électromagnétique. Sa nature ondulatoire permet notamment de définir les longueurs d'ondes et d'introduire les couleurs structurales des métazoaires tandis que sa nature corpusculaire permet d'introduire les interactions lumière-pigments. Il est rappelé que les fondamentaux des processus physico-chimiques sous-tendant le fonctionnement du vivant doivent être connus des candidats.

Ces notions ont été correctement explicitées dans quelques copies seulement, la plupart ne les abordant pas du tout. Le spectre électromagnétique remplaçant le spectre de la lumière visible a, lui, été largement représenté, souvent de façon correcte. Il était intéressant de discuter la définition anthropocentrique de la lumière visible, d'élargir aux ultra-violets et d'exclure de façon argumentée les infra-rouges (longueurs d'ondes perçues par des organes non visuels). Cela a été trop peu fait.

Production des couleurs par les métazoaires

La diversité des couleurs produites par les métazoaires relève de deux phénomènes principaux : la présence de pigments conduisant à des couleurs pigmentaires et les propriétés physiques de la lumière conduisant à des couleurs structurales. Mais d'autres phénomènes comme la fluorescence, la bioluminescence, l'association symbiotique avec d'autres organismes ou l'utilisation d'objets pouvaient aussi être présentés. De plus, la production et/ou l'exposition des couleurs peut être constante ou modulable dans le temps en fonction du contexte (selon la saison, la présence de congénères ou de prédateurs...). Cela fait intervenir des aspects comportementaux (postures, mouvements) et physiologiques (contrôles nerveux, hormonal ou musculaire).

Les couleurs pigmentaires ont largement été présentées, en utilisant les exemples de la mélanine (parfois confondue avec la mélatonine) et des pigments respiratoires, comme l'hémoglobine. Les autres pigments, y compris les caroténoïdes, ont rarement été cités. Très peu de candidats ont mentionné les couleurs structurales, pourtant impliquées dans les couleurs iridescentes communes, et les confusions entre bioluminescence et fluorescence, ou encore entre ré-émission et réflexion, ont été fréquentes. De nombreux candidats ont mentionné que les couleurs pouvaient varier mais très peu ont explicité les mécanismes précis en jeu.

Perception des couleurs

Dans cette partie, il s'agissait de rester focalisé sur les couleurs, de présenter les photopigments et photorécepteurs spécifiques et de mentionner la nécessité d'un traitement nerveux central du signal. Cela excluait la vision en général et la perception de la lumière blanche ou polarisée, notamment par les ocelles. Un schéma détaillé de l'œil humain était inutile si un lien explicite avec la vision des couleurs n'était pas établi.

Bien que la vision soit un point explicite du programme, le traitement de cette partie n'a pas été satisfaisant concernant la nature moléculaire des photopigments, les mécanismes de transduction et d'intégration des signaux lumineux. Par contre, la vision trichromatique chez l'homme reposant sur 3 types de pigments/cônes, spectres d'absorption à l'appui, a souvent été correctement présentée. Les notions de visions tri- et dichromatique chez les primates a aussi souvent été bien traitée. Un élargissement à d'autres types de visions (ex : monochromatique chez la plupart des vertébrés marins, quadrichromatique chez les hyménoptères) a très rarement été fait, révélant des lacunes dans la culture naturaliste des candidats.

D'autre part, le jury déplore l'absence quasi-systématique de démarche permettant de mettre en évidence la vision des couleurs chez les métazoaires.

Fonctions

La diversité des fonctions des pigments et des couleurs chez les animaux devait être présentée en lien avec des contraintes environnementales abiotiques (effets délétères des rayonnements solaires, lien avec la thermorégulation) mais surtout en termes de relations interspécifiques et intraspécifiques. Cette partie nécessitait d'être étayée par des exemples précis et bien traités. L'utilisation des couleurs relevant au moins en partie de la communication animale, une partie du barème était dédiée à la formulation explicite des concepts théoriques de la communication (chaîne de transmission de l'information, distinction signal-indice, caractéristiques des signaux colorés...). Ces concepts étaient fondamentaux pour développer les aspects évolutifs sous-jacents.

L'implication des couleurs dans les relations proies-prédateurs et dans la reproduction a souvent été traitée. Il est à noter cependant que les exemples souvent récurrents (paon, phalène du bouleau) ont souvent été approximatifs dans leur formulation et leur traitement peu détaillé. Par exemple, même si la notion a souvent été présentée, le terme « aposématisme » n'a été lu que dans quelques rares copies.

Les fonctions des couleurs dans les relations intraspécifiques ont souvent été limitées aux relations mâles-femelles dans le contexte de la reproduction. Les signaux colorés émis par les femelles ont largement été oubliés. Certains candidats ont cependant su présenter l'implication des couleurs dans les relations agonistiques mâles-mâles (ex : épinoche, rouge-gorge), dans les relations parents-jeunes (ex : tache rouge du bec de goéland) et dans des relations sociales plus diversifiées (ex : reconnaissance individuelle, hiérarchie).

Les couleurs sont un des éléments importants de la communication visuelle. Or, les fonctions des couleurs dans les relations entre êtres vivants ont très rarement été liées à la communication animale et replacées dans un contexte plus large d'univers sensoriel animal. Les caractéristiques des signaux colorés, la comparaison avec d'autres canaux sensoriels et l'utilisation concomitante de plusieurs canaux permettant une redondance de l'information n'ont été discutés que dans quelques rares copies.

Aspects ontogénétiques

Peu de candidats se sont interrogés sur la mise en place des couleurs et de leurs fonctions. On pouvait pourtant indiquer l'importance de facteurs génétiques dans la production des couleurs (ex : couleurs

structurales) et des comportements associés (ex : parades nuptiales, quémante alimentaire et tache rouge du goéland...) mais aussi mentionner l'influence de facteurs environnementaux (ex : pigments issus de l'alimentation), de l'apprentissage (ex : choix de proies non toxiques, choix du partenaire...) et de facteurs sociaux (ex : transmission culturelle, imitation, indiscrétion...).

Aspects évolutifs

Deux axes de réflexion pouvaient être développés dans cette partie : 1) Comment les signaux colorés et les processus de production/perception évoluent ? 2) Quelle est l'implication des couleurs dans les processus évolutifs ?

Les fonctions des couleurs étant souvent présentées comme des avantages sélectifs dans la section précédente, il était nécessaire d'avoir une réflexion sur le coût de la production et de la perception des couleurs au regard des processus évolutifs (d'où la notion de signal honnête notamment).

Il s'agissait aussi de discuter l'effet de contraintes et leurs conséquences (contraintes environnementales, prédateurs, pollinisateurs, partenaires sexuels). Par exemple, le milieu aquatique peut être contraignant en termes de propagation du signal coloré et la couleur des cichlidés varie en fonction de la profondeur et de la turbidité de l'eau. Ce type de contraintes environnementales au sens large (abiotiques et biotiques) peut conduire à l'occupation de niches écologiques spécifiques, des processus de spéciation ou de co-évolution, ou des convergences de couleurs dans certains milieux (ex : tons ocres dans le désert ou fauve en savane). Voir la grille de correction pour les différents items attendus.

Comme les années précédentes, le jury regrette le manque de repères des candidats dans les temps géologiques, leur manque de réflexion sur les aspects évolutifs des processus biologiques traités et leur maîtrise insuffisante des concepts fondamentaux relatifs à la sélection naturelle.

Si les fonctions des couleurs dans des contextes de prédation ou de reproduction ont été correctement traitées au niveau de l'individu d'un point de vue descriptif, peu de candidats se positionnent au niveau des populations d'un point de vue évolutif. Dans l'exemple de la phalène du bouleau, une quantification des morphes et des fréquences alléliques au niveau de la population étaient attendues. Les termes de mimétismes batésiens et müllériens ont souvent été mal définis, voire confondus. Il en est même pour la sélection sexuelle qui a rarement été correctement définie et les candidats maîtrisent visiblement mal cette notion. Si une grande majorité des candidats mentionne que la couleur des mâles est impliquée dans les parades nuptiales, trop peu indiquent qu'un choix des femelles opère sur la base de couleurs différentielles entre plusieurs reproducteurs potentiels. Or c'est bien cette notion de choix du partenaire qui sous-tend l'évolution des caractères sexuels secondaires (dont la couleur). En conséquence, les modèles explicatifs ont rarement été mentionnés.

Des formulations finalistes ont été trop nombreuses dans les devoirs et ne sont pas acceptables de la part de candidats à l'agrégation, potentiels futurs enseignants. Cette année, des points spécifiques ont été attribués à la maîtrise des concepts fondamentaux de l'évolution et de la sélection naturelle. Les visions finalistes du vivant ont systématiquement été sanctionnées, et le jury entend rester très vigilant sur ces points.

Il apparaît donc indispensable que les candidats à l'agrégation maîtrisent correctement tous les aspects de la théorie de la sélection naturelle et élargissent leur réflexion sur la sélection sexuelle notamment en incluant l'importance des soins parentaux et des cas d'inversion des rôles mâles-femelles.

Conclusion

La conclusion ne doit pas être un simple récapitulatif des idées précédemment développées mais doit dégager quelques idées clés permettant de répondre à la problématique posée en introduction. La

conclusion doit terminer sur des ouvertures pertinentes permettant une mise en perspective par rapport à d'autres phénomènes biologiques (ex : autres systèmes sensoriels, autres êtres vivants comme les végétaux...) ou des applications agronomiques, médicales ou technologiques (ex : utilisation de la GFP, Green Fluorescent Protein). Malheureusement (en lien avec la faiblesse des problématiques proposées), la grande majorité des copies avaient une conclusion pauvre, se résumant souvent à un rappel (maladroit) des notions développées sans intégration ni perspectives.

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 :			
Fond	Introduction	Contexte : il doit servir d'ancrage clair à l'introduction	
		Analyse des termes du sujet à partir du contexte: Couleurs : La couleur est la perception visuelle des différentes longueurs d'ondes de la lumière + Métazoaires : Organismes pluricellulaires mobiles et hétérotrophes partageant des caractères dérivés propres	
		Problématique clairement posée et justifiée par l'analyse du sujet	
			Axe directeur de la composition explicité et bien justifié
	Couleurs et Propriétés de la lumière	Nature ondulatoire : la lumière est une onde électromagnétique + Fréquence= célérité/longueur d'onde + schéma	
		Nature corpusculaire de la lumière: L'énergie d'une radiation électromagnétique varie inversement avec sa longueur d'onde, et nous percevons cette variation d'énergie comme une variation de couleur. Relation d'Einstein : énergie d'un photon $H = hv = hc/\lambda$ où H : constante de Planck, v : fréquence, c : vitesse et λ : longueur d'onde de la lumière.	
		Présentation du spectre électromagnétique global remplaçant la lumière visible, les UV et IR (schéma)	
	Production des couleurs	Couleurs pigmentaires	Principe : Molécules absorbant certaines longueurs d'ondes en interagissant spécifiquement avec des photons d'énergies données. Couleurs = longueurs d'ondes non absorbées par les pigments, donc réfléchies. Bases biochimiques des interactions « pigments-électrons » = Double liaisons conjuguées.
			Exemples : caroténoïdes + ex. espèce/couleur, mélanine + ex. espèce/couleur, au moins un autre exemple de pigments au choix
		Couleurs structurales	Localisation: dans derme ou épiderme et dérivés (plume, poils, écailles), dans des cellules spécialisées : les chromatophores (ou chromatocytes), dont les mélanophores.
			Notion couleurs structurales/propriétés ondulatoires de la lumière + exemple d'organisme + couleur associée : un mécanisme détaillé+ un autre mécanisme parmi: Réflexion, Diffusion de Rayleigh, Réfraction et interférences de couches minces, Diffraction.
		Interactions couleurs pigmentaires-structurales	Notion d'interaction+mécanismes en interaction+exemple
		Autres mécanismes	Fluorescence (notion+ exemple+mécanisme production)
	Bioluminescence (notion+ exemple+mécanisme production)		
	Contrôle/Modulation	Couleurs extrinsèques (notion+ exemple+mécanisme production)	
		Notion de modulation dans le temps (selon saison, selon environnement, présence de prédateur, etc...) + exemples. Détails du contrôle nerveux ou hormonal, Généralisation à d'autres contrôles – musculaire, comportemental	
	Perception des couleurs	Mécanismes généraux	Photorécepteurs : cellules neurosensorielles spécialisées contenant les photopigments. Ex : cônes (vision photopique) chez l'homme.
			Photopigments : Nature moléculaire : chromoprotéines membranaires composées d'un centre réactionnel non protéique, le chromophore (rétinal) et d'une protéine à 7 domaines transmembranaires à rôle structural (opsine). Ex : rhodopsine, iodopsine.
			Transduction : changement de conformation, cascade moléculaire de transduction, variation de potentiel membranaire (hyperpolarisation chez Vertébrés/dépolarisation autres).
			Voies nerveuses (anatomie) : Rétine-SNC vertébrés + ommatidies-SNC arthropodes
		Notion d'intégration des signaux: traitement différentiel des infos primaires (champs récepteurs, neurones inhibiteurs, schéma) pouvant conduire à la production de nouvelles couleurs (jaune, magenta...)	
Diversité de la perception des couleurs	Diversité photorécepteurs liée à la diversité des photopigments/chromophores. Spectre absorption différentes opsines/cônes. Notion+exemples+schéma		
	1 des 3 mécanismes possibles pour diversifier les types de longueurs d'ondes perçues: diversité des opsines, diversité du rétinale, goutte huile		
	Différents types de vision: dichromatique, trichromatique ou "plus"		
	Structures anatomiques spécialisées qui améliorent la vision des couleurs		
Mise en évidence	Anomalies de la vision des couleurs : dyschromatopsies (daltonisme), achromatopsie		
	Mise en évidence de la vision des couleurs: approche comportementale, électrophysiologique ou utilisant un cas de pathologies		
Fonctions	Couleurs et rayonnements solaires	Protection des UV (notion+exemple)	
		Lien avec la thermorégulation (notion+exemple)	
	Couleurs et relations interspécifiques	Camouflage	Utilisation de couleurs cryptiques (notion+ exemple + aspect stable/variable OU mimétisme avec environnement biotique/abiotique)
		Couleur comme défense	Motifs effrayants / leurres sensoriels (notion+exemple)
		Aposématisme (notion+exemple)	
	Couleurs des végétaux	Des repères utilisés par les animaux pour trouver/évaluer leur nourriture (notion+exemple)	
Couleurs et relations intraspécifiques	Relations agonistiques mâles-mâles. Notion+ exemple bien traité (espèce, couleur, comportement)		
	Relations mâles-femelles: signaux femelles et signaux mâles. (notion+exemple).		
	Relations parents-jeunes (notion+exemple)		
Définition communication /chaîne de transmission de l'information (émetteur-récepteur, propagation d'un signal, conséquence(s) sur récepteur)			

Qualité générale de la construction de la copie		Couleur comme signal de communication	Caractéristiques: Distinction communication vraie ou non (manipulation, intra- ou interspécifique). Distinction signal-indice. Souvent utilisation concomitante de plusieurs canaux sensoriels/redondance de l'information. Signaux colorés: définition signal: support physique de l'information, codage, lien avec sélection naturelle, caractéristiques des signaux colorés (transmis à grande distance, rémanence faible, peu résistants aux obstacles et obscurité), et comparaison avec d'autres canaux de communication	
	Aspects ontogénétiques et évolutifs	Ontogenèse	Ontogenèse : bases génétiques et environnementales (ex: couleurs structurales, Fixed Action pattern vs pigments issus de l'alimentation) + apprentissage (ex: choix de proies non toxiques, choix du partenaire) + aspects sociaux (transmission culturelle, imitation, indiscrétion)	
		Evolution des signaux colorés	Coût / bénéfices. Discuté dans au moins un des contextes possibles, notion de diversité des coûts possibles (métaboliques, prédation...) et lien avec la sélection naturelle.	
			Contraintes environnementales : Couleur objet varie en fonction de quantité/qualité lumière incidente + Milieux contraignants en terme de propagation du signal + convergences (ex: couleur sable de camouflage dans le désert)	
			Prédateurs comme agent de sélection	Effets des prédateurs sur les populations (ex: phalène) (exemple, quantifié, lien avec fréquences alléliques) Mimétismes batésiens et mullériens. (définitions+exemples)
			Partenaire comme agent de sélection	Définition sélection sexuelle + Choix des femelles comme pression de sélection + Evolution des caractères sexuels secondaires/Notion de signal honnête pour choix du partenaire. Modèles explicatifs parmi: théorie du handicap de Zahavi, théorie des bons gènes, Biais sensoriel, Emballément de Fisher. Un modèle bien expliqué et un autre au moins mentionné.
			Pollinisateur et disséminateur comme agent de sélection	Couleurs des fleurs/fruits/graines = lien reproduction des végétaux et attraction des pollinisateurs-disséminateurs + Convergence de couleurs ou mimétisme avec modèle source de nourriture, insecte femelle ou site de ponte
		Conséquences évolutives	Spéciation= signaux colorés de communication comme barrière prézygotique (notion + exemple)	
	Coévolution des systèmes de production/perception (intra et interspécifique) (notion + exemple)			
	Evolution des pigments visuels chez les Vertébrés (en particulier vision di- et trichromatique chez primates, duplication de gènes et lien avec régime alimentaire)			
	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		
	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			
Bonus				
Forme	Rédaction	Clarté, concision Orthographe, syntaxe		
	Présentation	Présentation et soin		
	TOTAL			

4.3 Epreuve écrite du secteur C:

4.3.1 Le sujet proposé :

L'atmosphère terrestre et ses interactions avec la biosphère et la géosphère

4.3.2 Commentaires

4.3.2.1. Commentaires généraux sur l'épreuve

Ce sujet étant assez vaste, il devait faire ressortir les paramètres qui caractérisent l'atmosphère et comment cette dernière interagit avec la biosphère et la géosphère au cours des temps géologiques à travers des exemples précis de fonctionnement du système Terre sur des échelles de temps variées. Le but était de faire ressortir l'aspect intégré du fonctionnement des enveloppes superficielles. La grille de correction (et ce guide de correction) avait donc pour but la valorisation des copies qui ont fait ressortir, à partir d'exemples précis, les interactions entre ces enveloppes et leurs conséquences à court et longs termes sur le système Terre.

Délimitation du sujet :

(1) Le sujet étant rédigé comme suit « l'atmosphère et... » et non « les interactions de l'atmosphère avec... », le développement impliquait explicitement de décrire les propriétés de l'atmosphère (contraindre cette enveloppe physiquement et chimiquement) avant de se lancer dans les interactions.

(2) De nombreux candidats n'ont pas proposé de définition argumentée de la géosphère. *Sensu stricto*, la géosphère peut se définir comme la partie minérale, non vivante, de la Terre. La biosphère dépendant pour une partie importante de l'hydrosphère et les processus de sédimentation associés aux marges étant lié à la dynamique océanique, il était pertinent de les traiter par des exemples, bien choisis et justifiés, faisant intervenir l'océan.

(3) Le sujet portait sur les interactions entre différents réservoirs terrestres. De trop nombreuses copies ne maîtrisent pas les notions clés que sont les flux, le temps de résidence, l'état stationnaire ... indispensable pour quantifier les processus de transfert (de matière et d'énergie) entre réservoirs.

(4) Il était attendu des candidats qu'ils soulignent l'évolution de ces interactions au cours de l'histoire la Terre et leurs dynamiques à différentes échelles.

INTRODUCTION :

Globalement les introductions n'ont pas assez mis en avant l'intérêt de l'étude. Un tel sujet appelait à s'appuyer sur quelques observations simples et directes justifiant de s'interroger sur l'existence, l'amplitude et les moteurs de ces interactions ainsi que leurs évolutions au cours de l'histoire de la Terre. On pouvait ainsi par exemple partir d'observations de planétologie comparée ou d'exemples précis d'interaction (comme un exemple de relation sédimentation/ tectonique/ climat). Ces observations devaient amener dans un premier temps à se poser la question des propriétés physico-chimiques de l'atmosphère puis des échanges d'un réservoir vers un autre et réciproquement et cela à l'échelle des temps géologiques, et enfin aborder les mécanismes physico-chimiques permettant les échanges entre ces réservoirs et de leurs conséquences sur le système Terre.

Trop de candidats se contentent d'un « on peut se demander pourquoi » qui n'est pas justifié par le début de l'introduction. Enfin, un nombre non négligeable de copies présente un sommaire en fin d'introduction et s'affranchit d'une présentation justifiée du plan choisi.

PREMIERE PARTIE : (1) LES PROPRIETES DE L'ATMOSPHERE TERRESTRE

Dans cette première partie, la présentation des différentes caractéristiques physico-chimiques de l'atmosphère était attendue. Les lois physiques, les caractéristiques chimiques et la dynamique de l'atmosphère dans l'espace ET dans le temps ainsi que les outils de quantification et de mesures utilisés devaient être présentés. Enfin, la dynamique de l'atmosphère et ses variations aux différentes échelles de temps (cycle court, cycle long) était attendue. Le candidat devait aboutir à la notion d'une atmosphère dont la cinématique est contrôlée par la dynamique des fluides, sa chimie étant un facteur important plaçant la Terre dans la zone d'habitabilité. Il était attendu que les candidats présentent des ordres de grandeurs de températures, pressions, concentrations et mouvements ainsi que le bilan radiatif terrestre. La planétologie comparée pouvait permettre ici la transition vers une deuxième partie expliquant l'évolution séculaire de l'atmosphère au cours des temps géologiques par ses interactions avec la biosphère et la géosphère.

Globalement, cette partie a été assez mal traitée. La chimie de l'atmosphère est souvent erronée : par exemple, de nombreux candidats ne connaissent pas la concentration en CO₂ actuelle, bien que la COP 21 soit omniprésente dans les copies (en introduction et/ou conclusion). Les unités de mesures d'un gaz dans l'atmosphère restent floues (ppmv, pression partielle, pourcentage ...) et ne sont pas définies. Les méthodes de mesures directes et de reconstruction des paramètres physico-chimiques de l'atmosphère dans le temps à l'échelle du millier, du million et du milliard d'années n'ont quasiment jamais été présentées. Par exemple, les profils pression-température d'une colonne atmosphérique sont rarement connus, et encore plus rarement quantifiés. L'effet de serre, bien que classique, est lui aussi trop exceptionnellement quantifié. Enfin, la circulation atmosphérique générale en cellule a

globalement été présentée de manière satisfaisante, en revanche trop peu explicitent les moteurs de cette circulation.

DEUXIEME PARTIE : L'EVOLUTION PRECOCE DE L'ATMOSPHERE TERRESTRE

Cette partie devait faire ressortir les principales étapes de l'évolution de l'atmosphère terrestre depuis son état primordial au moment de la formation de la Terre jusqu'à la stabilisation d'une atmosphère secondaire à la fin du Précambrien. Il s'agissait de montrer en quoi la géosphère et la biosphère ont toutes deux participé à façonner l'atmosphère secondaire.

La difficulté majeure était de ne pas tomber dans un catalogue de schémas synthétiques complètement déconnectés des observations ayant permis leur mise en place. Cette partie devait s'appuyer sur des observations précises (cosmochimie, planétologie comparée, géochimie sédimentaire) afin de dégager les processus associés à l'évolution de l'atmosphère.

Cette partie a été globalement moins bien traitée que la précédente ; la plupart des candidats se sont contentés de décrire des modèles sans partir d'observations ou en ne présentant des exemples qu'après une présentation théorique des processus.

Le principal processus abordé par les candidats a été l'oxygénation de l'atmosphère. Ses conséquences sur la géosphère (altération oxydante) et la biosphère ont souvent été oubliées. Le dégazage précoce et le vernis tardif ont été parfois mentionnés mais jamais reliés à des observations.

Cette partie sur l'évolution précoce de l'atmosphère Terrestre devait permettre de démontrer les interactions entre la géosphère et la biosphère jusqu'à la mise en place de l'état stationnaire dynamique actuel (préindustriel), incluant notamment la mise en place de l'hydrosphère de manière pérenne dans le temps, les modifications irréversibles de la composition de la composition de l'atmosphère en CO₂ et en O₂. Il était important de mettre en évidence la nature unidirectionnelle de cette évolution précoce.

TROISIEME PARTIE : L'ATMOSPHERE SECONDAIRE ET SES CYCLES

Cette dernière partie devait faire ressortir les couplages entre les enveloppes pour des cycles longs (1 Ma et plus) et des cycles courts (moins de 1 Ma). Globalement des notions importantes ont été présentées par les candidats.

Sur de longues échelles de temps les relations entre le cycle de Wilson, le climat, les cycles biogéochimiques (e.g. carbone) et l'altération continentale sont globalement bien décrites. En revanche elles restent extrêmement théoriques et ne s'appuient pas sur des observations. Les

outils qui permettent de reconstruire ces interactions sont très rarement présentés, et la nécessité de leur utilisation couplée sur différents échantillons de même âge complètement absente. A cette échelle de temps long, les boucles de rétroactions mettent en évidence des variations autour d'un équilibre dans des gammes qui permettent le maintien de l'habitabilité. Cet aspect a été complètement négligé par les candidats.

A court terme, des exemples précis permettaient la mise en évidence des perturbations ponctuelles des équilibres, plus rapides que le temps de réponse du système (< 1Ma à 1an). Le volcanisme et/ou les crises biologiques ont souvent été abordés mais généralement sans la dimension intégrée des conséquences de ces perturbations. L'impact anthropogène sur la chimie atmosphérique est abordé dans la grande majorité des copies et dans l'ensemble bien traité sauf pour ce qui est de sa mise en évidence et de sa quantification.

En bilan, cette partie a été correctement traitée mais souffre une nouvelle fois de l'absence d'exemples précis quantifiés.

CONCLUSION :

A la fin de la dissertation, on pouvait faire ressortir les points importants suivants : (1) le temps de réponse des 3 enveloppes est très différent du fait de la taille des réservoirs, (2) biosphère et atmosphère sont à l'équilibre sur des périodes de quelques années, et (3) les processus à long terme sont ceux de la géosphère.

Elle devait faire ressortir que toutes les sphères du système externe sont en interaction permanente à toutes les échelles de temps, et que ces interactions ont mis 2 Ga (la moitié de l'histoire de la Terre !) à se stabiliser et maintiennent depuis l'habitabilité de la Terre (en maintenant l'eau liquide, le climat, etc...).

Forme et illustrations :

Les copies sont généralement bien présentées et bien rédigées. Le plan est en général cohérent et proche de celui proposé ici (pour ce qui est traité). En revanche, les candidats ont rencontré plus de difficultés pour justifier leur plan en introduction : il n'y a pas de démarche explicite pour répondre à une problématique établie. Les transitions sont souvent sommaires et/ou inopérantes (elles ne font pas ressortir clairement les liens entre parties et la progression suivie).

Les schémas sont souvent simplistes et/ou inexacts, ne présentant généralement pas d'échelles précises (en particulier pour les diagrammes), de légendes et de titres adaptés. Trop peu de paramètres physico-chimiques sont quantifiés. Il y a très peu de schémas de synthèse permettant d'illustrer plusieurs points à la fois et présentant des points d'étapes à des moments clés dans la copie (NB : un schéma peut être utilisé dans plusieurs parties s'il est clairement numéroté et appelé dans le texte). Dans de nombreuses copies, les idées sont fractionnées ; beaucoup trop de copie se résume à un enchaînement d'items simplistes en lien avec le sujet mais sans enchaînement explicite.

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.

Agrégation externe		n° de copie		
Épreuve du secteur :				
Introduction	Contexte : il doit servir d'ancrage clair à l'introduction			
	Analyse des termes du sujet à partir du contexte			
	Problématique clairement posée et justifiée par l'analyse du sujet			
	Axe directeur de la composition explicité et bien justifié			
<p>Pour tous les items abordés dans le barème et notés sur 3 (ou des multiples, soit nx3 pts) :</p> <p>aucune information : 0 ;</p> <p>Connaissances parcellaires : de 1 à nx1 point(s) ;</p> <p>Connaissances précises, mais partiellement analysées : de 2 à nx2 points ;</p> <p>Connaissances analysées et remise en perspective dans une démarche globale : de 3 à nx3 points .</p>				
Première Partie : Les propriétés de l'atmosphère Terrestre	A. Les caractéristiques physiques de l'Atmosphère	Structure en couches		
		Profil de températures		
		Profil de pressions		
	B. Les caractéristiques	Composition chimique	composition en majeur et en trace actuel	
		L'effet de Serre	mise en évidence, bilan radiatif, mécanismes, quantification en W/m2, gaz, Venus, Mars	
	C. Outils d'études et de quantification des paramètres atmosphériques	Mesures directes	Ballons, radiosonde, radar météorologique (effet doppler)	
		Reconstruction dans le temps	Temps court	Mise en évidence et outils (CO2 Mauna Loa) / mécanismes (journalier, saisonier) vents, précipitations, biosphère nocturne / diurne
			Centaine de millier d'années	Mise en évidence et outils (gaz, glaces, CO2, méthane, d13C) / paramètres astronomiques
			Millions et milliards d'années	Mise en évidence et outils (stomates, bilan masse C, altération isotopes Sr, d13C sol-plancton) / Périodes remarquables (Carbonifère, Ordo etc...) / modélisation
	D. Les mouvements de l'Atmosphère : une enveloppe dynamique	Mouvements verticaux	mise en évidence / mouvement et vitesse	
Mouvements horizontaux latitudinaux		pression atmo / dépressions / anticyclone		
Mouvements horizontaux méridiens		variation viscosité / jet stream		
Circulation générale en cellule		mécanismes / transfert énergie / les différentes cellules / densité, température, pression, frottement, rotation de la Terre (Coriolis) / mouvement cinétique		
Variations locales / saisonière		exemple : Oscillation australe		
Deuxième Partie : L'Evolution précoce de l'atmosphère terrestre (d'un monde prébiosphère à biotique)	A. L'atmosphère primitive	Du la nébuleuse présolaire à l'atmosphère primitive	nuage moléculaire, accréation, Hélium / Hydrogène, échappement dynamique / source H2O : comètes / météorites / mission Rosetta, Star Dust	
		Arguments géochimiques / (Planétologie comparée)	Mars et Venus effet serre, érosion de l'atmosphère, D/H, osmium, vernis tardif	
		dégazage du manteau	chimie du dégazage contrainte temporelle	composition chimique / comparaison atmosphère-manteau radioactivité éteinte, principe, exemple (K/Ar - I/Xe)
		Bilan thermique de l'atmosphère primitive (habitabilité de la Terre)	le paradoxe du soleil jeune Gaz à effet de serre primitif	T°C surface, luminosité soleil volcanique (SO2) - biologique (méthane)
	B. L'atmosphère secondaire : la révolution oxygène	Sources et puits d'oxygène	Sources d'oxygène Puits d'oxygène	photochimie, photosynthèse altération, respiration combustion
		Evolution de la quantité d'oxygène dans l'atmosphère terrestre	Traceurs cinétiques	uraninite, BIF, siderite, pyrite détritique, paléosols hématite BIF et effet tampon, piégeage de la MO
		Evolutions tectoniques / recyclage de la croûte et des sédiments	croûte émergée, marge, altération komatiites / TTG vs andésite, sagduction Vs subduction (relief)	
	C. Conséquences de la mise en place d'une atmosphère secondaire	Conséquence sur la biosphère	éléments biolimitants / altération oxydante (métaux, P, sulfates) Ozone - sortie des eaux	
		Conséquence sur la géosphère	Oxydation du méthane / refroidissement (Snow Ball Protérozoïque)	
		Rétroactions et stabilisation	mise en place de retroactions atmo/bio/géo et stabilisation de la physico-chimie des enveloppes externes	
	'homéostasie' précaire	A. Couplage et Cycle long terme (1 à 1000 Ma)	Le rôle de la biosphère	photosynthèse/respiration (lignine / champignon), charbon, coquille
				biomasse océanique Vs continentale
Gaia hypothèse CLAW				
Le rôle de la tectonique des plaques		Ice House Green House / d18O		
		Altération des silicates (mécanismes, flux), outils de reconstruction (Sr)		
		Cycle orogénique et volcanisme (hercynien, alpin)		
Rétrocontrôles du cycle long terme du CO2 atmosphérique		Paléogéographie (fragmentation, latitude ex: Ordo)		
Augmentation tectonique de plaques = + CO2 (volcanisme) + Altération chimique + basalte - CO2		Diminution tectonique de plaques = - CO2 (volcanisme) - Altération chimique - basalte - consommation de CO2		

Quatre grande de la construction de la copie	Troisième partie - L'atmosphère secondaire une "	B. Couplage et Cycle court (< 1Ma)	Dérégulation rapide du système biosphère-géosphère-atmosphère	exemple sédiment riche en MO, d13C, Sr, d180, plateau océanique (volcanisme), prod primaire, upweeling, paléogéographie (ex. Crétacé OAE) On attend ici un exemple d'interactions intégrées		
			couplage océan atmosphère	spirale Ekman		
			Impact du volcanisme à court terme	El Niño + Oscillation australe = ENSO	productivité primaire océanique, marge - récif, précipitation (Altération des sols), sécheresse	
				Chimie atmosphérique et climat	mise en évidence (ex: Laki), mécanismes (SO2 aérosol) et conséquences (bilan radiatif, pluie acide)	
			Le relief et les moussons	Crise biologique	Exemple crise P/T ou K/T, lien avec le volcanisme	
				niveau eustatique	contrastes thermiques océan / continent, régime des vents	
			bio/rhéxistase	ex: Déstabilisation des hydrates de méthane / snow ball		
			Transport de matière / viscosité	Climat / Altération / Typologie de la sédimentation		
				En surface	mise en évidence (poussière sahara), roche et structures (éolien, loess, dunes)	
			Modification anthropique	Troposphérique	volcanisme, aerosols, cendres antarctique	
				Chimie atmosphérique	Gaz à effet de serre anthropique (CO2, CH4, NOx), causes, bilan radiatif, conséquences (ex: équilibre des carbonates)	
				biomasse	couche d'ozone et CFC	
	geosphère	eutrophisation (nitrate), pH, pompe biologique et inorg, pluies acides				
				pluies acides (dioxyde de soufre, oxydes d'azote), sols / e.g. nitrate / érosion et altération		
				Conclusion		
				Quelques idées clés ...		
				... qui permettent de dégager des réponses concrètes aux questions posées en intro		
				Ouverture pertinente		
				Plan		
				Logique, cohérence, titres informatifs, adéquation entre titres et contenus des paragraphes		
				Transitions		
				Les transitions sont globalement : absentes (0), artificielles (1), logiques (2), logiques et bien justifiées (3)		
				Approches expérimentales et observations		
				à apprécier par rapport à la richesse de la copie		
				Illustrations		
			Pertinence, qualité : à apprécier par rapport à la richesse de la copie			
			Total du fond			
			Bonus			
			<i>tion, salinité de l'océan, métamorphisme HP-BT relief-altération les embruns marins, crise et magnétosphère</i>			
			Forme			
			Rédaction			
			Clarté, concision			
			Présentation			
			Orthographe, syntaxe			
			Présentation et soin			
			Total de la forme			
			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 TP A de cette année portait sur différents aspects de la biologie des cellules des crêtes neurales des vertébrés.

Partie I : propriétés cellulaires des cellules des crêtes neurales.

La première partie commençait par une étude histologique de coupes d'embryons de poulet. Le jury a été stupéfait de constater que moins de 40 % des candidats sont capables de choisir la seule coupe passant par le cœur sur une lame histologique présentant 6 coupes à des niveaux très différents de l'embryon. Par ailleurs, les légendes proposées sur les représentations (parfois très réussies) révèlent souvent un manque de connaissances anatomiques de base : légènder un « cœur » en position dorsale par rapport au « tube digestif », ou proposer un « placenta » dans une coupe de poulet n'est pas admissible pour des candidats à l'Agrégation.

De même les interprétations de la photo proposée dans la question IA1b, qui présentait clairement des cellules de crêtes neurales après délamination, sont le plus souvent fantaisistes, certains candidats allant même jusqu'à confondre tube neural et corde !

L'interprétation des résultats classiques de Akitaya *et al.* (1992) suggérant l'implication de la modulation des cadhérines dans la transition épithélio-mésenchymateuse et la migration des cellules de crêtes neurales s'est révélée difficile, souvent à cause d'une méconnaissance des structures pourtant clairement identifiables.

Il s'agissait ensuite de tester expérimentalement l'hypothèse d'une variation de l'adhésion des cellules de crêtes neurales sur différents types de supports matriciels, en réalisant un test d'adhésion utilisant un modèle de culture cellulaire (PC-12, lignée de cellules issues des crêtes neurales).

Très peu de candidats savent définir clairement une lignée continue (lignée cellulaire à prolifération infinie) : les confusions les plus fréquentes assimilent lignée cellulaire et clone, ou lignée cellulaire et lignage cellulaire.

La partie manipulation proprement dite était divisée en deux temps imposés : à partir des données de l'énoncé, un protocole devait être proposé en deux heures, puis un protocole imposé était distribué pour être mis en œuvre par les candidats.

Il était demandé un protocole précis répondant à la question posée et tenant compte du matériel. Certains candidats se sont contentés de recopier l'énoncé, ce qui ne satisfait bien évidemment pas le jury. La plupart des protocoles proposés sont cohérents, mais leur réalisation ne tient pas compte des contraintes pratiques imposées.

La manipulation en salle a été évaluée. Le jury rappelle qu'il est conseillé aux candidats de réfléchir aux conditions imposées avant toute manipulation. En l'occurrence, aucune dilution initiale de la suspension cellulaire fournie n'était nécessaire, et une dilution en cascade (imposée) pouvait facilement se réaliser directement dans le support de culture choisi. Bon nombre de candidats ont perdu un temps précieux - et des cellules ! – en réalisant des dilutions inappropriées dans des tubes intermédiaires.

Enfin, quelques données supplémentaires permettaient de faire réfléchir les candidats sur les récepteurs permettant l'adhésion cellulaire. Cette sous-partie a été peu traitée ; le schéma-bilan a été rarement proposé.

Partie II : quelques conditions de la migration des cellules des crêtes neurales.

La seconde partie proposait une analyse documentaire complétant l'étude précédente : il s'agissait de s'intéresser au rôle des versicanes dans le guidage de la migration des cellules de crêtes neurales et à l'effet de groupe sur cette migration.

Abordée par tous les candidats, la première sous-partie portait sur la barrière migratoire conférée par les versicanes de la matrice extra-cellulaire ainsi que sur l'origine génétique de leur diversité. De trop nombreux candidats se sont contentés de décrire – correctement – les protocoles ou les résultats, sans les relier au sujet d'étude, à savoir le contexte embryonnaire. Le jury a relevé des confusions importantes dans l'esprit des candidats entre la présence et l'expression d'un gène. Le principe de RT-PCR est maîtrisé, mais l'utilisation du témoin de charge ne peut se limiter à l'évocation de la notion. Si l'épissage alternatif à l'origine des formes V0 et V1 a souvent été invoqué, les justifications sont globalement peu rigoureuses.

Les candidats ont majoritairement traité la deuxième sous-partie et souvent de façon correcte : le lien entre effet de groupe et chimiotactisme a été vu.

Le principe du MEB est mal maîtrisé mais la morphologie des cellules tractrices est décrite, parfois à l'aide d'un vocabulaire approximatif. Même si l'effet chimiotactique a été compris, il est regrettable que les analyses des documents ne montrent que rarement le lien précis entre une observation et la conclusion qui en découle. On rappelle qu'il est indispensable de comparer des résultats obtenus dans des conditions expérimentales ne différant que pour un paramètre. En outre, il est rappelé que les barres d'erreur renseignent sur l'aspect significatif ou non d'une différence apparente au niveau des moyennes. Il est regrettable que les questions portant sur des connaissances liées à des techniques courantes ne donnent souvent lieu qu'à l'énoncé du nom de la technique, sans la moindre explication quant à son principe. Les candidats qui en ont eu le temps ont parfois proposé des schémas bilans à la fois structuraux et fonctionnels très intéressants.

5.1.2 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 2016

TRAVAUX PRATIQUES DE SPECIALITE DU SECTEUR A

Durée totale : 6 heures

**Les cellules des crêtes neurales
des vertébrés**

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

Partie I :

page 2

Durée conseillée : 4h – barème : 120/200

Partie II :

page 14

Durée conseillée : 2h – barème : 80/200

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

Attention, l'une des pages sera ramassée au bout de deux heures d'épreuve.

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 : Propriétés cellulaires des cellules des crêtes neurales

I- Les cellules des crêtes neurales *in vivo* : exemple du poulet

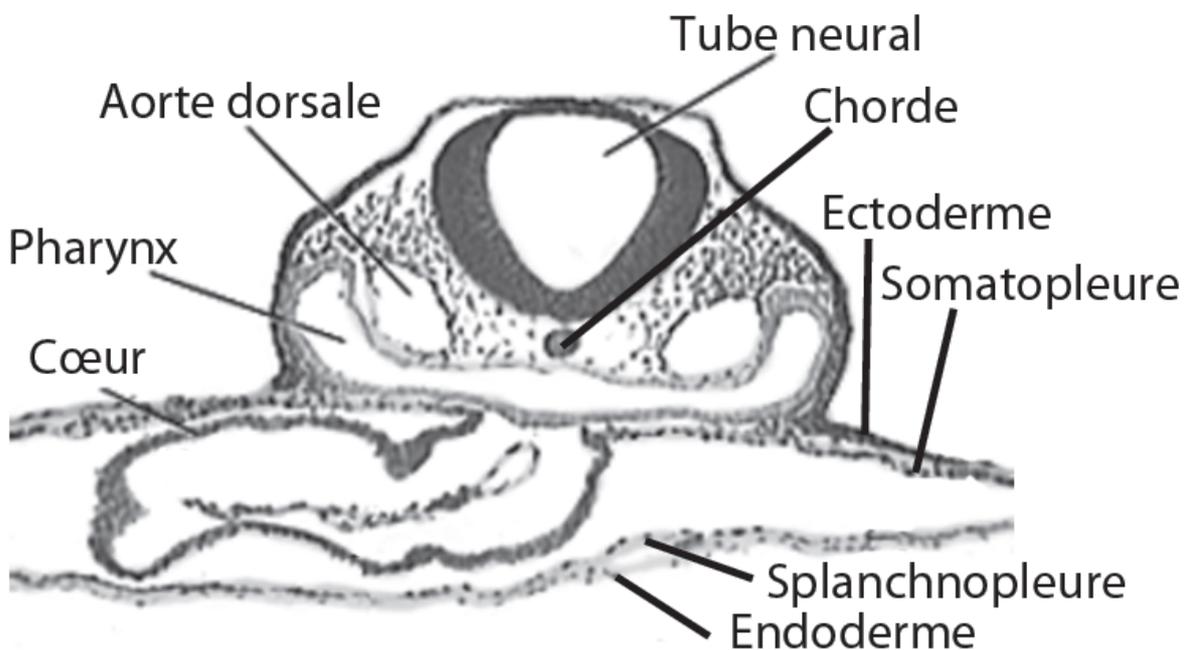
Les cellules des crêtes neurales (CCN) sont des cellules souches multipotentes au sein de l'embryon. Leur étude a été grandement facilitée par la découverte qu'elles expriment l'épitope HNK1, un trisaccharide sulfaté porté par des glycoprotéines et des glycolipides membranaires et initialement caractérisé sur des cellules NK. On considèrera que cet épitope n'est exprimé que par les CCN dans l'embryon.

I.A- Origine et devenir des cellules de crêtes neurales

Vous avez à votre disposition (**heures impaires pour les candidats sur poste impair, heures paires pour les candidats sur postes pairs**) une lame portant des coupes histologiques sérieées d'embryon de poulet de 33h de développement (HH stade 12).

Question I-A-1a Choisissez la coupe permettant de montrer le cœur, représentez-la et légendez les principales structures identifiables. Appelez un examinateur pour évaluation, pendant que vous avez la lame à disposition et sous microscope.

Réponse à la question I-A-1a



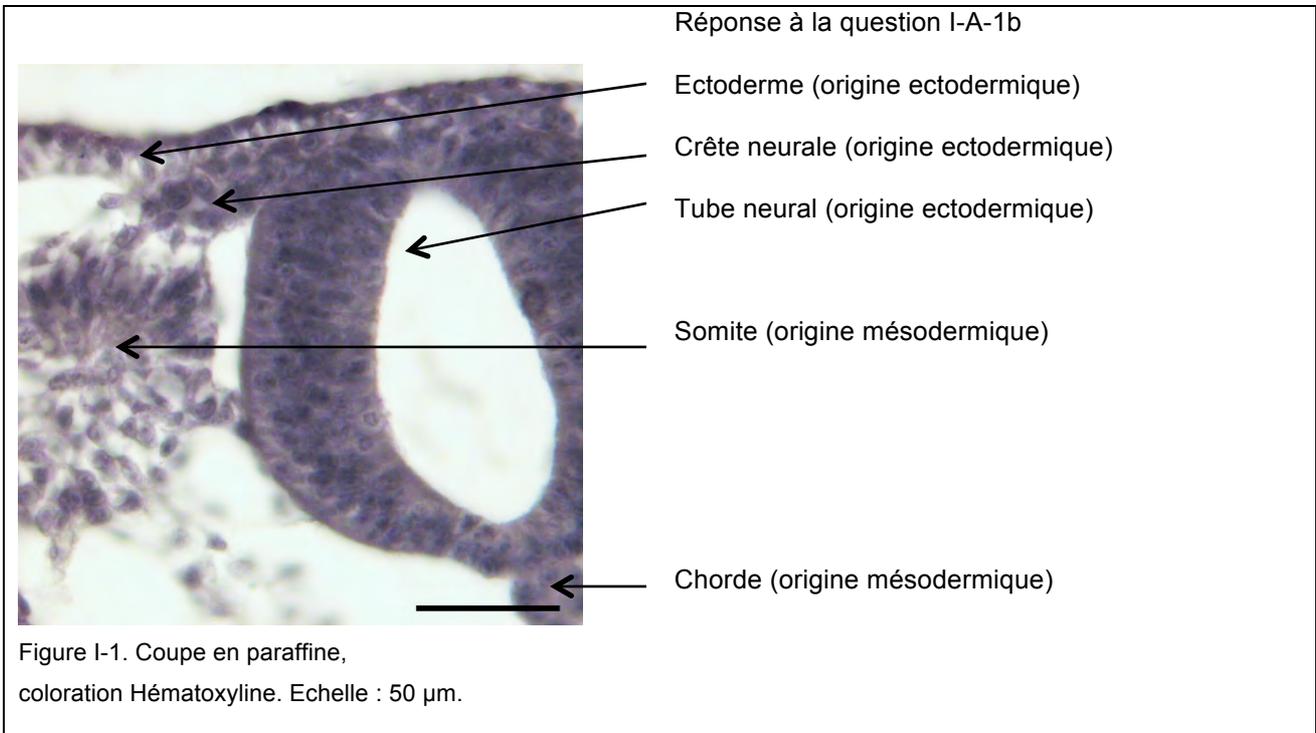
NOM :

Prénom :

Salle :

La figure I-1 représente un détail de la partie dorsale d'une coupe analogue, au niveau rhombencéphale.

Question I-A-1b Légendez les principales structures identifiables et donnez leur origine embryologique.



La figure I-2 représente le résultat d'une manipulation d'immunocytochimie sur des coupes à congélation d'embryons de poulet à 6 jours de développement (HH stade 30). Dans la région considérée, on admet que les CCN sont localisées à leur(s) position(s) définitive(s).

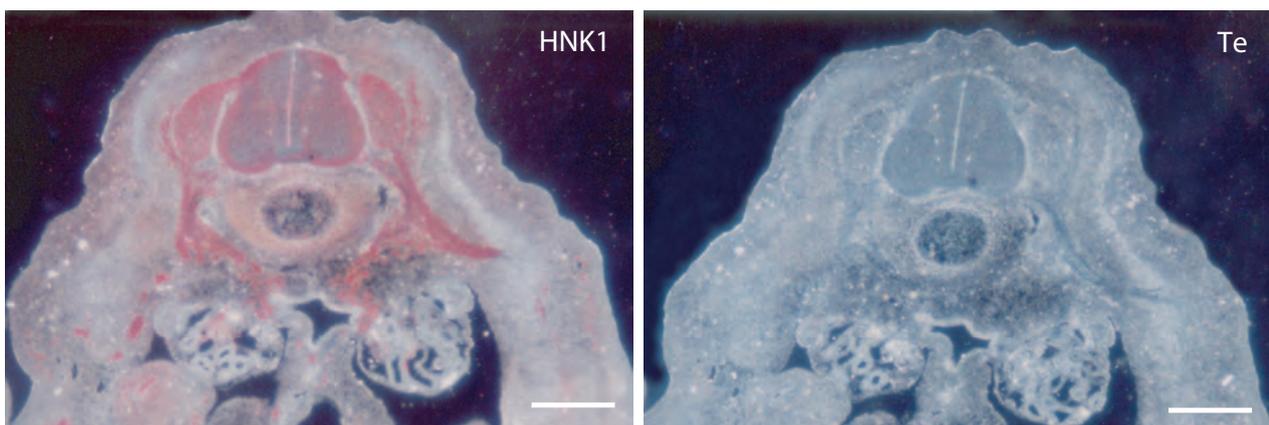


Figure I-2. (HNK1) Détection de HNK1 par immunomarquage indirect. Révélation par le substrat FastRed, donnant un précipité rouge. (Te) Témoin second anticorps couplé à la phosphatase alcaline. Barre : 500 μm .

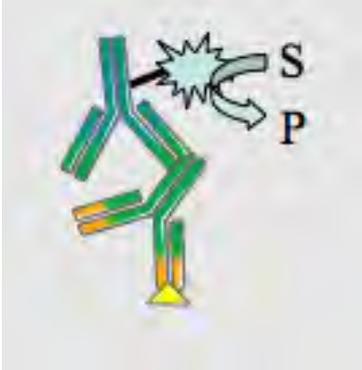
NOM :

Prénom :

Salle :

Question I-A-2-a. Schématisez le principe de l'immunomarquage réalisé pour obtenir la figure I-2-(HNK1) (Aucun commentaire n'est attendu sur le schéma). Quel est l'intérêt du témoin réalisé ?

Réponse à la question I-A-2-a



Le témoin permet de vérifier que le second anticorps n'interagit pas directement avec les éléments de la coupe. Il n'est pas un témoin de spécificité.

Question I-A-2-b. Identifiez les structures marquées (vous pouvez renvoyer aux photos par des numéros)

Réponse à la question I-A-2-b

Ganglion rachidien (spinal)

(Trajet des) nerfs périphériques

Ganglion mésentérique (ou structures proche du mésonéphros)

Question I-A-2-c L'ensemble du processus de mise en place des CCN peut être utilisé comme modèle d'étude de processus pathologiques. Pour quel processus pathologique ce modèle vous semble-t-il le plus pertinent ? Vous justifierez votre proposition.

Réponse à la question I-A-2-c

La mise en place implique une transition épithélio-mésenchymateuse, des modifications des relations cellules-cellules et cellules matrices et un processus de migration cellulaire.

Un processus pathologique impliquant ces phénomènes est la formation de métastases cancéreuses.

NOM :

Prénom :

Salle :

I.B- Les modalités d'adhérence des cellules de crêtes neurales

Les observations présentées au I.A ont permis à différentes équipes de recherche d'émettre l'hypothèse de l'implication des modalités d'adhérence cellulaire, en particulier de la N-Cadhérine (NCadh), dans le processus de mise en place des CCN.

Question I-B-1 Rappelez ce qu'est la N-Cadhérine.

Réponse à la question I-B-1

Protéine transmembranaire, organisation modulaire, (cadh-repeat), interaction homophile calcium-dépendante ;

Implication dans les jonctions cellule – cellule.

Cette hypothèse est testée *in vivo* par la manipulation décrite dans la figure I-3

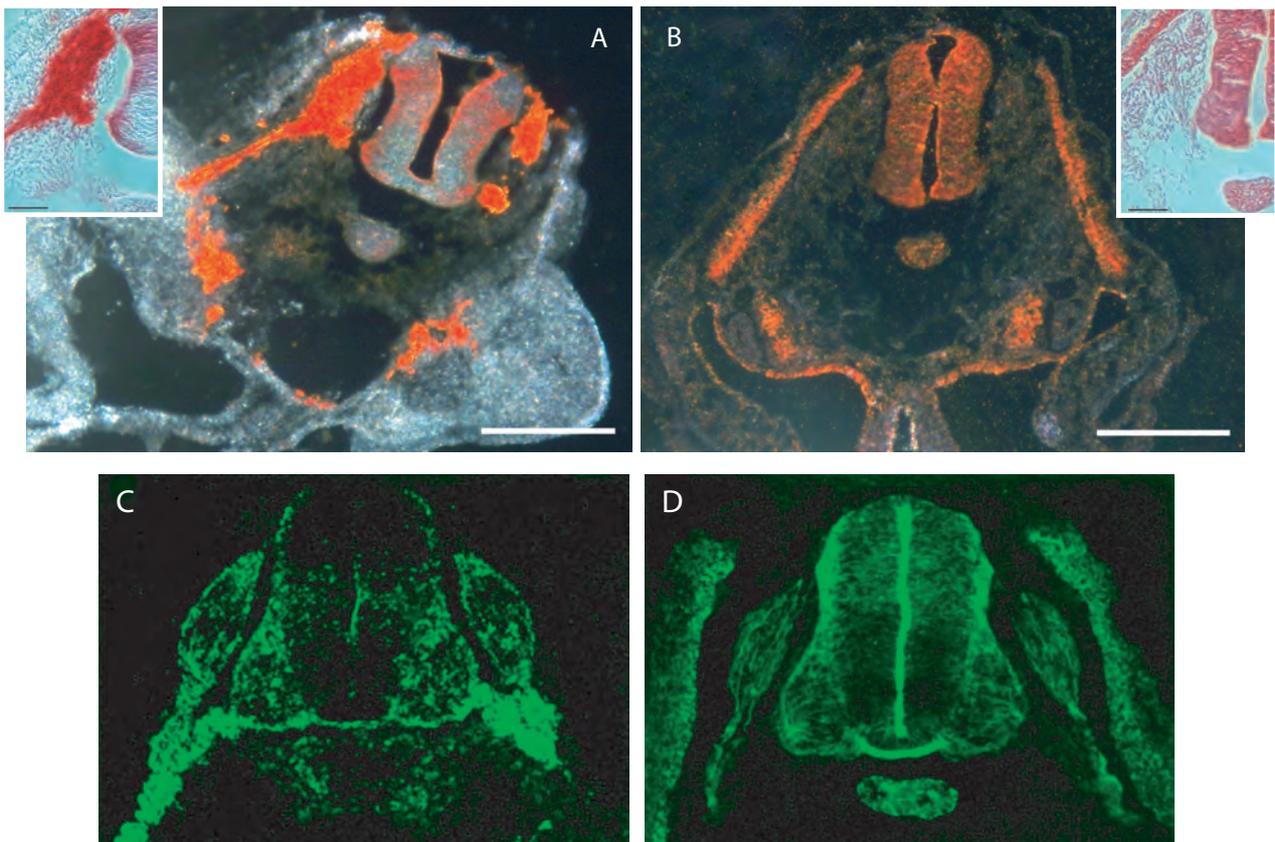


Figure I-3. Immunomarcage de HNK1 (A, C) et de NCadh (B, D) sur des coupes à congélation au niveau du tronc d'embryon de poulet (A,B) à 3 jours de développement (HH stade 19) avec révélation FastRed, et (C, D) à 4,5 jours de développement (HH stade 23) avec révélation en fluorescence. Inserts : détails en microscopie à contraste de phase. Barre : 100 μ m (inserts : 50 μ m). (C,D) d'après Akitaya & al. (1992)

NOM :

Prénom :

Salle :

Question I-B-2 Quels résultats sont obtenus par cette manipulation ?

Réponse à la question I-B-2

A 3 jours, la zone marquée de façon différentielle est la zone latérale du tube nerveux : les cellules issues des crêtes neurales (HNK1 +) n'expriment pas la N-Cadh dans cette zone.

A 4,5 jours, les ganglions rachidiens se sont mis en place dans cette zone. Ils sont constitués de cellules des crêtes neurales (HNK1 +), qui expriment la N-Cadh.

Question I-B-3 Sachant que les cellules de la plaque neurale expriment initialement la E-Cadhérine, proposez sous forme de schéma un modèle de migration des CCN intégrant leurs propriétés d'adhérence. Comment tester ce modèle ?

Réponse à la question I-B-3

Eléments attendus sur le schéma :

Expression de E-Cadh dans le neuroderme, perte d'expression et transition épithélio-mésenchymateuse ;

Migration des cellules de crête neurale

Mise en place à l'emplacement final (exemple ganglion rachidien) et expression d'une nouvelle forme de cadhérine (exemple : la N-Cadh)

On peut tester le modèle en jouant sur l'expression différentielle des cadhérines, en modulant les interactions homophiles, ...

Il a été démontré par la suite par Thevenot & al. que la N-Cadhérine est nécessaire à la migration des cellules des crêtes neurales chez les amphibiens et les téléostéens (cf partie II).

Question I-B-4 Proposez des hypothèses pouvant intégrer ce résultat et les conclusions I-B-3.

Ces résultats apparaissent incohérents entre eux. Différentes hypothèses peuvent être proposées : différence de mécanisme (ou moléculaire) liée à l'espèce, implication d'autres systèmes moléculaires...

NOM :

Prénom :

Salle :

II- L'adhésion cellulaire au cours de la migration des crêtes neurales

Dans le cas de l'embryon de poulet, l'immunomarquage HNK1 peut être fait sur embryon *in toto* pour des stades précoces (HH18, 4 jours de développement).

La figure II-1 montre le résultat de ce type de manipulation.

On constate que la migration des CCN ne se fait pas de façon homogène le long de l'axe antéro-postérieur. On cherche à comprendre quelle est l'origine de ce phénomène.

Le but de cette partie est de tester expérimentalement l'hypothèse d'une variation de l'adhésion des CCN sur différents types de supports matriciels.

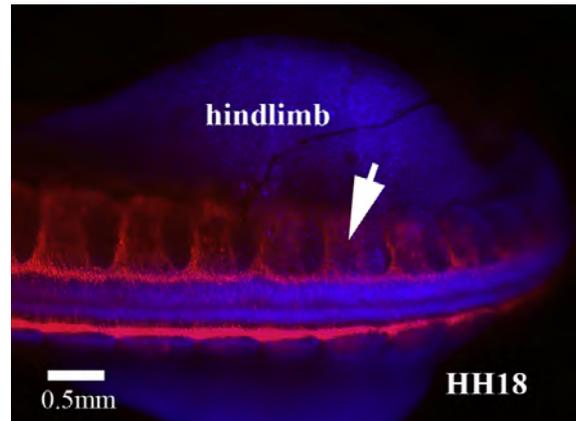


Figure II-1 Immunodétection de HNK1 (rouge) sur embryon de poulet *in toto*. Bleu : DAPI.

ATTENTION ! Cette partie comporte deux temps : création, puis mise en œuvre du protocole.

La page permettant de répondre à la question II-A-3 sera ramassée au bout de 2 heures d'épreuve.

Elle sera remplacée par un protocole imposé, que vous mettrez en œuvre à votre convenance.

II-A- Construction du protocole expérimental

A partir des données ci-dessous, vous établirez un protocole expérimental permettant de **comparer le nombre de cellules adhérant aux différents substrats en 45 minutes selon le protocole de Kueng / Scragg. Les différents substrats testés seront le plastique de culture, la Fibronectine, le Collagène I.**

Quantification de cellules cultivées en plaques 96 puits (d'après Kueng & al. 1989 ; Scragg et Ferreira 1991).

Le protocole a été testé sur différentes lignées cellulaires continues, dont les L6 (myoblastes mutants), MCF-7 (épithéliale de tumeur mammaire humaine), NIH-3T3 (fibroblastes embryonnaires murins), PC12 (médullo-surrénale de rat), VERO (épithéliale de rein de singe). Ces lignées adhèrent sur plastique en culture. L'ensemble de la manipulation se fait à température ambiante (20°C), sur des plaques de 96 puits. Au moment choisi, le milieu de culture est éliminé avec précaution et les cellules sont rincées doucement au PBS (Phosphate Buffered Saline) pendant 5 min., puis fixées par l'éthanol (5 min. environ). Les puits sont égouttés jusqu'à séchage quasi-complet. Un point d'arrêt de la manipulation est possible à ce stade. Les cellules sont ensuite mises pendant 15 min en présence de 100 µL de solution aqueuse de violet cristal (0,1 %), qui colore les noyaux. Après deux rinçages à l'eau et séchage quasi-complet, le colorant est élué par 100 µL de solution aqueuse de SDS 1% (30 min.). L'absorbance est lue à 590 nm sur un lecteur de plaque. N.B. : La linéarité de la quantification dépend de la lignée cellulaire utilisée et doit être vérifiée. La densité cellulaire maximale recommandée est de $2 \cdot 10^4$ cellules par puits (le volume utile d'un puits est de 100 µL).

NOM :

Prénom :

Salle :

Préparation des supports de culture (d'après Ure et Acheson 1992)

Le support plastique fournit par les fabricants est préparé pour la culture et permet de favoriser l'adhésion. Il est pris comme référence dans les tests.

Il peut adsorber différentes molécules : il suffit pour cela de couvrir le support de culture pendant une nuit à 4°C avec une solution de la molécule à tester. Après un rinçage, le support est prêt à l'emploi.

Les molécules matricielles adsorbées peuvent être conservées après séchage complet. Elles sont utilisables pour la culture après une réhydratation (10 min.) en PBS.

Conditions de manipulation imposées.

N.B. : Le sérum est une solution contenant essentiellement 60 g/L d'Albumine et une quantité variable mais importante (de l'ordre de 130 µg/mL) de Fibronectine (anciennement appelée « cold insoluble globulin »).

La manipulation se fera avec des cellules de la lignée PC-12. Cette lignée adhérente est maintenue dans un milieu de Dulbecco (milieu de culture cellulaire) auquel est ajouté 10 % du sérum de veau. Vous pouvez obtenir 2 ml d'une suspension de cellules PC-12 contenant $4 \cdot 10^5$ cellules dans le milieu de votre choix.

Vous disposez d'une plaque 96 puits traitée pour la culture cellulaire, dont vous admettez que vous avez pu préparer les puits à votre convenance la veille.

Question II-A-1 Qu'est-ce qu'une lignée cellulaire continue ?

Réponse à la question II-A-1

Une lignée cellulaire continue est une lignée à prolifération infinie (immortalisation).

Question II-A-2 Pourquoi choisir les cellules PC-12 dans ce protocole ?

Réponse à la question II-A-2

Les cellules PC-12 proviennent de la médullo-surrénale, donc sont dérivées des crêtes neurales.

Question II-A-3 : Proposez alors un schéma de protocole détaillé et justifié de la manipulation que vous envisagez, en tenant compte des conditions imposées et de votre matériel. Votre protocole inclura le plan de la plaque et précisera quelle préparation de cette plaque a été nécessaire.

LA PAGE CONTENANT CE PROTOCOLE SERA RAMASSEE AU BOUT DE DEUX HEURES D'EPREUVE et un protocole imposé vous sera alors fourni.

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

Réponse à la question II-A-3

Eléments attendus dans le protocole à proposer :

- préparation du support de culture par les substrats à tester : collagène I, fibronectine sur quelques puits (à indiquer dans le plan de plaque).
- ensemencement des cellules dans un milieu SANS sérum. Le volume de suspension cellulaire pratique est de 100 μ L, qui contient les 20 000 ϕ correspondant à l'ensemencement maximum.
- Réalisation d'une courbe étalon permettant de valider la linéarité de la quantification dans le cas des cellules utilisées : ensemencement de différentes concentrations de cellules sur le support le plus favorable (*a priori* le plastique d'après l'énoncé), réalisation de la manipulation dans les conditions utilisées (donc à inclure et à indiquer dans le plan de plaque)
- Tous les points de mesure sont répétés (triplicat).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A												
B												
C												
D												
E												
F												
G												
H												

NOM :

Prénom :

Salle :

II-B- Réalisation du protocole expérimental imposé

Question II-B-1 Quel est l'intérêt des puits préparés du protocole imposé ?

Réponse à la question II-B-1

Les puits coâtés au collagène permettent de tester l'adhésion sur collagène

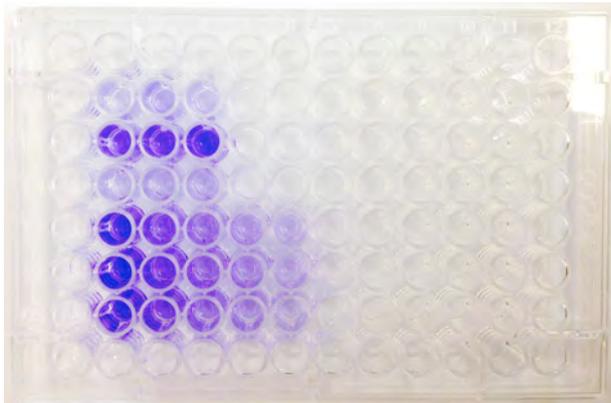
Les puits coâtés BSA et Sérum permettent de tester l'adhésion liée à la fibronectine. Les concentrations de BSA sont identiques. Cette comparaison suppose qu'il n'y a pas d'autre molécule impliquée dans l'adhésion présente dans le sérum.

Question II-B-2 Mettez en œuvre le protocole imposé. Présentez vos résultats.

Réponse à la question II-B-2

Résultats attendus :

plaque

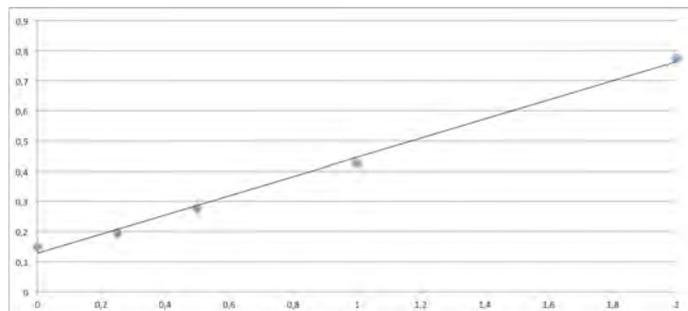


lecture DO brute

	H	G	F	E	D	C	B	A	
01	0,040	0,041	0,033	0,042	0,093	0,043	0,045	0,044	01
02	0,039	0,754	0,805	0,768	0,173	0,547	0,164	0,043	02
03	0,041	0,438	0,448	0,397	0,187	0,548	0,266	0,044	03
04	0,043	0,266	0,280	0,296	0,189	0,742	0,178	0,045	04
05	0,040	0,196	0,198	0,197	0,040	0,049	0,039	0,051	05
06	0,040	0,144	0,143	0,165	0,040	0,042	0,037	0,052	06
07	0,041	0,043	0,036	0,039	0,037	0,040	0,037	0,049	07
08	0,042	0,041	0,045	0,041	0,040	0,048	0,046	0,044	08
09	0,040	0,038	0,046	0,043	0,043	0,047	0,047	0,050	09
10	0,039	0,041	0,041	0,043	0,044	0,045	0,054	0,044	10
11	0,040	0,041	0,045	0,041	0,043	0,044	0,043	0,041	11
12	0,043	0,043	0,045	0,043	0,047	0,043	0,043	0,042	12

Vérification de la linéarité de la réponse :

Nbre cellules	2	1	0,5	0,25	0	.10 ⁴ cellules
	0,768	0,397	0,296	0,197	0,165	
	0,805	0,448	0,28	0,198	0,143	
	0,754	0,438	0,266	0,196	0,144	
Moyenne	0,776	0,428	0,281	0,197	0,151	



Courbe DO = f(nombre de cellules)

NOM :

Prénom :

Salle :

				Moyenne
BSA	0,164	0,266	0,178	0,203
Sérum	0,547	0,548	0,742	0,612
Coll I	0,173	0,187	0,189	0,183

Comme la DO est directement proportionnelle au nombre de cellule, le % s'obtient immédiatement en comparant ces valeurs à celles qui sont observées pour le même ensemencement sur plastique :

BSA : on obtient 26 % des cellules observées sur plastique

Sérum : on obtient 79 % des cellules observées sur plastique de culture

Collagène I : on obtient 24 % des cellules observées sur plastique de culture

Question II-B-3 Quelles sont vos conclusions par rapport à la question initialement posée ?

Réponse à la question II-B-3

Le plastique de culture est le meilleur substrat. Il est traité d'une façon non décrite, mais efficace.

La BSA diminue fortement l'adhésion sur le plastique. La fibronectine présente dans le sérum permet une adhésion malgré la BSA. On peut supposer que cette molécule favorise l'adhésion cellulaire.

Le collagène I ne permet pas une bonne adhésion.

Si on considère les cellules PC12 comme un modèle des cellules de crêtes neurales, l'hypothèse d'une variation d'adhésion des cellules de crêtes neurales en fonction du substrat matriciel est recevable

II-C- Intégration de données supplémentaires

Lallier & al. (1992) ont testé, dans des conditions analogues, l'adhésion au substrat de CCN d'embryons de poulet, en présence d'anticorps dans le milieu (figure II-2).

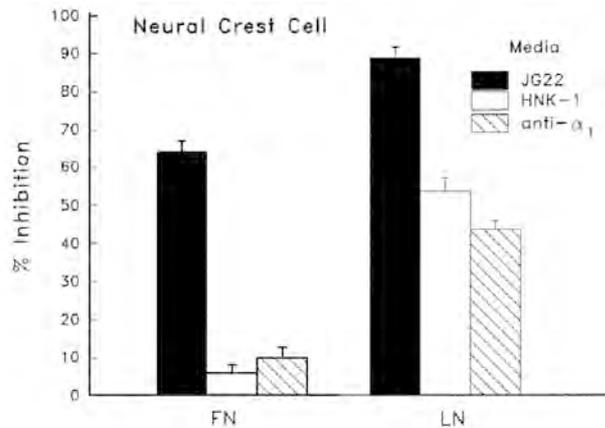


Figure II-2. L'adhésion des CCN est testée sur substrat de fibronectine purifiée (FN) ou laminine purifiée (LN). Le pourcentage d'inhibition est calculé en comparant l'adhésion cellulaire en présence dans le milieu d'anticorps JG22 (anti- β_1 intégrine), anti-HNK1 ou anti- α_1 (anti α_1 intégrine), avec l'adhésion en absence d'anticorps. (d'après Lallier & al. 1992, simplifié)

Question II-C-1 Qu'est-ce qu'une intégrine ?

Réponse à la question II-C-1

Protéine transmembranaire, hétérodimère alpha-beta, interaction cellule-matrice Ca dépendante.

Question II-C-2 Comment expliquer la différence d'effets observée entre JG22 et anti- α_1 ?

Réponse à la question II-C-2

La présence de JG22 inhibe l'adhésion sur FN et LN. La sous-unité β_1 est a priori impliquée dans le processus d'adhésion dans les deux cas.

La présence d'anti- α_1 inhibe l'adhésion sur LN. La sous-unité α_1 est impliquée dans le processus d'adhésion uniquement sur LN.

Question II-C-3 Proposez une interprétation de l'effet de l'anti-HNK1

Réponse à la question II-C-3

L'anti-HNK1 inhibe l'adhésion sur LN ; ce résultat suggère que cette molécule de surface est également impliquée dans l'adhésion.

NOM :

Prénom :

Salle :

Question II-C-4 Intégrez ces données dans un schéma bilan représentant une cellule de crête neurale en migration.

Réponse à la question II-C-4

Points à faire apparaître sur le schéma :

- pas de cadhérine !
- présence de matrice avec différentes molécules
- présence de récepteurs cellulaires (intégrines)
- interactions différentielles impliquant récepteurs et molécules matricielles

Partie II : Quelques conditions de la migration des cellules des crêtes neurales

Les travaux sont menés chez le rat dans la première partie et chez le xénope dans la seconde.

II-A Première sous-partie : versicane et barrières à la migration cellulaire

Le versicane est un protéoglycane de la matrice extracellulaire. Au niveau des somites, les versicanes V0 et V1 sont spécifiquement exprimés dans la région postérieure des sclérotomes, que les cellules des crêtes neurales ne traversent pas pendant leur migration.

Des cellules des futures crêtes neurales sont placées en culture sur différents substrats et le résultat est observé après quelques heures.

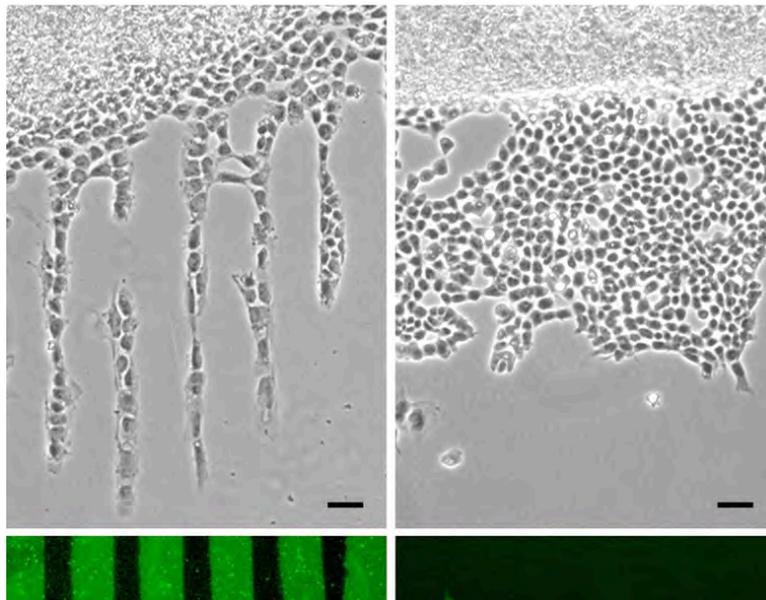


Figure II-1 : migration différentielle des cellules selon le substrat

Les cellules des crêtes neurales (clichés du haut) sont observées après avoir été déposées sur :

- à gauche : alternance de bandes contenant un mélange fibronectine ($100 \mu\text{g.mL}^{-1}$) / V0/V1 ($50 \mu\text{g.mL}^{-1}$) et de bandes contenant uniquement de la fibronectine ($50 \mu\text{g.mL}^{-1}$)
- à droite : alternance de bandes contenant uniquement de la fibronectine (100 et $50 \mu\text{g.mL}^{-1}$)

La zone de dépôt des cellules est située en haut du cliché. Barre d'échelle : $50 \mu\text{m}$.

V0/V1 sont révélés par immunofluorescence (clichés du bas). (d'après Gutt S. et al., 2006)

NOM :

Prénom :

Salle :

Question II-A-1 : Expliquez ce que cherche à mimer le protocole mis en œuvre, ainsi que le choix des concentrations en fibronectine et en V0/V1.

Réponse à la question II-A-1

Mime l'organisation antéro-postérieure des sclérotomes, avec le versicane comme seul facteur variant

Question II-A-2 : Interprétez les résultats obtenus.

Réponse à la question II-A-2

La FN seule permet une migration des cellules, qui restent groupées.

V0/V1 inhibe la migration malgré la présence de fibronectine.

Cela permet d'expliquer l'absence de migration des cellules dans le sclérotome postérieur

Le nombre de cellules adhérant sur les différents substrats est évalué au cours du temps.

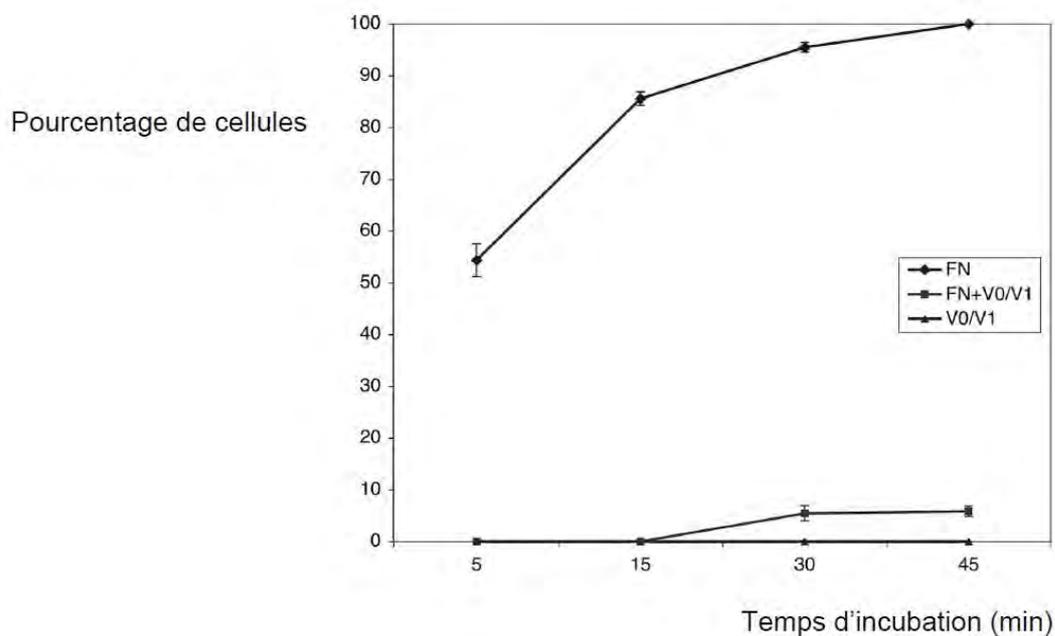


Figure II-2 : résultat des tests d'adhésion

FN : cellules sur fibronectine ($100 \mu\text{g.mL}^{-1}$) ; FN + V0/V1 : cellules sur fibronectine ($100 \mu\text{g.mL}^{-1}$) et V0/V1 ($75 \mu\text{g.mL}^{-1}$) ; V0/V1 : cellules sur versicanes seuls ($75 \mu\text{g.mL}^{-1}$). La valeur de 100 % est attribuée à la quantité de cellules attachées sur fibronectine seule à 45 minutes (d'après Gutt S. et al., JBC 2006)

NOM :

Prénom :

Salle :

Question II-A-3 : Analysez le graphe et concluez sur le rôle des versicanes dans la migration des cellules, ainsi que sur son mode d'action.

Réponse à la question II-A-3

Pas d'adhésion sur versicane seul.

La quantification de l'effet du versicane montre une inhibition de 92 %.

L'absence de migration observée précédemment peut s'expliquer par une perte d'adhésion. Ce résultat permet de supposer une interaction entre le processus d'adhésion sur FN d'une part et sur V0/V1 d'autre part.

On s'intéresse dans la suite à l'origine génétique des versicanes V0 et V1.

La partie protéique du protéoglycane V0 est constituée de quatre domaines successifs. Deux domaines globulaires (HABR et EGF/Lec/CRP) sont séparés par deux domaines (GAG- α et GAG- β) qui présentent des sites de fixation pour des glycosaminoglycanes.

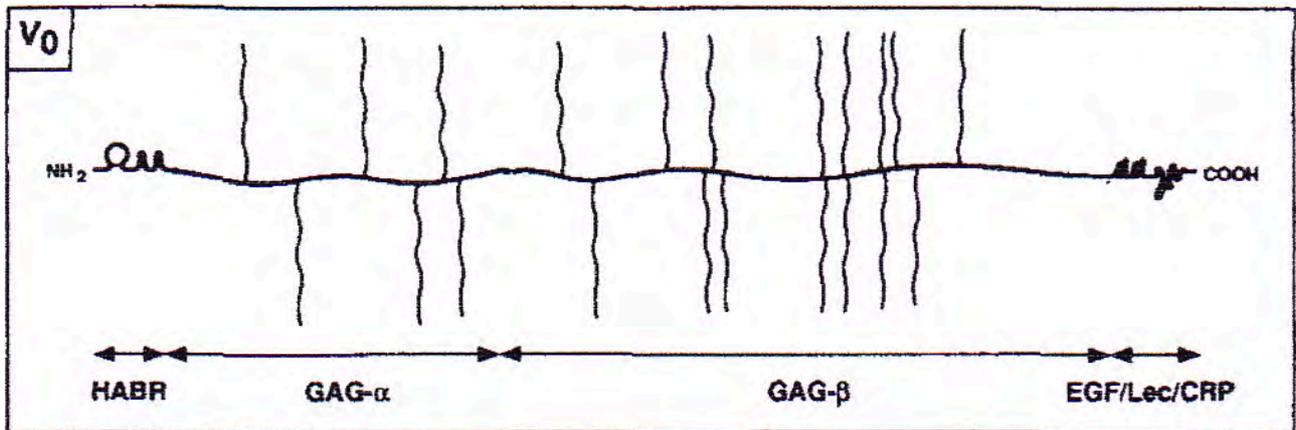


Figure II-3 : structure de V0 (d'après Dours-Zimmermann et al. JBC 1994)

NOM :

Prénom :

Salle :

Des cellules de gliome en culture expriment naturellement V0 et V1. Les protéoglycanes sont extraits puis séparés par SDS-PAGE.

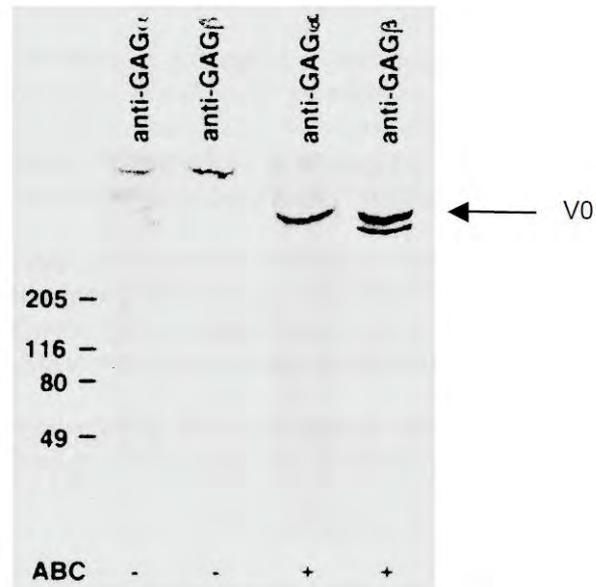


Figure II-4 : western blot du résultat de l'électrophorèse (d'après Dours-Zimmermann et al. JBC 1994)

La révélation est faite à l'aide d'anticorps anti-GAG- α ou anti-GAG- β ; les échantillons sont soumis (+) ou non (-) à digestion par la chondroitinase ABC avant la séparation électrophorétique. Les marqueurs de taille sont exprimés en kDa.

Question II-A-4 : En utilisant les figures II-3 et II-4, dégagez quelques caractéristiques différenciant V1 de V0.

Réponse à la question II-A-4

Les anticorps révèlent spécifiquement les domaines, V0 est reconnu par les deux anticorps donc contient les deux domaines ;

V1 migre plus loin donc est plus court, n'est reconnu que par l'anticorps anti- β , donc ne contient pas le domaine α .

Avant digestion par la chondroitinase, il n'y a pas de différence détectable de migration entre V0 et V1. L'électrophorèse n'est pas suffisamment résolutive dans cette zone du gel.

NOM :

Prénom :

Salle :

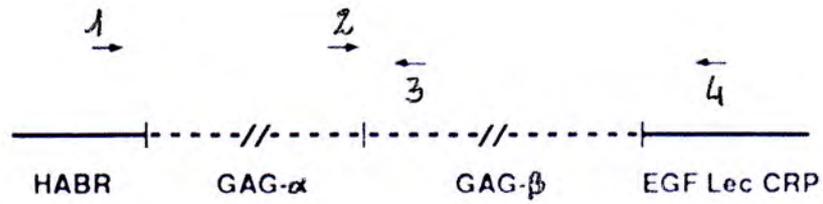


Figure II-5 : représentation schématique de l'ADNc de V0

Les flèches 1, 2, 3 et 4 représentent les primers utilisés dans les RT-PCR de la figure II-6

Question II-A-5 : Rappelez par un schéma commenté le principe du protocole d'une RT-PCR

Réponse à la question II-A-5

Extraction des ARN cellulaires

Reverse transcription des ARN grâce à une reverse-transcriptase : obtention d'une population d'ADNc.

Amplification d'un fragment d'ADNc par PCR :

- primer spécifiquement choisi en fonction du fragment à amplifier
- cycles d'amplifications répétés exploitant les propriétés de dénaturation thermique de l'ADN et la résistance thermique de la TAQ-polymérase.

NOM :

Prénom :

Salle :

Les ARNm totaux sont extraits de différents tissus humains, Les ADNc spécifiques des isoformes V0 et V1 sont amplifiés et détectés par électrophorèse.

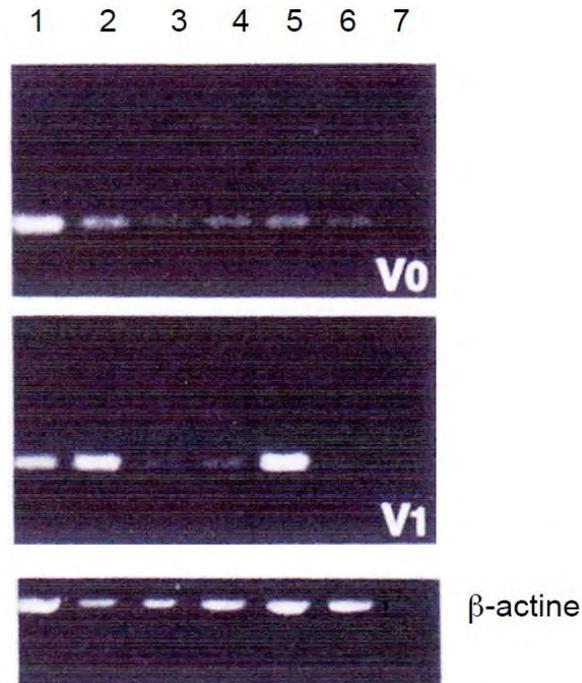


Figure II-6 : séparation électrophorétique du résultat des amplifications par RT-PCR

Les ARNm totaux sont initialement extraits de : 1 cortex cérébral ; 2 aorte ; 3 disque intervertébral ; 4 foie ; 5 myomètre ; 6 prostate. Le 7 est un contrôle négatif (d'après Dours-Zimmermann et al. JBC 1994)

Question II-A-6 : Indiquez quels primers ont été utilisés pour la détection spécifique de V0 en justifiant votre réponse.

Réponse à la question II-A-6

L'utilisation du primer 2 permet de s'assurer de la présence du fragment α . Le deuxième primer doit être suffisamment éloigné pour obtenir un fragment facilement détectable : le 4 sera préféré au 3.

(la taille du fragment obtenu par l'utilisation du couple 1 / 3 peut aussi être utilisée).

Question II-A-7 : expliquez l'intérêt de la détection en parallèle de l'ARNm de la β -actine.

Réponse à la question II-A-7

Les bandes sont de même épaisseur donc l'ARN est présent en même quantité. Or l'actine est une protéine ubiquitaire dont la concentration est a priori comparable dans toutes les cellules. Il s'agit d'un témoin de charge autorisant la comparaison des résultats pour V0 et V1.

NOM :

Prénom :

Salle :

Question II-A-8 : analysez succinctement les résultats.

V0 est relativement ubiquiste mais en faible quantité. Il est en revanche très présent dans le système nerveux central V1 n'est présent que dans le SNC et les organes richement innervés

Question II-A-9 : conclure sur le mécanisme d'expression génétique à l'origine des isoformes V0 et V1 , un schéma est attendu.

Hypothèse 1 : V0 et V1 sont issus d'épissage alternatif d'un même ARNpm.

Hypothèse 2 : V0 et V1 proviennent de deux gènes différents certainement issus de duplication.

II-B Deuxième sous-partie : l'effet de groupe sur le chimiotactisme

Un massif de crêtes neurales est extrait d'un embryon de Xénope. L'explant est mis en culture sur fibronectine, puis analysé par microscopie électronique à balayage (MEB).

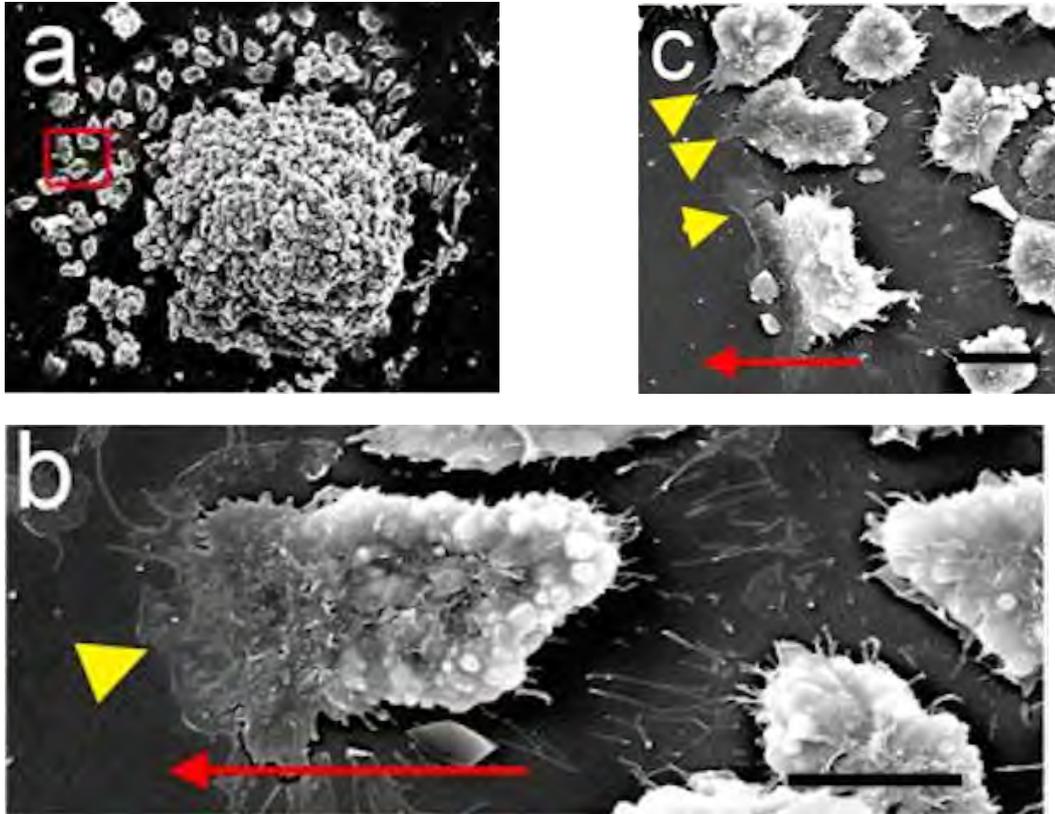


Figure II-7 : observation au MEB des cellules en culture.

Le carré rouge sur la vue (a) indique l'emplacement des cellules visibles sur les agrandissements b et c. Les flèches rouges montrent le sens de migration des cellules. Barres d'échelle : 50 μm . (d'après Carmona-Fontaine C. et al., Nature 2009)

Question II-B-1 : rappelez le principe de fonctionnement d'un MEB ainsi que le type de structures visibles grâce à cette technique.

Réponse à la question II-B-1

Eléments attendus :

- Structures recouvertes de métal soumises à un faisceau d'électrons primaires
- récupération des électrons secondaires émis par la surface métallisée
- traduction du courant en intensité lumineuse de pixel
- construction de l'image par balayage de l'échantillon.

NOM :

Prénom :

Salle :

Question II-B-2 : décrivez la morphologie des cellules visibles sur la gauche des agrandissements b et c. Vous indiquerez, sur un schéma légendé, quelle est la structure désignée par les pointes de flèches jaunes.

Réponse à la question II-B-2

Éléments attendus :

Cellules asymétriques avec un lamellipode (flèche jaune) à l'avant et des figures de rétraction à l'arrière

Seules les cellules situées en périphérie des massifs cellulaires présentent ces caractéristiques.

Un explant est dissocié puis ses cellules sont réassociées au hasard. De nouveau, seules les cellules périphériques sont semblables à celles observées sur l'agrandissement b de la figure II-7.

Question II-B-3 : interprétez ce résultat.

Réponse à la question II-B-3

Un amas est capable de se réorganiser en une structure migrante. Seule la position des cellules détermine leur rôle au sein de l'amas.

Deux paramètres sont évalués, sur des cellules isolées d'une part et sur des cellules bordant un groupe d'autre part :

- la vitesse de déplacement

- la persistance de direction, définie par le rapport entre la distance linéaire séparant la position initiale de la position finale d'une cellule et la distance réellement parcourue par la cellule entre ces deux points.

Pour faciliter leur suivi, les cellules sont rendues fluorescentes de deux façons : un marquage membranaire à la GFP (Green Fluorescent Protein) ; un marquage nucléaire à la RFP (Red Fluorescent Protein).

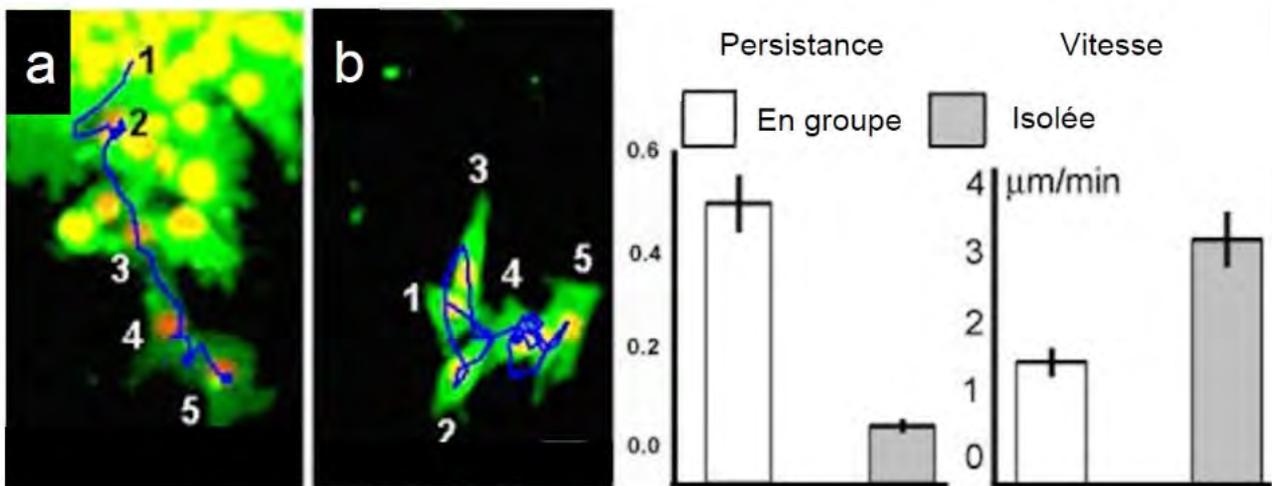


Figure II-8 : comparaison du comportement de cellules isolées et de cellules bordant un groupe

a, b : observation au microscope confocal à fluorescence de cellules préalablement marquées (a : à la périphérie d'un groupe ; b : isolée). Les positions 1 à 5 sont les positions successives occupées par la cellule suivie. Le trajet total parcouru par la cellule est visualisé par le trait bleu. (d'après Carmona-Fontaine C. et al., Nature 2009)

Question II-B-4 : interprétez les résultats obtenus.

Réponse à la question II-B-4

Les mouvements des cellules isolées sont plus aléatoires que ceux de cellules en groupe (persistance 10 x supérieure). Les cellules en groupe se déplacent deux fois moins vite que les cellules isolées. Les interactions cellulaires semblent favoriser la constance de la direction de déplacement aux dépens de la vitesse du déplacement.

NOM :

Prénom :

Salle :

La protéine sdf-1 (stroma cell-derived factor 1) est connue pour intervenir dans la mise en place du système nerveux central. Son récepteur est Cxcr4. On sait que les cellules des crêtes neurales expriment Cxcr4 avant et pendant leur migration et que la région des arcs branchiaux exprime quant à elle sdf-1.

Des explants de crêtes neurales sont placés sur fibronectine à proximité d'une bille imbibée de PBS (tampon) ou de sdf-1. (d'après Théveneau E. et al., Dev. Cell. 2010)

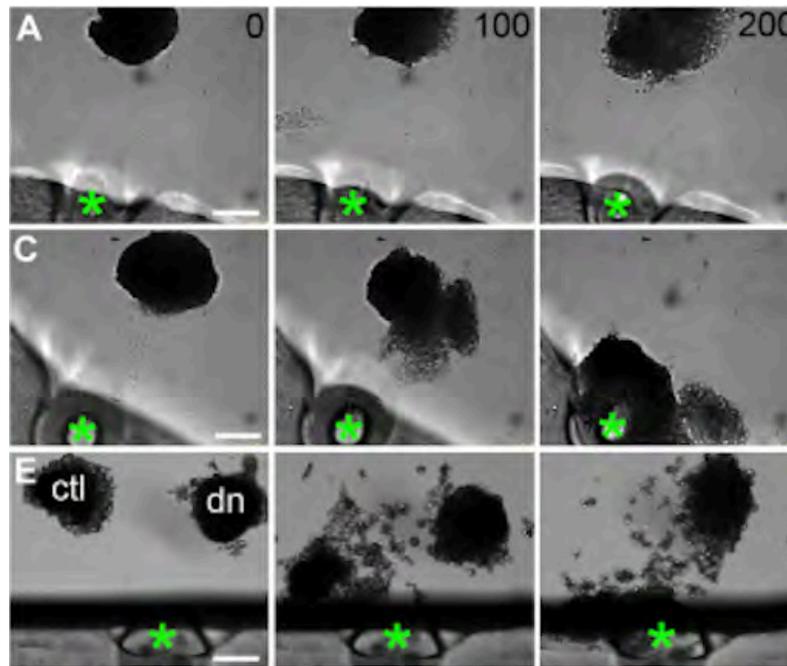


Figure II-9 : effet de sdf-1 sur la migration des cellules

L'étoile verte indique la position de la bille (imbibée de PBS en A, de sdf-1 en C et E). ctl : explant de cellules contrôles ; dn : explant de cellules dans lesquelles la traduction de l'ARNm du gène Cxcr-4 est empêchée). Les explants sont observés à des temps différents, indiqués en minutes. Barres d'échelle : 150 μ m.

Question II-B-5 : Rappelez quelle technique peut être employée pour inhiber de façon spécifique la traduction d'un ARNm.

Réponse à la question II-B-5

Technique attendue : technique utilisant des ARN interférents.

Autre technique possible : morpholino, anti-sens, ...

NOM :

Prénom :

Salle :

Question II-B-6 : Interprétez les résultats obtenus.

Réponse à la question II-B-6

On sait que la FN permet la migration.

La migration n'est observée que si la bille est imprégnée de sdf-1 et se fait vers cette source de sdf-1 : effet chimiotactique du sdf-1

Tout l'explant migre. La morphologie de l'explant en migration (cellules périphériques en avant) et la vitesse de migration (lente : de l'ordre de $1 \mu\text{m} / \text{min}$) sont cohérentes avec les résultats précédents.

En absence du récepteur sur les cellules de l'explant, la migration n'a pas lieu. La réception de sdf-1 est nécessaire à la migration.

Cependant, quelques cellules dépourvues de récepteur semblent migrer en association avec l'explantctl. En absence de témoin dn seul, il est difficile de conclure.

Le même type de dispositif est utilisé pour mesurer l'indice chimiotactique (reflétant la distance et la vitesse de déplacement en direction de sdf-1) dans différents cas.

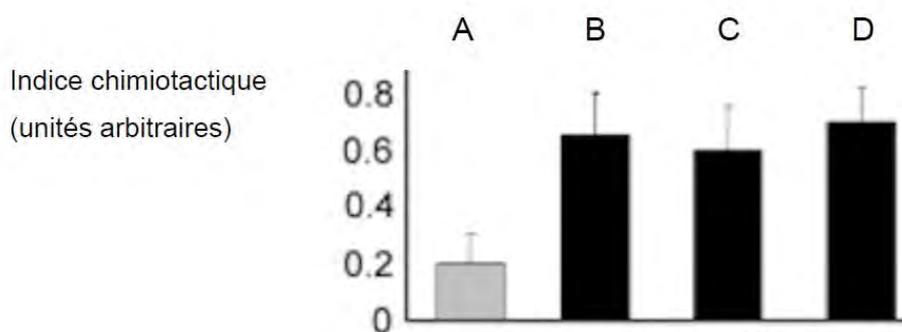


Figure II-10 : indice chimiotactique dans différents contextes cellulaires

A : cellules isolées ; B : explant natif ; C : cellules dissociées puis réarrangées en groupes de quelques cellules ; D : cellules dissociées puis réarrangées en groupes d'une centaine de cellules (taille initiale d'un explant). (d'après Théveneau E. et al., Dev. Cell. 2010)

NOM :

Prénom :

Salle :

Question II-B-7 : interprétez les résultats obtenus.

Réponse à la question II-B-7

L'indice chimiotactique est 3 fois supérieur pour les cellules groupées que pour les cellules isolées, et ce quelle que soit la taille du groupe. Quelques contacts cellulaires suffisent à favoriser la migration en présence d'un signal chimiotactique.

Les cellules d'un explant contrôle sont marquées à la RFP au niveau du noyau ; les cellules d'un explant n'exprimant pas Cxcr4 sont marquées à la GFP au niveau membranaire (voir figure II-8). Les explants sont placés à égale distance d'une bille imbibée de sdf-1, sur un lit de fibronectine.

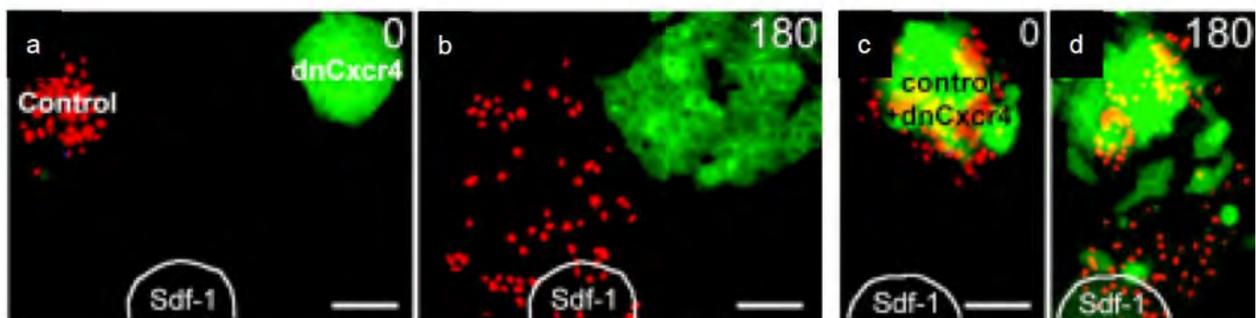


Figure II-11 : migration différentielle des cellules

Les résultats sont observés à t0 ou 180 minutes après. En c, les cellules des explants sont mélangées. Barres d'échelle : 150 μ m. (d'après Théveneau E. et al., Dev. Cell. 2010)

Question II-B-8 : Comparez les résultats à 180 minutes. Concluez quant au lien entre la sensibilité à sdf-1 et la migration de groupe.

Réponse à la question II-B-8

a et b reproduisent (et confirment) les résultats précédents.

c et d : montrent la migration de cellules SANS récepteur lorsqu'elles sont associées à des cellules contrôles.

La présence de cellules sensibles au sein d'un groupe suffit à la migration du groupe.

NOM :

Prénom :

Salle :

Question II-B-9 : Proposez une hypothèse explicative de l'effet sur le groupe.

Réponse à la question II-B-9

L'effet de groupe peut s'expliquer par la présence de mécanisme d'adhérence entre cellules. Les cadhérines peuvent être des molécules candidates.

On s'intéresse maintenant aux protrusions mises en place sous l'effet de sdf-1 dans différentes conditions.

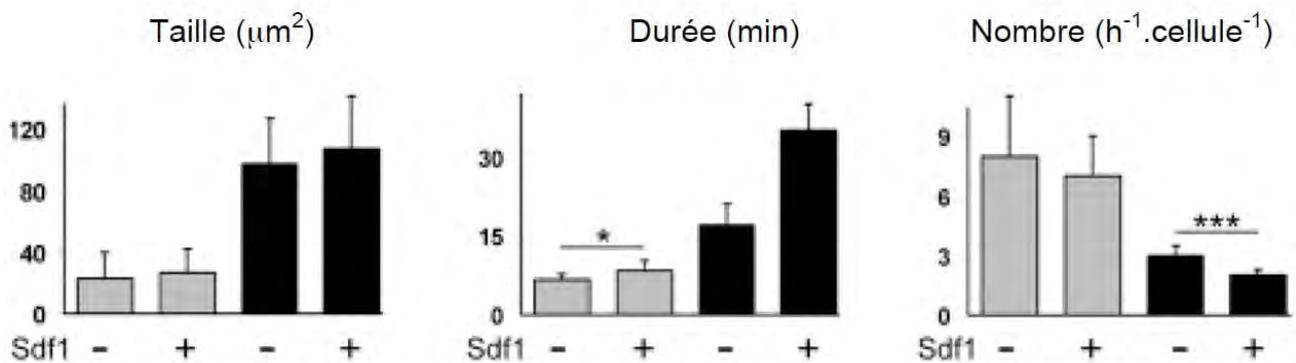


Figure II-12 : caractéristiques des protrusions en absence (-) ou en présence (+) de sdf-1

Gris : cellules isolées ; Noir : cellules en périphérie d'amas (d'après Théveneau E. et al., Dev. Cell. 2010)

Question II-B-10 : Interprétez les résultats obtenus et reliez-les à ce qui a déjà été démontré.

Réponse à la question II-B-10

Le sdf-1 est sans effet sur les protrusions de cellules isolées. En revanche, il augmente la durée et diminue le nombre de protrusions des cellules périphériques d'un amas : cet effet peut expliquer la persistance de la direction du déplacement en groupe

Remarque : en absence de sdf-1, le même constat peut déjà être fait ! il y a bien un effet de groupe.

NOM :

Prénom :

Salle :

Il a été montré que l'ajout d'anticorps anti-N-cadhérine inhibe la migration orientée d'un groupe de cellules et augmente la quantité des protrusions des cellules situées au centre de l'amas.

Question II-B-11 : Construisez un schéma-bilan de cette sous-partie B montrant le rôle de sdf-1, des cadhérines, l'effet de groupe et sa cause probable dans la migration orientée des cellules des crêtes neurales.

Réponse à la question II-B-11

Eléments attendus :

Cellules périphériques avec lamellipode unique (et stable)

Effet chimiotactique de sdf-1 par liaison à son récepteur (nécessaire sur cellules périphériques uniquement)

Migration de groupe grâce aux cadhérines

Effet des cellules « internes » du groupe sur l'orientation et la vitesse du déplacement.

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

(Page 9 bis) Protocole imposé :

La plaque 96 puits fournie a été préparée (mis en présence de solutions pendant une nuit à 4°C, puis séchés) par :

- B2 à B7 : Albumine sérique, 3 % dans le PBS
- C2 à C7 : Sérum, 50 % dans un tampon physiologique (PBS : Phosphate Buffered Saline)
- D2 à D7 : Collagène I, 0,1 % dans le PBS

Le protocole consiste à ensemercer les cellules en suspension sur les différents substrats **en absence de sérum**, à les laisser adhérer pendant 45 minutes puis à quantifier les cellules ayant adhéré par la méthode de Kueng/Scragg. Les mesures seront réalisées en **triplicats**. Une **gamme** permettant d'évaluer la fonction $DO = f(\text{nombre de cellules})$ sera réalisée dans les conditions expérimentales utilisées.

A votre demande, une suspension de cellules PC-12 contenant un nombre connu de cellules (qui vous sera indiqué) vous sont fournis : ces cellules sont en suspension dans le milieu de Dulbecco sans sérum.

Mise en œuvre du protocole :

Plan de plaque à réaliser (le nombre de cellules à ensemercer est indiqué) :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
A													
B		$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$									(Grisé : traité Albumine sérique, 3 % dans PBS)
C		$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$									(Grisé : traité Sérum, 50 % dans PBS)
D		$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$									(Grisé : traité Collagène I, 0,1 % dans PBS)
E		$2 \cdot 10^4$	10^4	$5 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^3$	0							
F		$2 \cdot 10^4$	10^4	$5 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^3$	0							
G		$2 \cdot 10^4$	10^4	$5 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^3$	0							
H													

1 - Réhydratation des substrats : Mettre 100 µL environ de PBS dans les puits B2 à D4. Attendre 10 min.

2 - Ensemencement des cellules : Vider les puits réhydratés. Ensemencer en dilution en cascade avec du milieu DMEM sans sérum les nombres de cellules indiqués dans les puits E2 à G6. Ensemencer les puits B2 à D4. Identifier la plaque (nom, prénom, numéro de salle). Appeler un examinateur pour réaliser l'incubation en étuve de culture. Vous devrez réclamer votre plaque en fin d'incubation (45 min).

3 - Quantification des cellules adhérentes : Vider les puits en perturbant le moins possible les cellules. Rincer les puits délicatement avec 100 µL de PBS, 5 min, sur la paillasse. Eliminer le PBS délicatement ; ajouter 100 µL approximativement d'éthanol par puits. Laisser 5 minutes sur la paillasse. Eliminer l'éthanol, laisser sécher.

Ajouter 100 µL de solution de Cristal Violet par puits (OBLIGATOIREMENT à la **P200**). Incuber 15 minutes au moins sur la paillasse. Rincer deux fois 5 min. à l'eau distillée (100 µL au moins ; on peut utiliser une pissette). Eliminer l'eau, laisser sécher. Ajouter 100 µL de SDS 1%, en évitant toute formation de bulle. Attendre 30 min. au moins.

Demander une lecture de D.O. à un examinateur.

Vous exprimerez l'attachement en pourcentage du nombre de cellules observées sur plastique de culture. Du papier millimétré est à votre disposition.

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

5.2.1 Présentation et commentaires de l'épreuve

Comme le précisait l'énoncé, le sujet se composait de deux parties indépendantes notées chacune sur 60 points. Les candidats pouvaient donc choisir de commencer par l'une ou l'autre des parties mais la grande majorité a choisi de débiter par la première partie, celle-ci a globalement rapporté plus de points aux candidats que la deuxième.

Première partie : locomotion et respiration de la truite arc-en-ciel

L'étude de la morphologie externe et de la densité de la truite n'a pas posé de problème particulier aux candidats. L'identification de la vessie natatoire a été généralement faite mais le canal pneumatique qui la relie à l'œsophage a été rarement mis en évidence. Rares sont les candidats qui ont pensé à gonfler la vessie avant de déterminer son volume. Il était pourtant aisé de canuler le canal pneumatique après incision de l'œsophage. Une seringue munie d'un embout fin et souple était à la disposition de chaque candidat à cette fin. La détermination du volume pouvait se faire en assimilant la vessie à un cylindre terminé par deux cônes, de préférence après isolement de la vessie. Elle pouvait également être faite en déterminant, avec les graduations de la seringue, quel volume d'air il était possible de faire entrer (ou sortir) de la vessie natatoire.

Peu de candidats ont utilisé la valeur trouvée pour en estimer l'impact sur la densité du poisson.

La mise en évidence de la musculature axiale après avoir pelé un côté de l'animal cuit a été en général réussie mais peu de candidats ont réellement mis en évidence la structure d'un myomère. La présence de fibres musculaires aérobies superficielles est généralement passée sous silence bien que les données physiologiques et la figure 1 permettaient de les identifier sans ambiguïté.

Les observations de fibres musculaires à la loupe binoculaires et au microscope après coloration au bleu de méthylène ne présentaient aucune difficulté particulière mais peu de candidats les ont correctement réalisées et présentées.

L'analyse des séquences vidéo a été correctement réalisée par un nombre significatif de candidats mais le lien avec les expériences qui suivaient a été rarement exploité.

L'analyse des données physiologiques concernant les différentes nages de la truite a été la plupart du temps débutée, mais rarement terminée, en particulier pour ce qui concerne la dernière question (I.A.3.d). Le calcul des vitesses maximales de raccourcissement musculaire nécessitait la détermination du coefficient directeur de la tangente des courbes de raccourcissement et une feuille de papier calque millimétré était fournie à chaque candidat à cette fin. Peu de candidats l'ont utilisée.

La partie I.B portant sur l'appareil respiratoire de la truite était bien plus « classique » et n'appelle aucun commentaire particulier. La quasi-totalité des candidats connaissaient l'existence d'un contre-

courant ainsi que son utilité mais peu ont été en mesure d'argumenter sur les indices de sa présence ($PeO_2 < PaO_2$).

Deuxième partie : Biodiversité et fonctionnement des systèmes lotiques

L'étude des caractéristiques des stations étaient l'occasion de définir les différents faciès et de pressentir l'impact de ces conditions sur le fonctionnement biologique des cours d'eau. Cette partie traitée par la majorité des candidats a révélé deux profils différents ; ceux qui avaient compris l'intérêt de cette étape pour la suite du sujet en réalisant un descriptif construit et ceux qui ont simplement listé quelques caractéristiques sans organisation particulière.

La diversité du biofilm a été partiellement appréhendée car la majorité des candidats a réalisé un montage unique et/ou n'ont observé qu'une seule zone de la préparation. Ils n'ont malheureusement pas utilisé la totalité de l'échantillon proposé qui permettait d'envisager un spectre plus large de la biodiversité présente dans le biofilm. Il est à noter que les observations ont toujours été limitées au grossissement x400 et jamais au grossissement x1000.

Le dénombrement a été assez bien mené, mais certains candidats n'ayant pas homogénéisé le milieu n'ont pas obtenu de résultats plausibles. La méthode pour s'assurer que les dénombrements étaient comparables n'a pas été présentée en général.

Lors de l'étude de la méiofaune du biofilm coloré au rose Bengale, les nématodes ont été correctement identifiés mais les rotifères n'ont jamais été repérés. Il est regrettable, là encore, que les candidats se satisfassent d'un seul montage et/ou d'une seule zone d'observation.

L'analyse et l'interprétation des relations entre les organismes épilithiques et pélagiques sont restées sommaires, souvent par faute de temps, mais aussi par un manque de rigueur dans la lecture des documents.

L'identification des macro-invertébrés benthiques et des quelques adultes proposés n'a pas été globalement réussie.

La détermination des IBGN est, pour la majeure partie des candidats juste, mais les indices de diversité de Shannon ne sont pas toujours corrects. L'interprétation de ces derniers a été souvent négligée.

Les échantillons floristiques, bien que classiques, n'ont pas toujours été identifiés. Les lacunes semblent manifestes pour cet exercice. A part pour quelques échantillons, le positionnement sur le profil des espèces identifiées, a semblé aléatoire.

La dégradation de la matière organique au cours du temps est pour la majorité des candidats très mal traitée, par manque de temps. Et là encore, il s'avère que la méthode d'analyse n'est pas toujours acquise.

En conclusion l'épreuve a permis de classer les candidats en fonction de leur esprit d'initiative, de la qualité de leurs raisonnements ainsi que du soin apporté à leurs observations et à la présentation de celles-ci.

5.2.2 **Sujet commenté**

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

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – SESSION 2016

TRAVAUX PRATIQUES DE SPÉCIALITÉ DU SECTEUR B

Durée totale : 6 heures

Cette épreuve comporte 2 parties indépendantes. Certaines nécessitent des manipulations, prévoyez donc votre organisation en conséquence.

Partie I : Locomotion et respiration de la truite arc-en-ciel

Durée conseillée : 3 h barème : 60/120

page 3

Partie II : L'écosystème lotique

Durée conseillée : 3 h barème : 60/120

page 31

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

Sommaire et barème

I Locomotion et respiration de la truite arc-en-ciel (durée conseillée : 3h, 60 points)

A) Quelques aspects de la locomotion de la truite (durée conseillée : 2h15, 45 points)

1) Morpho-anatomie (durée conseillée : 1h15, 20 points, p 3)

2) Analyse vidéo (durée conseillée : 15 min, 5 points, p 13)

3) Physiologie musculaire (durée conseillée : 45 min, 20 points, p 15)

B) Quelques aspects de la respiration de la truite (durée conseillée : 45 min, 15 points, p 27)

II Fonctionnement des écosystèmes lotiques (durée conseillée : 3h, 60 points)

A) Analyse comparative de quelques caractéristiques stationnelles (durée conseillée : 20 min, 8 points, p31)

B) Quelques aspects biologiques du biofilm et du phytoplancton (durée conseillée : 1h 05, 20 points, p 37)

C) Comparaison de la macrofaune des systèmes lotiques (durée conseillée : 1h10, 20 points, p 44)

D) Végétation riveraine des systèmes lotiques (durée conseillée : 25 min, 12 points, p 52)

Partie I : Locomotion et respiration de la truite arc-en-ciel

La truite arc-en-ciel, *Oncorhynchus mykiss*, est un poisson Téléostéen d'origine américaine de la famille des Salmonidae dont l'élevage est parmi les mieux maîtrisés.

Cette partie est consacrée à l'étude de sa locomotion et de sa respiration. Vous disposez à cet effet de deux poissons. L'un, frais et intact, vous servira à l'étude de la locomotion et de la respiration. L'autre, éviscéré et cuit vous servira seulement pour l'étude la locomotion. Certaines manipulations et observations relatives à l'étude de la locomotion doivent être réalisées sur le poisson frais avant dissection (cf I-A-1-a et I-A-1-b). Vous organiserez votre travail en tenant compte de cette contrainte.

Vous disposez également de 3 séquences vidéo dont l'analyse est demandée en I-A-2. Les vidéos sont visionnables à l'aide d'une tablette à votre disposition.

I-A Quelques aspects de la locomotion de la truite

Les salmonidés se déplacent selon un mode sub-carangiforme. Quelques aspects de ce mode de locomotion seront étudiés dans ce paragraphe.

I.A-1 Morpho-anatomie

I-A-1-a Morphologie

Vous dégagerez les caractères morphologiques qui vous paraissent adaptés à la nage. Votre réponse s'appuiera sur le(s) illustration(s) que vous jugerez utile(s).

Réponse à la question I-A-1-a (texte et illustrations)

Corps « hydrodynamique » :

- Longueur >> largeur, section ovale.
- Tête = partie la plus large.
- Corps fuselé.

Nageoires :

- Caudale fine et de grande surface portée par un pédoncule fin = propulsion
- Nageoires dorsale et anale, pas de rôle propulsif
- Nageoire anale : participation mineure à la propulsion
- Nageoires pectorales et pelviennes = stabilisation, changements de direction pas de rôle propulsif

I-A-1-b Densité de l'animal

Avant de débiter la dissection destinée à l'étude anatomique interne, vous déterminerez la densité du poisson en utilisant la méthode et le matériel de votre choix. Vous discuterez des sources possibles d'erreur.

Réponse à la question I-A-1-b (principe, résultat et sources d'erreur)

1) Principe : pesée et détermination du volume

Le volume peut être quantifié en mesurant le volume d'eau déplacé lorsqu'on immerge le poisson dans une éprouvette graduée.

Densité = masse volumique / masse volumique de l'eau (pas d'unité)

2) Exemple numérique

M=342.5g, v= 340 mL, d= 1.005

3) Sources d'erreurs :

Surestimation du volume à cause des gaz corporels (température, gaz intestinaux)

Surestimation du volume car le mucus absorbe une partie de l'eau. (Cette erreur est minimisée si on pèse le poisson mouillé)

I-A-1-c Etude de la vessie natatoire

Mise en garde : une dissection de la région cardio-branchiale est demandée au paragraphe I.B. Prenez garde à ne pas l'endommager lors de l'étude de la vessie natatoire.

I-A-1-c' Mise en évidence de la vessie natatoire *in situ*

Vous mettrez en évidence la vessie natatoire *in situ* en prenant soin de conserver ses relations anatomiques éventuelles avec d'autres organes. Lorsque votre préparation sera terminée et dessinée vous appellerez un examinateur.

Réponse à la question I-A-1-c' : Dessin d'observation (à réaliser avant d'appeler l'examineur)

La principale difficulté était de mettre en évidence le canal pneumatique qui relie la vessie natatoire à l'œsophage.

Une solution consistait à ouvrir l'œsophage et à repérer l'orifice du canal. Cette manœuvre permettait en outre de gonfler la vessie avec de l'air à l'aide d'un seringue munie d'un embout très fin en matière plastique souple.



I-A-1-c'' Détermination du volume de la vessie natatoire

Une fois l'examineur passé, vous déterminerez le volume de la vessie natatoire par la méthode et avec le matériel de votre choix.

Données complémentaires :

Forme	Cylindre	Cône	Ellipsoïde	Sphère
Volume	$\pi.r^2.h$	$\pi.r^2.h/3$	$4/3\pi.r_1.r_2.r_3$	$4/3.\pi.r^3$

Réponse à la question I-A-1-c'' : Méthode et résultat

Deux méthodes envisageables :

1) Remplir d'air la vessie (cf ci-dessus) puis aspirer la totalité de l'air avec la seringue et en mesurer le volume grâce aux graduations de la seringue.

2) Remplir la vessie, la prélever et estimer son volume en assimilant la vessie à un cylindre terminé par deux cônes.

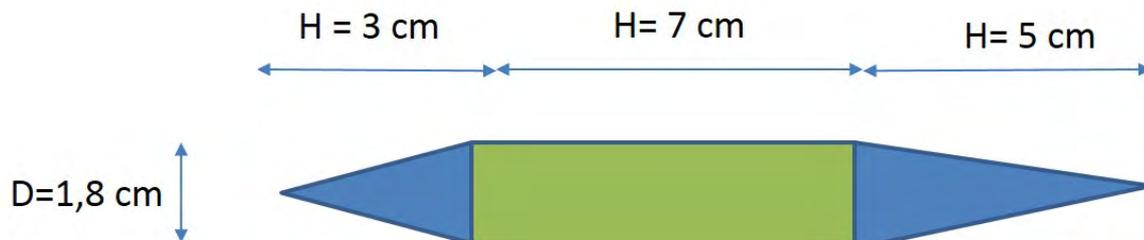
Volume du cylindre = $\pi.r^2.h$

Volume du cône = $\pi.r^2.h/3$

Exemple numérique

vol VN= 23.72 mL soit env 7% du vol total (conforme à la littérature).

Dans tous les cas il est utile de la gonfler en injectant de l'air par le canal pneumatique.



I-A-1-d Fonction de la vessie natatoire

Après avoir précisé la fonction de la vessie natatoire, vous quantifierez sa contribution à la flottabilité de l'animal en utilisant le volume déterminé en réponse à la question précédente.

Réponse à la question I-A-1-d : Fonction de la vessie natatoire, contribution à la flottabilité

- Diminue la densité du poisson en augmentant son volume (d proche de 1). Dispense ainsi au poisson de créer une force ascensionnelle (économie d'énergie)
- Stabilise le poisson en position de nage en déplaçant le centre de volume vers le dos de l'animal.
- Remplissage en surface avec de l'air par le canal pneumatique.
- Chez les physostomes : le volume de la vessie natatoire diminue avec la profondeur donc la densité du poisson augmente avec la profondeur.
- Si la VN était absente le volume du poisson serait diminué d'autant. La densité passerait de 1 à 1,08.

I-A-1-e Musculature axiale

I-A-1-e' Organisation générale

Après avoir pelé un côté du poisson cuit, vous présenterez l'organisation générale de sa musculature axiale à l'aide d'un dessin. Vous appellerez un examinateur lorsque votre présentation sera terminée et dessinée.

Réponse à la question I-A-1-e' : Dessin de la musculature axiale à réaliser avant d'appeler l'examinateur

Musculature axiale métamérisée. Env 80 myomères (ou myotomes) séparés par des myoseptes (ou myocomes) partiellement dissous par la cuisson.

Musculature adhérente à la peau et au squelette (nécessité d'une cuisson préalable)

Chaque myomère est divisé en deux parties (musculature épaxiale et musculature hypaxiale séparés par un septum horizontal). Les muscles droits et gauches sont séparés par un septum vertical.

Présence de muscles « rouges » oxydatifs sous la peau dans la région de la ligne latérale.

Les muscles « blancs » anaérobies représentent une très forte proportion de la masse musculaire.

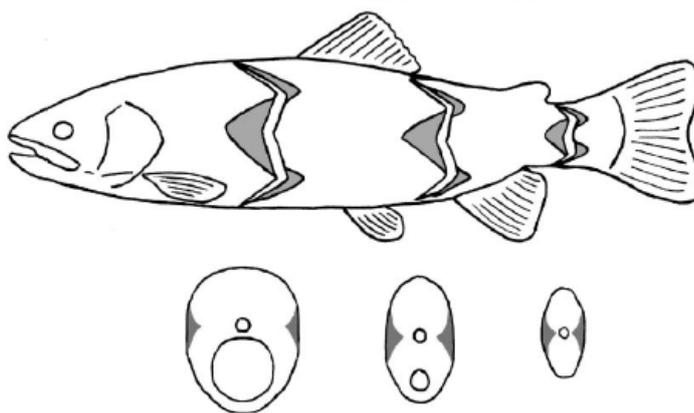


I-A-1-e" Structure d'un myomère

Vous mettrez en évidence la structure d'un myomère de votre choix après l'avoir en partie dégagé des myomères adjacents. Vous appellerez un examinateur pour faire constater votre travail après avoir réalisé un schéma du myomère dégagé.

Réponse à la question I-A-1-e" : Organisation d'un myomère (schéma à réaliser avant d'appeler un examinateur)

Structure des myomères en cônes emboîtés. Un cône pointant vers l'avant, Deux cônes pointant vers l'arrière. Les myotomes sont séparés par des cloisons de tissu conjonctif (solubilisé par la cuisson) insérés au niveau des côtes, des vertèbres et de la peau. La contraction de myotomes proches produit une flexion du corps de l'animal. La force de contraction est transmise au squelette et à la peau.



I-A-1-f Disposition des fibres musculaires

Vous réaliserez un schéma montrant la disposition des fibres musculaires dans un myomère. Ce schéma sera basé sur vos observations du poisson frais et vous appellerez un examinateur pour faire constater la conformité du dessin et de vos observations.

Réponse à la question I-A-1-f : Schéma montrant la disposition des fibres musculaires d'un myomère

Les fibres musculaires sont très courtes grossièrement perpendiculaires aux cloisons de tissu conjonctif.

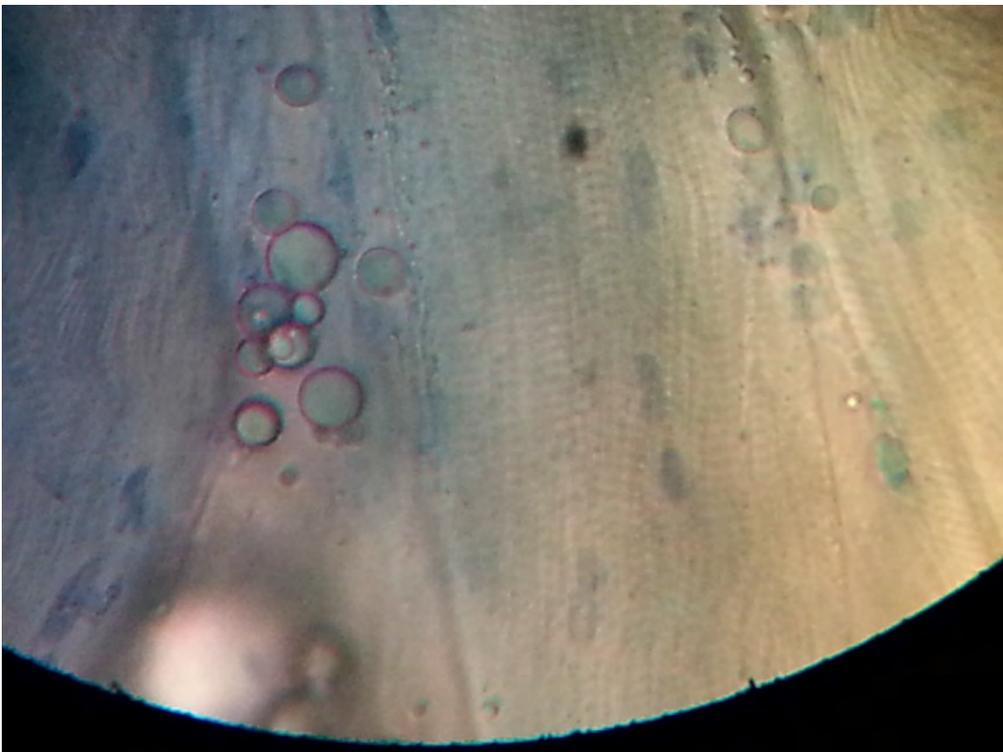


I-A-1-g Observation microscopique des fibres musculaires

Vous réaliserez une préparation microscopique permettant d'observer des fibres musculaires à partir du poisson frais. Vous ferez un dessin légendé de la zone de votre choix et vous appellerez un examinateur.

Réponse à la question I-A-1-g : Dessin d'observation de fibres musculaires à réaliser avant d'appeler un examinateur.

On attend une dilacération colorée au bleu de méthylène. On y distingue des fibres individuelles, striées perpendiculairement (sarcomères visibles) et de nombreux noyaux. Il n'est pas possible d'observer l'orientation des fibres par cette méthode



I-A-2 Analyse vidéo de la nage de la truite

I-A-2-a La nage lente

La vidéo 1 vous permet d'observer les mouvements d'une truite qui nage lentement à contre-courant.

Vous dégagerez les caractères généraux de ce mode de locomotion (sub-carangiforme)

Réponse à la question I-A-2-a : Analyse de la nage lente à contre-courant de la truite (texte et schémas)

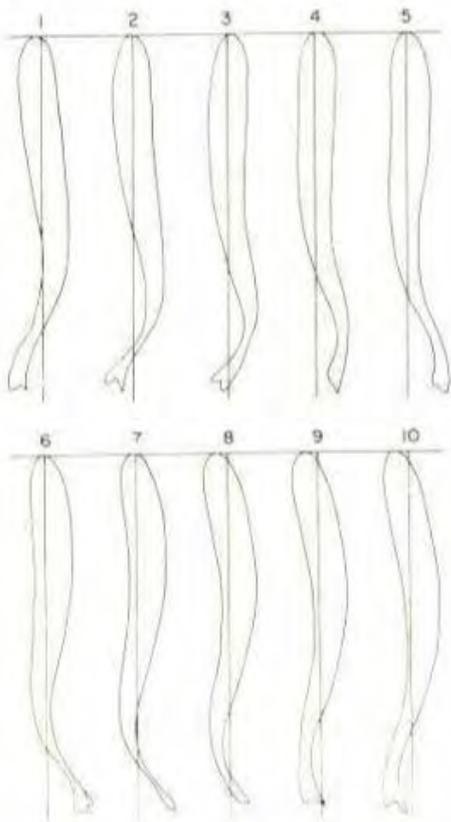
Les vidéos tirées du site Liaolab.com sont disponibles ici :

Vidéo 1 : <https://youtu.be/grhpkuCXbl4>

Vidéo 2 : <https://youtu.be/85Z9t6rruTk>

Il s'agit du mode ondulatoire axial incomplet

Ondulations du corps limitées à la partie postérieure et à la queue. Oscillations latérales se propageant en s'amplifiant d'avant en arrière. On observe au maximum une longueur d'onde sur le corps de l'animal. Le rayon de courbure est très grand (supérieur à la longueur corporelle). La propulsion semble surtout causée par les mouvements de l'arrière du corps et de la queue. Les nageoires paires ne semblent pas utiles



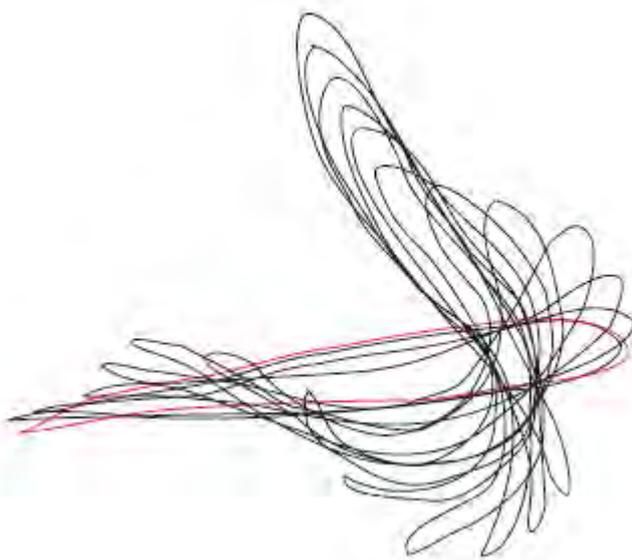
I-A-2-b La réaction de fuite de la truite (vidéos 2 et 3)

Après avoir visionné les vidéos correspondantes (la vidéo 3 est un extrait de la vidéo 2 ralentie 10 fois) vous analyserez les modalités de la réaction de fuite en dégagant des éléments de comparaison avec la nage étudiée auparavant.

Réponse à la question I-A-2-b : Analyse de la réaction de fuite (texte et schéma)

Flexion importante (rayon de courbure faible, très inférieur à la longueur de l'animal) et très rapide du côté recevant le stimulus. Cette première flexion ne fait pas avancer l'animal (ou très peu) mais permet d'orienter la tête dans la direction de la fuite.

Deuxième flexion également très rapide du côté opposé redresse le poisson. Cette flexion est propulsive elle se propage rapidement d'avant en arrière. On observe le déploiement des nageoires paires qui restaient plaquées au corps pendant la nage.



I-A-3 Eléments de physiologie musculaire

I-A-3-a Electromyographie (EMG) et mesure des variations de longueur des muscles pendant la nage lente.

L'activité électrique (EMG) des muscles superficiels situés sous la ligne latérale (position A indiquée sur la figure 1) est enregistrée simultanément à trois endroits différents, 1, 2 et 3 dont la position est indiquée sur la figure 1. L'emplacement 1 correspondant à 35% de la longueur du corps (0,35 LC), l'emplacement 2 correspond à la moitié de la longueur du corps (0,5 LC) et l'emplacement 3 correspond à 65 % de la longueur du corps (0,65 LC).

Le raccourcissement des fibres musculaires est enregistré aux mêmes endroits grâce à une technique de sonomicrométrie utilisant des cristaux piézoélectriques implantés dans les muscles

L'enregistrement simultané de l'EMG et des variations de longueur des muscles d'un poisson nageant à la vitesse $U = 1,5 \text{ LC.s}^{-1}$ (LC = longueur corporelle) est présenté sur la figure 2. Les variations de longueur musculaire y sont exprimées en %.

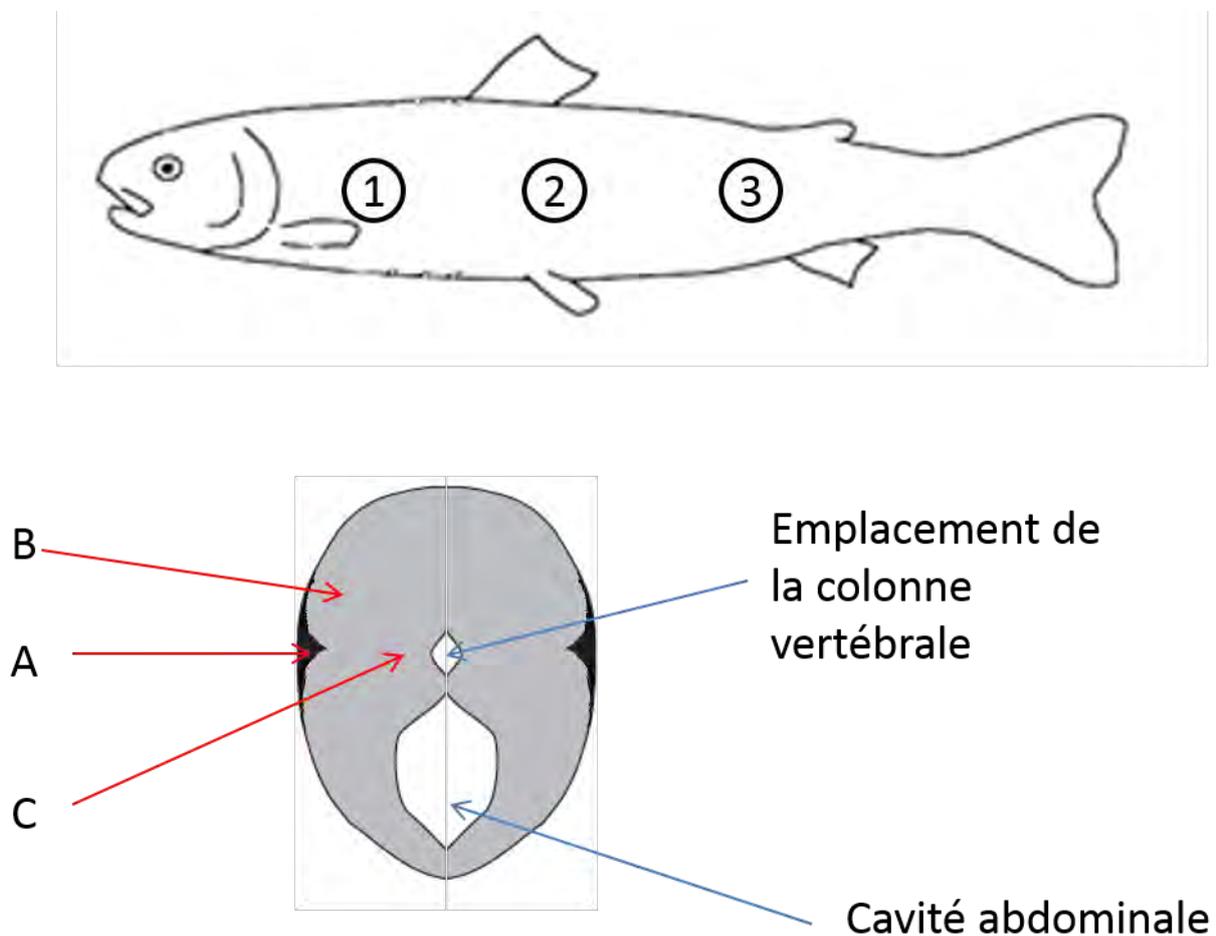


Figure 1

Emplacement des électrodes et des cristaux piézoélectriques

En haut: silhouette de l'animal indiquant la position 0,35 LC (1), 0,5 LC (2) et 0,65 LC (3)

En bas: Coupe schématique de l'animal montrant la position des électrodes et des cristaux piézoélectriques.

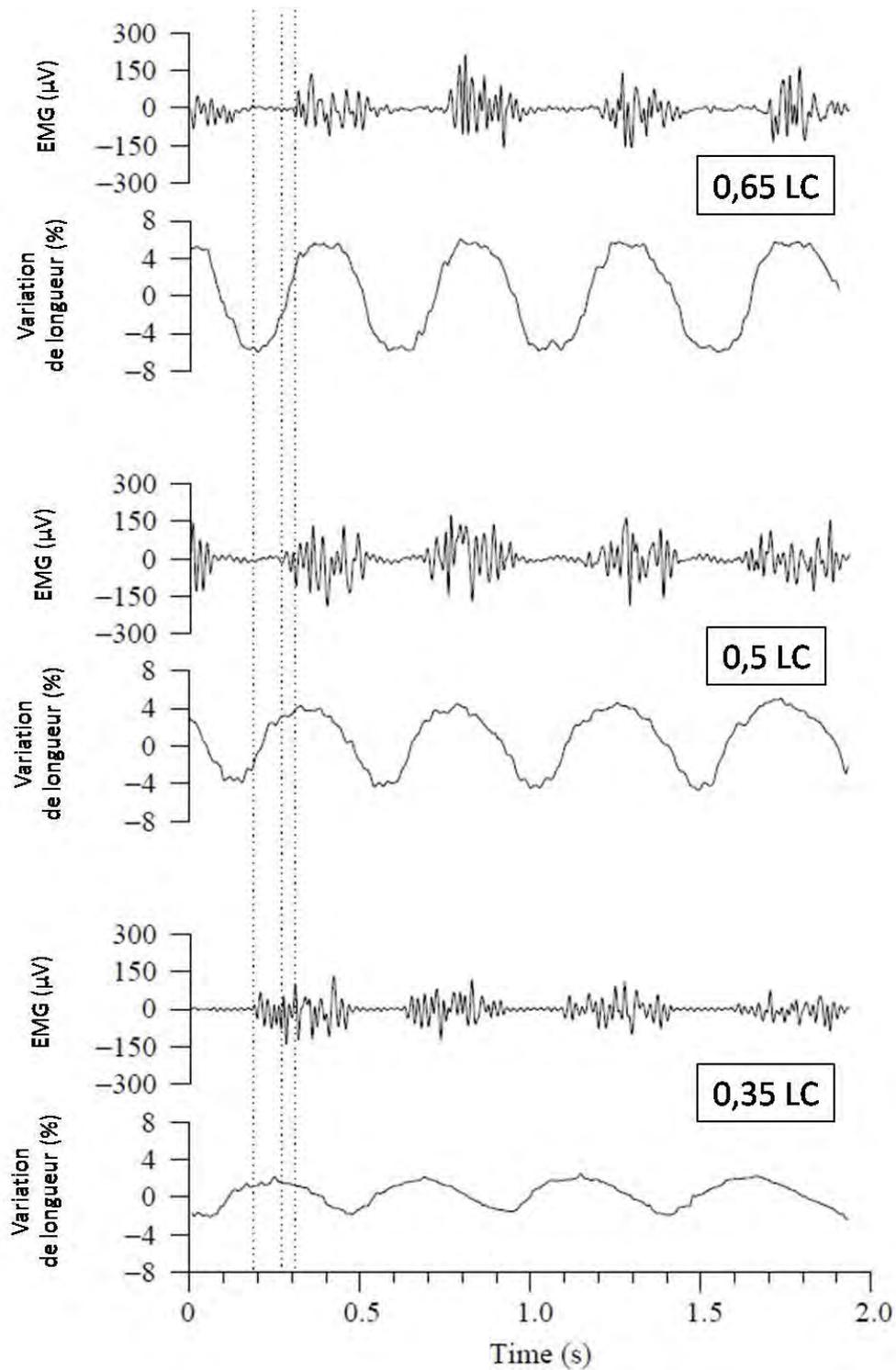


Figure 2

Electromyogrammes et variations de longueur des muscles superficiels (localisations A1 A2 et A3 indiquées sur la figure 1) au cours d'une nage à la vitesse $U = 1,5 \text{ LC}\cdot\text{s}^{-1}$. Les enregistrements sont réalisés du même côté de l'animal. Adapté de Hammond et al, 1998.

Analysez la figure 2. Votre analyse comprendra obligatoirement les calculs ci-dessous :

- Fréquence des mouvements oscillatoires propulsifs en Hz.
- Vitesse (exprimée en LC.s⁻¹) et sens de déplacement de l'onde d'activation des muscles (matérialisée par le début du signal EMG) le long du corps de l'animal
- Vitesse (exprimée en LC.s⁻¹) et sens de déplacement de l'onde de contraction propulsive des muscles le long du corps de l'animal
- Distance parcourue par l'animal en une période (exprimée en LC). On rappelle que la période T est l'inverse de la fréquence.
- Vitesse maximale de raccourcissement des muscles de la partie postérieure (0,65 LC)

Vous vérifierez la cohérence entre votre analyse et les observations faites sur la vidéo N°1 que vous pourrez visionner à nouveau si vous le jugez utile.

Réponse à la question I-A-3-a : Calculs et analyse

Fréquence des oscillations

$$F = 2,2 \text{ Hz}$$

Vitesse de l'onde d'activation

Vact = 2,67 LC/s d'avant en arrière (exemple de la vitesse « moyenne » entre 0.35 et 0.65. Mais on peut aussi calculer la vitesse entre 0.35 et 0.5 (2 LC/s) puis entre 0.5 et 0.65 (4 LC/s). On constate alors l'accélération de la propagation mais les mesures sont moins précises que pour la vitesse moyenne.

Vitesse de l'onde de contraction

Vmec = 2,0 LC/s, U/Vmec = 0,75, l'onde de contraction se déplace également d'avant en arrière.

Longueur d'onde : $\lambda = v/f = 2/2.2 \rightarrow \lambda = 0,91 \text{ LC}$ (soit env 1 longueur d'onde visible). C'est cohérent avec la vidéo.

Distance parcourue en une période

$$\text{Stride} = U/f = 1.5/2.22 = 0,68 \text{ LC}$$

Vitesse maximale de raccourcissement

$$V_{\max} (0,65 \text{ LC}) = 24.6\% \text{ en } 0.206\text{s} \text{ soit } 128\% \text{ par seconde soit } 1,28 \text{ LM/s}$$

Analyse

L'onde de contraction accélère d'avant en arrière. L'intensité des mouvements augment vers l'arrière (également visible sur la vidéo).

L'onde d'activation (ECG) se propage plus rapidement que l'onde de raccourcissement des muscles. De ce fait il se produit un déphasage entre les deux bien visible dans la région postérieure. A 0,65LC l'activation musculaire se produit avant que le muscle n'ait atteint sa longueur maximale. La contraction est donc excentrique avant d'être concentrique.

I-A-3-b Electromyographie (EMG) et mesure des variations de longueur des muscles pendant la nage rapide.

Lorsque l'animal nage rapidement ($U > 5 \text{ LC}\cdot\text{s}^{-1}$) les muscles B prennent le relai des muscles A. La figure 3 montre un enregistrement en tout point comparable à celui de la figure 2 mais effectué sur les muscles B à une vitesse de nage $U = 8 \text{ LC}\cdot\text{s}^{-1}$.

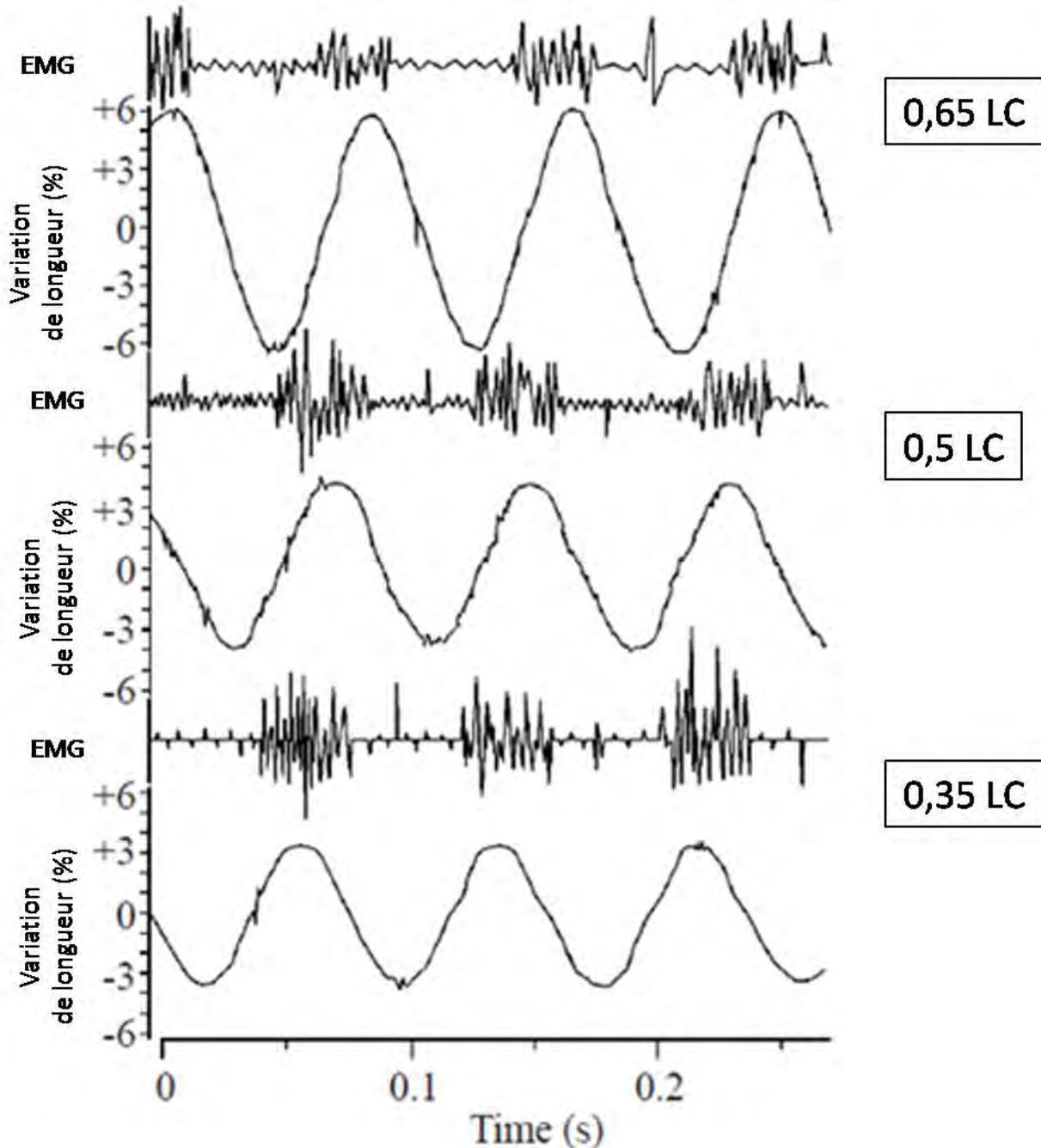


Figure 3
Electromyogrammes et variation de longueur des muscles B (localisation indiquée sur la figure 1) au cours d'une nage à la vitesse $U = 8 \text{ LC}\cdot\text{s}^{-1}$
Adapté de Ellerby et al, 2001.

Sans refaire tous les calculs effectués pour la nage lente, effectuez une comparaison qualitative des deux nages et déterminez la vitesse maximale de raccourcissement des muscles B en position 0,65 LC

Réponse à la question I-A-3-b : Comparaison des nages lente et rapide. V_{max} en 0,65 LC

Très similaire à la nage lente sauf la fréquence des mouvements.

Autre différence, le déphasage entre l'activation et le raccourcissement musculaire est plus important et s'accroît vers l'arrière. Ainsi, dans la partie postérieure l'activation des muscles se produit bien avant que le muscle ait atteint sa longueur maximale et cesse très rapidement après que le raccourcissement ait débuté.

Les muscles postérieurs font donc un travail essentiellement négatif (contractions excentriques)

Vitesse maximale de raccourcissement à 0.65LC

$V_{max}(0,65 LC) = 12\%$ en 0.0343s soit 350% par seconde soit 3,5 LM/s

I-A-3-c La réaction de fuite de la truite

Comme observé sur les vidéos 2 et 3, on peut provoquer une réaction de fuite par une stimulation mécanique (jet d'eau en direction de l'animal). L'implication des différents muscles de l'animal peut être étudiée comme précédemment en analysant l'EMG ainsi que les changements de longueur des muscles *in vivo*. La réaction de fuite fait intervenir des muscles profonds (position C sur la figure 1) qui ne sont mobilisés ni pour la nage lente ni pour la nage rapide.

La figure 4 montre un tel enregistrement bilatéral pendant un démarrage rapide caractéristique de la réaction de fuite.

La figure 5 montre l'enregistrement de l'EMG et de la variation de longueur musculaire du côté droit, en position 0,35LC ; 0,5LC et 0,65 LC, pendant un démarrage rapide.

Données complémentaires non illustrées : Lorsqu'on enregistre EMG1 aux points 0,35 LC, 0,5 LC et 0,65 LC du côté gauche, on constate qu'il débute de façon synchrone et dure le même temps quelle que soit la position longitudinale de l'enregistrement.

Vous analyserez la réaction de fuite de la truite en mettant en relation les informations des figures 4 et 5 et les observations faites sur les vidéos 2 et 3 que vous pourrez visionner à nouveau si vous le jugez utile. Vous déterminerez la vitesse maximale de raccourcissement des muscles en position 0,65 LC.

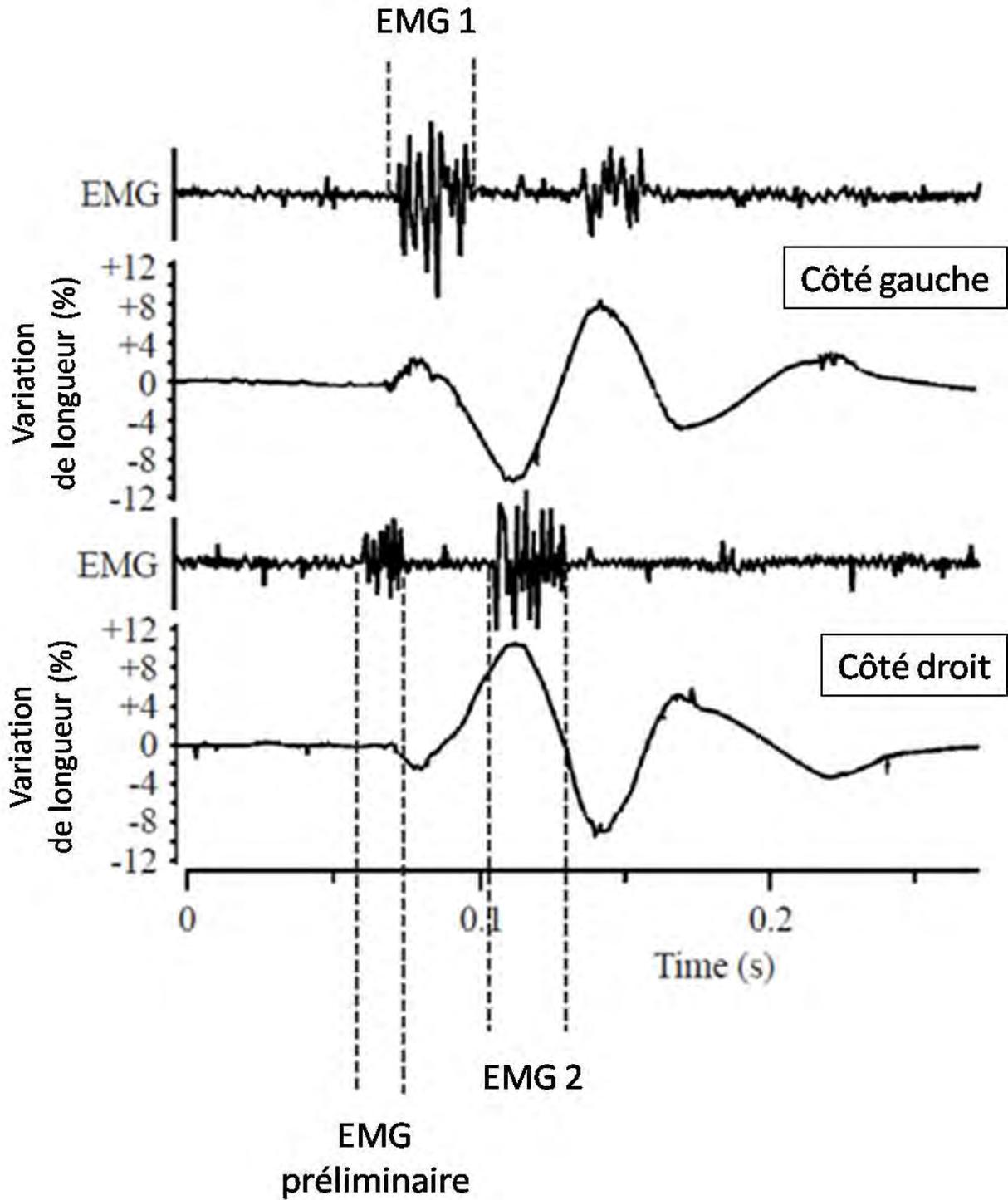


Figure n 4: EMG et variations de longueur des muscles profonds pendant un démarrage rapide
 Le poisson reçoit un stimulus mécanique du côté gauche (cf vidéos 2 et 3)
 On enregistre l'EMG et le changement de longueur des fibres profondes (position 1 C de la figure 1).
Adapté de Hellerby et al., 2001

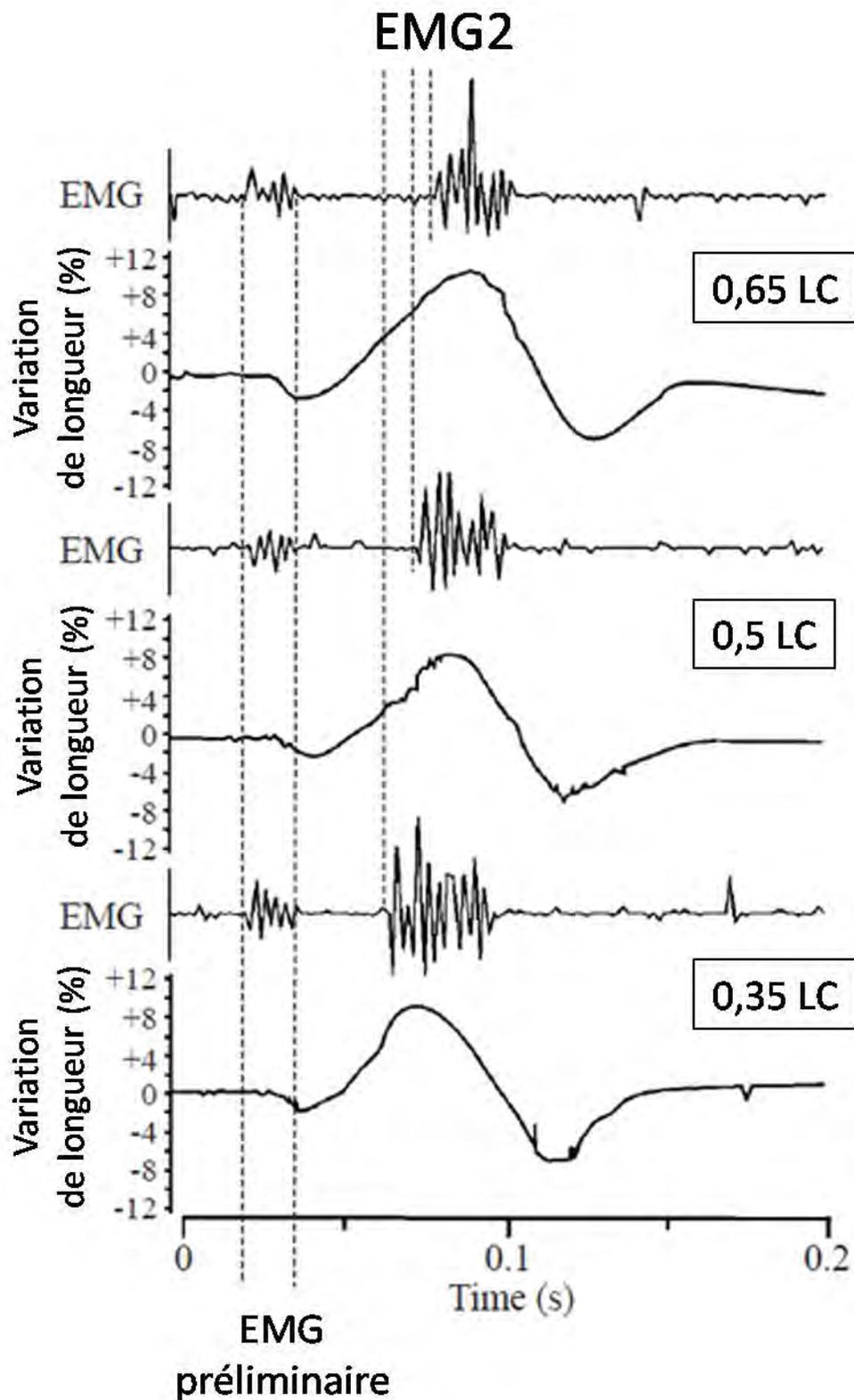


Figure 5
 Enregistrement de l'EMG et des variations de longueur des fibres musculaires du côté droit pendant la réaction de fuite d'une truite recevant un stimulus mécanique du côté gauche.
Adapté de Hellerby et al., 2001

Réponse à la question I-A-3-c : Analyse de la réaction de fuite. Vmax en position 0,65 LC

L'EMG préliminaire n'induit pas de flexion visible sur la vidéo.

L'EMG 1 est responsable de la flexion du côté gauche. Etant longitudinalement synchrone il ne fait pas avancer le poisson. Conforme avec la vidéo.

L'EMG 2 est responsable du redressement rapide puis d'une flexion du côté droit. La propagation très rapide de cette flexion fait accélérer le poisson.

$V_{max} = 88 \% \text{ en } 0.1365 \text{ s} = 6.5 \text{ LM/s}$

I-A-3-d Propriétés mécaniques des muscles

Les muscles striés de truite ont des propriétés proches de celles des muscles striés de grenouille.

La figure 6 montre la force de contraction ainsi que la puissance musculaire en fonction de la vitesse de raccourcissement de deux muscles de grenouille *in vitro*. On rappelle que la puissance développée par un muscle $P = \text{Force de contraction} \times \text{vitesse de raccourcissement}$.

En reportant sur la figure 6 les vitesses maximales de raccourcissement des muscles A (0,65 LC) actifs pendant la nage lente, des muscles B (0,65 LC) actifs pendant la nage rapide ainsi que des muscles C (0,65

LC) actifs pendant la fuite (que vous avez calculées précédemment), vous déterminerez la puissance relative développée par chaque muscle.

Vous comparerez les propriétés mécaniques des trois muscles.

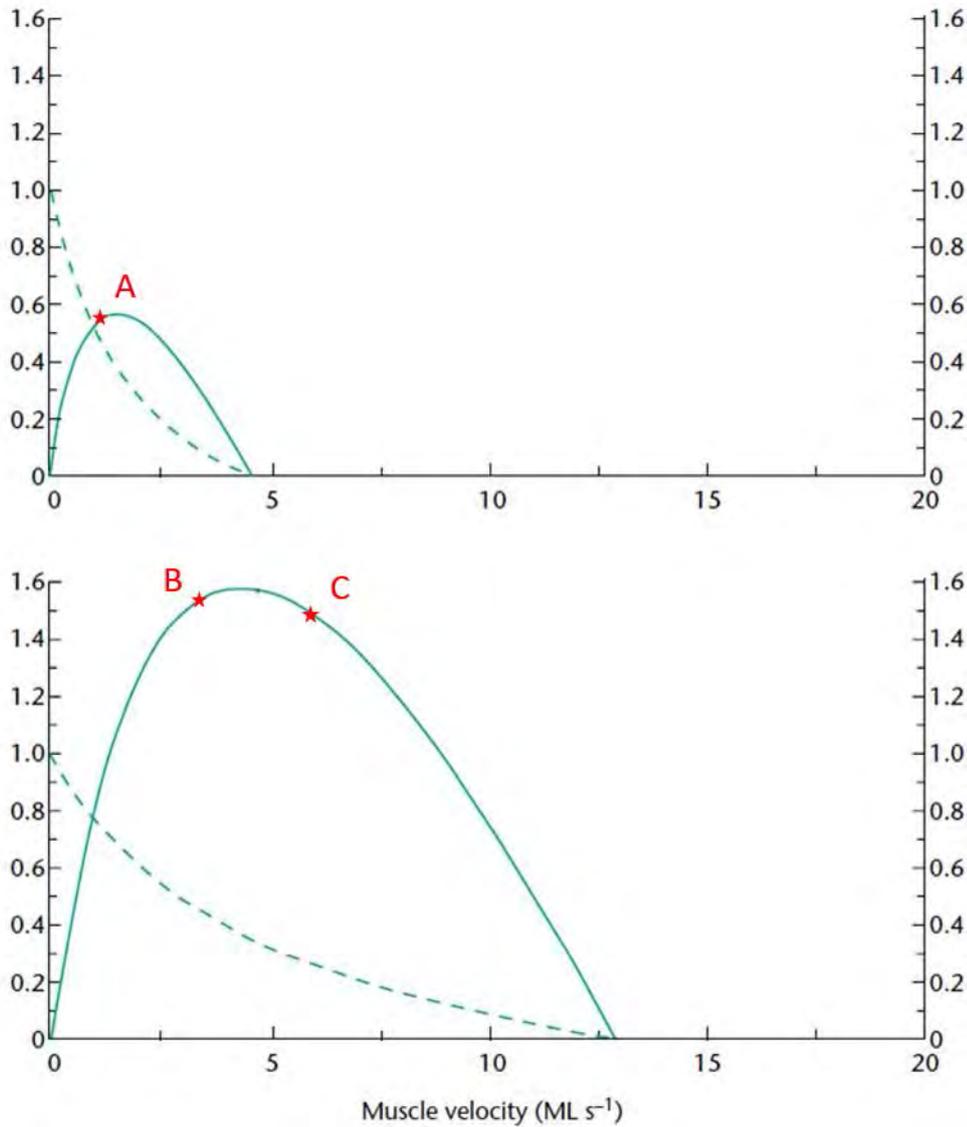


Figure 6 :

Force relative de contraction (tirets) et puissance relative (traits pleins) en fonction de la vitesse de raccourcissement des muscles. La vitesse de raccourcissement est exprimée en longueur musculaire par seconde. La vitesse 0 correspond à une contraction isométrique.

En haut, muscle lent (rouge) de grenouille, en bas muscle rapide (blanc) de grenouille.

Adapté de Rome, 2001.

Réponse à la question I-A-3-d : Comparaison des propriétés mécaniques des muscles A, B et C

A : $V_{max} = 1.28 \text{ LM/s}$ → puissance max d'un muscle lent (env 0.6) mais seulement 56% de la puissance max d'un muscle rapide.

B : $V_{max} = 3.5 \text{ LM/s}$ → 50% de la puissance max d'un muscle lent mais env 100% de celle d'un muscle rapide.

C : $V_{max} = 6.5 \text{ LM/s}$ → 0% de la puissance max d'un muscle lent, mais 90% de celle d'un muscle rapide.

Interprétation :

Les muscles A superficiels sont des muscles lents (rouges) très probablement responsables de la nage lente.

Les muscles B sont des muscles superficiels rapides probablement à l'origine de la nage rapide

Les muscles C sont des muscles rapides profonds et obligatoirement responsables de la fuite.

La position profonde des muscles C permet d'induire une courbure prononcée du corps de l'animal malgré un raccourcissement à peine supérieur à celui observé pendant la nage rapide.

I-B. Quelques aspects de la respiration de la truite (15 points)

I-B-1 Anatomie de la région cardio-branchiale

Après dissection de la région cardio-branchiale vous mettrez en évidence les relations entre l'appareil cardiovasculaire et les branchies. Vous ferez un dessin d'interprétation de votre dissection avant d'appeler un examinateur.

Réponse à la question I-B-1 : Anatomie de la région cardio-branchiale. Dessin à réaliser avant d'appeler un examinateur.

Oreillette, ventricule, bulbe artériel, aorte ventrale, au moins 1 arc aortique (artère afférente)

I-B-2 Structure microscopique d'une branchie

Vous réaliserez un montage permettant de visualiser l'organisation microscopique des branchies. Vous réaliserez un schéma interprétatif avant d'appeler un examinateur

Réponse à la question I-B-2 : Organisation microscopique des branchies

Lame, Lamelle, Artères afférente/efferente (on ne peut pas les distinguer), Capillaires :

I-B-3 Le contre-courant branchial

A l'aide de certaines données contenues dans le tableau 1, vous présenterez les arguments en faveur de l'existence d'un contre-courant dans la branchie de la truite. Vous préciserez les modalités et l'intérêt adaptatif de ce contre-courant.

PiO ₂ (mmHg)	PEO ₂ (mmHg)	PaO ₂ (mmHg)	PvO ₂ (mmHg)	VO ₂ (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	V _w (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)
160,3	86,1	133,2	31,9	0,645	171,4

Tableau 1 : D'après Wood (1979)

PiO₂ : Pression partielle de l'O₂ dans l'eau pénétrant dans la bouche

PEO₂ Pression partielle de l'O₂ dans l'eau quittant les branchies

PaO₂ : Pression partielle de l'O₂ dans l'aorte dorsale

PvO₂ : Pression partielle de l'O₂ dans l'aorte ventrale

VO₂ : consommation d'O₂

V_w : Débit ventilatoire

Réponse à la question I-B-3 : Arguments en faveur de l'existence d'un contre-courant et intérêt adaptatif

Argument principal : $PEO_2 < PaO_2$ (« concentration » de l' O_2 impossible à obtenir sans contre-courant). Intérêt adaptatif : permet d'extraire environ 50% de l' O_2 de l'eau $(160-86)/160 = 0.46$, sans compromettre PaO_2 . Ce taux d'extraction est deux fois plus important que celui d'un Mammifère (env 25%).

Exploitation graphique des données de l'énoncé

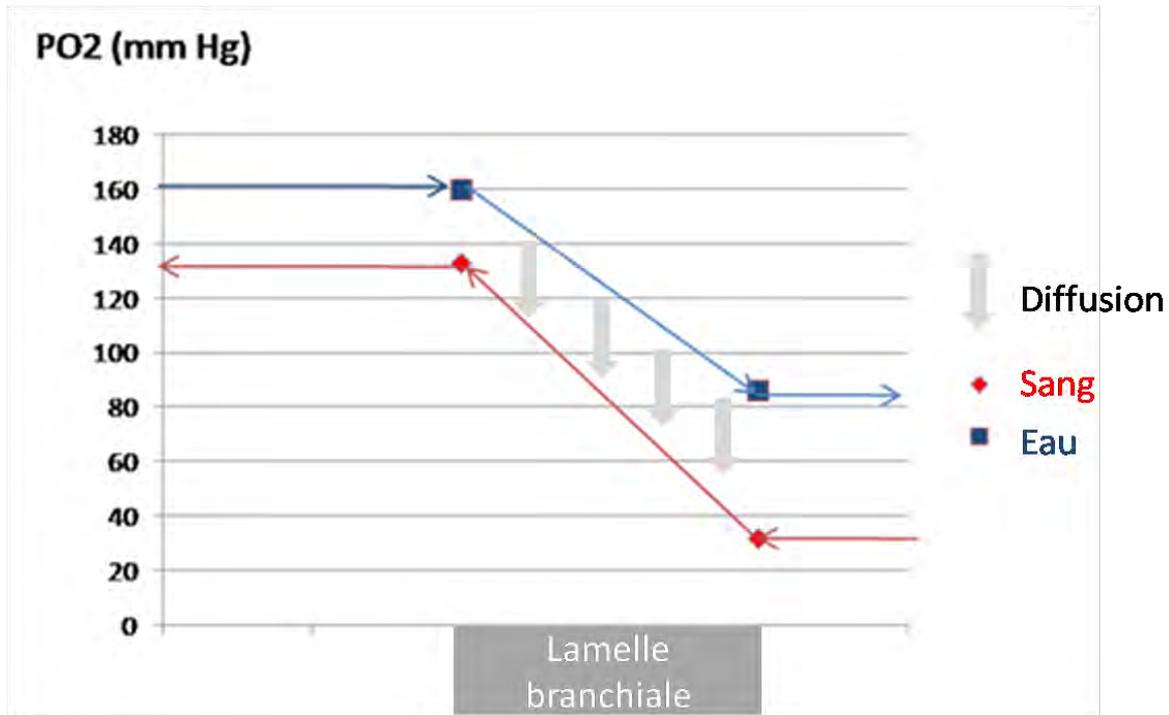
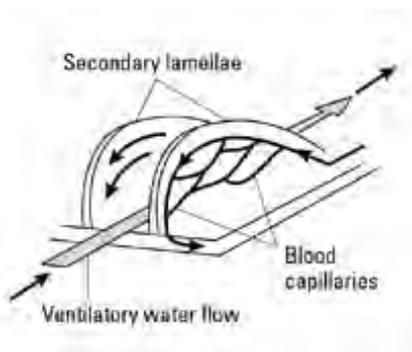


Schéma structural fonctionnel combinant les observations de la dissection et les données de l'énoncé



Partie II : Biodiversité et fonctionnement des systèmes lotiques

Les écosystèmes lotiques, c'est à dire les cours d'eau, présentent différentes composantes biologiques dont les caractéristiques sont déterminées par les conditions biotiques et abiotiques du milieu de vie. Le fonctionnement de ces écosystèmes est également conditionné par l'environnement riverain.

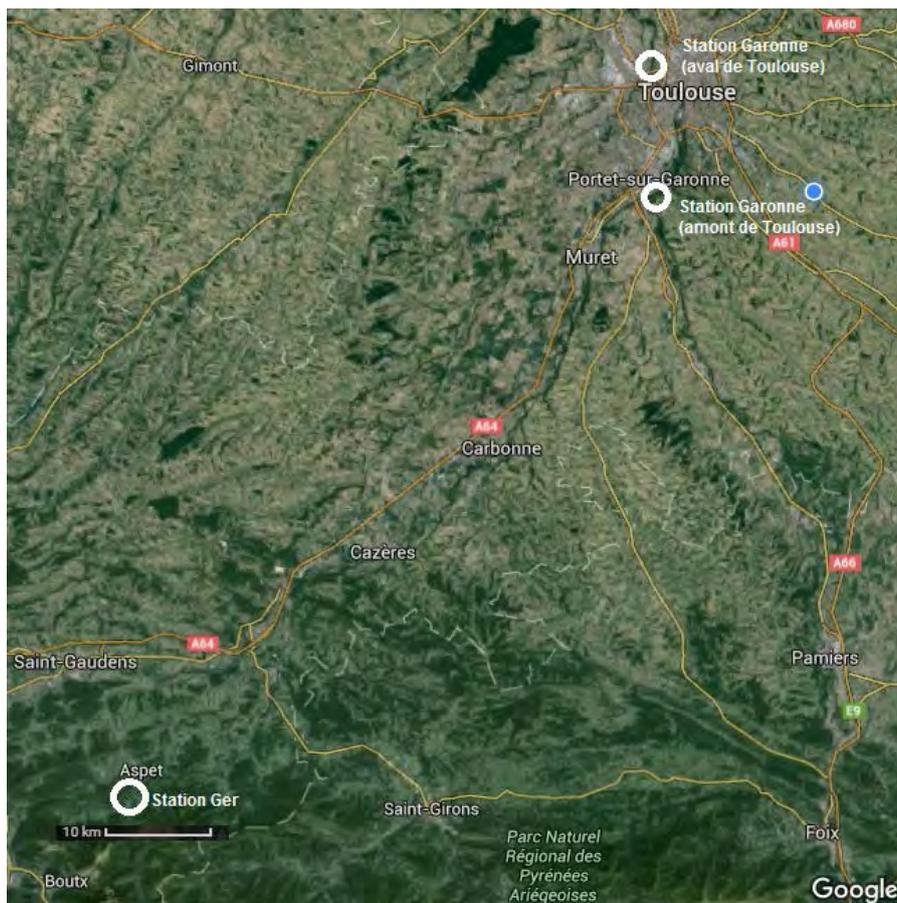
Cette partie envisage différents aspects de ces écosystèmes lotiques et permet de dégager deux modes de fonctionnement, l'un autotrophe et l'autre hétérotrophe.

II-A Analyse comparative de quelques caractéristiques stationnelles

L'objectif de cette partie est de dégager les caractéristiques des stations de deux portions du réseau hydrologique d'un bassin versant. Il s'agit pour la première du Ger, une rivière de l'avant pays pyrénéen (station en amont d'Aspet) et pour la seconde, de deux stations sur le fleuve Garonne (en amont et en aval de Toulouse).

II-A-1 Caractéristiques hydro-dynamiques des stations

Ces deux portions ont été choisies pour leurs différences, qui portent sur les caractéristiques hydro-dynamiques, biologiques et sur le mode de fonctionnement écologique.

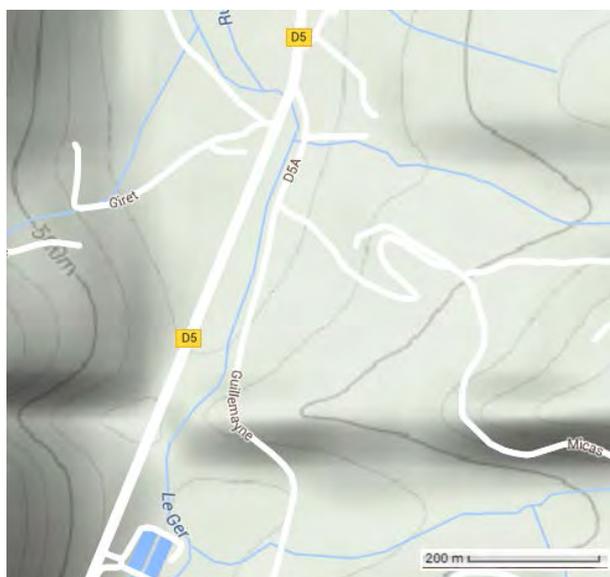


Doc II-A : Position géographique des stations

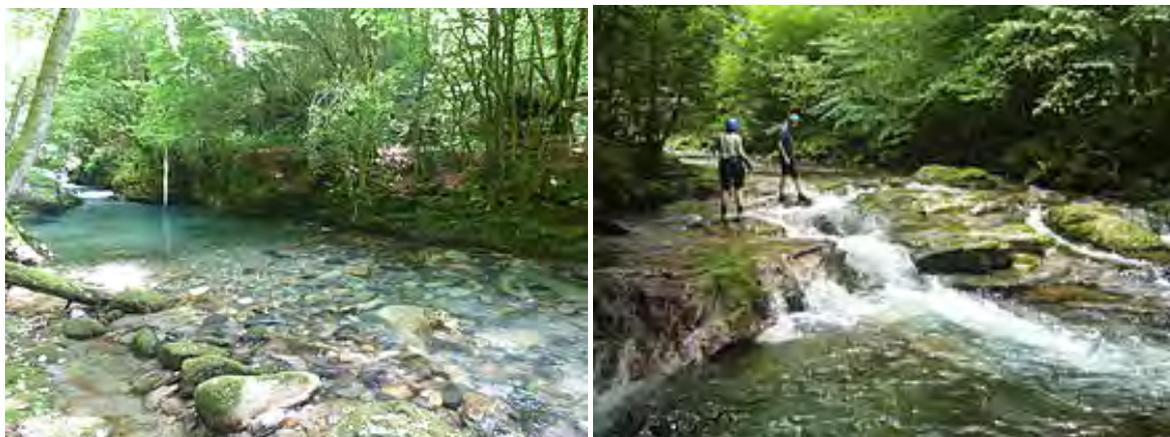
(image ©2016 Landsat Donnée cartographique ©2016 Google, Inst, Géogr. Nacional)



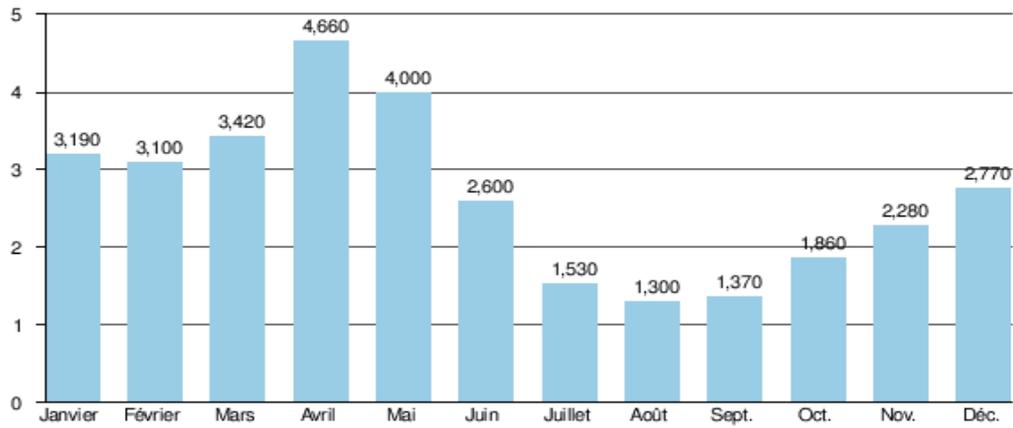
Document II-A-a : Vue satellitaire du Ger, petit cours d'eau des Pyrénées
 (image©2016DigitalGlobe, Données cartographiques©2015Google)



Document II-A-b : Topographie de la zone du Ger - équidistance des courbes de niveau : 20 m -
 (Données cartographiques©2016Google)



Document II-A-c : Vues du cours d'eau et de la bordure riveraine



Document II-A-d : Débit moyen mensuel (en m³/s) - Moyenne sur 5 ans (2010-2015) - Station hydrologique - le Ger à Aspet



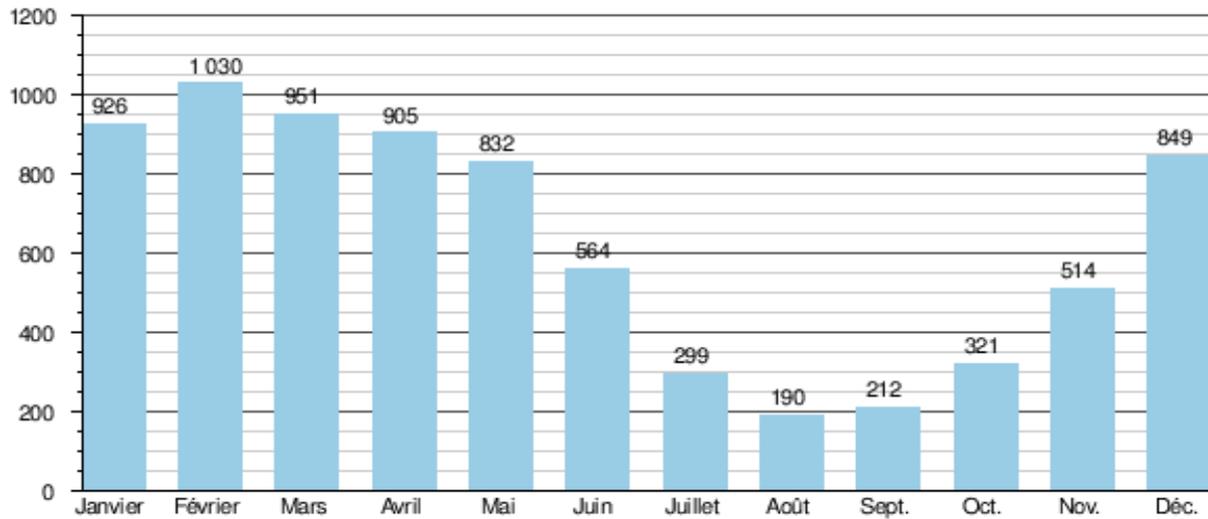
Document II-A-e : Vue satellitaire de la Garonne en amont de Toulouse
(image©2016DigitalGlobe, Données cartographiques©2016Google)



Document II-A-f : Topographie de la zone de la zone (l'encadré correspond à la portion vue sur la photographie II-A-e)
(Données cartographiques©2016Google)



Document II-A-g : Vues du cours d'eau et de la bordure riveraine



Document II-A-h : Débit moyen mensuel (en m³/s) - Moyenne sur 5 ans (2010-2015) - Station hydrologique - Verdun sur Garonne (aval de Toulouse)

A partir de l'analyse des documents proposés ci-dessus, dégagez les caractéristiques hydro-dynamiques des deux stations (Ger et amont de Toulouse) sous forme d'un tableau comparatif.

Réponse(s) à la question II-A-1 : Caractéristiques hydro-dynamiques des stations

- Ces deux stations font partie d'un réseau hydrologique assez simple : avec une rivière de moyenne altitude (500 m environ) affluent de la Garonne un fleuve de plaine (400-200m).
- La portion du Ger montre une pente plus forte que celle de la Garonne.
- Les variations des débits signent un régime pluvio-nival.
- Les écoulements sont plutôt turbulents pour le Ger et globalement laminaires pour la Garonne définissant différents faciès.

II-A-2 Diversité de biotopes des stations

Représentez un transect au niveau de chaque station (en précisant sur la photo aérienne la zone où il est réalisé) afin de dégager les types de biotopes représentatifs de ces stations, ainsi que la distribution de la végétation riveraine.

Réponse(s) à la question II-A-2 : Transect Ger

- Végétation recouvrante et se rejoignant au centre formant un tunnel végétal : fond peu exposé à la lumière directe, apport important en feuilles constituant une source de MO exogène.
- Ecoulement turbulent et débits variables déterminant la granulométrie du fond.
- Des micro-habitats très diversifiés pour la macrofaune, eau bien oxygénée.

Réponse(s) à la question II-A-2 : Transect Garonne

- Végétation riveraine peu dense ne recouvrant pas le cours d'eau : peu d'apport de matière organique exogène, lumière accessible aux photobiontes du cours d'eau.
- Des micro-habitats assez peu diversifiés.

II-B Quelques aspects biologiques du biofilm et du phytoplancton des stations

Cette partie porte sur l'étude des organismes des biofilms qui recouvrent la surface des cailloux et du phytoplancton de la colonne d'eau. Elle offre l'occasion de comparer la biocénose épilithique du Ger à celle de la Garonne à des dates de prélèvement identiques.

II-B-1 Peuplement du biofilm épilithique

Le prélèvement du périphyton consiste à gratter sur environ 1 cm² la surface des cailloux de taille décimétrique afin de collecter le biofilm. Les échantillons peuvent alors être étudiés au microscope photonique pour en déterminer la composition. Différentes colorations complémentaires sont également utilisées pour affiner cette étude.

Une collecte du biofilm a été réalisée sur des cailloux prélevés dans la Garonne au mois de juin. Elle a été conservée dans une pochette en plastique afin de la protéger. Réalisez un montage au microscope de ce biofilm et faites un dessin d'observation légendé des organismes observés.

Vous montrerez à un examinateur la(es) zone(s) représentative(s) choisie(s) pour réaliser le dessin d'observation.

Réponse(s) à la question II-B-1 : Les micro-organismes du biofilm épilithique

- L'observation microscopique (x400-x1000) permettait de voir que le biofilm s'organise en un agrégat complexe d'organismes vivants composés d'algues (Chlorophycées et Bacillariophycées essentiellement à cette époque), de bactéries, de champignons, de protozoaires, d'animaux, de fragments organiques et minéraux.
- Les structures nettement reconnaissables sont des diatomées, des algues filamenteuses, coloniales et isolées du groupe des chlorophycées.

II-B-2 Dénombrement des diatomées du biofilm

Deux suspensions de biofilms sont à votre disposition dans des tubes numérotés 1a et 1b. Les prélèvements ont été réalisés sur des zones de granulométrie identique (1 cm² de surface de galets de 15-25 cm de diamètre/longueur, colmatés par des grains de sable) à la même période de l'année; c'est à dire en juin (température de l'eau du Ger 15 °C et de la Garonne 13°C) et dilués dans de l'eau de façon identique. Le tube 1a est issu de la station du Ger et le tube 1b est issu de la station de la Garonne (amont de Toulouse). Ces prélèvements renferment notamment des diatomées, qui seront étudiées ici.

Réalisez les dénombrements pour chacune des stations à votre disposition et donnez la densité diatomique pour le Ger et Garonne en précisant la méthode de comptage volumique. Cette densité sera exprimée en nombre de cellules/ µL. Interprétez les valeurs obtenues.

Réponse(s) à la question II-B-2 : Comptage diatomique aux stations Ger et Garonne et interprétation

- Les crues importantes du mois de juin 2016 ont influencées significativement la densité des diatomées. Les valeurs obtenues dans les stations Ger et Garonne sont restées significatives mais à des niveaux assez bas.
- Faible densité dans le prélèvement 1a issu du Ger en relation avec les conditions abiotiques de la station.
 - Densité supérieure dans le prélèvement 1b issu de la Garonne où les conditions sont plus favorables.
- NB : les données des débits actualisés au 5-6 juin 2016 permettent d'interpréter les densités obtenues et illustrent l'impact des crues.

II-B-3 Identification de la diversité bactérienne du biofilm

Il est également possible d'aborder la diversité bactérienne au sein de ce biofilm en réalisant une coloration différentielle de Gram. La photographie ci-dessous montre une telle coloration observée en MO x 1000.

Identifiez les types de bactéries présentes sur la photo et légendez-les.

Réponse(s) à la question II-B-3 : Diversité bactérienne du biofilm

Les morphotypes classiques sont facilement identifiables à partir du montage coloré (coque, bacille, chaînette, diplocoque) et il est également possible d'identifier des cellules Gram- et Gram+.

II-B-4 Identification des animaux colorés au rose Bengale

Le flacon numéroté 2 renferme une suspension brute du biofilm prélevé sur des cailloux à la station Garonne (aval de Toulouse) et colorée au rose Bengale. Cette coloration est spécifique aux petits animaux.

Repérez uniquement les animaux colorés par le rose Bengale dans ce milieu et réalisez des dessins légendés afin de les caractériser et de les identifier. Vous préciserez leur(s) rôle(s) au sein du périphyton.

Réponse(s) à la question II-B-4 : Dessins légendés des petits animaux du périphyton

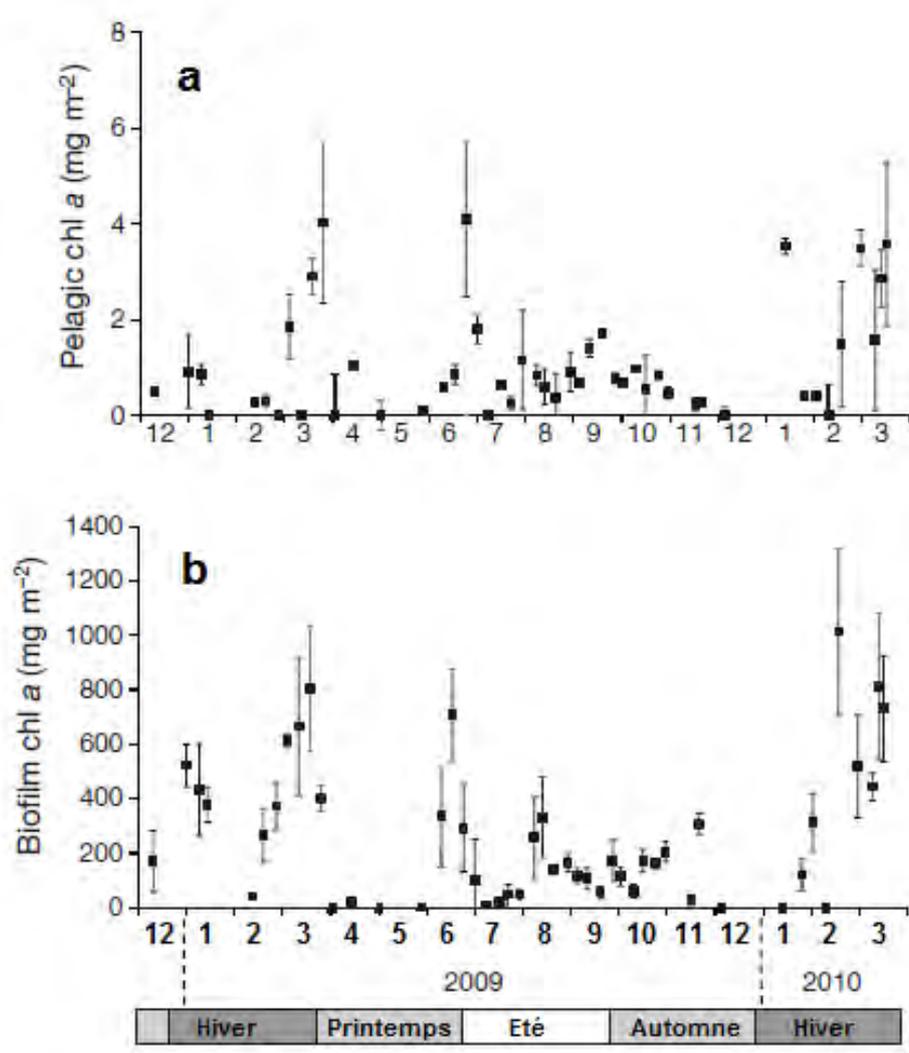
Parmi les animaux du biofilm, on compte les nématodes et les rotifères dont l'identification est réalisée à partir de la description de l'organisme. D'autres organismes sont parfois identifiables, mais leur coloration est souvent imparfaite.

- Les nématodes font partie de cette méiofaune et sont assez abondants dans le biofilm épilithique de la Garonne. Ces organismes sont les prédateurs des micro-organismes photosynthétiques.
- Les rotifères du biofilm épilithique filtrent des quantités considérables d'organismes planctoniques et se nourrissent des bactéries et du phytoplancton. Ainsi, ces rotifères contribuent significativement au couplage trophique pélagos–benthos.

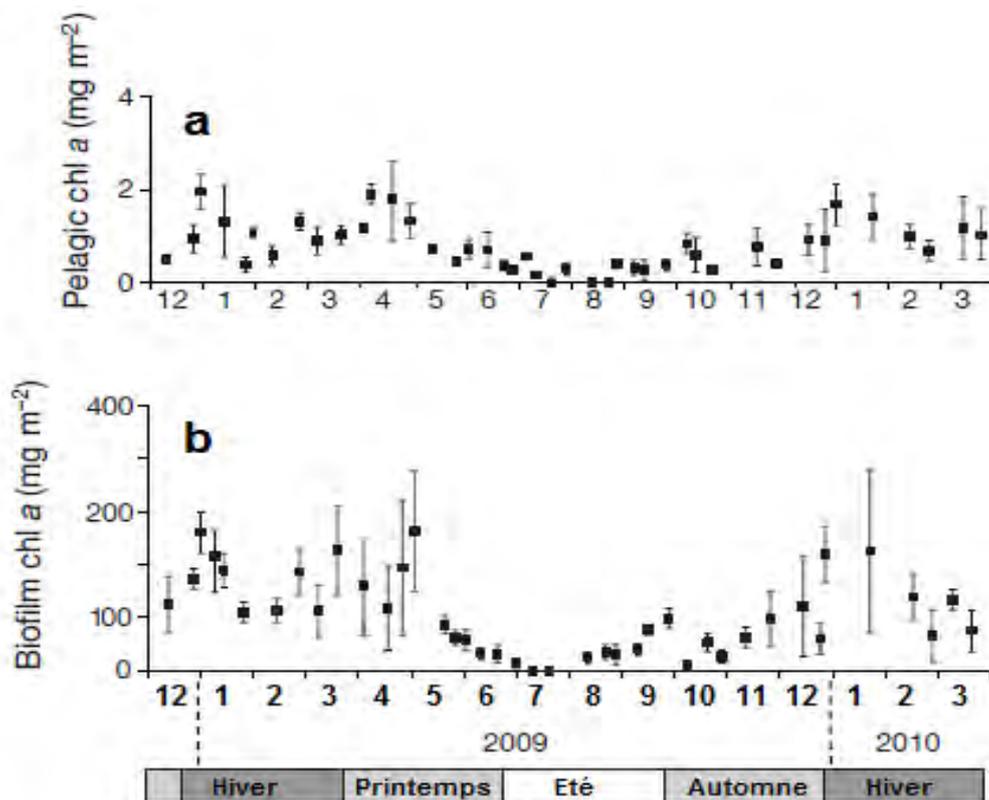
II-B-5 Densité des organismes chlorophylliens épilithiques et pélagiques des cours d'eau

Le prélèvement de 4 biofilms est réalisé sur 2 cm² à la surface des cailloux. Les collectes sont centrifugées (3220g, 20 minutes) afin d'obtenir 4 culots. A partir de 250 mg de chaque culots les pigments des algues du biofilm sont extraits à -20°C pendant 15 minutes. Le dosage de la chlorophylle a du biofilm est alors réalisé. De même, les prélèvements des algues pélagiques sont réalisés simultanément dans la colonne d'eau à 10 cm sous la surface. Les pigments sont extraits par ultrasonication et incubation à -20°C pendant 15 minutes. La chlorophylle a est isolée par chromatographie et son dosage se fait alors par spectrophotométrie.

Analysez les résultats qui vous sont proposés pour ces deux stations.



Doc II-B-5a : Variations de la concentration de la chlorophylle a dans la colonne d'eau (a) et dans le biofilm épilithique (b) à la station Garonne (amont de Toulouse)



Doc II-B-5b Variations de la concentration de la chlorophylle a dans la colonne d'eau (a) et dans le biofilm épilithique (b) à la station Ger

Réponse(s) à la question II-B-5 : Analyse de la biomasse des organismes chlorophylliens

- Les fluctuations de la densité des organismes chlorophylliens sont fonction des saisons et des stations. Ces différences sont liées aux conditions stationnelles vues précédemment.
- Une relation est envisageable entre la densité des organismes pélagiques et benthiques. Cela amène à envisager des échanges entre les compartiments épilithique et pélagique.

II-C Comparaison de la macrofaune des systèmes lotiques

II-C-1 Identification de quelques macro-invertébrés courants des systèmes lotiques

Le peuplement des macro-invertébrés constitue un compartiment biologique majeur de ces écosystèmes. Il est souvent utilisé pour envisager l'étude du fonctionnement des écosystèmes lotiques.

La collecte de ces populations se fait au moyen d'un filet "Suber" avec une maille de 500 μm qui piège les macro-invertébrés et la matière organique de la litière lorsqu'on gratte le substrat sur une surface de 1/20m² du cours d'eau. Un petit nombre de macro-invertébrés représentatifs et couramment rencontrés dans ces milieux a été sélectionné et isolé dans des tubes numérotés de E1 à E7.

Identifiez les échantillons de macro-invertébrés et précisez leur type trophique.

Il vous est demandé de manipuler avec précaution les échantillons afin de ne pas les abîmer.

Réponse(s) à la question II-C-1 - Identification de larves aquatiques avec une clé de détermination -

	Position systématique	Type trophique
Echantillon 1	Insectes-Ptérygotes-Ephéméroptères Baetidées (Baetis)	Déchetteur, Broyeur, Racleur
Echantillon 2	Insectes-Ptérygotes-Diptères-Chironomidées (Chironome)	Collecteur, Déchetteur
Echantillon 3	Annelides-Hirudinées-Clitellata/Achètes (Sangsue)	Hématophage
Echantillon 4	Insectes-Ptérygotes-Plécoptères-Perlidées (Perle)	Déchetteur, Broyeur
Echantillon 5	Plathelminthes-Turbellariés-Tricladés/Polycladés (Planaire)	Prédateur
Echantillon 6	Crustacés-Malacostracées-Amphipodes-Gammaridées (Gammare)	Déchetteur, Broyeur, Collecteur
Echantillon 7	Insectes-Ptérygotes-Trichoptères-Hydropsychidées (Phrygane)	Prédateur, collecteur

II-C-2 Identification des formes adultes issus des larves aquatiques

La capture des formes adultes peut être réalisée au bord de ces cours d'eau par différentes méthodes de piégeage. L'étude de ces adultes est importante pour préciser l'identification.

Voici les photos de 4 adultes issus des larves étudiées dans la question précédente. Etablissez la correspondance entre ces formes et les échantillons (numéro des larves vues au-dessus) en justifiant votre identification.

Réponse(s) à la question II-C-2 : Correspondance larve-adulte

 <p style="text-align: center;"><i>Adulte 1</i></p>	 <p style="text-align: center;"><i>Adulte 2</i></p>
<p><i>Baetis</i></p>	<p><i>Perle</i></p>
 <p style="text-align: center;"><i>Adulte 3</i></p>	 <p style="text-align: center;"><i>Adulte 4</i></p>
<p><i>Hydropsyche</i></p>	<p><i>Chironome</i></p>

II-C-3 Analyse comparative de l'état écologique des systèmes lotiques

La biodiversité des macro-invertébrés est souvent utilisée pour évaluer l'état écologique des milieux aquatiques. L'IBGN (Indice Biologique Global Normalisé) détermine l'état écologique d'un système à partir de l'inventaire faunistique et des caractéristiques de résistance à la pollution des groupes de macro-invertébrés.

II-C-3a Calcul d'IBGN

En tenant compte de l'indice de polluo-sensibilité de quelques taxons représentatifs, il est possible de déterminer la qualité de l'eau sur la période du prélèvement. Pour cela le calcul de l'Indice Biologique Global Normalisé prend en compte (Tableau II-C-3-a").

- La variété taxonomique (Σt) c'est-à-dire le nombre total de taxons identifiés, quel que soit le nombre d'individus trouvés par taxons.
- Le groupe indicateur (GI) le plus sensible à la pollution c'est-à-dire le taxon indicateur ayant une présence significative sur la station (au moins 3 ou 10 individus selon les taxons) et possédant l'indice le plus élevé possible.

Les données suivantes ont été établies à partir de 12 prélèvements jugés représentatifs (norme AFNOR T-90 350-2004) réalisés dans chacune des stations en tenant compte des faciès (courant et granulométrie). L'abondance moyenne est exprimée dans les colonnes du tableau suivant (Tableau II-C-3-a') .

Vous utiliserez les tableaux suivants afin de déterminer l'Indice Biologique Global Normalisé des trois stations ; Ger et Garonne (amont et aval de Toulouse). Quelles informations sur la qualité de l'eau des stations étudiées apportent ces indices. Discutez ces résultats.

	<i>Garonne (amont)</i>	<i>Garonne (aval)</i>	<i>Ger</i>
Plécoptères			
<i>Chloroperlidae</i>	-	-	82
<i>Leuctridae</i>	-		
<i>Nemouridae</i>	15	-	15120
<i>Perlidae</i>	2	-	-
<i>Perlodidae</i>	21		18
Trichoptères			
<i>Brachycentridae</i>	4925	-	42
<i>Goeridae</i>	-	-	8
<i>Hydropsychidae</i>	28	30	-
<i>Hydroptilidae</i>	-	10	-
<i>Limnephilidae</i>	4		314
<i>Psychomyiidae</i>	12	-	-
<i>Rhyacophilidae</i>	36	-	224
<i>Sericostomatidae</i>	2	-	74
Ephéméroptères			
<i>Baetidae</i>	58	290	3017
<i>Caenidae</i>	2	-	4
<i>Ephemerellidae</i>	-	10	910
<i>Heptageniidae</i>	76	-	24
<i>Leptophlebiidae</i>	3	-	702
Diptères			
<i>Chironomidae</i>	1539	5670	-
Coléoptères			
<i>Elmidae</i>	504	30	237
Crustacées			
<i>Gammaridae</i>	-	-	1008
Oligochètes			
	468	1911	-
Planariidae			
	-	70	3090
Nombre d'individus total	7695	8021	24874

Tableau II-C-3-a' : Dénombrement des macroinvertébrés lotiques (Garonne en amont, en aval de Toulouse et Ger)

Classe de variété		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Taxons	Σt	> 50	49	44	40	36	32	28	24	20	16	12	9	6	3
Indicateurs	GI	50	45	41	37	33	29	25	21	17	13	10	7	4	1
+ Polluo-sensibles															
Chloroperlidae															
Perlidae	9	20	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
Perlodidae															
Taeniopterygidae															
Capniidae															
Brachycentridae	8	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
Odontoceridae															
Philopotamidae															
Leuctridae															
Glossosomatidae	7	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
Beraeidae															
Goeridae															
Leptophlebiidae															
Nemouridae															
Lepidostomatidae	6	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
Seicostomatidae															
Ephemeridae															
Hydroptilidae															
Heptageniidae	5	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
Polymitarcidae															
Potamanthidae															
Leptoceridae															
Polycentropodidae	4	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
Psychomyiidae															
Rhyacophilidae															
Limnephilidae 1)															
Hydropsychidae	3	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
Ephemerellidae 1)															
Aphelocheiridae															
Baetidae 1)															
Caenidae 1)															
Elmidae 1)	2	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
Gammaridae 1)															
Mollusques															
- Polluo-sensibles															
Chironomidae 1)															
Asellidae 1)	1	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Achètes															
Oligochètes 1)															

1) Taxons représentés par au moins 10 individus - Les autres par au moins 3 individus

Doc II-C-3-a'' : Valeur de l'IBGN selon la nature et la variété taxonomique de la macrofaune (norme NFT 90-350 mars 2004)

IBGN	>= 17	16-13	12-9	8-5	<= 4
Qualité	excellente	bonne	passable	médiocre	mauvaise
Couleur	bleu	vert	jaune	orange	rouge

Doc II-C-3-a''': Correspondance valeur IBGN et qualité de l'eau-code couleur

Réponse(s) à la question II-C-3a : Détermination des IBGN et interprétation

- Note pour le Ger 13/20. La qualité de l'eau est qualifiée de bonne comme pour Garonne-amont. Note Garonne aval 7/20. La qualité de l'eau est qualifiée de médiocre.
- Mêmes notes pour la Garonne amont et le Ger avec une diversité et une abondance très différentes. Différence entre Garonne amont et aval liée à l'impact de la ville sur la biocénose par ses rejets et ses aménagements.

II-C-3b Limites de l'IBGN

Exposez les limites de cette méthode utilisant l'IBGN.

<p>Réponse(s) à la question II-C-3b : Limites de l'IBGN</p> <ul style="list-style-type: none"> - Absence de prise en compte explicite de l'abondance et de la diversité des taxons - Absence de la prise en compte de l'abondance relative des taxons sensibles par rapport aux taxons résistants - Absence de prise en compte explicite de la typologie des cours d'eau dans la construction de l'indice ; - Absence de calcul d'écart à un état dit de référence - Norme DCE (directive communauté européenne sur l'eau)

II-C-4 Diversité spécifique des peuplements

L'identification des espèces et la biodiversité présente dans la Garonne en amont et en aval au mois d'octobre 2010, permet d'apprécier l'impact de l'agglomération sur l'écosystème lotique.

II-C-4-a Les groupes taxonomiques indicateurs

Les collectes et les identifications portent notamment sur les groupes des Ephéméroptères, des Plécoptères et des Trichoptères. Le tableau suivant représente cet inventaire.

DATES TAXA/DENSITE EN m ²	Amont Garonne (mois d'octobre)		DATES TAXA/DENSITE EN m ²	Aval Garonne (mois d'octobre)
EPHEMEROPTERES	2423		EPHEMEROPTERES	184
Baetidae			Baetidae	
<i>Baetis fuscatus-scambus</i>	870		<i>Baetis buceratus</i>	-
<i>Baetis lutheri</i>	523		<i>Baetis fuscatus-scambus</i>	108
<i>Baetis rhodani</i>	3		<i>Baetis lutheri</i>	8
Caenidae			Caenidae	
<i>Caenis beskidensis</i>	73		<i>Caenis beskidensis</i>	-
<i>Caenis macrura</i>	70		<i>Caenis macrura</i>	10
<i>Caenis pusilla</i>	93		<i>Caenis pusilla</i>	-
Heptageniidae			Heptageniidae	
<i>Ecdyonurus dispar</i>	3		<i>Heptagenia sulphurea</i>	50
<i>Heptagenia sulphurea</i>	578		Potamanthidae	
<i>Rhithrogena sp</i>	5		<i>Potamanthus luteus</i>	8
Potamanthidae				
<i>Potamanthus luteus</i>	205			
PLECOPTERES	18			
Leuctridae				
<i>Leuctra fusca</i>	10			
Nemouridae				
<i>Nemoura sp</i>	3			
Taeniopterygidae				
<i>Taeniopteryx schoenemundi</i>	5			

TRICHOPTERES	15512	TRICHOPTERES	1228
Hydropsychidae		Hydropsychidae	
<i>Cheumatopsyche lepida</i>	718	<i>Hydropsyche contubernalis</i>	330
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	338	<i>Hydropsyche exocellata</i>	895
<i>Hydropsyche dissimulata</i>	3	<i>Hydropsyche pellucidula</i>	-
<i>Hydropsyche exocellata</i>	2963	Hydroptilidae	
<i>Hydropsyche pellucidula</i>	183	<i>Hydroptila angulata</i>	-
Hydroptilidae		Psychomyidae	
<i>Hydroptila angulata</i>	33	<i>Psychomyia pusilla</i>	3
<i>Hydroptila sp</i>	13		
Leptoceridae			
<i>Athripsodes albifrons</i>	38		
Psychomyidae			
<i>Psychomyia pusilla</i>	11125		
Polycentropodidae			
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	13		
Rhyacophilidae			
<i>Rhyacophila dorsalis</i>	85		
Total individus	17953	Total individus	1412

Justifiez l'utilisation de ces trois groupes pour l'étude des caractéristiques de la Garonne.

Réponse(s) à la question II-C-4a : Justification des 3 groupes

Parmi tous les groupes de macro-invertébrés colonisant les cours d'eau, plusieurs groupes sont représentés. Mais tous les groupes n'ont pas la même sensibilité vis à vis des conditions abiotiques et biotiques du milieu. Les groupes les plus sensibles pour différents paramètres (azote, charge de MO, courant, etc.) sont souvent utilisés pour déterminer la qualité de l'eau. Les plécoptères, éphéméroptères et trichoptères constituent des groupes privilégiés.

II-C-4-b Les indices de biodiversité

Calculez l'indice de biodiversité de Shannon pour chaque station à partir du tableau de recensement en utilisant la formule proposée. Vous comparerez la valeur de ces 2 indices et envisagerez des hypothèses afin d'expliquer les éventuelles différences.

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

H' : Indice de biodiversité de Shannon

i : Une espèce du milieu étudié

p_i : Proportion d'une espèce i par rapport au nombre total d'espèces (S) dans les milieux d'étude avec $p_i = n_i/N$ où n_i est le nombre d'individus pour l'espèce i et N est l'effectif total (les individus de toutes les espèces).

Réponse(s) à la question II-C-4-b : Comparaison de la biodiversité des stations

L'indice de Shannon pour la station amont est supérieur à celui en aval de Toulouse.
Cet indice montre donc une moins grande biodiversité en aval qu'en amont de la ville.
Cette situation est le résultat de l'impact de la ville traversée. En effet les rejets domestiques et industriels et les aménagements réalisés pour canaliser la Garonne expliquent pour une grande partie ces changements de biodiversité.

II-D La végétation riveraine associée aux systèmes lotiques et source de matière organique

Les cours d'eau sont bordés d'une végétation riveraine qui joue un rôle important dans le fonctionnement de l'écosystème. Quelques espèces communes qui composent cette flore sont étudiées dans cette partie.

II-D-1 Détermination de quelques espèces de la végétation riveraine

Quelques espèces représentatives de la végétation riveraine ont été collectées et sont présentées au poste d'identification.

Vous passerez à ce poste en fonction du planning indiqué au tableau.

Pour chaque échantillon, indiquez la famille, le genre, l'espèce et le nom commun.

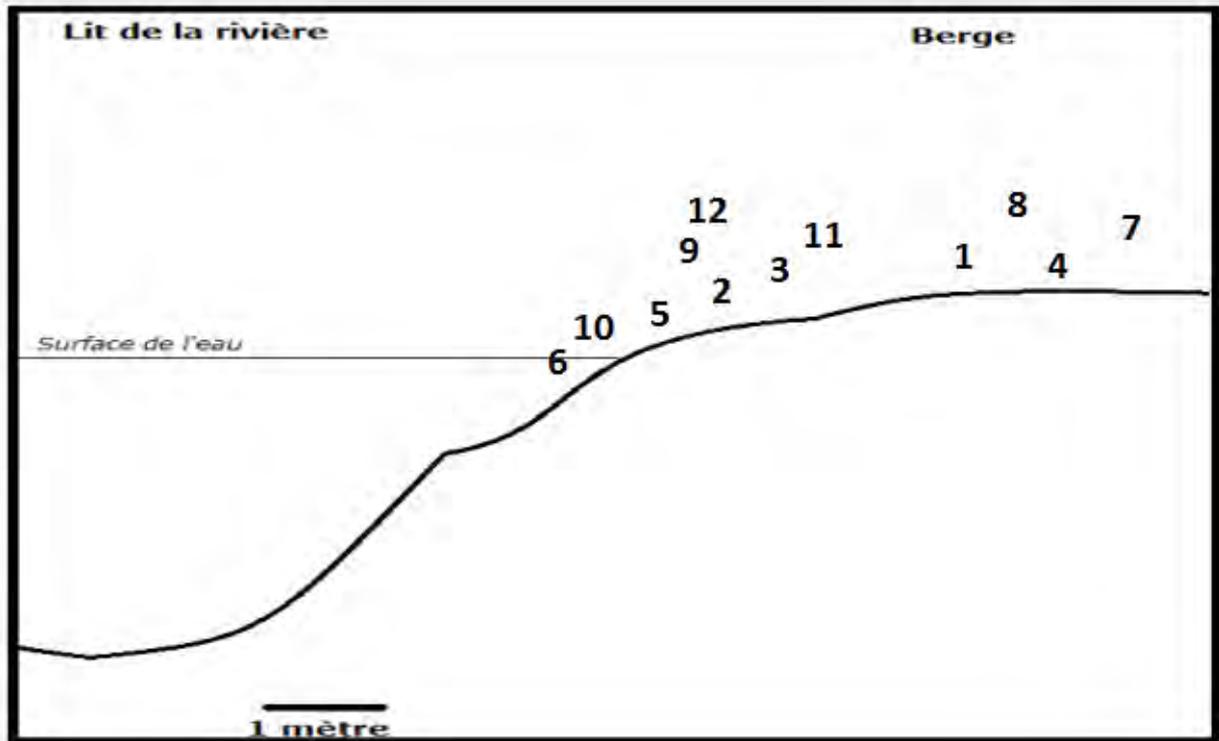
Réponse(s) à la question II-D-1 : Déterminations			
	<i>Famille</i>	<i>Genre espèce</i>	<i>Nom commun</i>
1	Boraginacées	<i>Symphytum officinale</i>	Grande consoude
2	Salicacées	<i>Alnus glutinosa</i>	Aulne glutineux
3	Salicacées	<i>Populus tremula</i>	Peuplier tremble
4	Salicacées	<i>Salix cinerea</i>	Saule cendré
5	Joncacées	<i>Juncus inflexus</i>	Jonc arqué
6	Thyphacées	<i>Thypha angustifolia</i>	Massette
7	Caprifoliacées	<i>Sambucus nigra</i>	Sureau noir
8	Célastracées	<i>Euonymus europaeus</i>	Fusain d'europe
9	Cypéracées	<i>Carex pendula</i>	Laîche à épis pendant
10	Iridacées	<i>Iris pseudocorus</i>	Iris des marais
11	Cornacées	<i>Cornus mas</i>	Cornouiller mâle
12	Salicacées	<i>Salix fragilis</i>	Saule cassant

II-D-2 Distribution des végétaux dans les zones riveraines

Ces plantes n'occupent pas la même position dans cette végétation riveraine, leur distribution est souvent déterminée par les conditions du milieu.

Placez les différentes espèces sur le profil proposé en y reportant les numéros du tableau précédent.

Réponse(s) à la question II-D-2 : Position des espèces végétales dans l'écosystème riverain

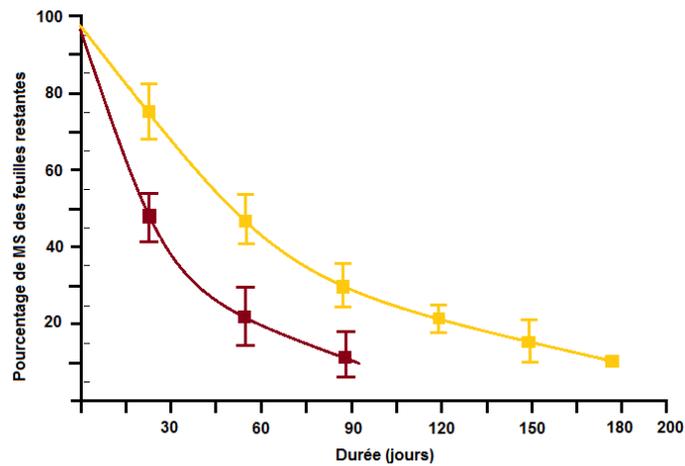


II-D-3 Cinétique de dégradation des feuilles

Des feuilles d'une même espèce d'arbre de la zone riveraine ont été confinées dans une poche en grillage (maille carrée de 0,5 cm) et déposées au fond d'un cours d'eau afin de suivre les modalités de leur dégradation. La durée d'exposition aux conditions hydro-biologiques est de 0 à 6 semaines. Au bout de ces périodes, les poches ont été relevées, et la masse sèche des feuilles est déterminée. Le graphe suivant représente la cinétique d'évolution de la transformation.

Calculez le taux de décomposition journalier K , en utilisant la méthode de votre choix que vous décrirez.

Ensuite analysez ces deux cinétiques et exposez les facteurs de dégradation qui interviennent.



Doc II-D-3 : Courbe de décroissance de la matière sèche de la litière en fonction du temps pour le Ger (en rouge) et la Garonne (en jaune).

Réponse(s) à la question II-D-3 : Cinétique de dégradation et modalités de la dégradation

La comparaison des vitesses se fait en déterminant les coefficients directeurs des droites durée-pourcentage après linéarisation par la fonction exponentielle. Ces pentes donnent le taux de décomposition.

Les vitesses de dégradation différentes dans les deux systèmes sont liées à l'activité biologique des organismes vues dans les parties précédentes. Les types trophiques et l'importance quantitative des espèces expliquent ces différences.

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 5 parties abordant un même objet géologique (la région Nord-Pas de Calais-Picardie) sous divers angles et à plusieurs échelles d'espace et de temps. L'objectif était de reconstituer une histoire géologique cohérente et intégrée de cette région.

La première partie abordait la structure profonde à l'échelle de la région. Elle demandait aux candidats d'interpréter le bassin et les failles à l'échelle crustale. Elle nécessitait des compétences d'analyse en géophysiques au sens large (gravimétrie, sismique réflexion) à mettre en relation avec une connaissance géologique de la France à l'échelle crustale et des connaissances sur la géologie régionale du NW de la France. Cet exercice de synthèse a été très bien réussi par un petit nombre de candidats. La majorité d'entre eux a partiellement réussi, s'assurant une note moyenne.

La seconde partie focalisait sur la carte géologique de Marquise au 50.000ème. On demandait un schéma-structural qui nécessitait de savoir lire une carte géologique et interpréter les contacts en termes de structures, puis ces structures en termes d'évènements géologiques pour les associer à l'histoire des orogènes en Europe. On demandait aux candidats de commencer à dresser la figure de synthèse (Fig. 15). Les principales structures à relever étaient l'orogène Varisque, l'érosion et la discordance post-orogénique avec la reprise de la sédimentation au Jurassique Moyen; la discordance du Crétacé et l'inversion tectonique post-Crétacé. Cette question a été diversement réussie, très bien pour certain, mal pour d'autres, mais une bonne majorité des candidats on répondu moyennement.

La troisième partie était dédiée aux paléo-environnements. Des fossiles à dessiner, déterminer et dater, ainsi que des planches de données paléontologiques et sédimentologiques, devaient permettre aux candidats d'associer des paléo-environnement de dépôt et des paléo-bathymétries aux données. En les intégrant les résultats de leur analyse dans la synthèse de la figure 15, les candidats devaient obtenir des tendances de variations du niveau marin au cours des temps géologiques (transgressions, régressions, émergences), en association avec les grandes discordances trouvées à la question 2, et en accord avec les oscillations du contenu lithologique des roches de la région. Cette question, faisant appel à des connaissances diverses (paléontologie, sédimentologie) servant à des interprétation de paléo-environnement, a été moyennement bien traitée par l'ensemble des candidats.

La quatrième partie concernait la quantification des déformations subies par les roches lors des évènements tectoniques successifs. En suivant un protocole expliqué en images, les candidats devaient reconstituer les déformations (1) dues à l'inversion tectonique post-Crétacé et déduire qu'il s'agissait d'une compression avec très peu de raccourcissement; (2) dues à l'extension syn-sédimentaire au Jurassique et déduire qu'elles sont dues à une faible extension (3) dues à l'orogène varisque et déduire qu'elles résultent d'une compression avec fort raccourcissement (plis et chevauchements). La restauration séquentielle des déformations a été bien réussie par la grande majorité des candidats. Si la mesure des déformations cumulées avec le curvimètre n'a pas posé de problèmes, en revanche, le calcul des déformations spécifiques à chaque évènement n'a été que peu compris et rarement réalisé.

La cinquième partie permettait de déterminer les paléo-contraintes responsables des déformations. On installait le candidat dans le rôle du géologue ayant collecté des mesures de failles sur le terrain et devant associer ses mesures aux évènements géologiques connus d'après les questions précédentes. Cette question faisait appel aux compétences techniques (projections stéréographiques, choix de la méthode); à la réflexion scientifique (âge des déformations, changement d'échelle, rhéologie et co-axialité) et à la synthèse avec les questions précédentes (surtout I, II et IV). On attendait un champ de contraintes en raccourcissement Varisque N-S, un champ décrochant post-Varisque et anté-Jurassique (Faille de Ferques), une extension syn-Jurassique N-S et une inversion post-Crétacé N-S. Cette question a soulevé le manque de maîtrise de ces techniques fondamentales de la tectonique par une majorité des candidats.

5.3.2 Sujet commenté

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

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2016

TRAVAUX PRATIQUES DE SPÉCIALITÉ DU SECTEUR C

Durée totale : 6 heures

Histoire géologique de la région Nord-Pas-de-Calais-Picardie.

Cette épreuve de travaux pratiques en 5 parties est destinée à travailler de la petite échelle à la grande échelle et lier le contexte tectonique avec les paléoenvironnements afin de reconstituer l'histoire géologique du secteur nord-ouest de la France. Les interprétations des parties numérotées II à V seront synthétisées au fur et à mesure du TP sur la figure 15 (**à garder près de vous en permanence**).

Les questions I, II et V seront réalisées à votre place attitrée. La question III comporte un passage en poste d'observation d'échantillons en 20 minutes. La question IV-B comporte un passage (10 minutes) en interrogation orale dans le couloir et nécessite d'avoir traité question IV-A avant. *Prévoyez votre organisation en conséquence.*

Partie I : Géophysique et structure du socle - 70 minutes - barème 25/120	page 2
Partie II : Schéma structural - 70 minutes - barème 25/120	page 9
Partie III : Paléontologie et paléoenvironnements - 70 minutes - barème 25/120	page 11
Partie IV : Quantification des déformations - 80 minutes - barème 25/120	page 19
Partie V : Champs de paléocontraintes - 70 minutes - barème 20/120	page 26

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 TOTALITE DES FEUILLES DU DOSSIER

La région Nord – Pas de Calais – Picardie, principalement constituée de la partie nord-ouest du bassin de Paris est une région de frontière : entre le bassin de Paris et le bassin anglo-belge, mais aussi entre la chaîne hercynienne française et le bloc stable « Londres-Brabant ». Cette épreuve a pour but, à travers des études locales, l’investigation géophysique et géologique de cette région frontalière afin d’en dégager les marqueurs et d’en préciser l’évolution géologique.

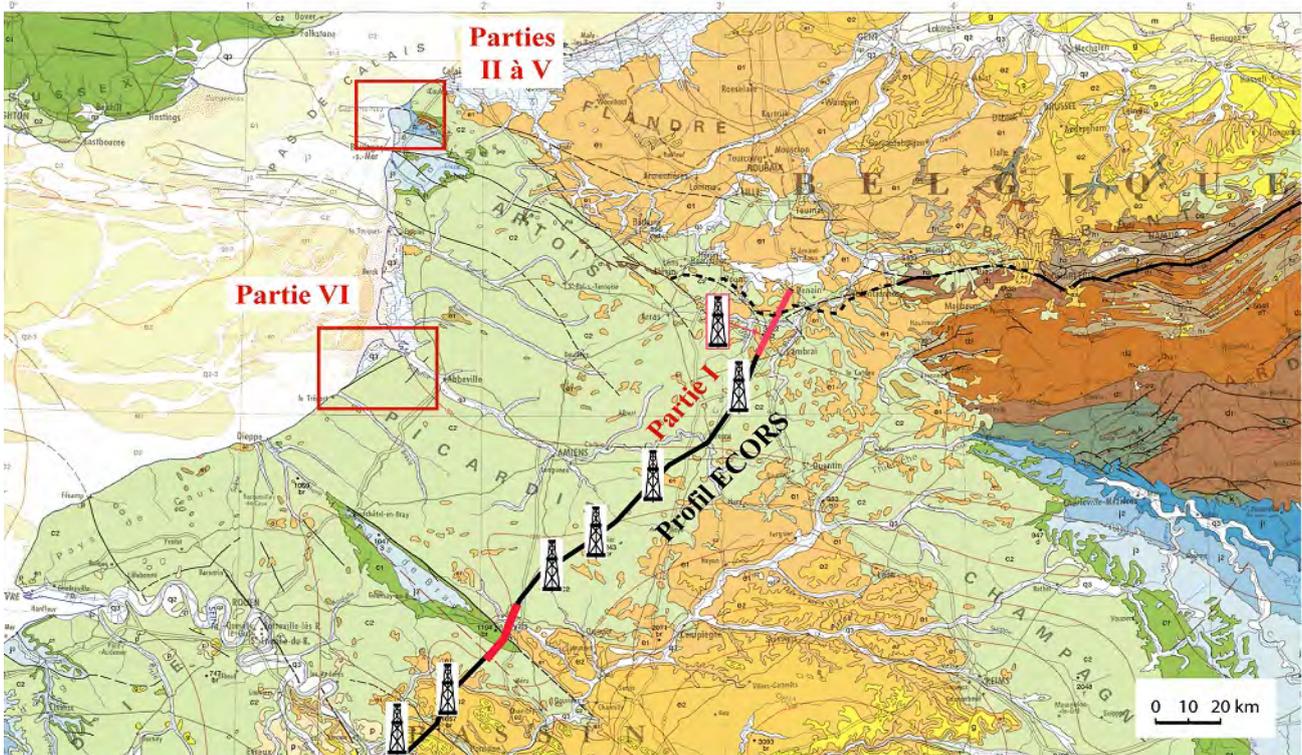


Figure 1: Extrait de la carte de France au millionième avec la localisation du profil ECORS « Nord de la France » de la partie I ainsi que la localisation des études de détail de II à V.

Partie I : GEOPHYSIQUE ET STRUCTURE DU SOCLE

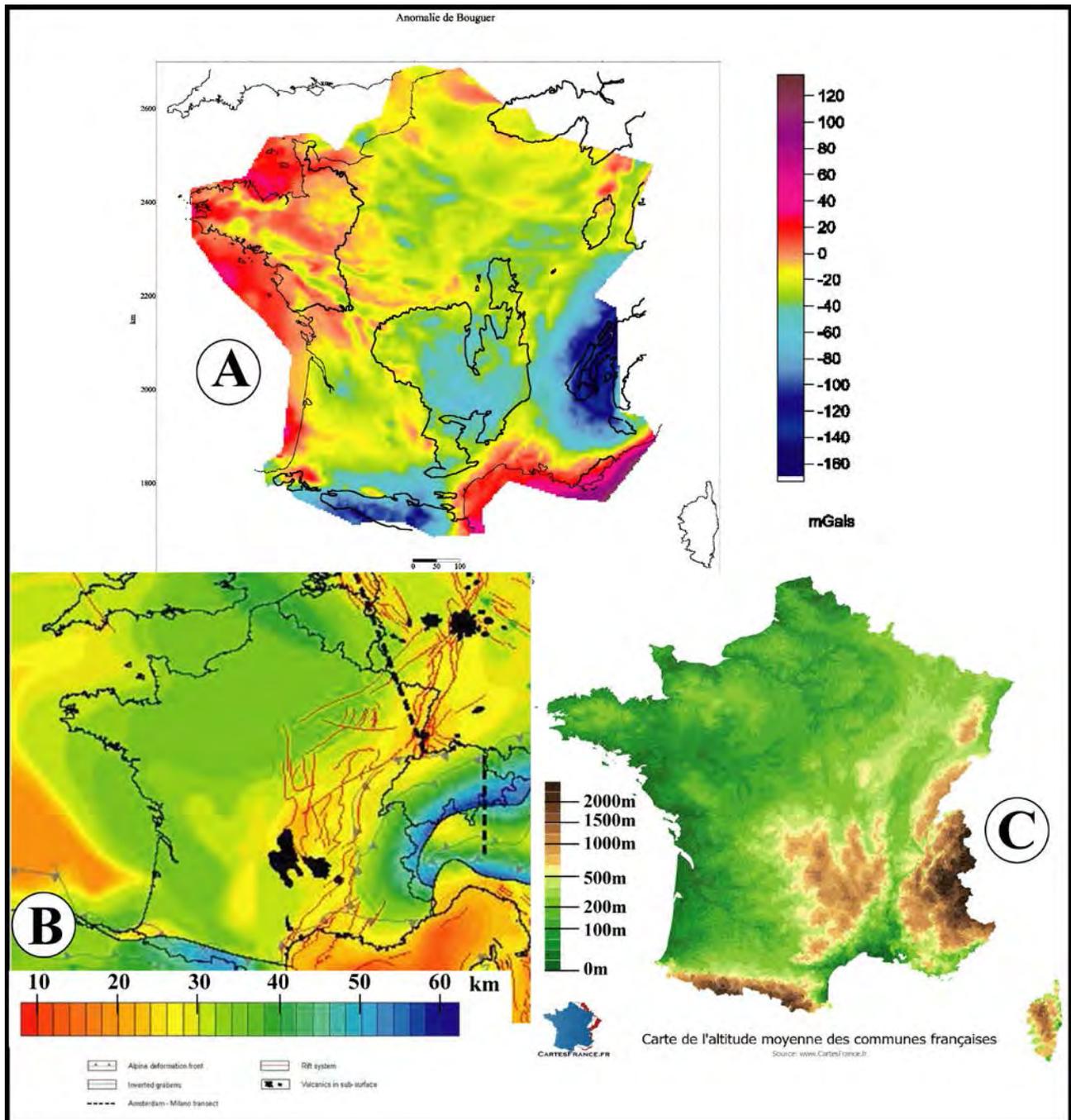
Durée conseillée : 70 minutes - barème : 25 / 120

I-A- Les apports de la gravimétrie :

I-A-1 Anomalies de Bouguer à l'échelle de la France métropolitaine.

A partir de la figure 2, expliquez, dans les trois exemples des Alpes, du Massif central et du Golfe du Lion, quelle interprétation en termes d'isostasie donner à l'anomalie de Bouguer en la comparant aux cartes du relief et de la profondeur du Moho.

Figure 2 (en page suivante): A : carte de France de l'anomalie de Bouguer (donnée BRGM). B : Carte de la profondeur du Moho en Europe ; C : Carte du relief de la France.



Réponse à la question I-A-1

Le jury attendait une réponse courte mettant en relation les reliefs positifs (Alpes et Massif Central) avec des anomalies de Bouguer négatives traduisant un déficit de masse en profondeur. La carte du Moho permettait une interprétation en isostasie crustale sous les Alpes avec l'observation d'une racine crustale moins dense que le manteau encaissant alors que la faible épaisseur sous le massif central imposait une compensation plus profonde avec un manteau « chaud ». L'isostasie crustale s'appliquait aussi à la marge du Golfe du Lion.

Question correctement traitée bien que de nombreux candidats aient expliqué l'anomalie par une racine crustale moins développée sous le Massif central car massif « ancien ».

I-A-2 Anomalies de Bouguer autour du Pas de Calais.

A partir des données de la figure 3, quelle interprétation peut-on donner aux anomalies de Bouguer dans la région du Weald-Boulonnais?

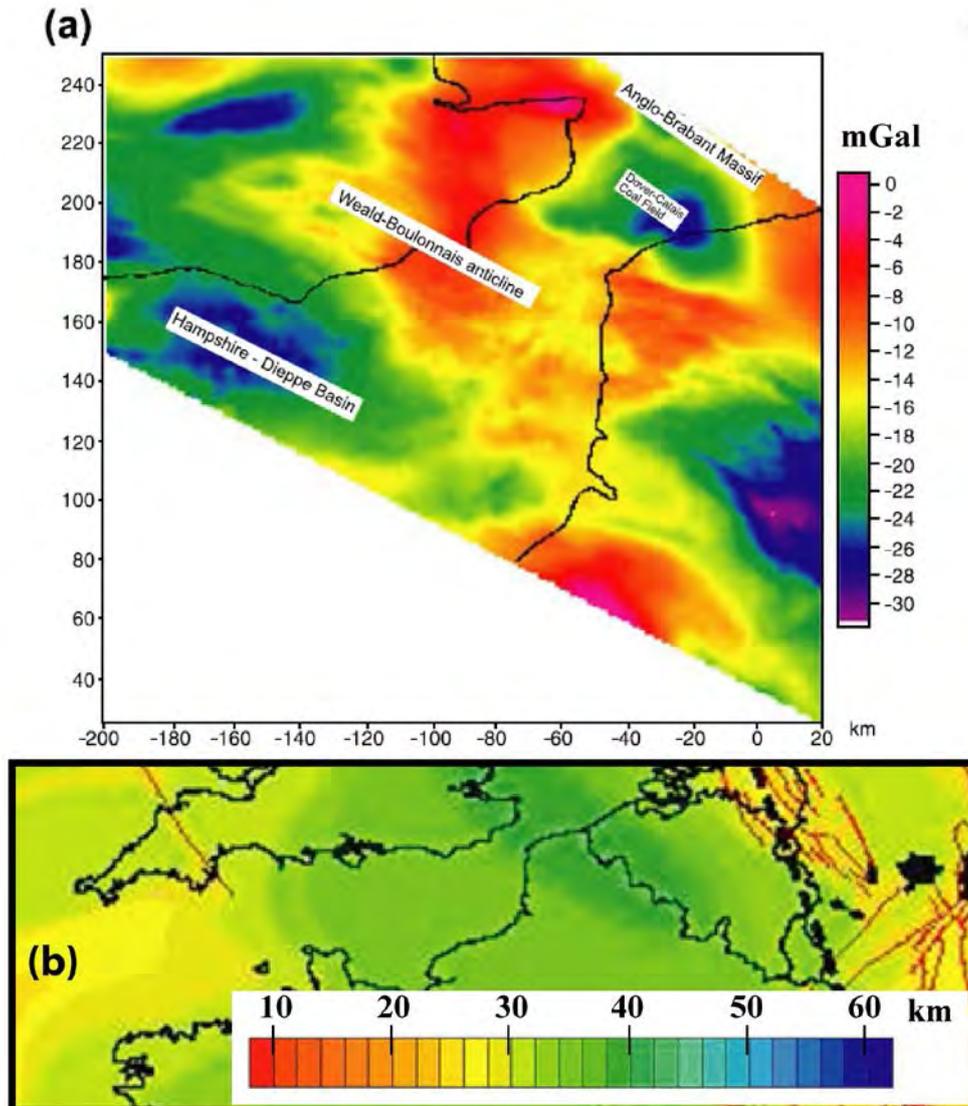


Figure 3 : (a) carte des anomalies de Bouguer dans la région du Weald-Boulonnais (d'après Mansy et coll., 2003). (b) carte de la profondeur du Moho en Europe pour la même région.

Réponse à la question I-A-2

Dans un contexte général de faible relief, les anomalies de Bouguer de relativement courte longueur d'onde présentées ici ne pouvaient manifestement pas être corrélées avec la profondeur du Moho (bien que de nombreux candidats l'aient maladroitement tenté). Les anomalies devaient donc être plus locales et en rapport avec la tectonique de surface et la distribution de petits bassins sédimentaires. Cet exercice a été globalement assez mal traité.

I-B- Les apports de la sismique réflexion : le profil ECORS :

I-B-1 Sismique réflexion et lithosphère continentale.

Vous reporterez les unités principales de la lithosphère continentale visibles sur l'extrait du profil ECORS de la figure 4 sur la partie B, en ayant converti les temps double en profondeur. On conseillera de prendre comme vitesses des ondes P : $V_s = 3000$ m/s pour les sédiments et $V_c = 6000$ m/s pour la croûte. N'oubliez pas de légender votre interprétation.

Réponse à la question I-B-1

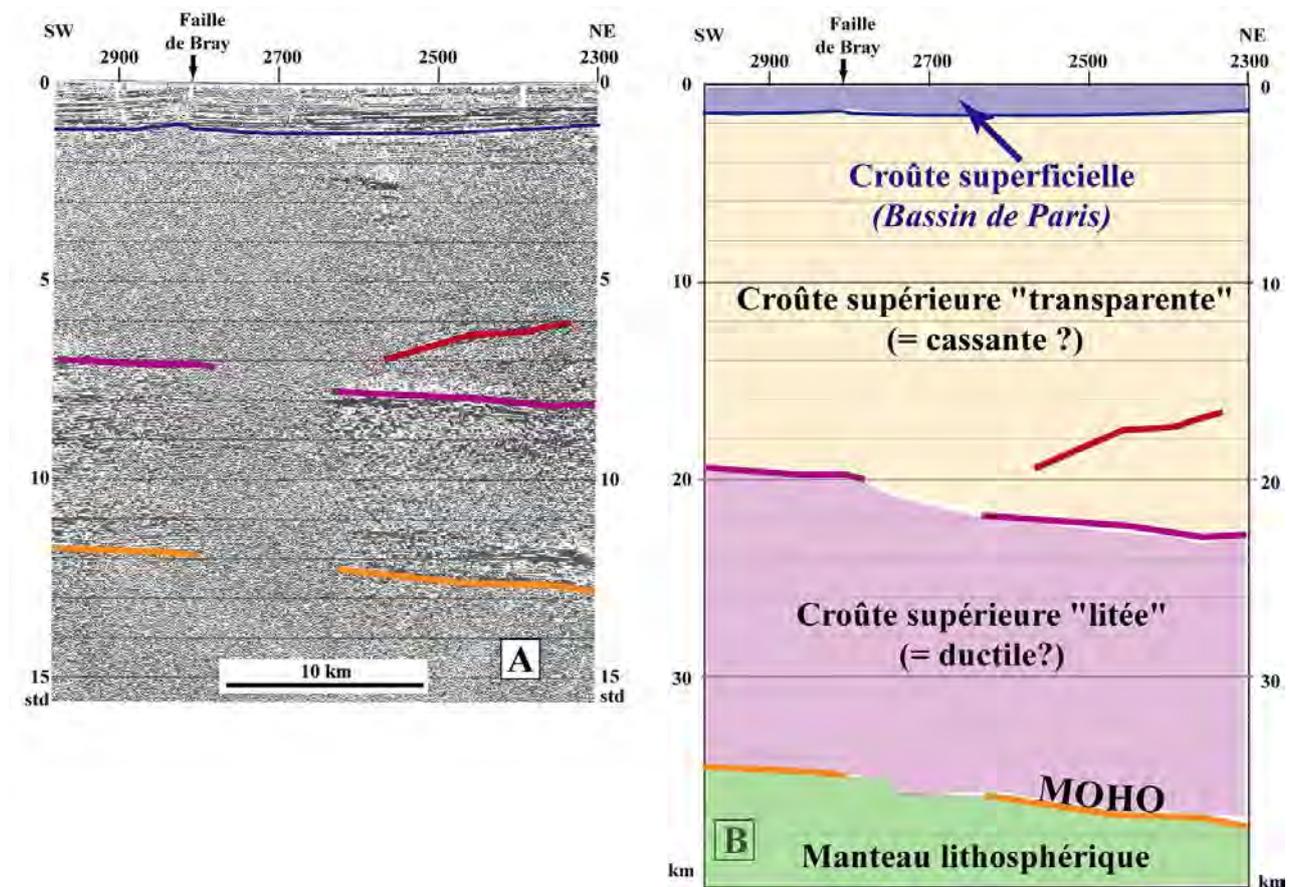


Figure 4 : Extrait du profil de sismique réflexion ECORS « Nord de la France » dans la région du Pays de Bray ; l'échelle verticale est en secondes temps-double (std). (D'après : *Interprétation de la vibrosismique réflexion, Cazes et al., 1988, in ECORS, profil nord de la France, p.53-77, Technip*).

Légende : Elle est ici incorporée dans le texte. Il était aussi possible d'expliquer succinctement les calculs des épaisseurs en multipliant les différences de temps double des réflecteurs par la vitesse et en divisant par 2.

I-B-2 Sismique réflexion et jeu des failles : l'exemple de la faille du Pays de Bray.

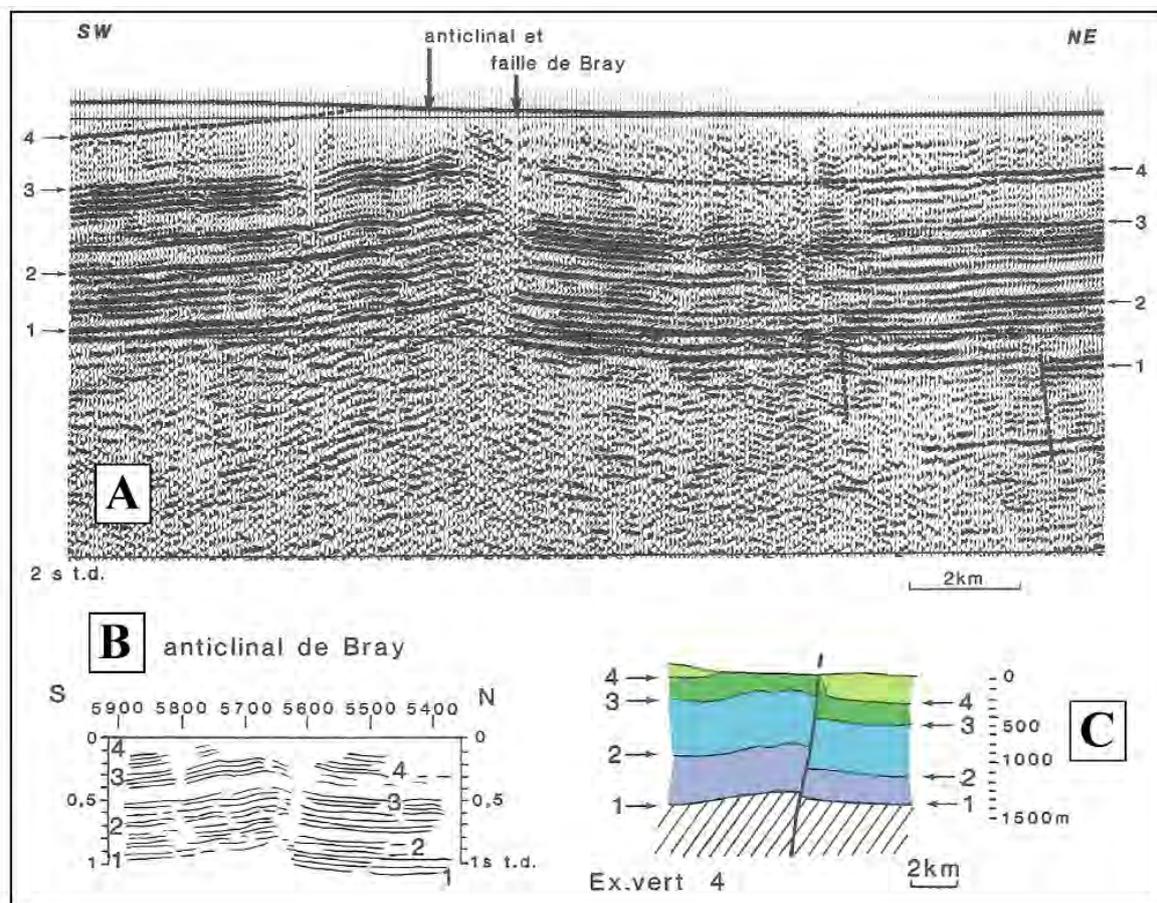


Figure 5 : Extrait du profil de sismique réflexion ECORS « Nord de la France » dans la région du Pays de Bray ; l'échelle verticale est en secondes temps-double (std). A : profil sismique. B : Pointé sismique des horizons (1 : toit du socle ; 2 : toit du Bathonien ; 3 : toit du Jurassique ; 4 : toit du Cénomanién). C : Pointé converti en profondeur. (D'après : *Interprétation de la vibrosismique réflexion*, Cazes et al., 1988, in ECORS, profil nord de la France, p.53-77, Technip).

Vous expliquerez le fonctionnement de la faille du Pays de Bray au cours des temps géologiques.

Réponse à la question I-B-2

On pouvait montrer sur cette figure que la faille crustale du Pays de Bray avait eu des jeux multiples au cours du temps. Le mouvement le plus récent étant celui d'une faille inverse associée à l'anticlinal du même nom (trop souvent baptisé « crochon de la faille ») postérieur au Cénomanién. La variation d'épaisseur de l'ensemble Trias-Lias considéré comme syntectonique amenait à proposer un jeu en faille normale à cette époque avant une période plus calme du Dogger au Crétacé inférieur.

Peu de candidats ont vu ce jeu plus ancien.

I-B-3 Sismique réflexion et données de forage : l'exemple de la faille du Midi.

En corrélant sismique réflexion et forage, vous expliquerez le fonctionnement de la faille du Midi et sa signification géodynamique possible dans la partie de la chaîne hercynienne de cette région.

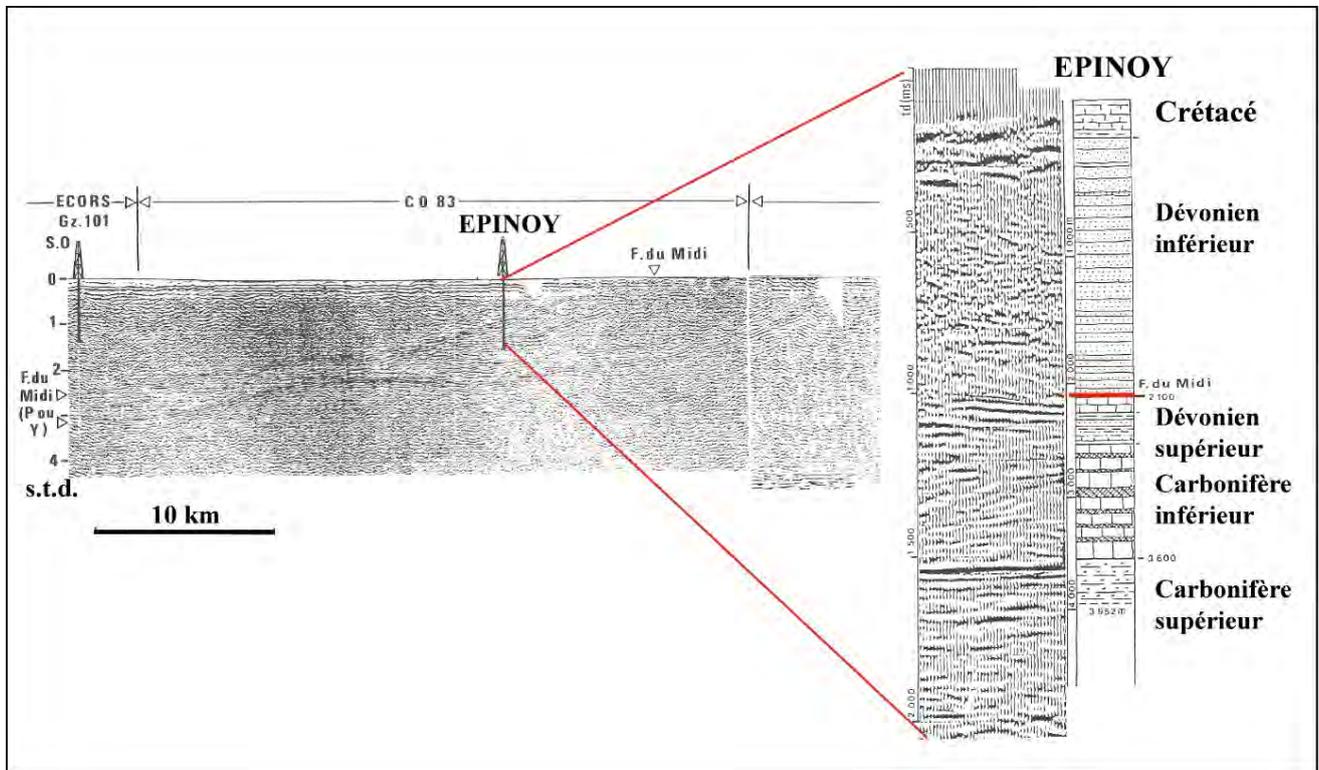


Figure 6 : Extrait de profils de sismique réflexion associés au profil ECORS « Nord de la France » dans sa terminaison nord, montrant la corrélation avec le forage d'Épinoxy. L'échelle verticale est en secondes temps-double (std). (D'après : *Interprétation de la vibrosismique réflexion*, Cazes et al., 1988, in *ECORS, profil nord de la France*, p.53-77, Technip).

Réponse à la question I-B-3

Le forage permettait de montrer une faille inverse amenant une superposition d'une série normale dont la base plus ancienne repose sur une série inverse plus jeune. La corrélation avec un réflecteur de faible pendage vers le sud permettait de proposer un chevauchement très plat de l'allochtone ardennais sur le bloc du Brabant dont les candidats devaient connaître l'importance comme front de la chaîne d'avant pays du système hercynien septentrional.

I-B-4 L'interprétation du profil ECORS « Nord de la France »

En vous aidant des questions précédentes ainsi que de vos connaissances personnelles, vous proposerez une interprétation géologique de l'ensemble du profil ECORS « Nord de la France » en la superposant au pointé sismique de la figure 7 en page suivante. Ne pas oublier de légender.

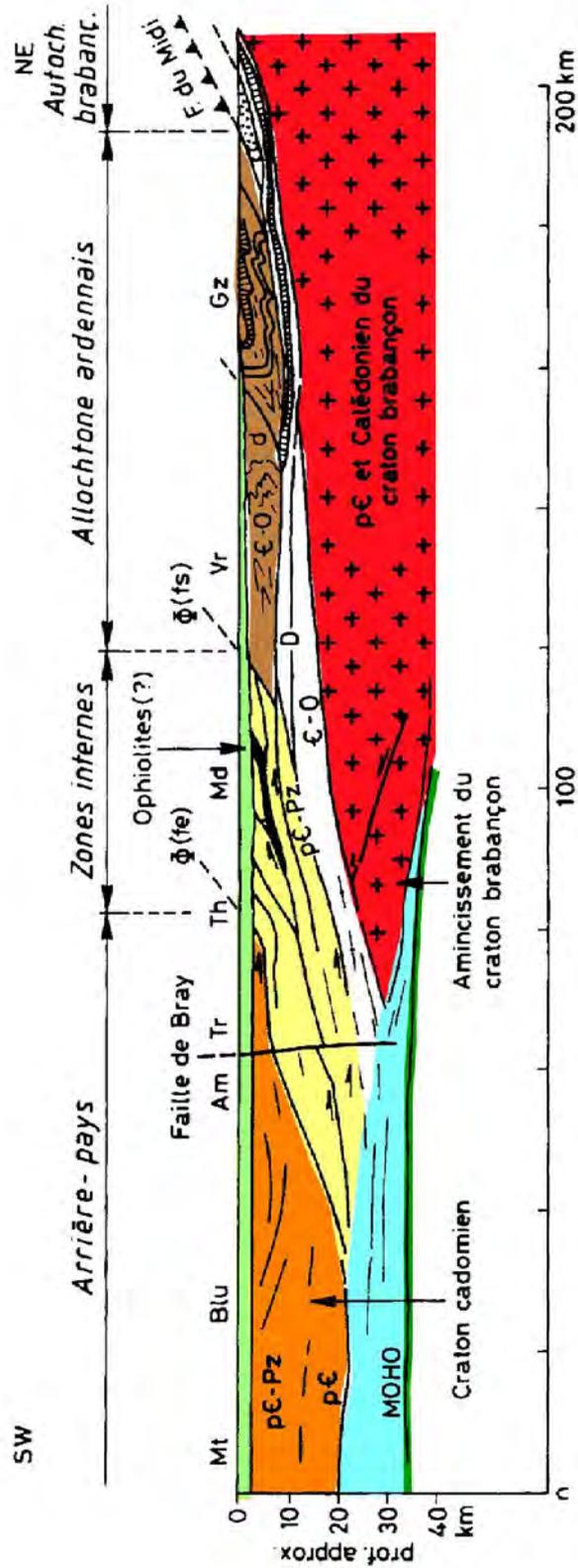


Figure 7 : Pointé de la sismique réflexion du profil ECORS (Programme ECORS, ed. Technip, 1988).

L'habillage devait s'approcher « raisonnablement » de l'interprétation « officielle » du groupe ECORS, sachant que les points incontournables étaient le MOHO, la croûte inférieure litée d'un seul côté, le Bassin de Paris, la Faille du Midi et la zone des chevauchements internes.

Partie II : SCHEMA STRUCTURAL

Durée conseillée : 70 minutes - barème : 25 / 120

II-A- Schéma structural de la carte de Marquise :

Réalisez le schéma structural de la partie émergée (ne pas représenter les structures sous-marines) à partir de l'extrait de la carte de Marquise BRGM au 1/50 000^{ème} mis à votre disposition. Le travail sera réalisé sur la figure 8 en format A3. La réalisation d'un schéma structural comprend une carte, un log simplifié pour les regroupements de terrains et une légende des éléments structuraux.

Prenez soin de bien mettre en évidence uniquement les événements tectoniques principaux: discordances, hiatus, failles, sur la carte ainsi que sur le log. N'oubliez pas de quantifier les périodes de hiatus (inscrire leur durée) dans le log simplifié.

II-B- Interprétations structurales et géodynamiques :

Quels sont les événements tectoniques ayant affecté le Boulonnais ? Vous indiquerez leur nom, nature et durée dans le tableau II.B ci-dessous.

Commencez aussi à remplir la Figure 15 (planche en A3) : indiquez dans la colonne 4 les événements tectoniques principaux et localisez dans la colonne 3 les transgressions, régressions.

Réponse à la question II-B : Tableau II.B.

Nom	Nature	Durée (Ma)
-----	--------	------------

Le jury attendait ici la reconnaissance de 4 événements régionaux et globaux connus en Europe à travers le schéma structural: orogène varisque (compression), érosion post-varisque, subsidence et extension au Jurassique et Crétacé (Rifting Atlantic, subsidence tectonique puis thermique), inversion tectonique post-crétacé (Alpine sens-large). Une estimation des durées des processus (hiatus, orogènes et périodes de sédimentation à partir du log de la figure 8).

Partie III : PALEONTOLOGIE ET PALEOENVIRONNEMENTS

Durée conseillée : 70 minutes - barème : 25 / 120

III-A- Reconnaissance et dessin d'échantillons de fossiles et roches (30 minutes):

Cette partie du TP nécessite un passage de 20 minutes au poste "FOSSILES ET ROCHES"

III-A-1 Reconnaissance de fossiles et de roches.

En vous aidant de la figure 9, reconnaissez (**description des éléments de diagnose**), nommez et donnez une estimation de l'âge pour les fossiles présentés et numérotés 1 à 3. Déterminez aussi les roches 4a et 4b, provenant d'une même formation et proposez un âge. **Vous répondrez dans le cadre II-A-2 (page 12) pour l'échantillon 1 et dans le cadre de la page 17 pour les échantillons 2 à 4 (III-A-1, page 16). Positionnez aussi les échantillons sur le log stratigraphique de la figure 15, en colonne 2.**

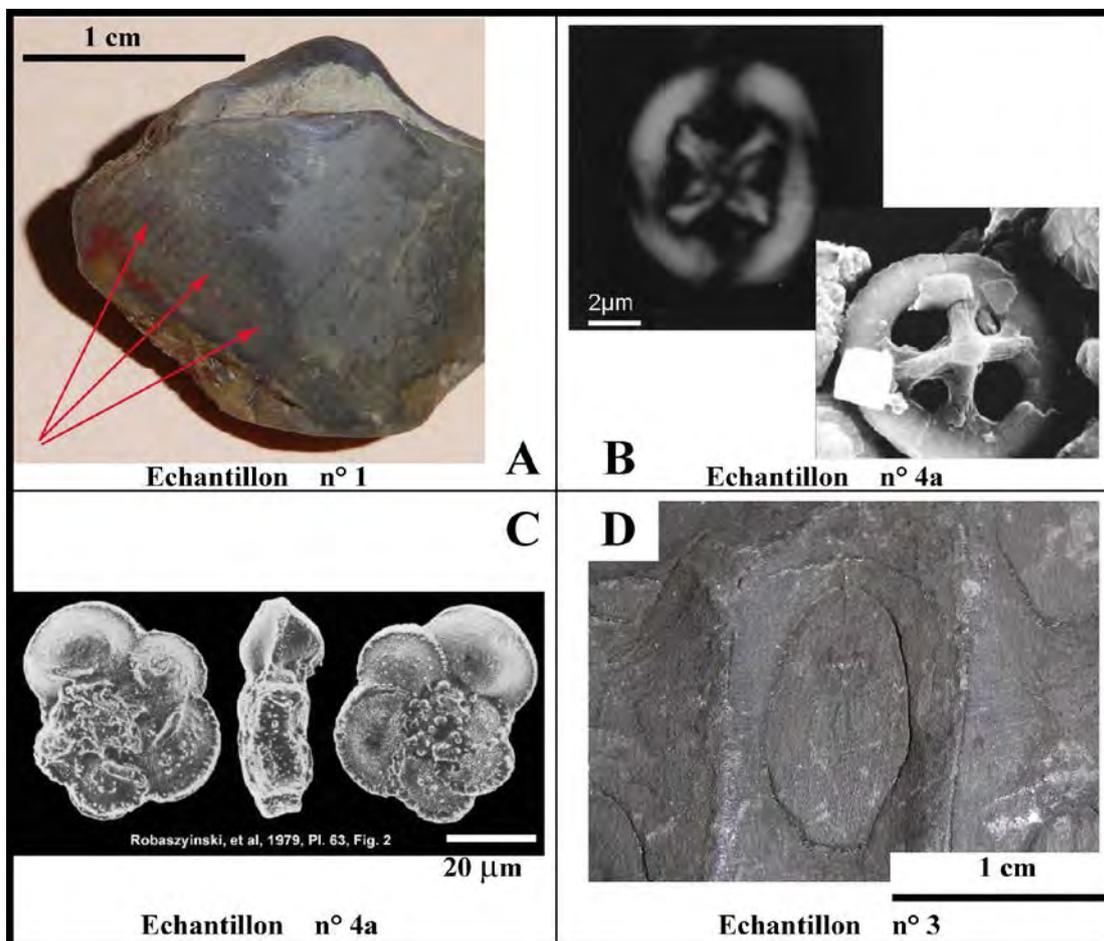


Figure 9 : Détails concernant certains échantillons du poste « fossiles et roches » destinés à faciliter la détermination. **A** : Détail de l'échantillon 1, section polie sous la coquille. **B** : détail de fossiles de l'échantillon 4A, à gauche en LPA et à droite en microscopie électronique à balayage (Brown et al., 1998). **C** : détail de fossiles de l'échantillon 4A en microscopie électronique à balayage, (Robaszynski et al., 1983). **D**. Détail de l'original de l'échantillon 3 (l'exemplaire observé est un moulage)

III-A-2 Dessin de fossile

Faites le dessin annoté du fossile de l'échantillon n° 1 dans le cadre réservé ci-dessous

Réponse à la question III-A-2 (*Dessin annoté*)

Echantillon 1 : Diagnose, détermination et âge :

L'échantillon présente une coquille à deux valves avec un plan de symétrie perpendiculaire à la ligne cardinale et une commissure frontale déviée (déterminant un bourrelet dorsal entouré de deux sinus). Ces caractères suffisaient à proposer un brachiopode (qu'un tiers des candidats a placé au sein des mollusques). Si le foramen du pédoncule n'était pas visible, la figure 9A montrait un brachiosquelette spiralé qui avec la ligne cardinale droite permettaient de proposer le genre *Spirifer*, d'âge Paléozoïque probable (De fait *Cyrtospirifer verneuilly* du Dévonien – étage Frasnien)

III-B- Reconnaissance des paléoenvironnements (30 minutes):

Les figures 10 à 14 sont des planches comportant des informations sédimentologiques et/ou paléontologiques issues d'articles scientifiques. L'âge des roches concernées est donné par la figure 15 (fournie en format A3) où les planches sont localisées en face du log (colonne 2). Pour chaque planche, interprétez un environnement de dépôt des séries concernées. (Par exemple : milieu marin ou continental, bathymétrie, localisation par rapport à l'action des vagues etc.) Inscrivez vos interprétations dans le tableau III.B de la page 16.

Sur la figure 15, reportez les environnements et commencez à construire une courbe de paléobathymétrie associée (figure 15, colonne 3).

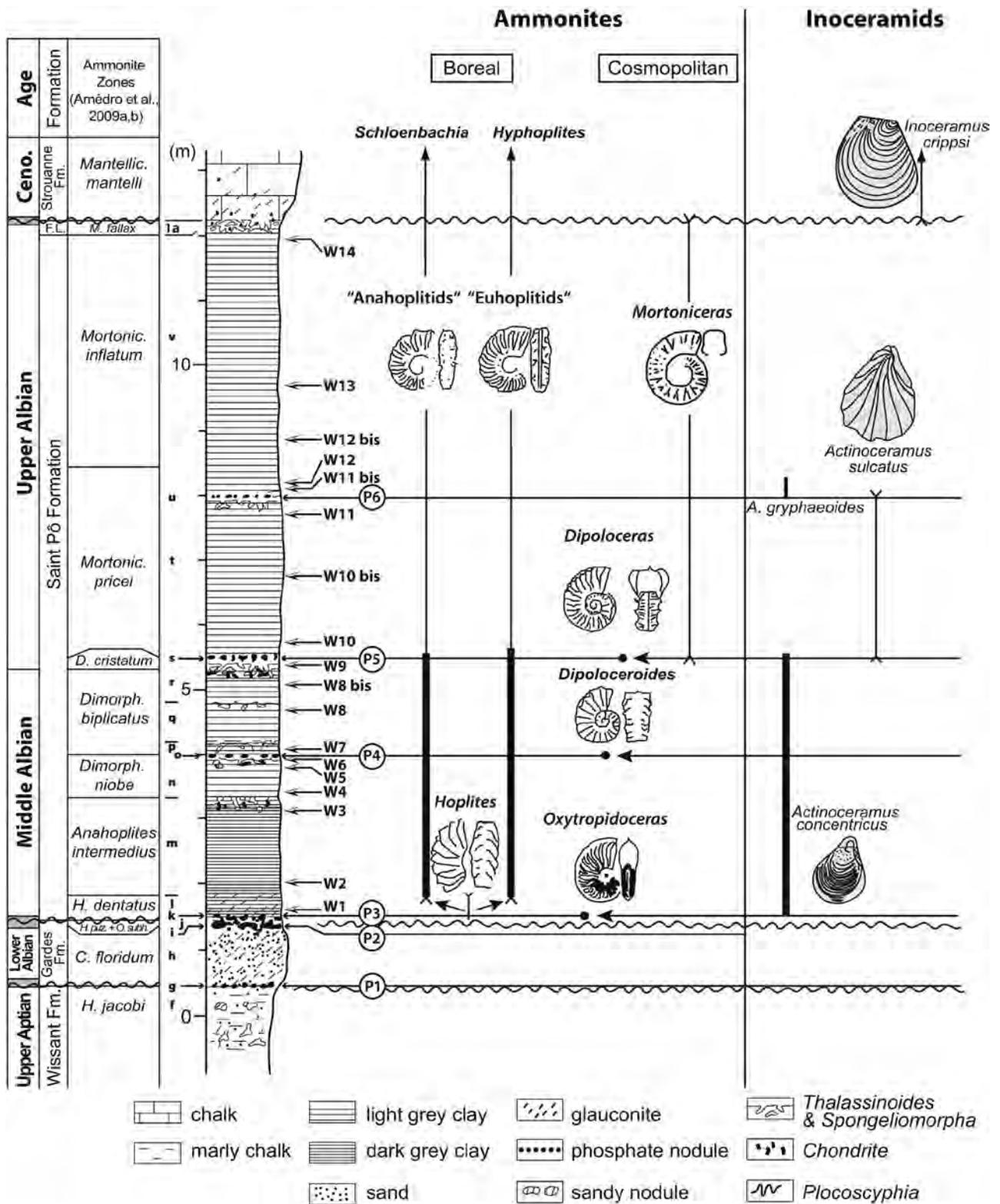


Figure 10 : Lithostratigraphie et biostratigraphie de l'Albien (Formation dite « Argile du Gault », log levé à Wissant, Boulonnais, France; modifié par Bomou et al. (2015) et d'après Robaszynski et Amédro 1993).

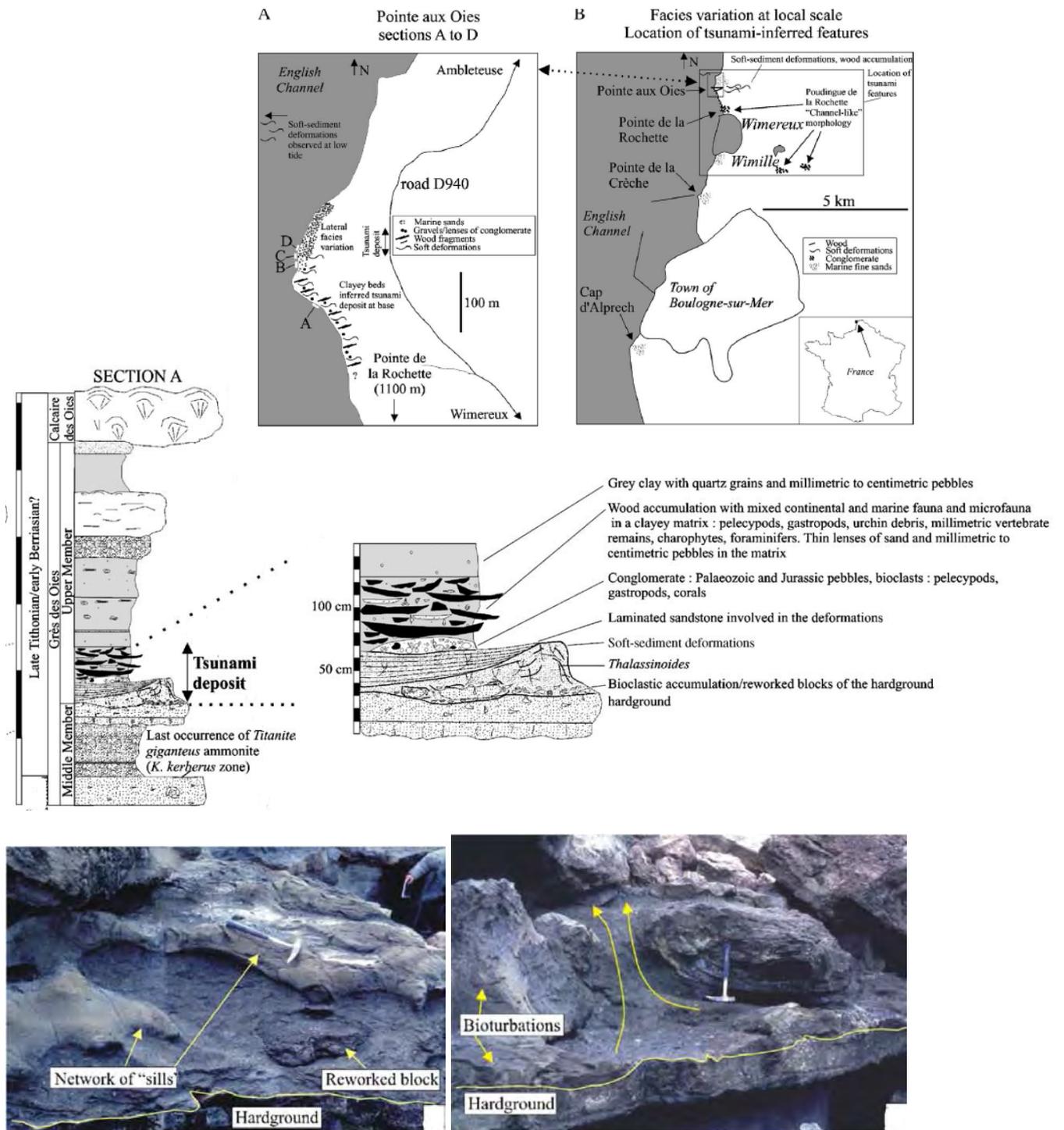


Figure 11 : Localisation de la section A sur les figures A et B (en haut à droite) et description de la section A avec un détail sur la droite du log, levé dans le faciès Wealdien à la limite Jurassique-Crétacé du Boulonnais et photo de terrain illustrant les structures sédimentaires (d'après Schnyder et al., 2005).

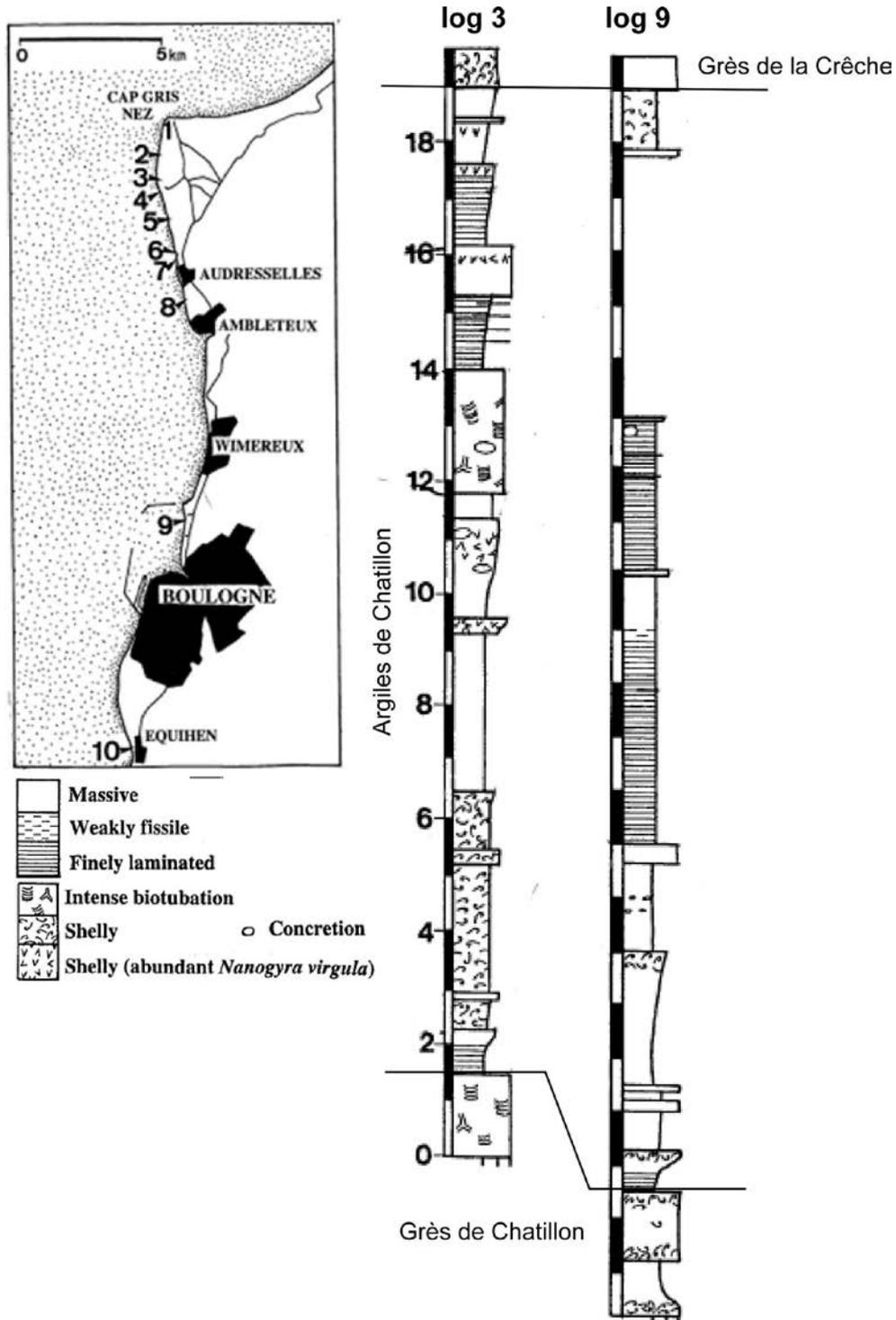


Figure 12 : Localisation des affleurements et description d'une partie des argiles de Châtillon du Kimméridgien d'après Wignall & Newton, 2001. Les logs 3 et 9 sont positionnés sur la figure de gauche.

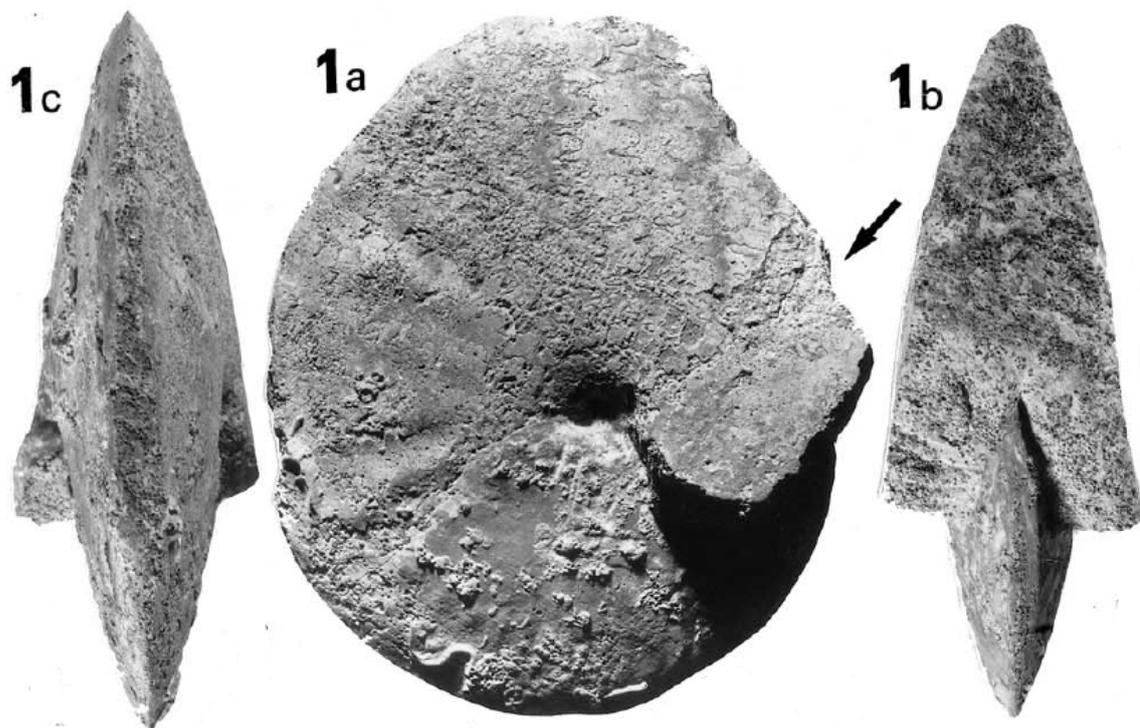


Figure 13 : *Clydoniceras discus* (J. de SOWERBY). **a** : vue latérale, **b** : vue orale, **c** : vue ventrale. Phragmocône d'un individu jeune avec un quart de tour de loge d'habitation. Formation des Calhauades, Membre C (niveau terminal à petites oolites ferrugineuses); Bathonien supérieur, Zone à Discus, Sous-zone à Discus. Collection Vadet n°V 821. (Thierry, 2003)



Figure 14 : Echantillon de *Hexagonaria* (ou *Cyathophyllum*) *hexagonum*, cnidaire, anthozoaire, tétracoralliaire (ou « rugueux ») du Dévonien supérieur (Frasnien) de la carrière « La Parisienne » à Ferques, A gauche, ensemble de l'échantillon. A droite, détail. Clichés S. Lallemand.

Réponse à la question III-A-1

Echantillon 2 :

L'échantillon correspondait à un bivalve malgré une perte de la symétrie classique de ces derniers. Il fallait reconnaître une huitre et plus particulièrement une « gryphée » du Jurassique (de fait, une *Gryphaea dilatata* de l'étage Oxfordien).

Echantillon 3 :

Cet échantillon, présenté en moulage, était un partie de tronc de « ptéridophyte » de la flore houillère du Carbonifère supérieur (Westphalien) (improprement qualifiée de « fougère arborescente » par de nombreux candidats. Il fallait reconnaître une lycophyte classique avec ses cicatrices foliaires alignées du genre *Sigillaria*. L'échantillon a été qualifié de *Lepidodendron* par l'immense majorité des candidats (voire de rhododendron ou siphonodendron !).

Echantillon 4A :

Cet échantillon friable, à grain très fin, qui faisait effervescence à l'HCl dilué contenait des coccolithes et foraminifères planctoniques globotruncanidés permettant de proposer une craie marine du Crétacé supérieur classique de cette région. Le test de dureté (rayable à l'ongle) était impropre à la détermination de minéraux en raison d'une trop faible cohésion

Echantillon 4B :

Cet échantillon induré au cœur homogène, quoique zoné, et qui ne faisait pas effervescence à l'HCl dilué et rayait le verre pouvait orienter vers un silex de la craie précédente, ce que confirmait le cortex blanc partiellement silicifié. La zonation concentrique pouvait être interprétée comme un indice d'une origine diagénétique centrifuge.

Réponse à la question III-B

Ici le jury attendait des grandes tendances afin de dégager des points de calage pour déduire les variations du niveau marin. Les échantillons macro (2 à 4B) pouvaient aider à compléter les tendances transgressives et régressives.

Figure	Age des roches	source	Paléoenvironnements
10	Albien	<i>Bomou et al. (2015)</i>	Marin épicontinental, en dessous de l'action des vagues, faible hydrodynamisme
11	Wealdien	<i>Schnyder et al. (2005)</i>	Marin peu profond, continent émergé proche, tsunami à débris continentaux
12	Kimmeridgien	<i>Wignall and Newton (2001)</i>	Marin, argiles bioturbées, approfondissement relatif et calme
13	Bathonien	<i>Thierry (2003)</i>	Dépôts oolithiques : milieu marin de faible profondeur et d'hydrodynamisme fort
14	Frasnien	<i>Lallemant (Courtoisie)</i>	Dépôt récifaux, milieu marin de faible profondeur et d'hydrodynamisme fort

Partie IV : QUANTIFICATION DES DEFORMATIONS

Durée conseillée : 80 minutes - barème : 25 / 120

Attention : pour réaliser la partie IV-B avec son passage imposé devant le correcteur, il est impératif d'avoir réalisé les travaux demandés dans la partie IV-A. Prévoyez donc un temps de travail de 30 à 40 minutes sur cet exercice avant votre temps de passage indiqué.

IV-A- Coupe au travers du Boulonnais :

Une coupe géologique a été réalisée au travers du Boulonnais (**Figure 16**). A partir de cette coupe, restaurez les déformations "pas à pas" en suivant les étapes décrites ci-dessous.

IV-A-1 : Restauration anté-inversion tectonique / post-extension mésozoïque

Cette restauration est réalisée pour vous sur la **figure 16A** afin de vous montrer la méthode à employer sur la coupe n°1 (**Figure 16B** "à découper"). Elle comporte 3 étapes:

- 1- Retrouver sur la coupe n°1 (**Figure 16B**) les déformations compressives qui affectent le Crétacé.
- 2- Découper la coupe aux ciseaux, le long des failles trouvées en 1-, et faire glisser les blocs le long des failles pour restaurer ces déformations (annuler le rejet).
- 3- Scotchez les morceaux entre eux et **sur le cadre réponse de la question IV-A-1. Elle devient la coupe n°2 "anté-inversion tectonique"**.

Réalisez vous-même à présent cette restauration à partir de la figure 16-B comme cela vous est indiqué sur les illustrations

IV-A-2 : Restauration anté-extension Mésozoïque / post-érosion Varisque

Positionnez un calque au-dessus de la coupe n°2 pour décalquer la coupe n°2 anté-inversion tectonique. Appliquez le même protocole qu'à la question précédente, mais cette fois-ci pour restaurer les déformations anté-extension Mésozoïque:

- 1- Retrouvez sur la coupe n°2 les déformations extensives qui affectent le Mésozoïque.
- 2- Découpez la coupe aux ciseaux le long des failles et les faire glisser pour restaurer ces déformations.
- 3- Fixez ("scotchez ») les morceaux entre eux et collez le résultat sur le **cadre réponse de la question IV-A-2. Elle devient la coupe n°3 "anté-extension Mésozoïque"**.

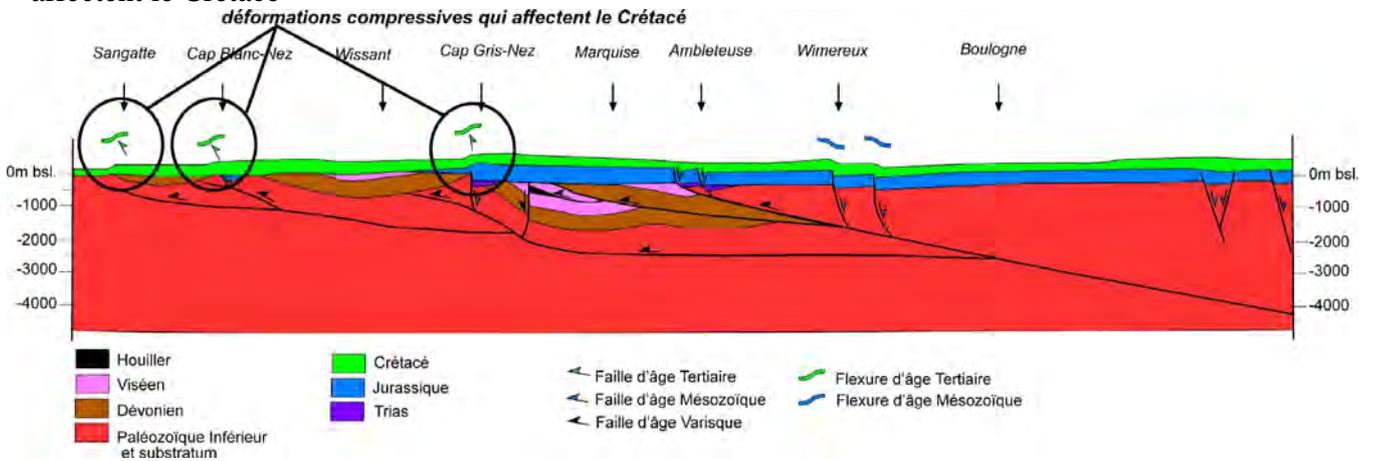
IV-A-3: Restauration post-Varisque / anté-Mésozoïque

Positionnez un calque au-dessus de la coupe n°3 et appliquez le protocole suivant :

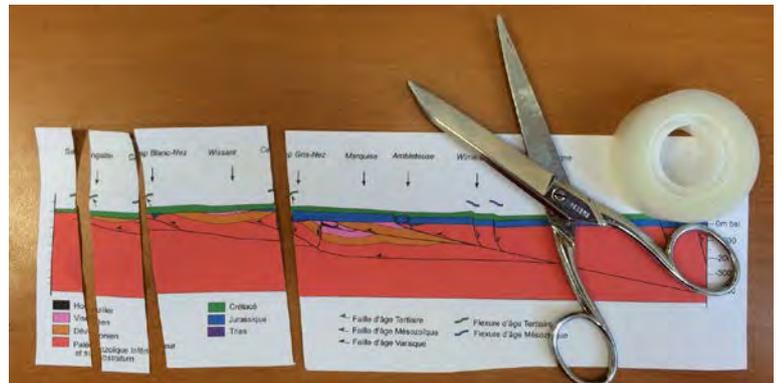
- 1- Sur la coupe n°3, retrouvez la surface de pénéplanation post-Varisque et **décalquez uniquement les formations paléozoïques sur un calque.**
- 2- Découpez la coupe aux ciseaux pour restaurer les failles qui recoupent les plis (faille de Ferques et faille du Cap Gris Nez).
- 3- Fixez les morceaux entre eux et collez le résultat sur le **cadre réponse de la question IV-A-3.**
- 4- Reconstituez la structure plissée et chevauchante Varisque qui existait avant l'érosion post-Varisque. Pour cela, il faut dessiner la partie des plis qui a été érodée (au dessus de la surface topographique ou surface de pénéplanation). **Elle devient la coupe n°4 "Post-Varisque / Anté-Mésozoïque"**.

Figure 16-A: Explication illustrée de la restauration des déformations.

Etape 1: Retrouver sur la coupe les déformations à restaurer, ici les déformations compressives qui affectent le Crétacé



Etape 2: Découpez la coupe aux ciseaux le long failles et des déformations post-Crétacé pour les restaurer.



Etape 3: Restaurer les déformations le long des failles. Le but est de remettre le toit du Crétacé à l'horizontal et d'annuler le rejet des failles. Scotchez les morceaux entre eux et sur le cadre réponse de la figure IV-A-1. Elle devient la coupe n°2 "anté-inversion tectonique"..

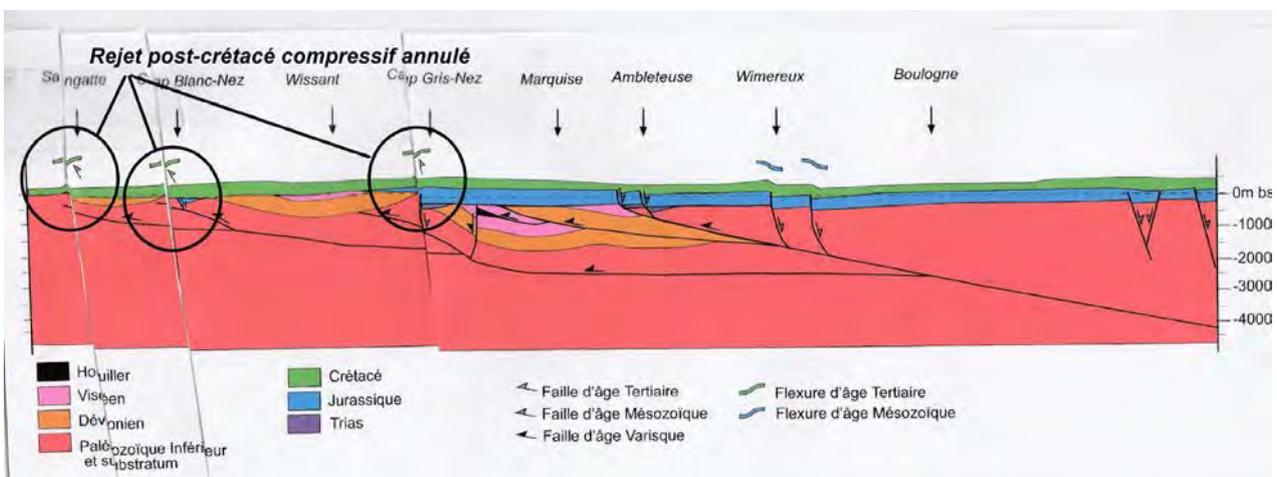


Figure 16-B: Coupe n°1 à travers le Boulonnais à découper

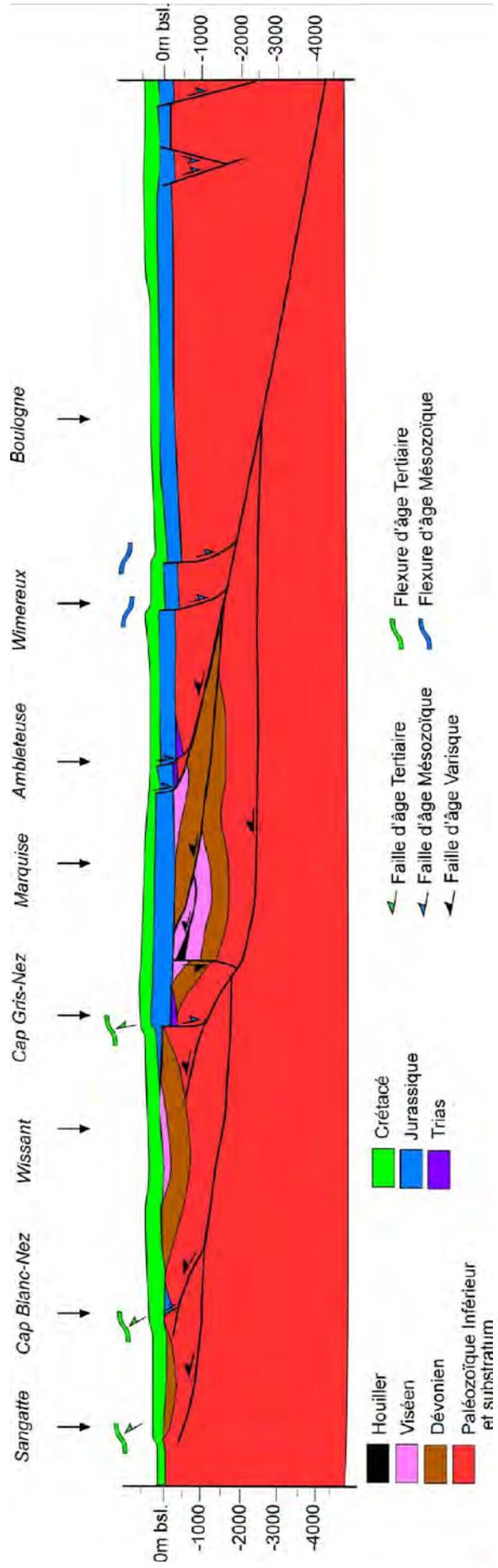
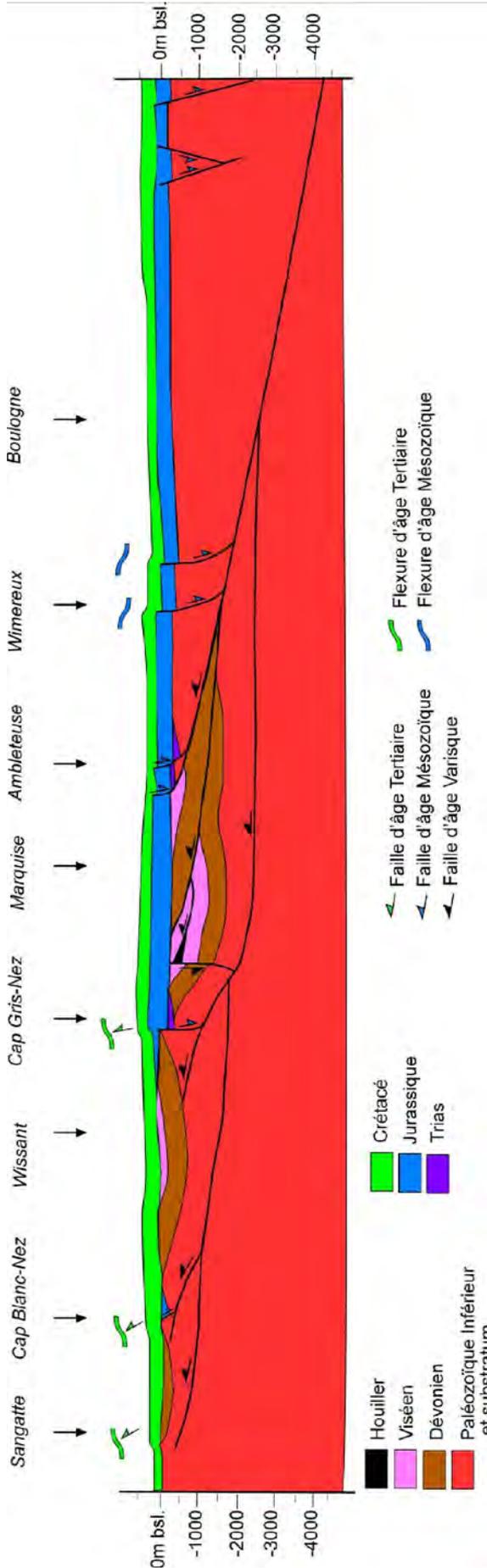


Figure 16-C: Etape 0 de la restauration: Coupe n°1 (à garder pour comparaison avec les coupes 2 à 4)



Question IV-A-1: Cadre réponse pour la coupe n°2. Etape 1 anté-inversion tectonique

Etape 1: cette partie de restauration a été réalisée avec succès par la quasi totalité des candidats qui ont bien suivi le protocole modèle

Général: Cette question a été en général très bien réussie par les candidats. Le principe de restauration pas à pas a été intégré et réalisé comme demandé.

Question IV-A-2: Cadre réponse pour la coupe n°3. Etape 2: anté-extension Mésozoïque

Etape 2: cette deuxième restauration demandait aux candidats de reconnaître les failles normales qui affectent le Jurassique. La moitié des candidats les a toutes trouvées, l'autre moitié a reconnu au moins trois failles. Tous les ont bien restaurées.

Question IV-A-3: Cadre réponse pour la coupe n°4. Etape 3: post-Varisque / anté-Mésozoïque

Etape 3: cette dernière étape a été bien traitée en majorité. On attendait au minimum une restauration des failles post-varisque et le dessin des plis au dessus ("avant") de la surface d'érosion.

IV-B Calcul des taux de déformation

Cette question est réalisée en partie dans le couloir puis en partie à votre place.

- Dans le couloir (5 minutes de préparation, puis 5 minutes face à un correcteur), vous mesurerez des longueurs de couches et des déformations cumulées (question IV-B-1) et **remplirez la partie supérieure du tableau IV.B.**

- Ensuite, à votre place, vous calculerez un taux de déformation pour chaque événement tectonique (question IV-B-2). **Vous remplirez la partie inférieure du tableau IV.B.**

IV-B-1 Déformations cumulées

A l'aide du curvimètre, mesurez la longueur des couches du

- Dévonien entre les repères D1 et D2 sur la coupe n°4 (***Figure 16-D pour la position des repères.***)

- Jurassique entre les repères J1 et J2 sur la coupe n°1 (***Figure 16-D pour la position des repères.***)

- Crétacé entre les repères C1 et C2 sur la coupe n°1 (***Figure 16-D pour la position des repères.***)

Comparer avec la distance actuelle linéaire entre les paires de repères. Remplissez **les 3 premières lignes du tableau** réponse IV.B avec les valeurs obtenues.

Après les 5 minutes de préparation, répétez l'opération devant l'examineur dans le couloir.

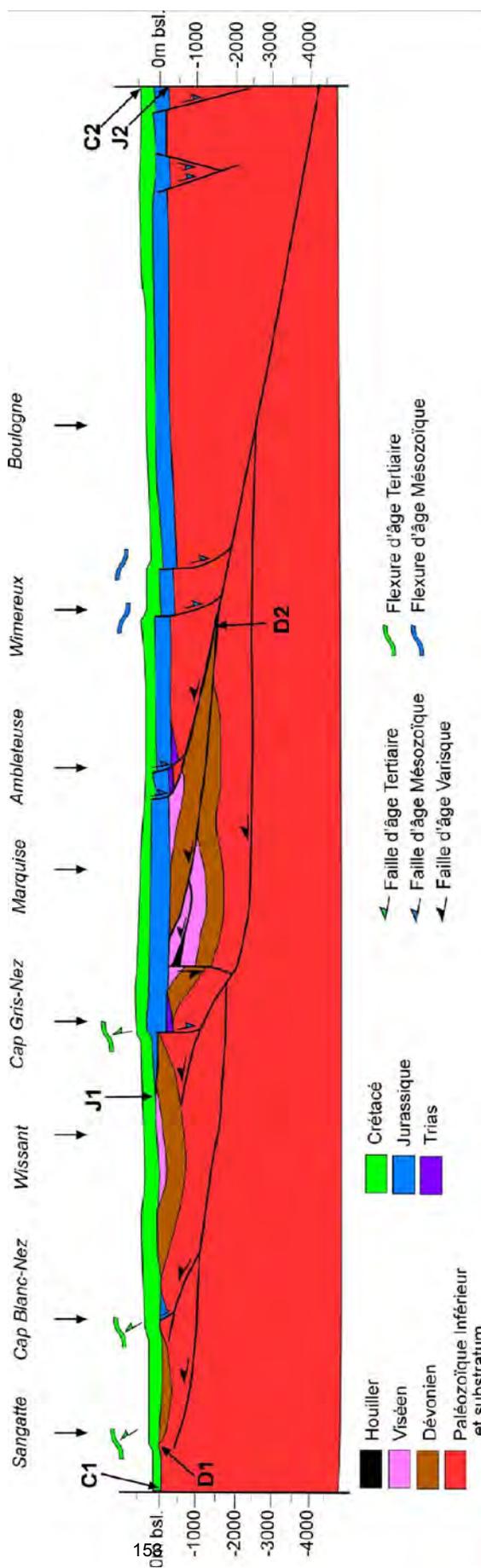
IV-B-2 Déformations Varisque, Mésozoïque et Cénozoïque

En détaillant votre calcul, déduisez le taux et le type de la déformation Varisque, le taux et le type de déformation Mésozoïque et le taux et le type de déformation Cénozoïque. Indiquez vos réponses en complétant **les 3 dernières lignes du tableau** réponse IV.B

Tableau Réponse IV.B: calcul des taux de déformation

Question IV-B-1	Repères	Longueur du banc	Distance actuelle	Taux de déformation cumulée	Type de déformation
	D1 - D2	Le jury attendait des candidats qu'ils proposent leur méthode de calcul (ratio ou pourcentage) et de l'appliquer sur leurs coupes en mesurant les longueurs finales et initiales avec un curvimètre. Il fallait déduire une déformation finie très faible du Crétacé (C1-C2) en raccourcissement; une déformation moyenne Jurassique (J1-J2) en extension, et la déformation plus importante varisque en raccourcissement (D1-D2).			
	J1 - J2				
	C1 - C2				
Question IV-B-2		Calcul	Taux	Type de déformation	
	Taux de déformation Varisque	Il fallait comprendre que la déformation finie actuelle du Dévonien est la superposition des déformations varisques, Jurassiques et post Crétacé. Il convenait de soustraire les deux dernières pour extraire la déformation varisque seule. De même, pour la déformation "mésozoïque" il fallait soustraire la déformation post Crétacé à la déformation finie du Jurassique. En ce qui concerne le Cénozoïque, on pouvait garder la déformation finie du Crétacé, ce dernier ayant subi un seul événement tectonique.			
	Taux de déformation Mésozoïque				
	Taux de déformation Cénozoïque				

Figure 16-D: Coupe n°1 à travers le Boulonnais avec les repères C1-C2; J1-J2; D1-D2 pour calculer les taux de déformation



Partie V : CHAMPS DE PALEOCONTRAINTES

Durée conseillée : 70 minutes - barème : 20 / 120

V-A Projections stéréographiques :

Des mesures de la géométrie de failles et de plans de stratification S_0 ont été réalisées sur des affleurements localisés sur la figure 18. Faites une projection stéréographique pour chaque affleurement ci-dessous et calculez le tenseur des paléocontraintes σ_1 , σ_2 , σ_3 (sous forme azimut + plongement de chaque σ).

Les projections se feront sur un calque, positionné sur un canevas de Schmidt, hémisphère inférieur (donné en annexe), et fixé par une punaise (pointe en haut). Les calques seront ensuite collés sur les pages 27, 28 et 29. Légende des abréviations (S: Sud; N: Nord; E: Est; W: Ouest; S_0 : Stratification)

V-A-1 Affleurement du Cap Gris Nez

Projetez les mesures de pendage sur un canevas (Canevas V-A-1) sous la forme de "pôles de plans"; dessinez l'axe du pli sur le canevas. Déduisez-en l'azimut et le plongement de σ_1 , σ_2 et σ_3 (inscrivez vos résultats dans le tableau V-A).

Age des roches:	1: S_0 082 - 40S
Argiles du Chatillon (Jurassique J_{6-7A})	2: S_0 087 - 71N
	3: S_0 065 - 32S
Mesures du pendage de la stratification (S_0) :	4: S_0 091 - 20N
données en Direction - Pendage	5: S_0 104 - 30N
	6: S_0 100 - 12S

V-A-2 Affleurement Pointe de la Rochette

Projetez les mesures de failles sur un canevas (Canevas V-A-2); calculez l'azimut et le plongement de σ_1 , σ_2 et σ_3 (inscrivez vos résultats dans le tableau V-A).

Age des roches:	1: Faille normale : 110 - 65N - 352
Argiles du Chatillon (Jurassique J_{6-7A})	2: Faille normale : 090 - 65S - 174
	3: Faille normale : 097 - 50N - 003
Mesures de failles données en	4: Faille normale : 096 - 60S - 182
Direction - Pendage - Azimut de la strie	5: Faille normale : 088 - 45N - 008

V-A-3 Affleurement de Ferques.

Projetez les mesures de failles sur un canevas (Canevas V-A-3); calculez l'azimut et le plongement de σ_1 , σ_2 et σ_3 (inscrivez vos résultats dans le tableau V-A).

Les mesures sont réalisées dans la faille de Ferques

Age des roches: Calcaires de Lunel (Viséen H ₂ C)	1: Faille dextre :	120 - 90 - 13E
	2: Faille dextre :	121 - 88N - 07E
	3: Faille dextre :	110 - 87S - 00
Mesures des failles données en Direction - Pendage - pitch de la strie	4: Faille senestre :	170 - 90 - 07S
	5: Faille dextre :	118 - 78S - 02W

Pour vous aider à dater la faille de Ferques, étudiez les relations de cette faille avec les roches du Jurassique sur la figure 17 ci-dessous.

Figure 17: Extrait de la carte géologique de montrant les relations de recoupement entre la Faille de Ferques et les roches du Jurassique

Echelle et légende des couleurs: se référer à votre carte géologique de Marquise (figure 8).

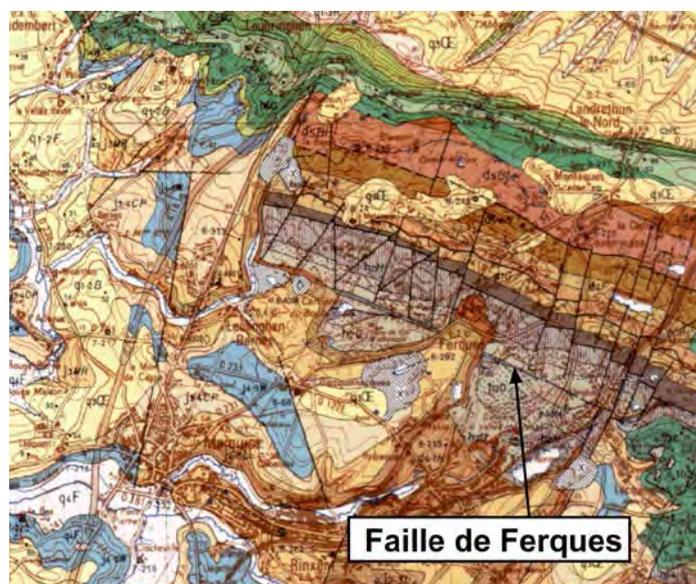


Tableau V.A: Résultats des calculs de paléocontraintes

Age des roches	Nom du site	σ_1 Azimut / Plongement	σ_2 Azimut / Plongement	σ_3 Azimut / Plongement	Contexte (extension/compression/dé crochant)
J _{6-7A}	Cap Gris Nez	Les candidats devaient être capables de lire des valeurs d'axes sur une projection stéréographique et de les traduire en valeurs chiffrées de 000 à 360 pour l'azimut et de 00 à 90 + cadran (N/S/E/W) pour le pendage.			Le contexte était compressif pour le pli, normal et décrochant pour les failles.
J _{6-7A}	Pte Rochette				
H _{2C}	Ferques				

Réponse à la question V-A-1: *Scotchez le calque de votre projection stéréographique*

Les candidats devaient projeter les strates sous forme de pôles de la stratification. Ces pôles s'alignant sur un grand cercle, ils pouvaient déduire l'axe du pli.

Après avoir pris du recul sur la co-axialité entre déformations et contraintes dans les plis, on attendait soit une estimation précise de σ_1 , σ_2 , et σ_3 , dans le cas où le candidat considère le partitionnement rhéologique dans un cadre globalement coaxial de déformation non profonde et non décrochante, soit une estimation approximative de la direction de raccourcissement et d'allongement dans le cas où le candidat considère les plis théoriquement non-coaxiaux.

Dans les deux cas, on obtenait une compression (raccourcissement) dans l'axe ~N-S.

Réponse à la question V-A-2 : *Scotchez le calque de votre projection stéréographique*

Les candidats devaient projeter des failles normales sous forme de plans (arcs) avec leur strie et leur cinématique.

Pour calculer les contraintes, les candidats devaient avoir noté que l'extension est syn-sédimentaire en raison des variations d'épaisseur du Jurassique observées sur la coupe de la figure 16. De fait, il était possible de calculer les contraintes par couples de failles conjuguées, en plaçant σ_1 dans l'angle aiguë, σ_3 dans l'angle obtus et σ_2 à l'intersection des deux failles.

Le calcul par la méthode des dièdres droits était accepté aussi.

Réponse à la question V-A-3 : *Scotchez le calque de votre projection stéréographique*

Les candidats devaient projeter des failles décrochantes sous forme de plans (arcs) avec leur strie et leur cinématique.

Pour calculer les contraintes, les candidats pouvaient utiliser la méthode des failles conjuguées ou des dièdres droits.

V-B Champs de paléocontraintes:

Des mesures de failles sur des affleurements localisés en figures 18 ont donné lieu à des calculs de paléocontraintes. Les résultats des calculs sont donnés sous la forme de l'azimut et du plongement de σ_1 , σ_2 et σ_3 dans le tableau V-B-1.

Analysez ces données et déduisez pour chaque résultat le contexte tectonique. Remplissez la colonne de droite du tableau V-B-1.

Complétez le tableau avec vos propres résultats obtenus à la question V-A pour les affleurements des trois sites : 'Cap Gris Nez' (question V-A-1), Pointe de la Rochette (question V-A-2) et Ferques (question V-A-3) dans les lignes en gras.

En fonction de l'âge des roches, de l'orientation de σ_1 , σ_2 et σ_3 et de votre schéma structural (figure 8) déterminez combien de phases tectoniques ont donné lieu à ces déformations et leur chronologie relative. Comparez vos interprétations avec le schéma structural de la figure 8.

Retranscrivez vos interprétations graphiquement :

- (1) sur les figures 18-A à 18-E. Une figure sera utilisée par phase tectonique (plusieurs fonds de carte identiques de A à E sont à votre disposition sans préjuger du nombre de phases tectoniques que vous avez trouvé). Représentez les paléocontraintes sous la forme de flèches : 1 paire ou double paire par site de mesure, comme indiqué sur la légende de la figure 18.

- (2) dans la quatrième colonne de la figure 15 et sous la forme de flèches: 1 paire ou double paire par évènement tectonique, au niveau de son âge stratigraphique.

Tableau V-B-1: Résultats des calculs de paléocontraintes sur les affleurements a à i.

Age des roches	N° sur Fig. 18	Nom du site	σ_1			σ_2			σ_3			Contexte (extension/compression/décrochant)
			Direction / Plongement									
J_{6-7A}	a	Cap G. Nez										On attendait des candidats de comprendre azimut/plongement et de replacer dans l'espace en 3D les 3 axes perpendiculaires des contraintes. En fonction de la position relative de σ_1 , σ_2 et σ_3 , le candidat devait savoir si le contexte était compressif (σ_3 vertical), extensif (σ_1 vertical) ou décrochant (σ_2 vertical).
J _{6-7A}	a	Cap Gris Nez	084	88	264	01	174	05				
J_{6-7A}	b	Pte Rochette										
J _{7G}	b	Pte Rochette	185	12	095	08	005	78				
H_{2c}	c	Ferques										
J _{6G}	d	Ambleteuse	341	03	250	09	161	87				
D _{5-BI}	e	Couderousse	355	12	268	03	267	88				
D _{5-BI}	e	Couderousse	170	05	260	01	080	88				
J _{7G}	f	Audresselles	200	89	290	00	020	05				
J _{7G}	f	Audresselles	360	05	091	00	180	86				
J _{3-MR}	g	Castellebrune	165	80	075	02	345	12				
C _{2-MG}	h	Sangatte	175	05	265	01	085	88				
J _{1-2S}	i	Leulinghen	080	88	260	01	170	05				

Figure 18-A : Fond topographique et localisation des affleurements utilisés pour le calcul de paléocontraintes. Représentation graphique des paléocontraintes (cf. légende).

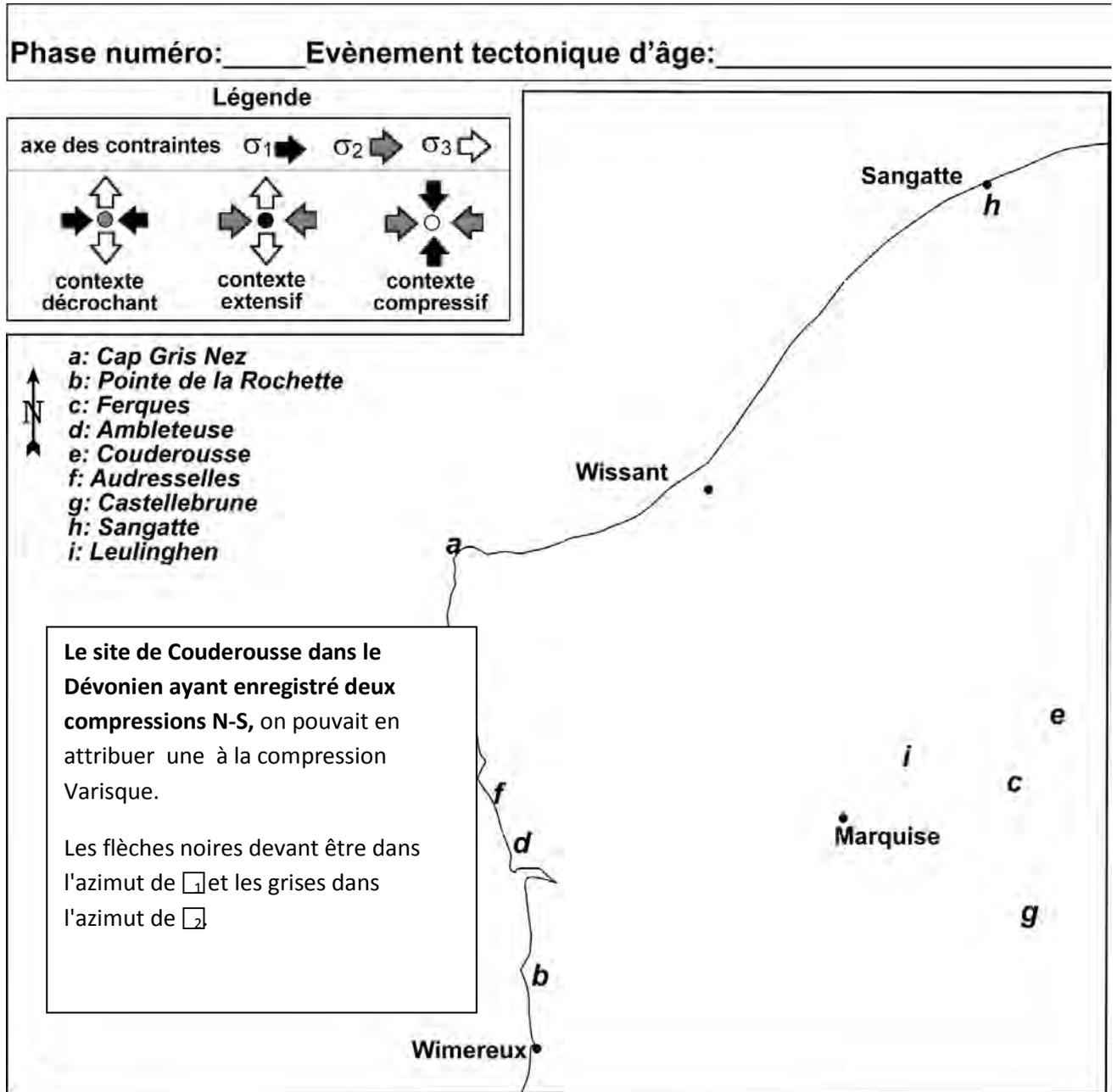


Figure 18-B : Fond topographique et localisation des affleurements utilisés pour le calcul de paléocontraintes. Représentation graphique des paléocontraintes (cf. légende).

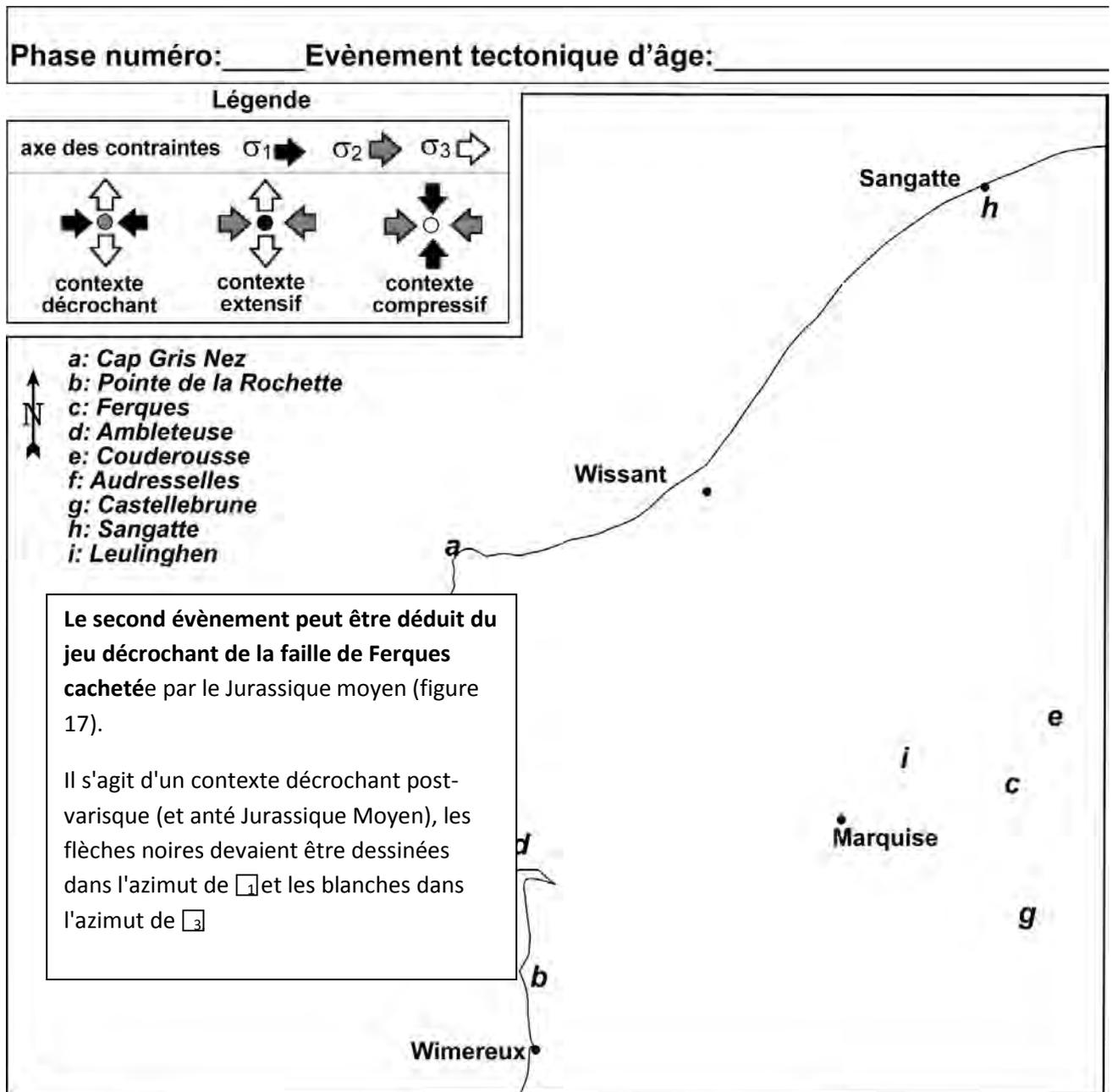


Figure 18-C : Fond topographique et localisation des affleurements utilisés pour le calcul de paléocontraintes. Représentation graphique des paléocontraintes (cf. légende).

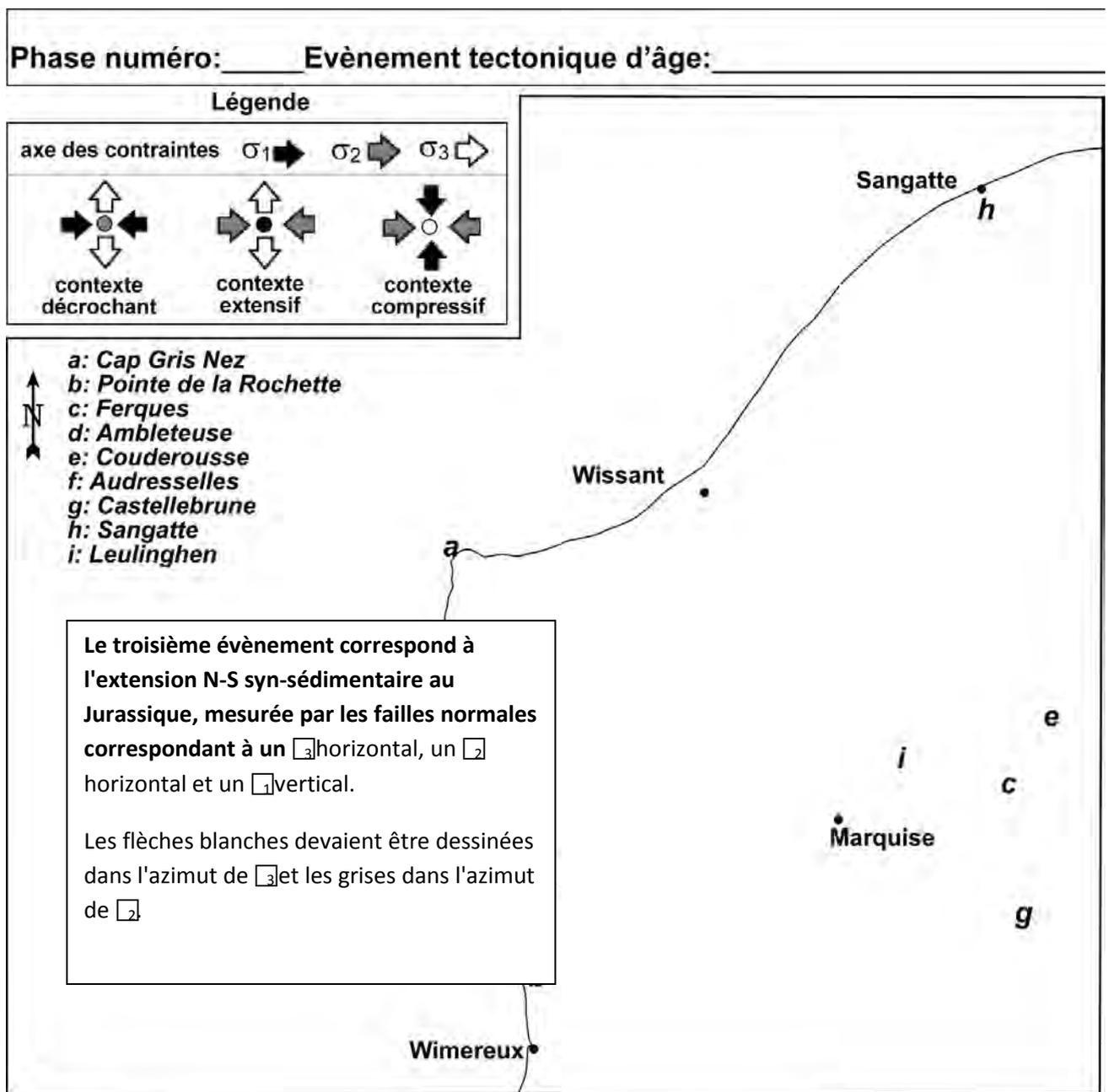


Figure 18-D : Fond topographique et localisation des affleurements utilisés pour le calcul de paléocontraintes. Représentation graphique des paléocontraintes (cf. légende).

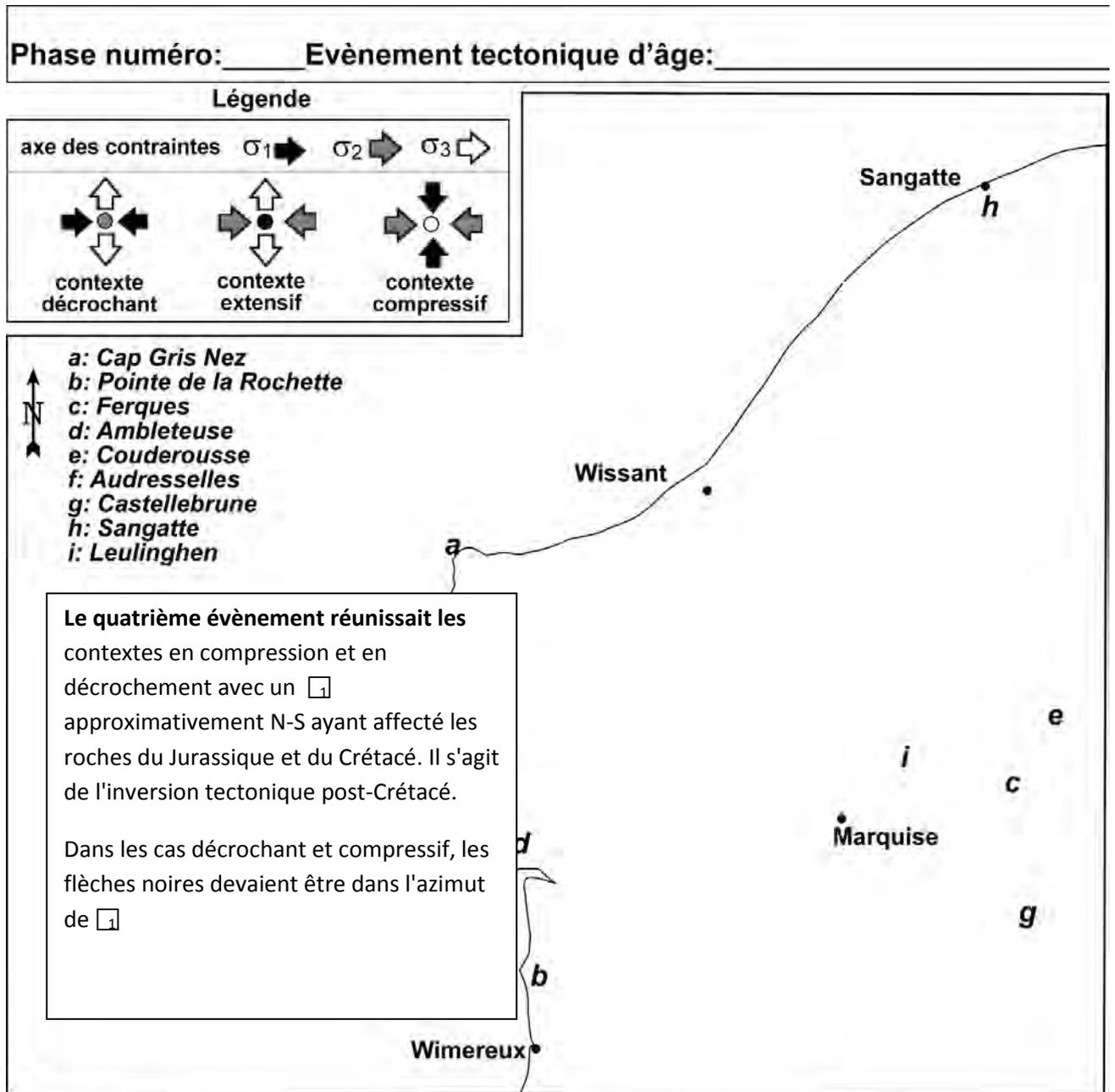


Figure 18-E : *Fond topographique et localisation des affleurements utilisés pour le calcul de paléocontraintes. Représentation graphique des paléocontraintes (cf. légende).*

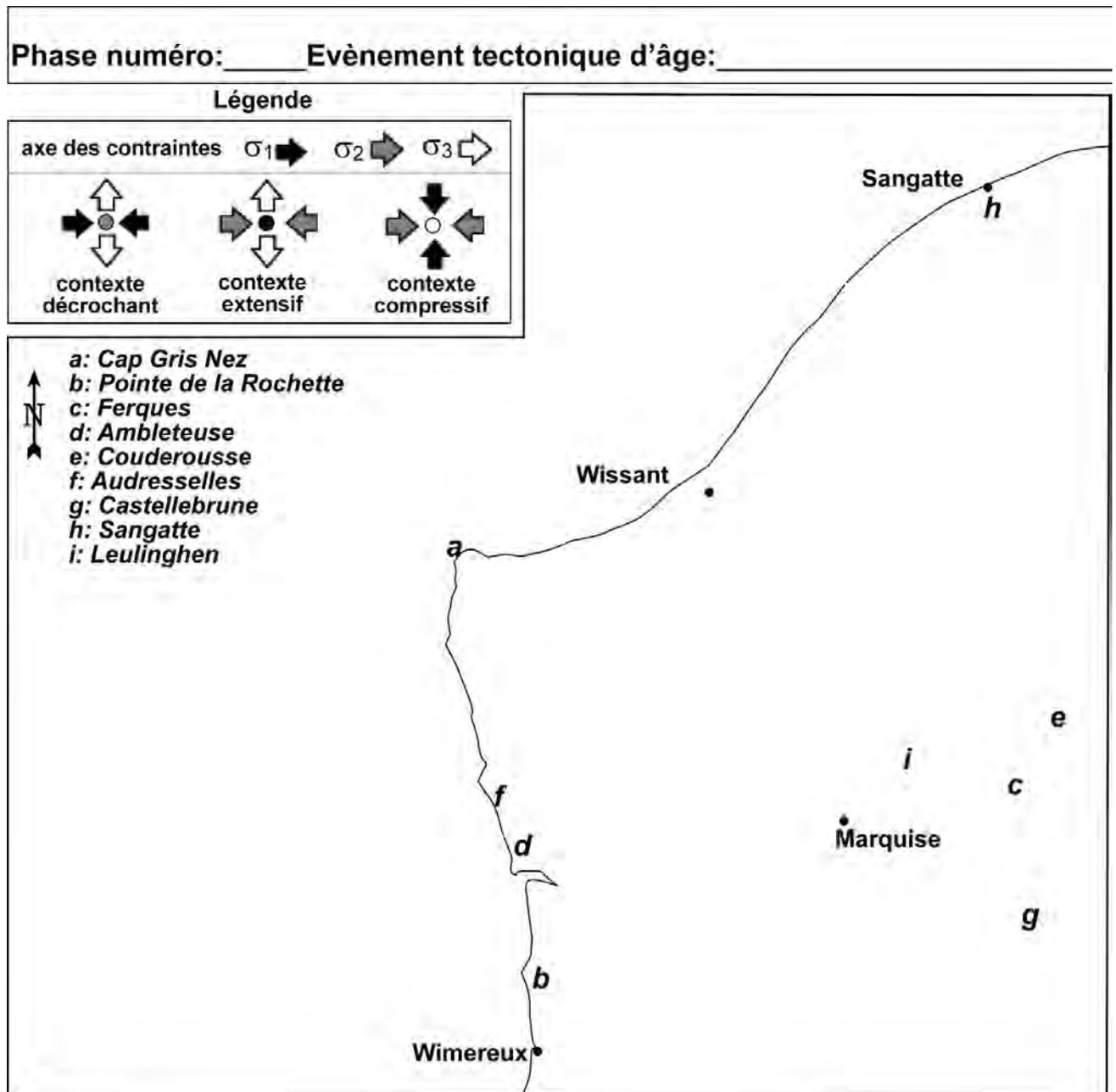


Figure 8 : Réponse à la question II-A

Schéma Structural de la Carte Marquise

Légende

Log Simplifié

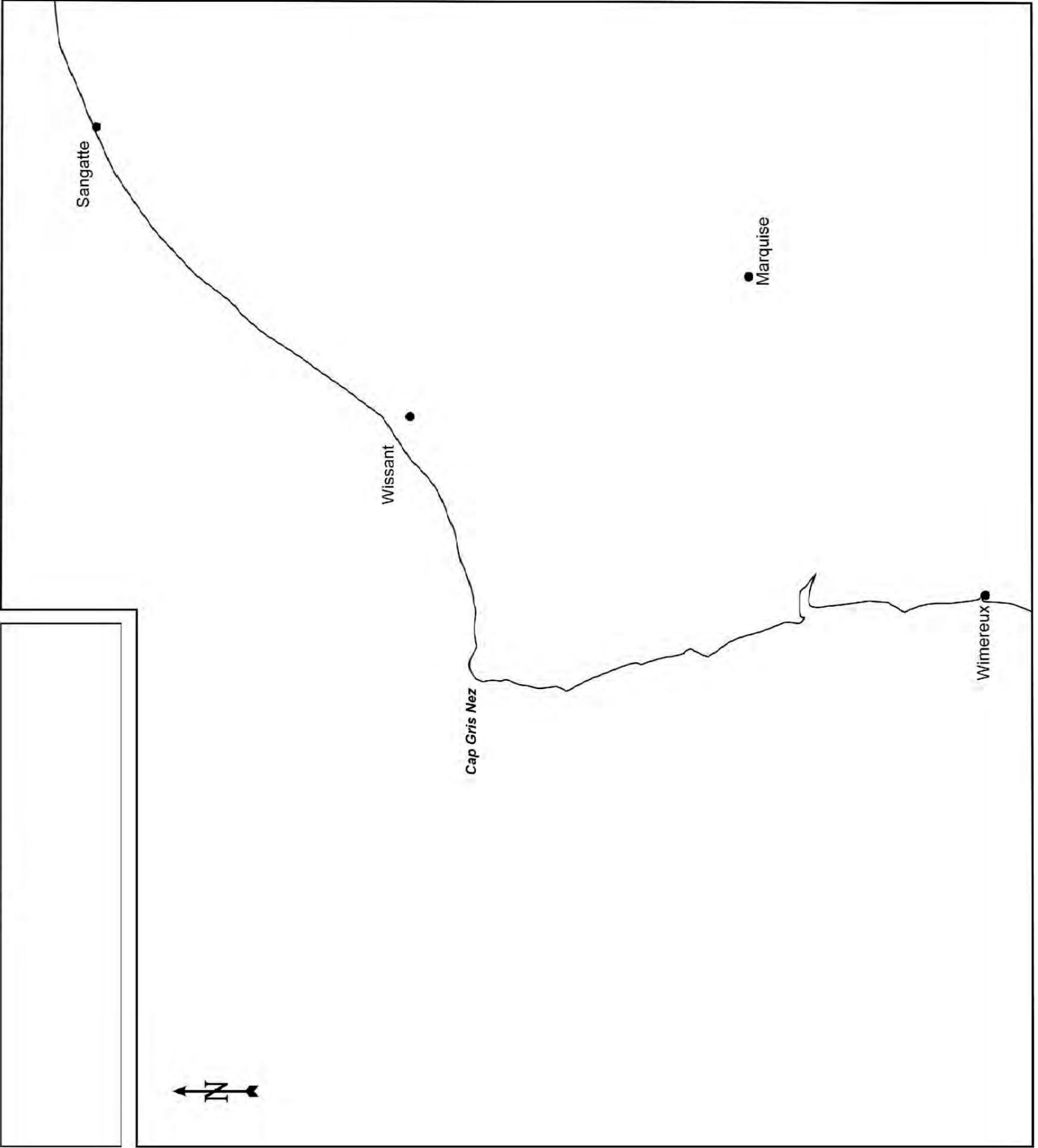
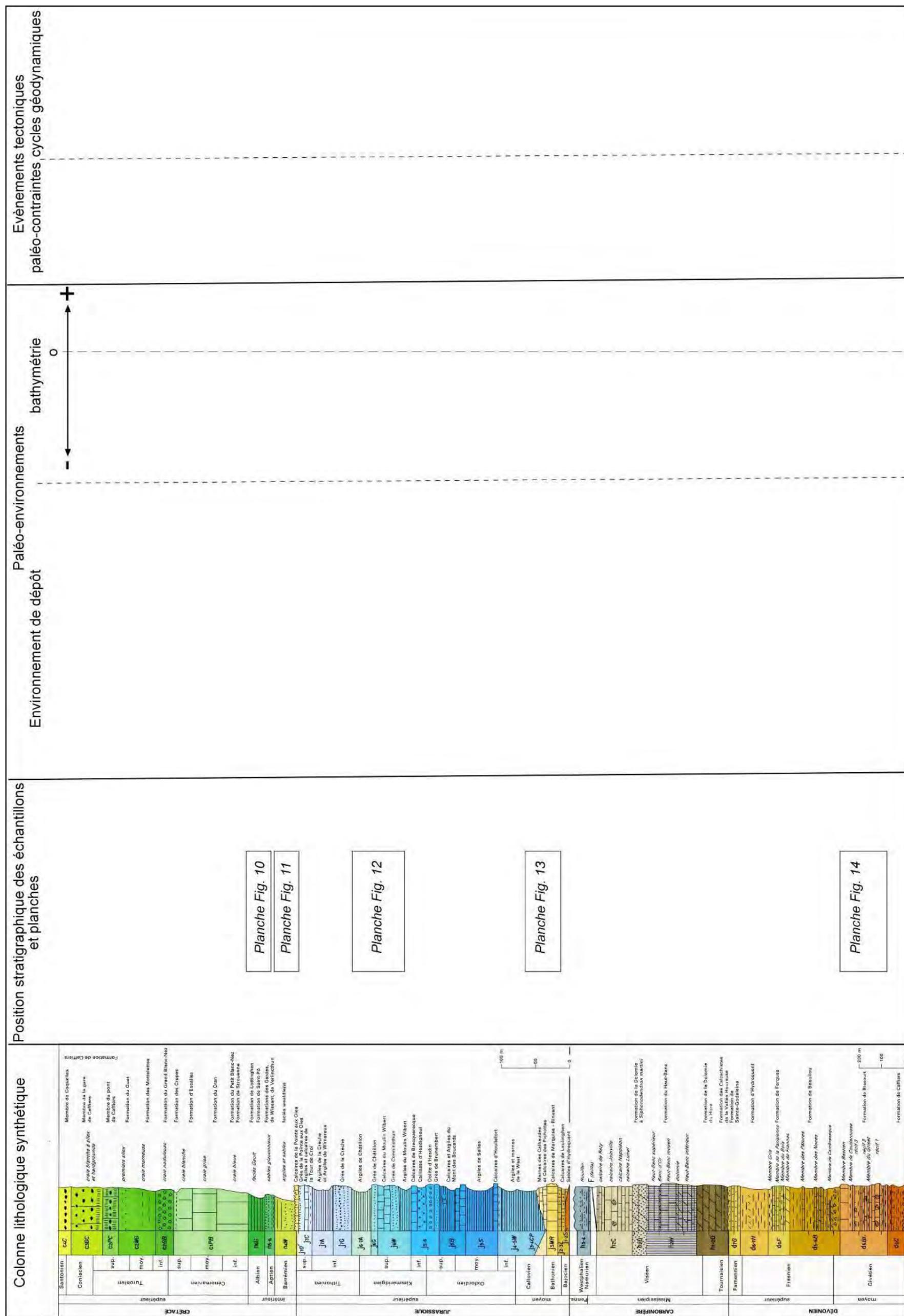


Figure 15 : Synthèse des réponses à l'ensemble de la question III-A

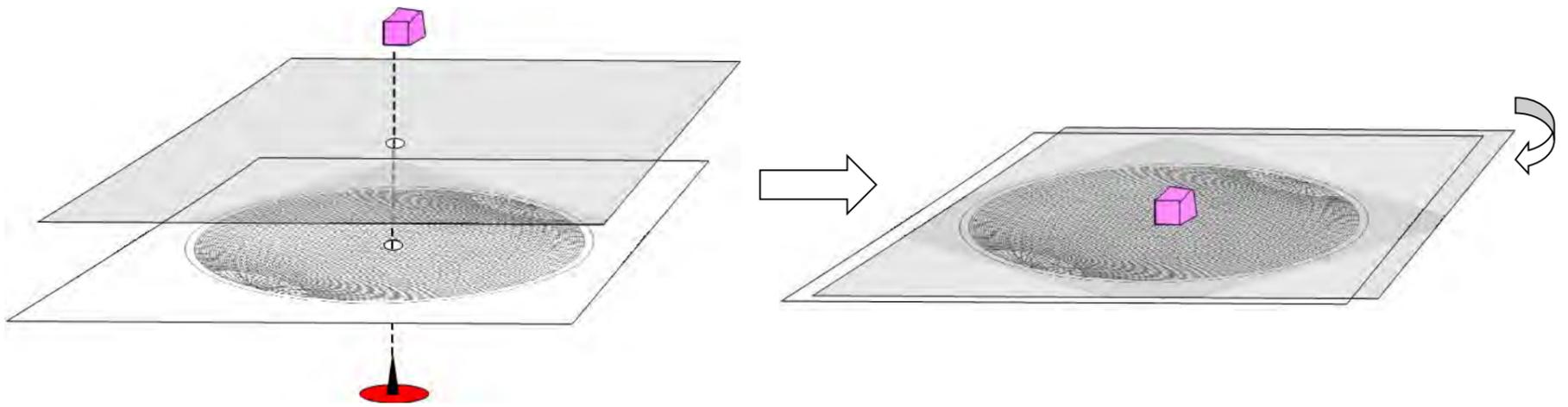


Canevas de Schmidt, hémisphère inférieure à

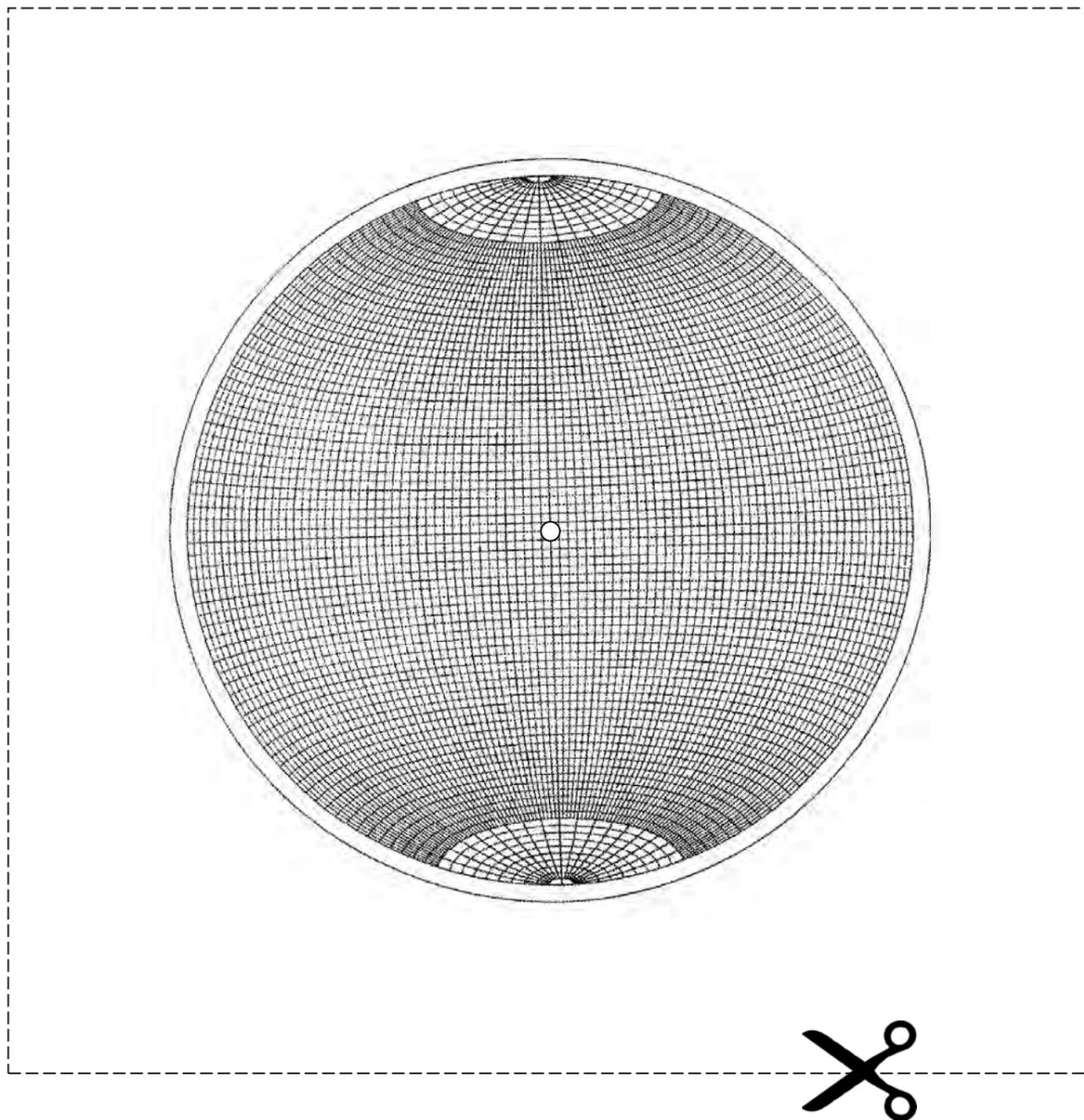
utiliser pour les projections stéréographiques de la question V-A-1 et V-A-2

Pour réaliser une projection stéréographique, enfilez dans l'ordre, de bas en haut:

une punaise pointe en haut, le canevas de Schmidt percé en son centre, une feuille de calque, une protection pour votre main (cube de gomme ou autre)



Ainsi, votre calque peut pivoter pour faire votre projection.



MARQUISE

2^e édition

par
J.-L. MANSY, J.-P. AUFFRET, P. GUENOC, J. LAMARCHE, J.-P. VIDIER, F. ROBASYNSKI,
F. AMÉDRO, D. LEFÈVRE, J. SOMMÉ, G. MAHEUX, C. AUGRIS, A. CROSSY

Les explorations et les tracés géologiques ont été réalisés
• Pour la partie terrestre (1993 à 1997) par :
- Jean-Louis Mansy, professeur à l'université de Lille, pour le Paléozoïque
- Juliette Lamarche, postdoc à l'université de Lille, pour le Paléozoïque et le Jurassique
- Jean-Pierre Vidier, chercheur libre, université de Dijon, pour le Jurassique
- Francis Amédéo, chercheur libre, professeur de secondaire et
- Francis Robaszynski, professeur à la Faculté polytechnique de Mons, pour le Crétacé
- David Lefèvre, professeur à l'université de Montpellier, pour le Quaternaire, avec la collaboration de
- Jean Sommé, professeur à l'université de Lille

• Pour la partie marine (1994 à 2000) par :
- Jean-Paul Auffret, maître de conférences à l'université de Caen
- Pat Guenoc, ingénieur géologue au BRGM, avec la collaboration de
- Geoffrey Mahieux, maître de conférences à l'université d'Amiens,
- Claude Augris, IFREMER Brest,
- Anthony Crosby, British Geological Survey, Nottingham
La coordination des levés a été assurée par J.-L. Mansy pour la partie terrestre et
P. Guenoc pour la partie marine

Présentation au C.C.G.F. : 22 novembre 2000
Acceptation de la carte et de la notice : 12 octobre 2004
Impression : 2008

QUATENAIRE ET FORMATIONS SUPERFICIELLES

- Quaternaire**
- X Remblais
- Holocène (Formation des Flandres, Flandrien)**
- q3-cC Dépôts actuels d'estran (sables)
- q3-cC Colluvions (4-6 m)
- q4F Alluvions (5 à 20 m)
- q4D Dunes et cordons littoraux sableux
- q4MD Assise de Dunkerque, dépôts limono-sableux ou argileux (< 2 m)
- q4TC Assise de Calais : tourbe supérieure ; Subboréal
- q4MC Assise de Calais : cordons littoraux (sables et galets) ; Flandrien moyen

- Pliocène**
- q3CE Loess et dépôts de versant associés ; Pliocène supérieur
- q1-3S Formations sableuses (< 1 m)
- q1-3R Formations argileuses à silex (argile à silex s.l.)
- q2S0 Formation de Sangatte (Pliocène moyen récent) : galets et sables marins (2 à 3 m) ; dépôts de versant ; éboulis et limons traveux, sables et limons, cailloutis (5 à 50 m)
- q1-2S Formations du Sart (F), de la Baronnerie (B) et de la Slack (S) (Pliocène inférieur et moyen) : sables, argiles, cailloutis (5 à 50 m)
- q1-2B Formations du Sart (F), de la Baronnerie (B) et de la Slack (S) (Pliocène inférieur et moyen) : sables, argiles, cailloutis (5 à 50 m)
- q1-2F Formations du Sart (F), de la Baronnerie (B) et de la Slack (S) (Pliocène inférieur et moyen) : sables, argiles, cailloutis (5 à 50 m)

- Tertiaire**
- e2-mp Sables et grès (Landénien - Diestien)

- SECONDAIRE**
- Crétacé supérieur**
- c4C Membre de Coquelles (Fm. de Caffiers) : craie blanche à silex ; Santonien (< 10-20 m)
- c3GC Membres du pont de Caffiers, partie supérieure et de la gare de Caffiers (Fm. de Caffiers) : craie blanche à silex ; Coniacien (< 47 m)
- c2PC Membre du pont de Caffiers, partie inférieure (Fm. de Caffiers) : craie blanche à silex et hardgrounds ; Turonien supérieur (15 à 29 m)
- c2MG Formations des Mottalettes et du Guet : craie marneuse ; Turonien moyen pars (36 à 60 m)
- c2GB Formation du Grand Blanc-Nez : craie noduleuse ; Turonien inférieur et base Turonien moyen (16 - 18 m)
- c1PB Formations de Strouanne et du Petit Blanc-Nez, Formations du Cran, d'Essalles, des Crupes, du Grand Blanc-Nez sup., craies et marnes ; Cénomarien (75 - 80 m)

- Crétacé inférieur**
- n6C Faciès Gault, Formations de Saint-Pô et de Lottighem : argiles noires et marnes grises ; Albien moyen et supérieur (10 à 18 m)
- n5-6 Formations de Verthun, de Wisant, des Gardes : glauconites, sables verts glauconieux ; Aptien supérieur - Albien inférieur (3 à 15 m)
- n5C Horizon du Cat-Cornu : nodules phosphatés (Aptien inférieur) (affleurement)
- n4W Faciès wealdiens : sables, argiles ; Barrémien (0 à 60 m)

- Jurassique**
- j70 Calcaires de la Pointe aux Oies ; Tithonien terminal - faciès purbeckien (2 m)
- j7C Argiles et calcaires de la Tour de Croi et Grès de la Pointe aux Oies ; Tithonien supérieur (20 m)
- j7A Argiles de La Crèche et Argiles de Wimeroux ; Tithonien inférieur (18 m)
- j7G Grès de La Crèche ; Tithonien inférieur (20 m)
- j6-A Argiles de Châtillon ; Kimmérien supérieur pars - Tithonien inférieur pars (20-30 m)
- j6C Grès de Châtillon ; Kimmérien supérieur pars (5 m)
- j6W Argiles du Moulin Wibert, Sables ou Grès de Conninchtun, Calcaires du Moulin Wibert ; Kimmérien supérieur pars (50 m)
- j5-6 Grès de Brunembert, Dolite d'Headin, Caillasse d'Headineuil, Calcaires de Brequerocque ; Oxfordien supérieur pars - Kimmérien inférieur pars (30 m)
- j5B Calcaires et Argiles du Mont des Boucards ; Oxfordien moyen pars - supérieur pars (20-25 m)
- j5S Calcaires d'Houffort et Argiles de Sallès ; Oxfordien moyen pars (40 m)
- j4-SW Argiles et marnes de la West ; Callovien inférieur pars - Oxfordien inférieur pars (30 m)
- j3-CP Marnes des Calhaudes et Calcaires des Fichottes ; Bathonien supérieur pars - Callovien inférieur pars (3-8 m)
- j3MR Calcaires de Marquise - Rinxant ; Bathonien supérieur pars (10 m)
- j2-3L Calcaires de Leulinghen ; Bajocien supérieur à Bathonien supérieur pars (4-8 m)
- j1-2S Sables d'Hydrequant ; Aalénien - Bajocien supérieur (0-4 m)

- PALEOZOÏQUE**
- Carbonifère**
- h3-e Houiller : schistes, grès, charbon ; Namurien - Westphalien (50 m)
- h2C Formation des calcaires Lunel, Napoléon, Joinville ; Viséen (100-125 m)
- h2b Formation de la Dolomie à Siphonodendron martini ; Viséen (60 m)
- h2H Formation du Haut-Banc : calcaires, dolomies ; Viséen (200 m+)
- h1-2D Formation de la Dolomie du Hure ; Tournaisien supérieur - Viséen inférieur (130-200 m)
- Dévonien**
- d7C Formation de Sainte-Godeleine : grès micacés ; Famennien (50 m)
- d6-7H Formation d'Hydrequant : argillites ; Frasnien - Famennien (110 m)
- d6F Formation de Ferques : calcaires, dolomies ; Frasnien (80 m)
- d5-6B Formation de Beaulieu : argillites, dolomies ; Givétien - Frasnien (200 m)
- d5BI Formation de Blacourt : calcaires, argiles ; Givétien (200 m)
- d5C Formation de Caffiers : argillites, grès, poudingues ; Givétien ? (60 à 100 m)



GÉOLOGIE MARINE (formations définies et cartographiées)

principalement à partir des faciès observés en aléon et zones rocheuses

ESTRAN (formations supposées sous les sables d'estran et zones rocheuses)

QUATENAIRE
Formes sédimentaires récentes (Holocène) : dunes sous-marines, rubans sableux, ridens, bancs et prisme littoral. Sables fins ou moyens

Chenaux et paléovalées, dépressions et terrasses (Pliocène ?) : dépôts gravelo-caillouteux ou de nature incertaine

SECONDAIRE
Crétacé supérieur

c3GC Craie blanche à silex ; Coniacien

c2PC Craie blanche à silex ; Turonien supérieur

c2MG Craie marneuse ; Turonien moyen

c2GB Craie blanche noduleuse ; Turonien inférieur et moyen

c1PB Craie glauconieuse ; Tourtia et craies bleue, grise et blanche ; Cénomarien

Crétacé inférieur

n6C Faciès Gault, argiles gris sombre ; Albien supérieur (10 à 20 m)

n5-6 Faciès sables verts, grès calcaires, argiles ; Aptien - Albien (maximum 40 m)

n4W Faciès purbeckien et faciès wealdiens : marnes et argiles blanches, silt et sables fins (20 à 40 m)

Jurassique

j70 Calcaires de la Pointe aux Oies ; Tithonien terminal - faciès purbeckien

j7C Argiles et calcaires de la Tour de Croi et Grès de la Pointe aux Oies ; Tithonien supérieur (15 m)

j7A Argiles de La Crèche et Argiles de Wimeroux : argiles, marnes plus ou moins sableuses ; Tithonien (15 à 20 m)

j7G Grès de La Crèche : grès fins carbonatés gris ; Tithonien inférieur (20 m)

j6-A Argiles de Châtillon : argiles noires ; Kimmérien supérieur pars - Tithonien inférieur pars (20 à 30 m)

j6C Grès de Châtillon ; Kimmérien supérieur pars

j6W Argiles du Moulin Wibert, Sables ou Grès de Conninchtun, Calcaires du Moulin Wibert ; Kimmérien supérieur pars

Faible indifférenciée

Faible normale et rejet probable en mètres

Axe anticlinal

Axe synclinal

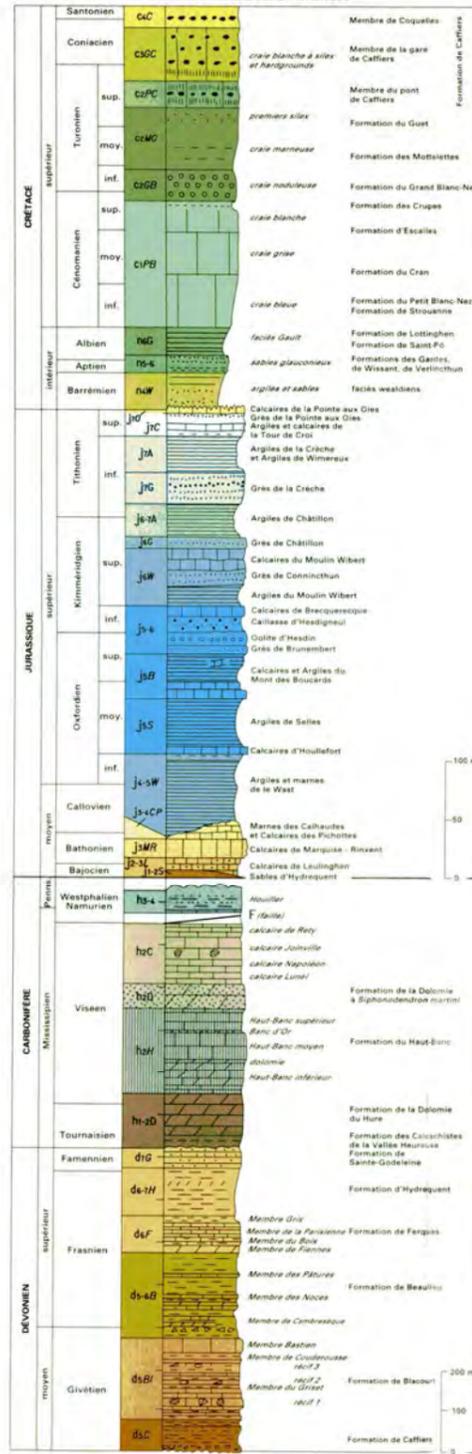
Tracé du tunnel sous la Manche (en noir pour la partie terrestre)

Sondage de reconnaissance du tunnel sous la Manche (en noir pour la partie terrestre)

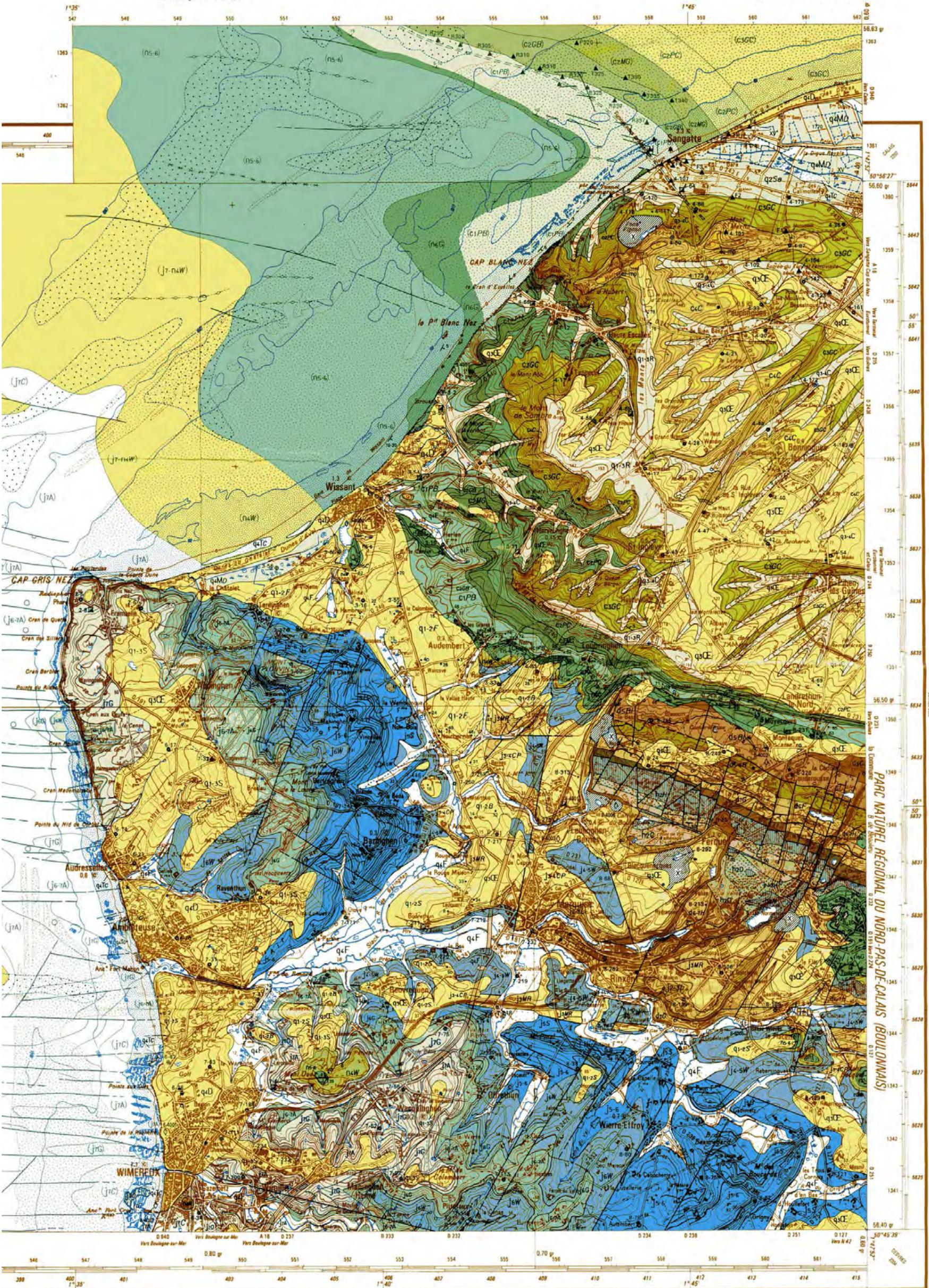
Carottage

N.B. : La cartographie des formations marines a été réalisée à partir de nombreux profils de sismique réflexion verticale qui mettent en évidence les déformations, en particulier l'intense fracturation de ces séries.
Bathymétrie : les données originales SHOM de la carte IGN ont été complétées à partir de la carte 723 du SHOM.

COLONNE LITHOLOGIQUE SYNTHÉTIQUE



5 - MARQUISE - 1/50 000

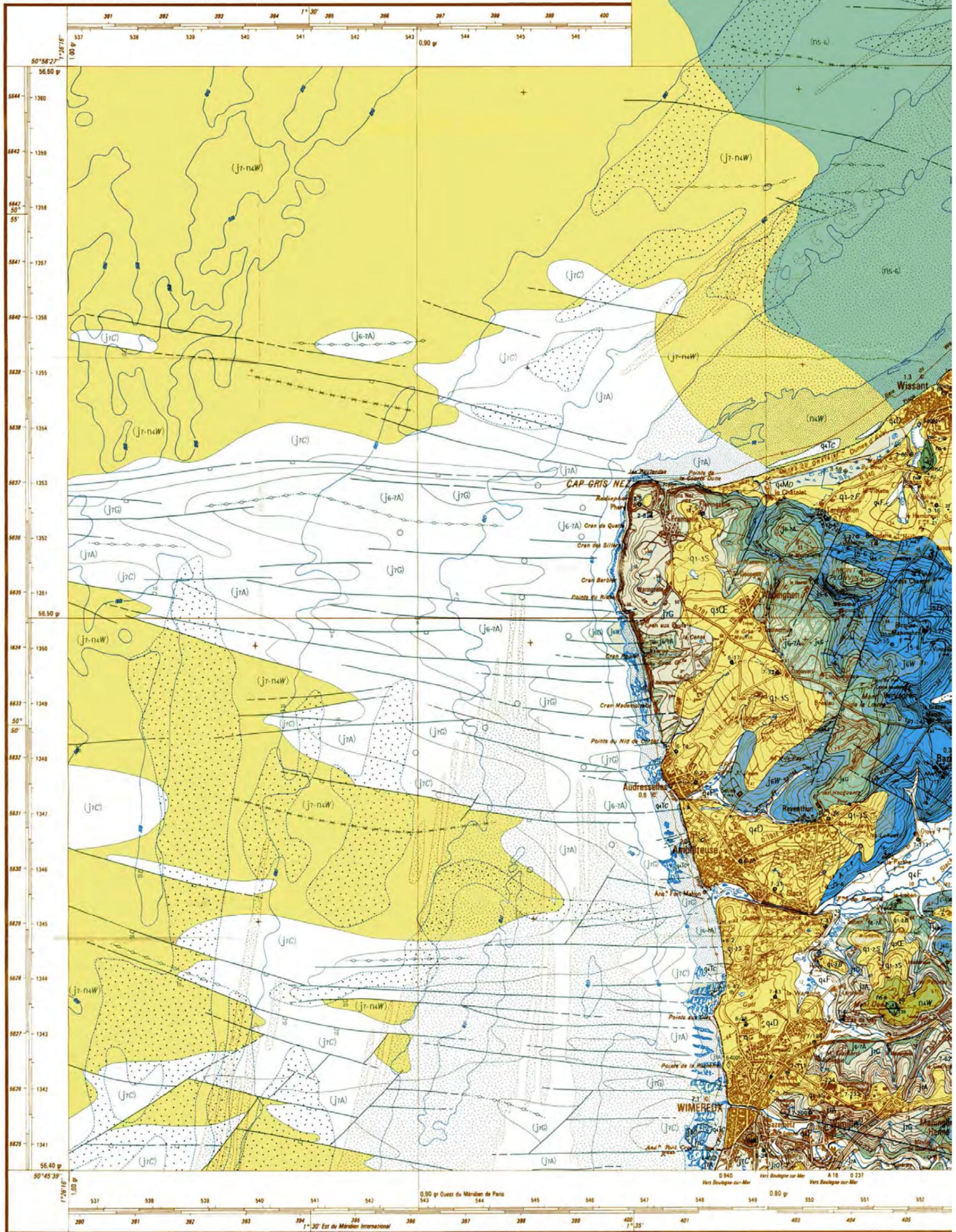


PARC NATUREL RÉGIONAL DU NORD-PAS-DE-CALAIS (BOULONNAIS)

Échelle 1000 m 500 0 1 2 3 4 5 km

Éditeur : © BRGM
B.P. 6009 - 45060 ORLÉANS CEDEX 2 - Tél. : 02 38 64 34 34
ISBN 2 - 7159 - 1005 - 3

Référence bibliographique : MANSY J.-L., AUFFRET J.-P., GUENNOU P., LAMARCHE J., VIDIER J.-P., ROBASYNSKI F., AMÉDRO F., LEFÈVRE D., SOMMÉ J., MAHEUX G., AUGRIS C., CROSSBY A. (2005)
Carte géol. France (1/50 000), feuille **Marquise** 2^e édition (S). Orléans : BRGM. Notice explicative par MANSY J.-L., GUENNOU P., ROBASYNSKI F., AMÉDRO F., AUFFRET J.-P., VIDIER J.-P., LAMARCHE J., LEFÈVRE D., SOMMÉ J., BRICE D., MISTIAEN B., PRUD'HOMME A., ROHART J.-C., VACHARD O. (2005)



Éditions du BRGM - Service géologique national
Dépôt légal 2^e édition : 3^e trimestre 2005

Echelle 1:50 000

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 cette année au lait et aux produits laitiers

Partie I – Composition, production et transformation du lait

Cette partie demandait de mobiliser des connaissances simples de biologie cellulaire et de biochimie et donnait lieu à la réalisation de deux manipulations classiques.

Dans un premier temps, une comparaison des compositions du lait et du plasma sanguin était demandée aux candidats et devait permettre de proposer une origine pour les différents composants du lait. La comparaison a été trop rarement menée de façon quantifiée. Une électronographie de cellule sécrétrice de la glande mammaire devait ensuite être légendée. Des erreurs inquiétantes d'échelles ont été notées, certains candidats ayant identifié des glandes mammaires ou des vaisseaux sanguins au sein même de la cellule !

Les relations structure-fonction de cette cellule n'ont souvent été que partiellement dégagées, et le jury a été étonné du nombre de candidats n'ayant pas répondu à cette question.

Quelques aspects de la transformation du lait en yaourt devaient ensuite être étudiés par deux manipulations : une chromatographie sur couche mince des sucres du lait et du yaourt et une coloration de Gram des bactéries du yaourt.

Le principe de la chromatographie sur couche mince est connu par la majorité des candidats, notons néanmoins que la séparation des molécules se fait en fonction de leur affinité différente vis-à-vis du solvant de migration et non en fonction de leur masse.

La nature chimique du lactose n'est qu'exceptionnellement donnée de façon complète (monomères impliqués et liaison osidique précise). La formule chimique développée du β -glucopyranose n'est pas toujours connue. La nature plus ou moins réductrice des différents groupements chimiques a été peu évoquée.

La réalisation de la chromatographie a été inégalement réussie. Une difficulté rencontrée par les candidats a été de réaliser des dépôts de taille adéquate. De nombreux candidats n'ont pas surveillé la migration du solvant et ont laissé le front du solvant atteindre le sommet de la plaque de chromatographie. Le chauffage trop fort au moment de la révélation a pu conduire aussi à la détérioration du support. D'autre part, de nombreux candidats n'ont pas attendu suffisamment que les taches se révèlent avant de réaliser le schéma interprétatif et d'appeler l'examineur.

Le jury ne peut que s'étonner des manipulations hasardeuses de certains candidats (préparation des dépôts sur la face aluminium de la plaque de chromatographie, longue réflexion d'un candidat à côté de sa cuve de chromatographie laissée ouverte alors que celle-ci contenait le solvant, plaques mises dans la cuve de chromatographie avec le révélateur ...).

Les schémas interprétatifs des plaques ont été insuffisants, la ligne de dépôt et le front du solvant étant rarement légendés. L'interprétation des résultats de la chromatographie a souvent été décevante, les candidats livrant les résultats qu'ils attendaient au lieu d'interpréter rigoureusement ce qui était observable. La conclusion devait être tirée de l'analyse des résultats obtenus, quitte à les discuter ensuite en les confrontant à des connaissances. Par exemple, certains des échantillons de lait fournis avaient fermenté, de l'acide lactique était donc repérable sur certaines chromatographies du lait, acide lactique que les candidats ont ignoré. De même, un composé indéterminé du petit lait a trop souvent été identifié comme du glucose alors qu'il n'avait pas migré à la même distance. On rappelle

à ce propos que c'est le sommet de chaque tache qu'il faut repérer et non toute la tache, qui peut être très étendue en cas de dépôt trop important. Les rapports frontaux n'ont pas été calculés.

De nombreux candidats connaissent mal la distinction entre bactéries Gram + et Gram -, d'où des erreurs quant à l'explication de la structure de la paroi. En outre, les bactéries Gram + du yaourt ont parfois été identifiées comme Gram - du fait d'un mauvais usage du microscope. La qualité du dessin d'observation a été trop souvent insuffisante, les noms des bactéries du yaourt ne sont pas connus. La connaissance de la fermentation lactique était souvent correcte.

Partie II – Thérapies innovantes contre Clostridium difficile

La seconde partie comportait une analyse documentaire, qui en s'appuyant sur les expériences précédentes, proposait différentes thérapies innovantes contre *Clostridium difficile*. Dans l'ensemble, les candidats qui ont traités cette partie l'ont fait correctement.

La première expérience montrait l'effet d'une prise quotidienne de kéfir sur l'infection par *C. difficile*. Les candidats ont presque tous compris que l'effet du kéfir était dû aux bactéries qu'il contenait. Cependant, ils se sont presque tous limités à une hypothèse unique, à savoir la compétition entre les bactéries du kéfir et *C. Difficile*, même si les expériences suivantes mettaient en avant de potentielles autres explications. L'hypothèse, émise par certains candidats, proposant que l'acidité du Kéfir pouvait avoir un effet sur la croissance bactérienne dans l'intestin, semble très peu probable, connaissant l'acidité de l'estomac par lequel le kéfir ingéré est forcément passé !!

La seconde partie explorait le rôle du transfert de fèces sur la pathologie et l'implication de la diversité du microbiote intestinal dans le contrôle des bactéries pathogènes de l'intestin. Les candidats ont souvent bien compris cette partie. En revanche, très peu l'ont correctement rédigée. Le jury tient à rappeler que, là aussi, la démarche scientifique devait être mise en avant. Au cours d'une analyse documentaire, il convient i) de poser une problématique (la question scientifique posée par les auteurs), ii) d'exposer le protocole et les résultats expérimentaux et iii) d'interpréter les résultats pour en tirer une conclusion. La conclusion ne peut en aucun cas précéder la phase de description des données scientifiques.

La dernière expérience analysait le rôle du microbiote intestinal sur le développement des cellules immunitaires de l'intestin. De nombreux candidats n'ont pas traité cette partie mais ceux qui l'ont fait, l'ont fait avec succès. Malheureusement, là aussi, la rédaction était souvent maladroite.

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

5.4.2 Sujet commenté

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

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2016

TRAVAUX PRATIQUES DE SPÉCIALITÉ DU SECTEUR A

CANDIDATS DES SECTEURS B ET C

Durée totale : 2 heures

Le lait et les produits laitiers

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

Partie I : Composition, production et transformation du lait

page 2

Durée conseillée : 1h15– barème : 75/120

Partie II : Thérapies innovantes contre *Clostridium difficile*

page 11

Durée conseillée : 0h45– barème : 45/120

Attention ! Compte-tenu des temps de réalisation, il est vivement conseillé de commencer par les manipulations de la partie I-B.

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 I : Composition, production et transformation du lait

Au début de sa vie, le jeune mammifère se nourrit du lait élaboré par les glandes mammaires de sa mère. Par des procédés physiques ou biologiques, l'Homme transforme le lait en divers produits laitiers.

L'objectif de cette partie est de caractériser l'organisation des cellules sécrétrices de la glande mammaire et d'étudier quelques composants du lait et du yaourt.

I.A- Production du lait par les cellules de la glande mammaire

Les proportions des constituants du lait et du plasma sanguin sont indiquées sur la figure I.1.

	Plasma sanguin	Lait
Eau	910	905
Glucose	0,4-1	0
Lactose	0	49
Lipides	3,7	35
Protéines totales	67-75	30-35
dont :		
- Caséines	0	27-30
- Protéines solubles		
globulines	25-38	1,5-2,5
albumines	30-35	3-4
Sels minéraux	8	9

Figure I-1 : Composition comparée du lait de vache et du plasma sanguin de vache en grammes par litre

I-A-1 Comparez les compositions du lait et du plasma sanguin et proposez une origine pour les différents composants du lait.

Réponse à la question I-A-1

Comparaison de la composition du plasma et du lait :

- L'eau et les sels minéraux sont en quantités équivalentes dans le plasma et le lait.
 - Glucides : le lait ne contient pas de glucose, en revanche il contient du lactose, absent dans le plasma.
 - Lipides : le lait est environ 10 fois plus riche en lipides que le plasma.
 - Protéines : le lait est environ 2 fois moins riche en protéines que le plasma, mais s'il est effectivement moins riche en albumines et immunoglobulines, il contient de la caséine, absente dans le plasma.
- hypothèse : les cellules sécrétrices puisent dans le sang des précurseurs et synthétisent du lactose à partir du glucose, de la caséine à partir d'acides aminés et des triglycérides à partir de glycérol et d'acides gras. Les composés minéraux et les albumines et immunoglobulines sont prélevés dans le sang et directement transférés dans le lait.

Le lait est sécrété par les cellules de la glande mammaire. La figure I-2 est une électronographie de cellule sécrétrice de la glande mammaire.

I-A-2 Rappelez quelles sont les principales étapes de la préparation d'un échantillon pour l'observation au microscope électronique à transmission.

Réponse à la question I-A-2

Fixation (des structures protéiques par la glutaraldéhyde, des membranes par l' OsO_4), (déshydratation), inclusion dans une résine dure (type EpoxyTM), réalisation de coupes ultrafines, contraste avec des sels de métaux lourds (acétate d'uranyle, citrate de plomb).

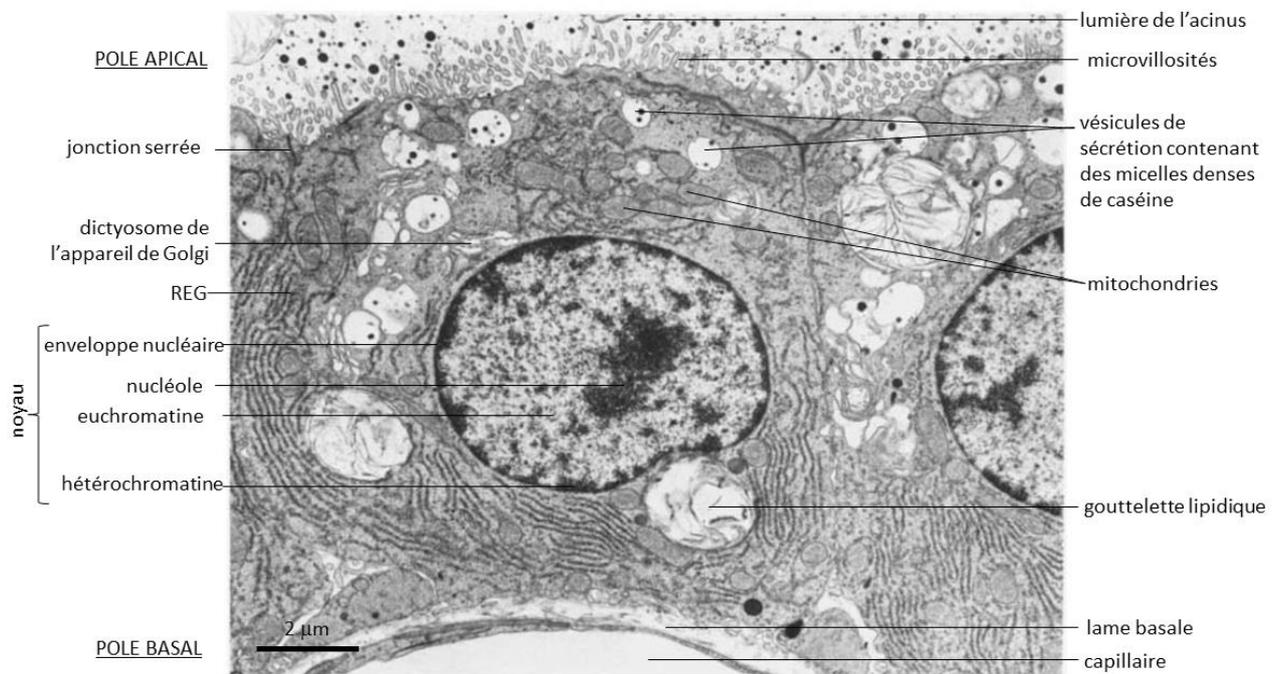


Figure I-2 : Electronographie de cellules sécrétrices de la glande mammaire d'une rate allaitante, d'après Clermont *et al.*, The Anatomical Record, 1993, 237 : 308-317

I-A-3 Directement sur la figure I.2, annotez le plus précisément possible l'électronographie de cellules sécrétrices de la glande mammaire.

I-A-4 Dégagez les relations structure-fonction de cette cellule.

Réponse à la question I-A-4

La cellule de la glande mammaire est une cellule polarisée, adaptée à la sécrétion exocrine.

La grande taille du noyau et l'abondance du système endo-membranaire (REG et Golgi) témoignent de l'importance de l'activité de synthèse protéique de la cellule.

Les nombreuses mitochondries sont à associer aux grandes dépenses énergétiques nécessitées par les différentes synthèses.

I.B- La transformation du lait en yaourt

I-B-1 Chromatographie sur couche mince des sucres du lait et du yaourt

Vous allez réaliser une chromatographie dans le but d'identifier les sucres contenus dans le lait et le yaourt.

I-B-1-a Rappeler le principe d'une chromatographie sur couche mince

Réponse à la question I-B-1-a

Le principe d'une chromatographie sur couche mince est fondé sur les différences de solubilité que présentent les molécules organiques vis à vis d'un même solvant.

On dépose le mélange à étudier sur une couche mince de matériel absorbant (usuellement du gel de silice, de l'oxyde d'aluminium ou de la cellulose) qui constitue la phase stationnaire. Le bord de la plaque de chromatographie est alors immergé dans un solvant ou un mélange de solvants et l'ensemble est placé dans une enceinte où l'atmosphère est saturée de solvant.

Le solvant, qui constitue la phase mobile, progressant par capillarité vers l'autre extrémité de la plaque de chromatographie, entraîne les molécules d'autant plus loin qu'elles sont solubles dans le solvant.

Une étape de révélation est nécessaire en cas de molécules incolores.

Protocole de la chromatographie

Matériel biologique à votre disposition :

- un yaourt,
- un tube contenant 5 mL de lait.

Matériel pour la chromatographie :

- La cuve de chromatographie est un bécher fermé par un couvercle de boîte de Pétri.
- La phase stationnaire est constituée de gel de silice coulé sur une feuille d'aluminium (40 × 80 mm).
- Le solvant est un mélange de méthyléthylcétone (60% en volume), d'acide acétique glacial (20% en volume) et de méthanol (20% en volume) avec une pincée de sulfate de sodium anhydre en poudre.
- Les solutions témoins de lactose, glucose et acide lactique sont à 0,02 g/mL
- Des cure-dents en bois doivent être utilisés pour la réalisation des dépôts.
- Une cuvette est à votre disposition pour réaliser le mélange révélateur qui sera composé de 20 mL de permanganate de potassium à 20 g/L et 20 mL de carbonate disodique anhydre à 40 g/L.

Protocole de la chromatographie :

1 - Saturation de la cuve : Le solvant de migration a déjà été placé dans la cuve sur une épaisseur d'environ 0,5 cm.

2 - Préparer deux plaques de chromatographie: **SANS LES TOUCHER AVEC LES DOIGTS**. Tracer très légèrement la ligne de dépôt à 1 cm du bord inférieur, au crayon à papier. Vérifier que cette hauteur est compatible avec la hauteur du solvant dans la cuve et ajuster celle-ci si nécessaire. Tracer les emplacements équidistants de 4 dépôts sur chaque plaque.

Indiquer la nature des solutions déposées sous les emplacements de dépôts :

- première plaque : lait, solutions témoins de lactose, glucose et acide lactique.
- seconde plaque : petit lait du yaourt, solutions témoins de lactose, glucose et acide lactique.

3 - Effectuer les dépôts, à l'aide d'un cure-dent (un cure-dent ne peut être utilisé que pour une solution donnée), les taches ne doivent pas dépasser 1 mm de diamètre.

4 - Introduire les plaques dans la cuve saturée, les faces aluminium étant placées l'une contre l'autre. Fermer la cuve. Laisser migrer jusqu'à 1 cm du haut des plaques (moins de 20 minutes)

5 - Sortir les plaques, marquer d'un trait le front du solvant. Puis sécher complètement au sèche-cheveux (quelques minutes).

6 – Procéder à la révélation : verser dans une cuvette le mélange révélateur (permanganate de potassium (50% en volume) + carbonate disodique anhydre (50% en volume)).

Immerger les plaques pendant 10 secondes.

7 - Egoutter puis sécher au sèche-cheveux jusqu'à apparition de taches jaunes (quelques minutes).

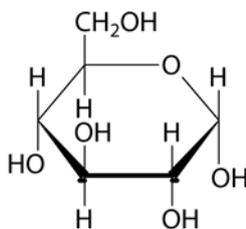
I-B-1-b Le permanganate est un oxydant. Les zones de la plaque où ont migré les molécules oxydables par le permanganate de potassium apparaissent en jaune à cause de la formation de MnO_2 lors de la réaction d'oxydation, tandis que les zones de la plaque ne contenant pas de molécules oxydables restent violettes.

Qu'est-ce que le lactose ? Ecrire la formule chimique développée du glucose, en conformation α D glucopyranose. Quel(s) groupements chimiques des sucres peuvent être oxydés par le permanganate de potassium ? Pourquoi la tache correspondant à l'acide lactique est-elle moins marquée ?

Réponse à la question I-B-1-b

Le lactose est un diholoside formé d'un glucose et d'un galactose liés en β 1-4.

Formule développée du α D glucopyranose:



Les fonctions alcool et aldéhydes des sucres peuvent être oxydées par le permanganate de potassium.

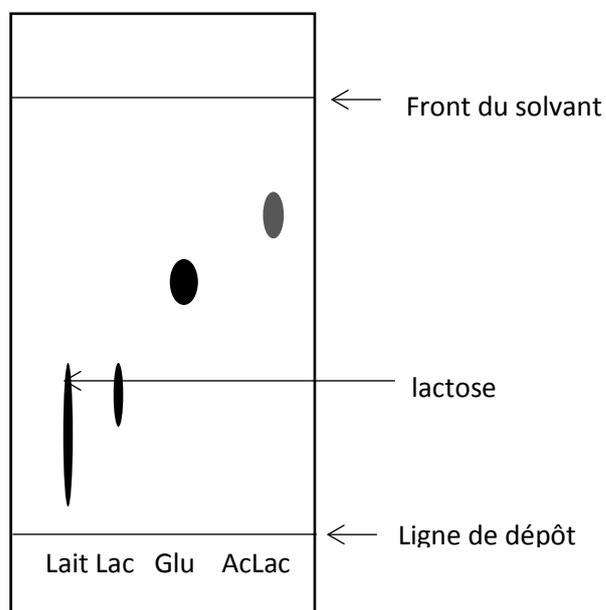
L'acide lactique ne contient qu'une seule fonction alcool, et sa fonction acide est plus oxydée que la fonction aldéhyde des sucres, il est donc moins réducteur et réagit moins avec le permanganate de potassium.

I-B-1-c Déposez les plaques de chromatographie sur les emplacements prévus ci-dessous et faites-en un schéma interprétatif. Appelez un examinateur pour qu'il évalue votre manipulation et l'adéquation de votre schéma.

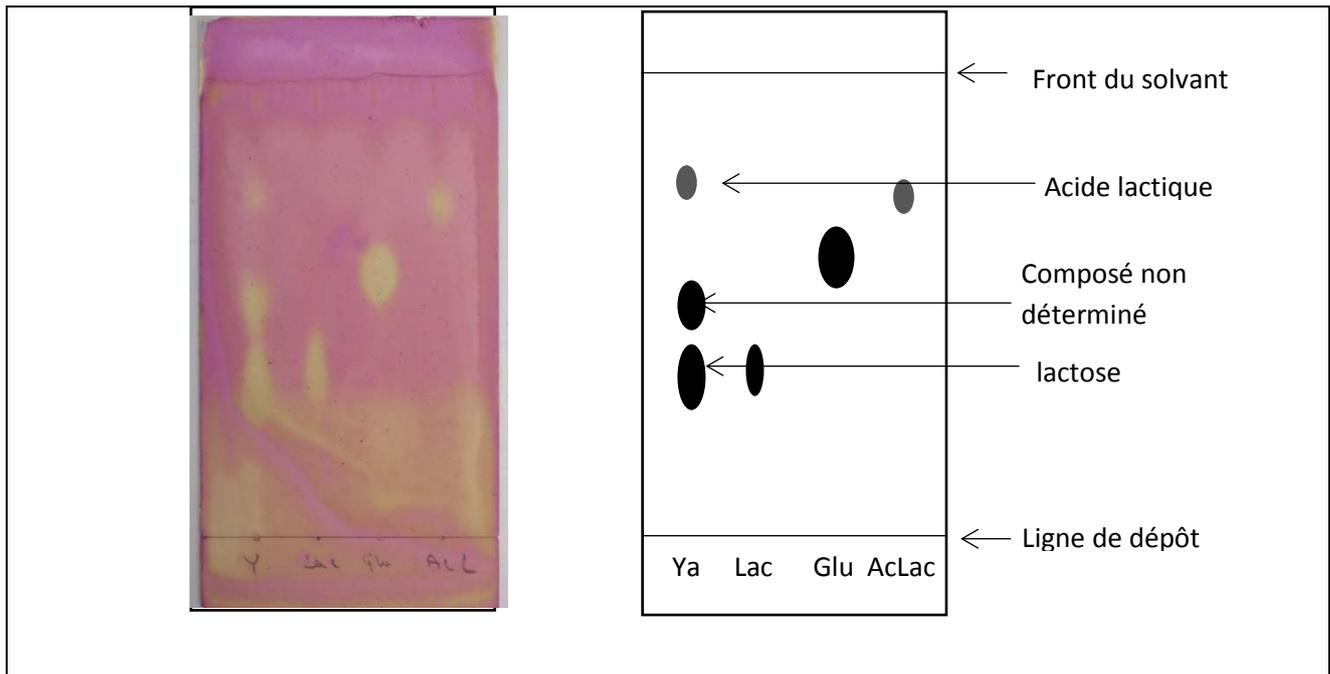
Réponse à la question I-B-1-c

Schémas interprétatifs des plaques de chromatographie

Plaque 1



Plaque 2



I-B-1-d Concluez sur la nature des sucres du lait et leur devenir lors de la transformation du lait en yaourt. Les plaques de chromatographie ne se conservent pas et seront jetées à la poubelle après le passage de l'examineur.

Réponse à la question I-B-1-d

Conclusion : le seul sucre présent dans le lait est le lactose (calcul du rapport frontal attendu).

Dans le yaourt on repère la présence de lactose résiduel mais aussi d'acide lactique et d'un composé non déterminé, moins soluble dans le solvant de chromatographie que l'acide lactique.

I-B-2 Les bactéries du yaourt

Vous allez réaliser une coloration du yaourt dans le but d'identifier les bactéries qu'il contient.

Protocole de la Coloration de Gram des bactéries du yaourt

Matériel biologique à votre disposition:

- Un yaourt

Matériel optique à votre disposition:

- Microscope
- Lames
- Huile à immersion

Matériel de coloration à votre disposition :

- cristal violet, lugol, alcool, safranine, eau distillée
- bac à coloration

Protocole de réalisation d'une coloration Gram

Réalisation du frottis : prélever un petit volume de yaourt à l'aide d'une pipette-poire, le déposer à l'extrémité d'une lame et l'étaler à l'aide d'une lamelle. Sécher la lame au sèche-cheveux. Faire un repère sur la lame permettant de localiser la face de la lame sur laquelle le yaourt a été déposé.

Réalisation de la coloration : les différentes étapes de cette coloration seront réalisées sur un bac à coloration.

- 1 - Coloration par le cristal violet. Laisser agir 60 secondes. Bien égoutter sur du papier absorbant.
- 2 - Mordançage au lugol (solution d'iode iodo-iodurée) : étaler le lugol et laisser agir de 80 secondes. Bien égoutter sur du papier absorbant.
- 3 - Décoloration rapide à l'alcool (95%) : verser goutte à goutte pendant quelques secondes l'alcool sur la lame inclinée obliquement. Rincer immédiatement sous un filet d'eau et bien égoutter.
- 4 - Recoloration à la safranine. Laisser agir de 30 secondes. Laver doucement à l'eau et bien égoutter.
- 5 - Sécher la lame au sèche-cheveux.
- 6 – Observer le frottis sans lamelle au microscope, jusqu'à l'objectif à immersion d'huile.

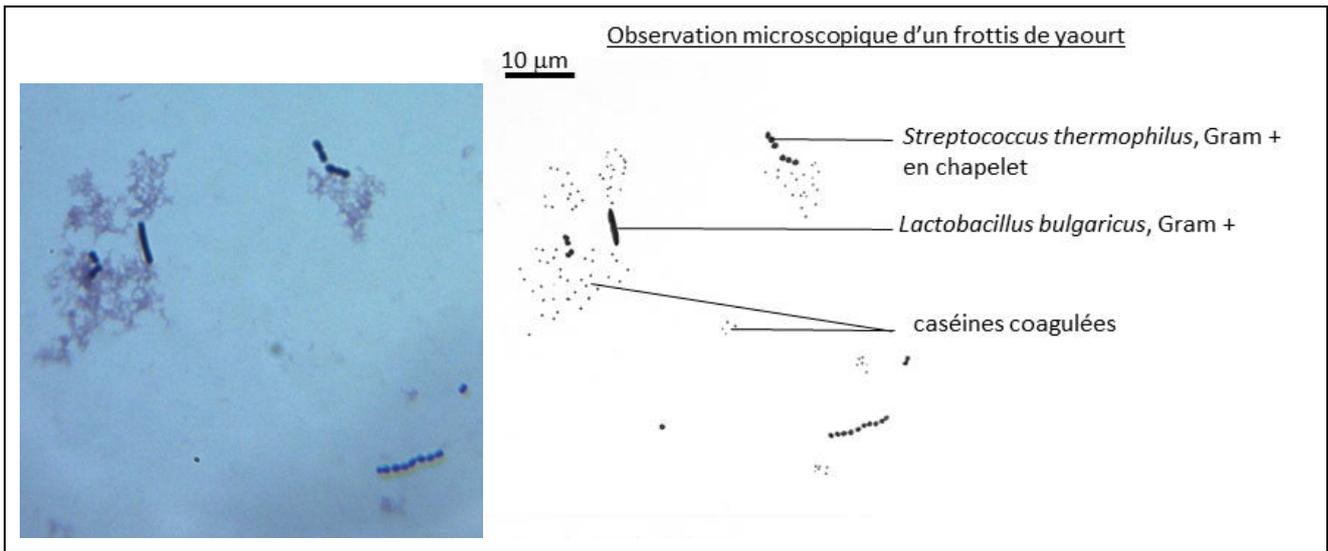
I-B-2-a Précisez l'objectif de la coloration de Gram ainsi que la signification des différentes colorations potentiellement observables. Une coloration violette est considérée comme positive et une coloration rose comme négative.

Réponse à la question I-B-2-a

Les étapes 1 et 2 colorent en violet le contenu de la bactérie. Le violet cristal se fixe sur les composants cytoplasmiques de toutes les bactéries et le Lugol permet de fixer cette coloration interne. L'étape 3 sert à décolorer le cytoplasme des bactéries qui seront dites « Gram négatives ». En effet, celles-ci ont une paroi en peptidoglycane peu épaisse qui va laisser passer l'alcool (molécule lipophile) et qui décolorera le cytoplasme en éliminant le violet de gentiane. Au contraire, pour les bactéries dites « Gram positif » la paroi constitue une barrière imperméable à l'alcool car elle est composée d'une "couche" de peptidoglycane plus épaisse. Elles resteront alors violettes. L'étape 4 est une contre-coloration ayant pour but de donner aux bactéries Gram négatives précédemment décolorées une teinte rose permettant de les visualiser au microscope. Les bactéries à Gram positif restées violettes seront évidemment insensibles à cette contre-coloration plus pâle que le violet imprégnant leur cytoplasme.

I-B-2-b Réalisez un dessin d'observation légendé de votre lame. Appelez un examinateur pour qu'il évalue votre lame et l'adéquation du dessin.

Réponse à la question I-B-2-b



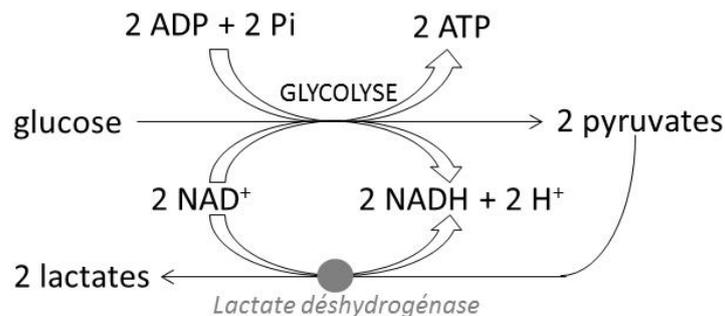
I-B-2-c Quel processus métabolique réalisé par les bactéries du yaourt est à l'origine de la transformation des sucres du lait ? Vous en détaillerez les étapes et en dégagerez l'intérêt biologique.

Réponse à la question I-B-2-c

Les bactéries du yaourt transforment le lactose du lait en acide lactique par la fermentation lactique.

Le lactose est hydrolysé en glucose et galactose, qui sont oxydés par la glycolyse, produisant 2 ATP, 2 NADH, H^+ et 2 pyruvates pour une molécule d'ose.

Les molécules de pyruvate issues de la glycolyse sont réduites en lactate par la lactate déshydrogénase. Cette étape permet de réoxyder les NADH, H^+ .



I-B-2-d Le pH du lait est de 6,6, alors que celui du yaourt est de 4,6. Quel composé est à l'origine de la diminution de pH et quelle est la conséquence de la baisse de pH ?

Réponse à la question I-B-2-d

C'est la production d'acide lactique qui abaisse le pH du lait, provoquant ainsi la coagulation des caséines et la formation du yaourt.

I-B-3 Quel est l'intérêt pour l'alimentation humaine de la transformation par les bactéries de certains composants du lait ?

Réponse à la question I-B-3

Les bactéries hydrolysent le lactose ce qui rend le lait digeste pour les personnes intolérantes au lactose.

En outre elles produisent divers métabolites donnant la texture et la flaveur caractéristiques du yaourt.

Partie II : Thérapies innovantes contre *Clostridium difficile*

Clostridium difficile est un pathogène responsable de violentes diarrhées récurrentes. Il est très courant dans le milieu hospitalier et est considéré aux USA comme la maladie nosocomiale la plus courante. Le traitement classique de l'infection est à base d'antibiotiques mais 5 à 30% des souches sont résistantes. Pour limiter le développement de ces souches résistantes, des traitements innovants sans antibiotique sont en cours de développement.

Le premier traitement utilise du kéfir, une boisson lactée fermentée proche du yaourt.

Une étude a été réalisée aux USA sur 25 patients atteints de *Clostridium difficile* (Bakken *et al.*, Clinical infection disease 2014, 59 : 858-861). Ces patients sont traités avec des antibiotiques. Dès l'arrêt du traitement, ces patients ont des récurrences de leur diarrhée et ceci, depuis plusieurs années. Pour traiter ces diarrhées récurrentes et permettre à ces patients d'arrêter le traitement aux antibiotiques, on a demandé aux 25 patients de boire au minimum un verre de kéfir de 150 mL par repas et progressivement, en 6 semaines, le traitement aux antibiotiques a été arrêté. Chez 84% des patients, la diarrhée a disparu et n'est pas réapparue même après plus de 12 mois sans traitement antibiotique.

Question II-1 : Quelle(s) hypothèses pouvez-vous faire pour expliquer ces résultats ?

Réponse à la question II-1

La rémission des patients atteints de *Clostridium difficile* après un traitement au kéfir de lait peut s'expliquer soit par un effet direct du kéfir sur les bactéries pathogènes, soit une compétition au niveau de l'intestin entre les bactéries du Kéfir et la bactérie pathogène soit encore par un effet du kéfir sur la réponse immunitaire contre *C. difficile*.

Le second traitement pour éviter la récurrence des diarrhées dues à *Clostridium difficile* en absence d'antibiotique consiste à réaliser des transplantations fécales de donneurs non infectés. Une étude sur 42 patients a été réalisée en 2013 (Van Nood *et al.*, The new england journal of medicine 2013, 368 : 407-4015). Seize patients ont reçu une ou plusieurs transplantations fécales, 13 patients ont reçu un traitement par antibiotique seul et 13 autres, un traitement par antibiotique associé à un lavage intestinal. Les résultats sont résumés sur la figure II.1 ci-dessous.

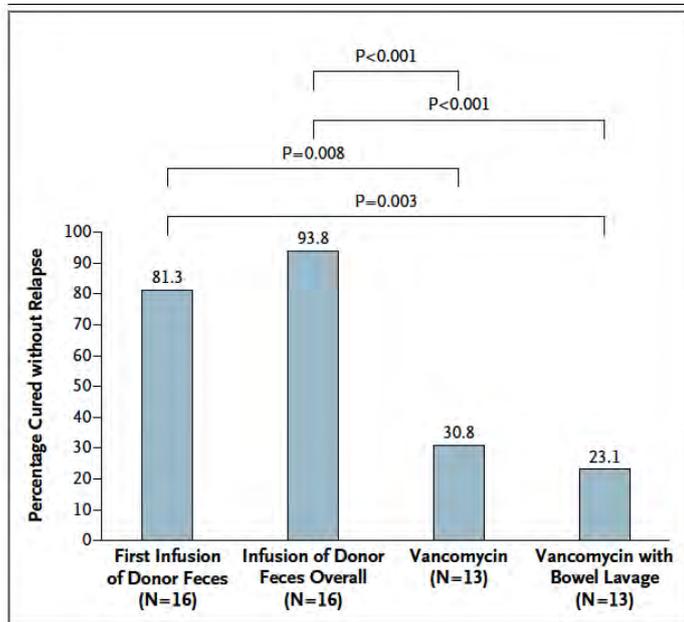


Figure II.1 : Pourcentage de patients guéris sans rechute après 12 mois.

First Infusion of donor feces : patients ayant reçu une transplantation fécale ; *Infusion of donor feces overall* : patients ayant reçu une, deux ou trois transplantations fécales ; *Vancomycin* : Traitement par un antibiotique ; *Vancomycin with bowel lavage* : Traitement par un antibiotique et un lavage intestinal
N= nombre de patients ; p : valeurs permettant d'évaluer la significativité du test statistique utilisé pour comparer les valeurs pointées par les crochets.

Question II-2

Analysez la figure II.1.

Réponse à la question II-2

Les auteurs ont voulu savoir si une transplantation de fèces de donneurs sains à des personnes infectées par *C. difficile* pouvait améliorer l'état de ces patients même en absence de traitement aux antibiotiques. Pour cela, ils ont traité les patients soit avec un traitement antibiotique classique (Vancomycin), soit avec un traitement antibiotique classique associé avec un lavage intestinal (pour essayer d'éliminer les bactéries pathogènes), soit avec une ou 2 transplantations de fèces. Les résultats de la figures II-2 montrent qu'alors que seuls 23 à 31% des patients sont guéris suite au traitement antibiotique (associé ou non à un lavage intestinal), 81 à 94% des patients sont guéris avec une ou deux transplantations de fèces. Il n'y a pas de différence significative entre une et deux transplantations. On peut donc en déduire que le traitement par transplantation de fèces est plus efficace qu'un traitement antibiotique.

Question II-3 En quoi pouvez-vous relier les résultats de cette étude avec celle de l'étude avec le kéfir ?
Quelle(s) hypothèse(s) pouvez-vous faire pour expliquer l'efficacité de ces traitements ?

Réponse à la question II-3

Le kéfir tout comme les fèces contiennent des bactéries.

L'efficacité des traitements peut s'expliquer :

- soit par un effet des bactéries du kéfir ou des fèces sur les bactéries pathogènes
- soit un effet de ces bactéries sur la réponse immunitaire

Pour comprendre comment le traitement avec les transplantations fécales peut être aussi efficace, les auteurs de l'étude ont analysé la diversité du microbiote intestinal de ces patients avant et 14 jours après la transplantation et ont comparé le taux de diversité avec celui des donneurs de selles.

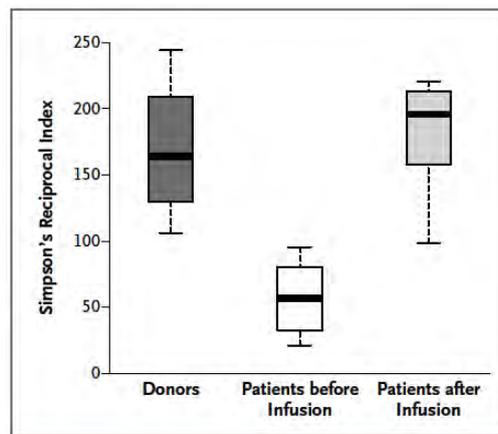


Figure II.2 : Diversité du microbiote intestinal. La diversité du microbiote est mesurée grâce à l'index « réciproque de Simpson ». Plus la valeur de l'index est élevée, plus la diversité est importante. La ligne noire = valeur moyenne, valeur supérieure du cadre : valeur de 75% des patients, valeur inférieure du cadre : valeur de 25% des patients.

Question II-4 Analysez la figure II.2. Cette observation vous permet-elle de confirmer ou d’infirmer une de vos hypothèses ?

Réponse à la question II-4

Les auteurs ont voulu voir si la diversité du microbiote intestinal était impliquée dans l’effet efficacité du traitement par transplantation de fèces. Pour cela, ils ont analysé la diversité du microbiote avant le traitement et 14 jours après la transplantation de fèces et ont comparé cette diversité avec celle dans l’intestin d’un donneur sain. On peut tout d’abord voir sur la figure II.2 que la diversité du microbiote est beaucoup plus élevée chez les donneurs sains que chez les patients, ce qui suggère que l’infection est associée à une perte de diversité des bactéries dans le microbiote. D’autre part, on voit que la transplantation, qui guérit les patients (cf figure II.1) est associée à un retour à un taux de diversité proche de celui des donneurs sains. En conclusion, la diversité du microbiote est indispensable à une lutte efficace contre *C. difficile*. Cependant, cette observation ne permet pas de trancher entre les 2 hypothèses de la figure II.3 (effet de compétition entre bactéries ou effet sur le système immunitaire).

Pour aller encore plus loin dans la compréhension de ces résultats, des auteurs ont réalisé une expérience chez la souris (Chung *et al*, Cell 2012, 149 : 1578-1593). Des souris ont été élevées dès leur naissance en absence de tous microorganismes (Germ free ; GF). Ces souris ont alors été reconstituées avec un microbiote intestinal de souris (Mouse Microbiota ; MMb) ou un microbiote intestinal humain (Healthy Human Microbiota ; HMb). Le nombre de lymphocytes T CD4⁺ et T CD8⁺ dans la lamina propria a alors été évalué et comparé au nombre obtenu dans des souris élevées en condition normale (Specific Pathogen Free ; SPF). Les résultats sont montrés dans la figure II.3.

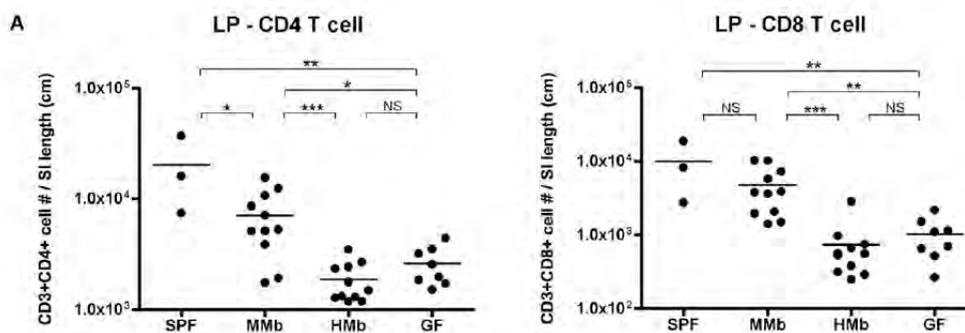


Figure II.3 : Nombre de lymphocytes T(CD3+) exprimant CD4 (CD4+) ou CD8 (CD8+) dans la lamina propria de souris GF (Gem Free), SPF (Specific Pathogen Free) ou GF reconstituées avec un microbiote de souris (MMb) ou humain (HMb) évalué par cm d’intestin. Chaque point correspond aux résultats d’une souris. Le trait horizontal correspond à la moyenne des valeurs des différents points. * p<0,05, ** p<0,01, ***p<0,001, NS= non significatif. p : valeurs permettant d’évaluer la significativité du test statistique utilisé pour comparer les valeurs pointées par les crochets.

Question II-5 : Analysez la figure II.3. Cette observation vous permet-elle de confirmer ou d’infirmer une de vos hypothèses ?

Réponse à la question II-5

Les auteurs ont voulu analyser le rôle des bactéries de la flore intestinale sur le nombre de lymphocytes T CD4+ ou CD8+ dans la lamina propria. Pour cela, ils ont compté le nombre de ces cellules dans des souris élevées en milieu conventionnel (SPF ; qui ont donc une flore normale), en milieu sans aucune bactérie (GF ; qui n’ont donc pas de microbiote intestinal) ou dans des souris GF dont le microbiote a été reconstitué soit avec une flore murine soit avec une flore humaine. La figure montre que l’absence de flore intestinale est associée à une très forte diminution du nombre de LT CD4 ou CD8 dans la LP (comparaison des souris SPF et GF). Si on réintroduit de la flore murine, le nombre de cellules revient quasiment à la normale (restauration totale pour les T CD8 et partielle pour les T CD4). Ce résultat montre que la flore intestinale est indispensable pour avoir un nombre normal de cellules immunitaires dans la LP. De manière intéressante (et surprenante), ce mécanisme est « espèce dépendant » car la flore humaine ne restaure pas le nombre de cellules.

Ces résultats suggèrent donc que le microbiote agit directement sur les cellules immunitaires et que ce mécanisme peut expliquer les résultats du traitement par transfert de fécès ou avec le kéfir. Cependant, il n’exclut pas complètement la compétition entre bactéries.

Question II-6 : A partir de l’analyse de ces données ainsi que de celles de la partie I, pouvez-vous lister les avantages pour la santé à consommer des produits laitiers.

Réponse à la question II-6

- Apport de nutriments organiques et minéraux
- Digestibilité du lactose
- Protection du microbiote (intestinal)
- Maintien de la réponse immunitaire

5.5 Epreuve de travaux pratiques de contre-option du secteur B : Sujet et commentaires

5.5.1 Présentation de l'épreuve

L'épreuve de travaux pratiques de contre option B, destinés aux candidats des secteurs A et C, avait pour thème général les surfaces d'échanges respiratoires chez les arthropodes, étudiées à partir de deux animaux classiquement utilisés en zoologie, l'écrevisse et le criquet.

La partie I, consacrée aux crustacés, permettait d'envisager des aspects morpho-anatomiques et adaptatifs en lien avec les échanges en milieu aquatique et proposait une réflexion à partir de la formulation d'un paradoxe.

La partie II s'intéressait quant à elle à l'appareil trachéen des insectes et à certaines de ses particularités. Elle proposait également de réaliser une approche pédagogique de l'étude du contrôle du rythme ventilatoire chez ces animaux aériens.

La partie III correspondait à un exercice de reconnaissance de divers échantillons, animaux et végétaux, associé à une approche fonctionnelle.

Le jury a constaté de façon générale que les candidats ne lisaient pas le sujet avec suffisamment d'attention pour respecter strictement les consignes afin de traiter le sujet et de se limiter à ce qui est demandé. Toute activité supplémentaire ne peut pas être prise en compte dans la notation et occasionne une perte de temps préjudiciable. Les sujets sont toujours longs de façon à valoriser les candidats rapides qui gèrent efficacement leur temps, mais également pour donner à chacun la possibilité de réaliser une bonne partie des exercices sans être trop pénalisé par l'incapacité à exécuter certains d'entre eux. La diversité des exercices permet par ailleurs de tester des capacités à la fois pratiques et cognitives mais aussi les connaissances de base des candidats qui se destinent à l'enseignement.

5.5.2 Commentaires concernant la première partie

Les candidats ont en très grande majorité réalisé l'exercice consistant à prélever les structures impliquées dans la réalisation des échanges gazeux respiratoires. Cependant, cette extraction a souvent été incomplète, parfois limitée aux seules branchies. La formation d'une cavité branchiale et la mise en mouvement de l'eau sont des éléments importants de la réalisation de ces échanges et les structures anatomiques impliquées devaient être présentées. La liste attendue devait bien sûr correspondre aux éléments extraits et présentés. A l'image de l'extraction, elle est souvent incomplète et néglige les structures associées à la convection du milieu extérieur.

La réalisation d'une préparation permettant de mettre en évidence l'organisation d'une branchie nécessitait de faire le choix d'un mode de présentation pertinent. Comme attendu, c'est la préparation microscopique qui a été majoritairement choisie et si les préparations sont généralement exploitables, le soin apporté à leur préparation est, lui, très perfectible. Le schéma d'interprétation doit s'appuyer sur l'observation et non être récité, comme c'est trop souvent le cas. Enfin, un titre et une échelle sont indispensables. A ce propos, la mention du grossissement utilisé pour effectuer l'observation est insuffisante et il est préférable de faire apparaître une barre d'échelle.

Les caractéristiques de surfaces d'échange devaient être **argumentées** à partir de l'observation réalisée, ce qui n'a pas été toujours le cas.

Le troisième point commençait par une approche physique des échanges gazeux et le terme modélisation n'a pas toujours été bien compris. De même, l'écriture de la loi de Fick sans équation aux dimensions est forcément incomplète. La gradation dans l'analyse, imposée par les questions, n'a pas toujours été respectée, ce qui a conduit à des répétitions inutiles et à des confusions dans les réponses. L'approche évolutive se basait sur le constat que des structures disposées à la surface du corps d'un arthropode sont ectodermiques et donc recouvertes d'une cuticule. Cette situation paradoxale pour

la réalisation d'une surface d'échange a très rarement été comprise, révélant ainsi que l'approche évolutive de la zoologie est encore perfectible.

5.5.3 Commentaires concernant la seconde partie

La réalisation d'une préparation de muscle fémoral de criquet a été globalement bien réalisée, mais le choix du mode de présentation a été discriminant. La loupe binoculaire, utilisée par certains candidats, est inadaptée ici. Comme en première partie, l'inadéquation entre l'observation et le schéma d'interprétation a été sanctionnée, certaines productions étant de pures récitations. Il en a été de même avec l'analyse de l'électroneurographie de muscle thoracique de blatte, la majorité des candidats se contentant d'affirmer que les gaz respiratoires sont amenés directement aux cellules, sans argumenter leur affirmation à partir de l'observation du cliché proposé. Il y a eu également quelques réponses surprenantes, comme la confusion entre des trachéoles et des stigmates. La prise en compte des échelles ou des grossissements est indispensable à l'analyse des objets biologiques.

L'examen des caractères adaptatifs et des contraintes structurales a rarement été réalisé en lien avec les caractéristiques du milieu aérien et celle du plan d'organisation. Le tableau présenté était donc souvent incomplet.

L'analyse des images de radiographie et leur interprétation ont souvent été bien réalisées avec toutefois l'oubli du passage de la surface au volume. En revanche, l'analyse des courbes proposées dans l'approche quantitative s'est révélée très décevante, la plupart des candidats qui ont abordé cette question se contentant de lier l'augmentation des grandeurs mesurées à celle de la taille corporelle. La notion de croissance allométrique n'a pas été perçue bien que cela ait été suggéré par la légende du document.

La représentation d'un protocole de suivi de la relation entre composition de l'air inspiré et rythme ventilatoire a souvent été faite de façon caricaturale, sans doute par manque de temps. Cela-dit, le recours quasi systématique à l'EXAO proposé dans les montages présentés est assez surprenant et dénote une absence de réflexion quant au choix du matériel utilisé...

L'exploitation des données fournies devait amener à une réflexion sur le mode de présentation et à la prise en compte de la variabilité interindividuelle, ce qui a très rarement été réalisé. L'une des conditions devait être rapprochée de la composition de l'atmosphère.

5.5.4 Commentaires concernant la troisième partie

La partie III correspondait à l'identification de 10 échantillons (5 d'origine animale et 5 végétaux) avec 10 minutes sur postes d'observation. Les documents « animaux » concernaient des structures associées aux échanges gazeux respiratoires. Les résultats sont décevants car, pour quelques identifications correctement réalisées, la pluparts des copies ne comportent que de vagues indications, parfois fantaisistes.

Le jury, tient, comme les années précédentes, à souligner qu'il est très regrettable que le niveau des connaissances naturalistes des candidats à l'Agrégation externe de SV-STU soit si faible, et ne peut qu'encourager les futurs candidats à améliorer leurs connaissances dans ce domaine.

5.5.5 Sujet commenté

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

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2016

**TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE-OPTION DU SECTEUR B
CANDIDATS DES SECTEURS A et C**

Durée totale : 2 heures

Les surfaces d'échanges respiratoires des Arthropodes

Les 3 parties sont indépendantes. Certaines nécessitent des manipulations, prévoyez votre organisation en conséquence.

La partie « reconnaissance » s'effectuera à partir de spécimens présentés dans la salle. Ils seront consultables en un temps limité et selon un planning préétabli indiqué en début d'épreuve.

Partie I : Les branchies des crustacés	page 2
<i>Durée conseillée : 60 minutes – barème : 60/120</i>	
Partie II : Les trachées des insectes	page 9
<i>Durée conseillée : 45 minutes – barème : 45/120</i>	
Partie III : Reconnaissance	page 18
<i>Durée conseillée : 15 minutes – barème : 15/120</i>	

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.**

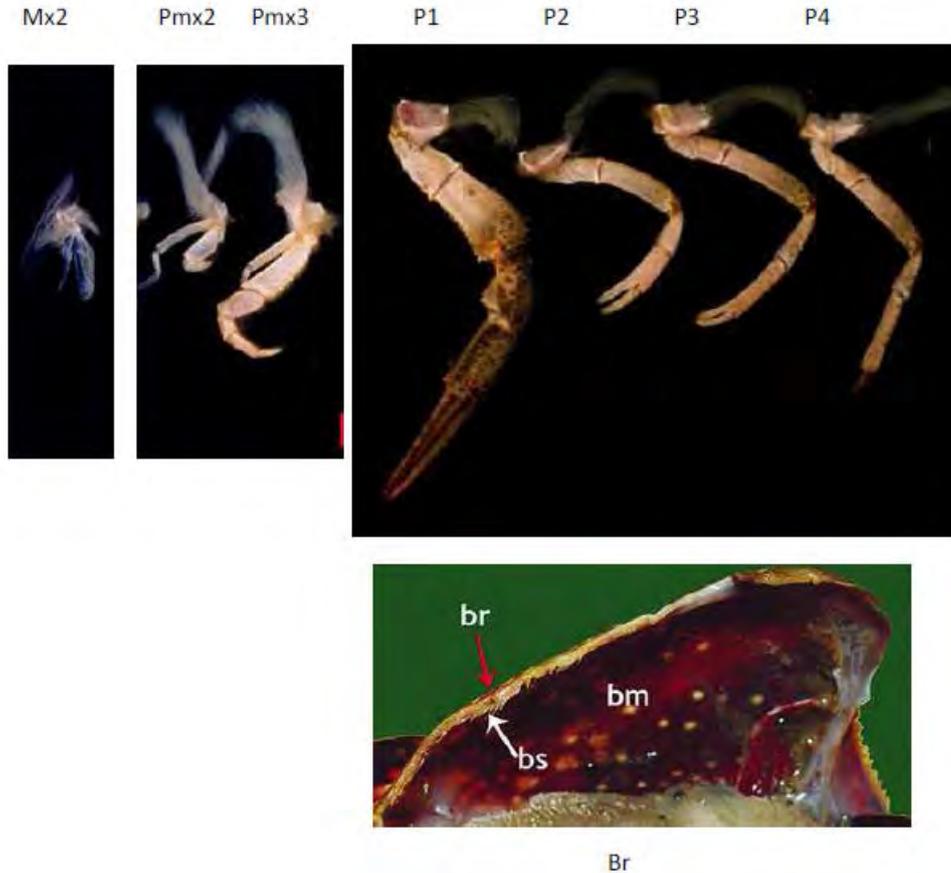
Vous devez rendre la totalité des feuilles du dossier

Partie I : L'APPAREIL RESPIRATOIRE DES CRUSTACÉS

I- Organisation générale :

I.A- Les structures impliquées

Vous présenterez, fixés sur une feuille libre, les différentes structures impliquées dans la réalisation des échanges gazeux respiratoires de l'animal qui est à votre disposition sur votre poste de travail.



Un exemple de panoplie minimale...

I-B- Approche fonctionnelle

Pour chaque type de structure prélevée et présentée, précisez son nom, sa position dans le plan d'organisation de l'animal et sa fonction dans la réalisation des échanges gazeux respiratoires.

Réponse à la question I-B

Branchiostégite (expansion des pleurites) protection des branchies, formation d'une cavité, orientation du courant d'eau

Scaphognathite sur Mx2 mise en mouvement de l'eau dans un sens postéro-antérieur

Pmx2 rudiment de podobranche sur protopodite

Pmx3 1 podobranche et 2 arthrobranchies

P1 1 podobranche et 2 arthrobranchies

P2 1 podobranche et 2 arthrobranchies et 1 pleurobranche

P3 1 podobranche et 2 arthrobranchies et 1 pleurobranche

P4 1 podobranche et 2 arthrobranchies et 1 pleurobranche

P5 1 pleurobranche

Appelez l'examineur pour faire évaluer votre présentation et son adéquation à la liste présentée ci-dessus.

II- Structure de l'échangeur :

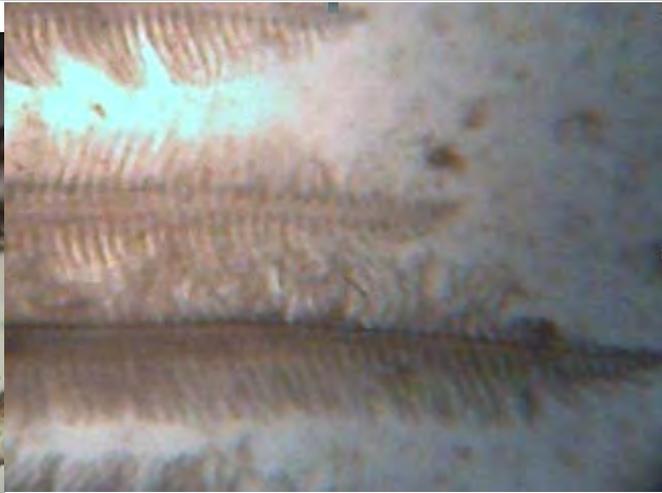
II-A- Mise en évidence

Réalisez une préparation permettant de mettre en évidence l'organisation type d'une branchie d'écrevisse.

Réalisez également un schéma d'interprétation de votre préparation.

Appelez l'examineur pour faire évaluer votre préparation et son adéquation avec le schéma réalisé.

Réponse à la question II-A



Montages possibles

II-B- Caractéristiques de surface d'échange

Rappelez quelles caractéristiques propres aux surfaces d'échange apparaissent après examen et interprétation de votre préparation.

Réponse à la question II-B

Nombreux replis, grande surface

Transparent à la lumière, faible épaisseur

III- **Généralisation :**

III-A- Approche physico-chimique

Rappelez brièvement par quel processus physique se réalisent les échanges gazeux respiratoires et proposez une modélisation permettant de les quantifier.

Réponse à la question III-A

Diffusion

Loi de Fick : $dn/dt = -DS(dC/e)$

Avec D, coefficient de diffusion en $m^2.s^{-1}$; S, aire en m^2 ; dC, différence de concentration en $mol.m^{-3}$; e, épaisseur en m.

III-B- Approche adaptative

III-B-1

Précisez en quoi votre étude réalisée à différentes échelles montre une adéquation entre les structures observées et la modélisation proposée ci-dessus.

Réponse à la question III-B-1

Augmentation de S

Faible épaisseur

Courant d'eau renouvelant le milieu extérieur, entretien du gradient dC/e

III-B-2

Quelles particularités liées à la vie en milieu aquatique peut-on mettre en évidence ?

Réponse à la question III-B-2

Surface d'échange en position externe, dans le milieu extérieur, sans soutien mécanique, portée par la densité du milieu.

Courant d'eau unidirectionnel, relation avec la densité et la viscosité du milieu

III-C- Approche évolutive

III-C-1

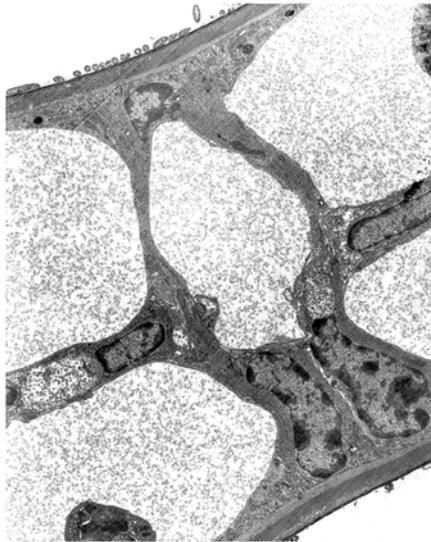
Au vu de la place des branchies dans le plan d'organisation des crustacés, exprimez le paradoxe apparent que cela représente pour la mise en place d'une surface d'échanges gazeux respiratoires.

Réponse à la question III-C-1

Présence d'une cuticule sur les branchies tégumentaires et donc d'un épithélium sécréteur constitué de cellules « hautes ». Cuticule plus cellules hautes forment une épaisseur qui s'oppose la diffusion.

III-C-2

L'image présentée ci-dessous a été obtenue à partir d'une branchie du crabe *Callinectes sapidus* ($\times 9\ 900$).



III-C-2-a

Rappelez brièvement le principe de la technique et les principales étapes opératoires permettant d'obtenir une telle image.

Réponse à la question III-C-2-a

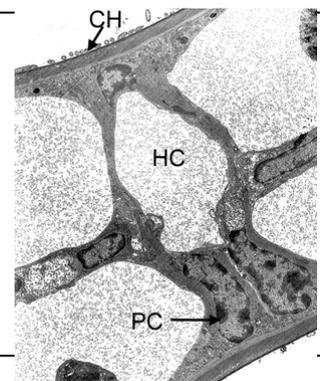
Electronographie Microscope Electronique à Transmission. Fixation de l'échantillon, coloration avec sel de métal lourd (OsO_4), exposition à un faisceau d'électrons, plus ou moins déviés par le colorant puis focalisés par une lentille électromagnétique, révélation du film photographique.

III-C-2-b

Réalisez un schéma d'interprétation de cette image.

Réponse à la question III-C-2-b

CH : cuticule reposant sur une bande continue de cytoplasme
HC : lacune hémolymphatique ménagée entre les cellules épithéliales
PC : cellule pilier



III-C-2-c

En quoi l'organisation identifiée sur ce cliché permet-elle de résoudre le paradoxe formulé précédemment ?
Vous illustrerez votre réponse en utilisant le cadre de la page suivante.

Réponse à la question III-C-2-c

La cuticule est très mince, et de plus bien évidemment perméable au gaz ; lacunes hémolymphatiques très développées associés à une convection interne qui maintient le gradient dC/dx .

Réponse illustrée à la question III-C-2-c

2 schémas au moins, épithélium sécréteur continu avec jonctions membranaires et apparition des lacunes par écartement des membranes plasmiques sauf au niveau des complexes jonctionnels.

Partie II : L'APPAREIL RESPIRATOIRE DES INSECTES

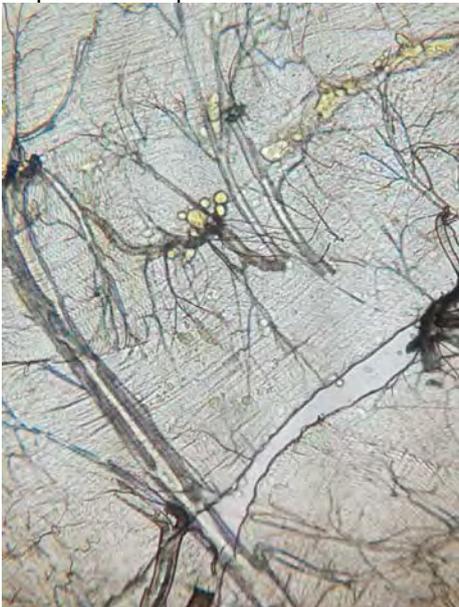
I- Structure de l'échangeur

I.A- À l'échelle anatomique :

Réalisez une préparation de muscle fémoral permettant de mettre en évidence l'organisation de l'appareil respiratoire de l'animal qui est à votre disposition sur votre poste de travail.

Réalisez également un schéma d'interprétation de votre préparation.

Réponse à la question I-A



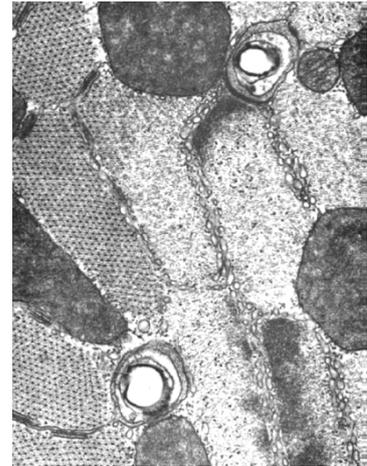
grossissement 400

Montage possible, observé au microscope photonique sous

Appelez l'examineur pour faire évaluer votre préparation et son adéquation avec le schéma réalisé.

I.B- À l'échelle microscopique :

L'image ci-dessous est une électronographie ($\times 70\ 000$) de coupe transversale de muscle thoracique de la blatte *Leucophaea maderae*.



I-B-1

Quelle originalité de l'appareil respiratoire cette observation permet-elle de mettre en évidence ?

Réponse à la question I-B-1

Trachéoles pénètrent au cœur des cellules musculaires, parallèlement aux myofibrilles, à proximité immédiate des mitochondries, utilisatrices de O_2 et productrices de CO_2 .

I-B-2

Présentez sous forme d'un tableau les caractères adaptatifs et les contraintes structurales et fonctionnelles que représente une telle organisation de l'appareil respiratoire des insectes

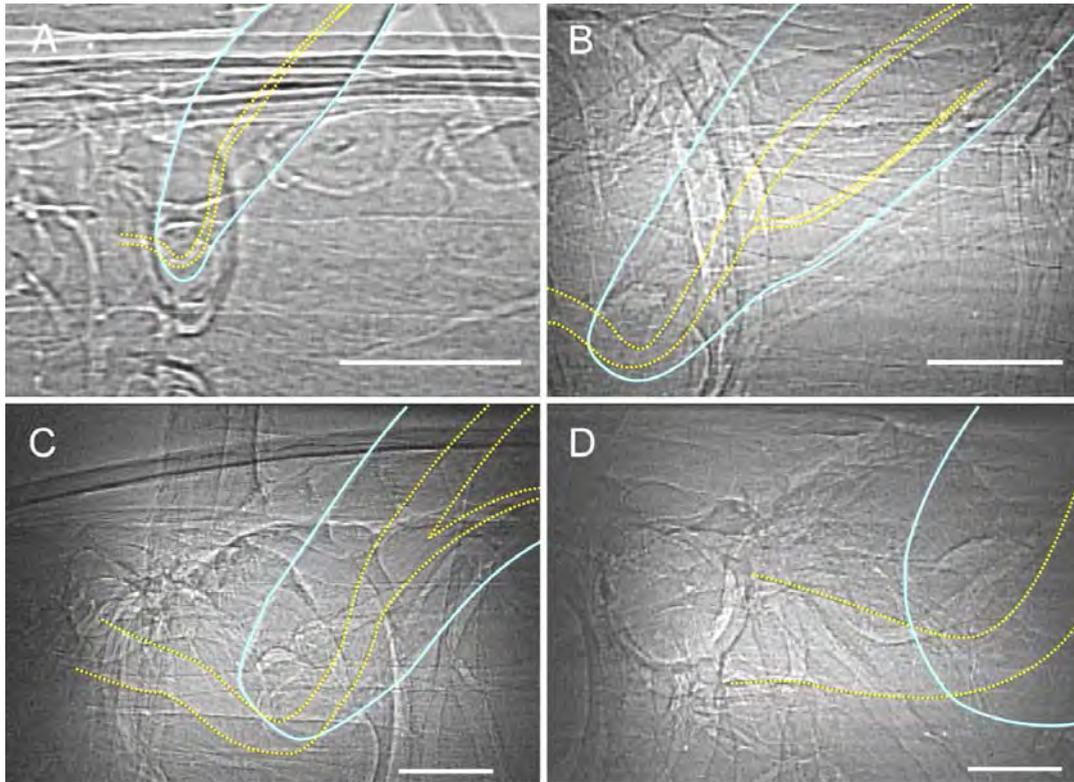
Réponse à la question I-B-2

Caractères adaptatifs	contraintes structurales et fonctionnelles
Echangeur internalisé, en lien avec le potentiel hydrique de l'atmosphère, et la densité de l'air	Origine ectodermique et présence d'un exosquelette internalisé
Grande surface de contact entre atmosphère interne et cellules	Nombre de trachées proportionnel aux nombre de cellules
Soutien cuticulaire empêchant le collapsus	Volume important occupé par l'appareil respiratoire
Distance de diffusion minimale entre atmosphère et mitochondries	

II- Contrainte fonctionnelle et allométrie

Les images présentées ci-dessous sont des radiographies du métamère métathoracique de coléoptères ténébrionides, réalisées en orientation dorso-ventrale avec la tête située vers la gauche. Les images sont ordonnées selon la taille croissante des espèces : (A) *Tenebrio castaneum* ($2,0 \pm 0,3$ mg) ; (B) *Tenebrio molitor* ($132,2 \pm 20,2$ mg) ; (C) *Eleodes armata* ($688,6 \pm 340,6$ mg) ; (D) *Eleodes obscura* ($1350,0 \pm 255,0$ mg).

Sur chaque image, le contour du fémur est surligné d'un trait bleu continu et les principaux éléments de l'appareil respiratoire d'un trait jaune pointillé (barres : $250\ \mu m$).



II.A- Approche qualitative :

Expliquez en quelques lignes comment on peut utiliser ces images pour estimer l'encombrement trachéal dans les appendices locomoteurs et proposez une quantification en détaillant votre démarche.

Réponse à la question II-A-

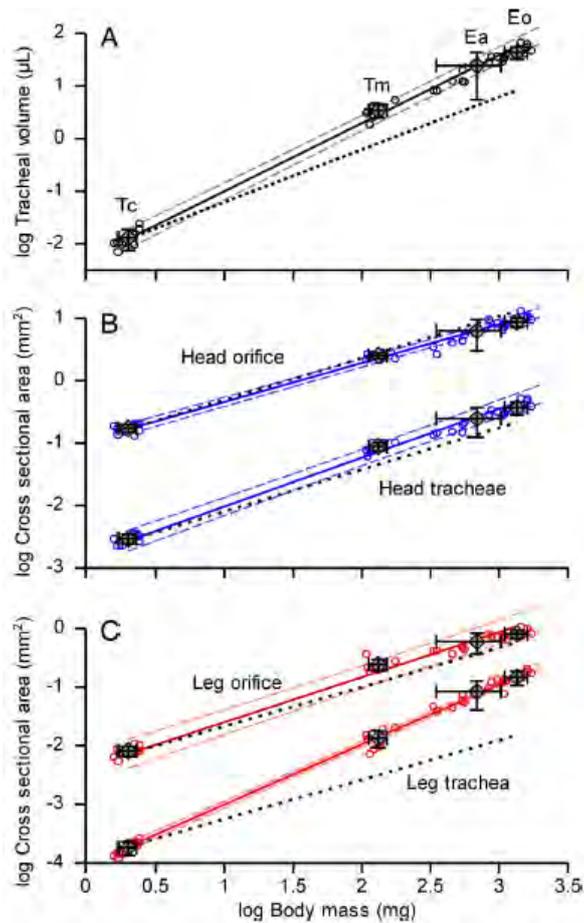
Mesure de la largeur de la trachée et de celle de l'orifice, « projection » en 3D

Calcul du rapport entre les deux

II.B- Approche quantitative :

Une étude quantitative complète a été réalisée sur les quatre espèces citées précédemment (Tc, Tm, Ea & Eo). Pour tous les individus étudiés (cercles vides), le volume trachéal total a été mesuré (graphe A) ainsi que les surfaces des orifices situés entre la tête et le thorax (head orifice, graphe B) et à l'extrémité proximale du fémur (leg orifice, graphe C). La surface de la section transversale de la trachée qui passe à travers ces orifices (head tracheae, graphe B ; leg tracheae, graphe C) a également été mesurée et ces valeurs ont été rapportées à la masse corporelle des individus (log body mass, graphiques A, B & C ci-dessous).

Les courbes de tendance tracées dans les différents nuages de points ont des valeurs de r^2 supérieures à 0,9 et sont bordées par des lignes tiretées représentant l'intervalle de confiance à 95%. Les lignes pointillées représentent les différentes relations isométriques à partir de l'espèce de plus petite taille.



Exploitez ces informations de façon à mettre en évidence la contrainte que représente l'appareil respiratoire en termes de taille corporelle chez les insectes.

Réponse à la question II-B-

Croissance allométrique de l'appareil respiratoire par rapport à la taille corporelle

Au-delà d'une certaine taille, le diamètre de la trachée est supérieur à celui de la communication entre segments de la patte

III- Ventilation

On s'intéresse ici à une exploitation pédagogique de données concernant la mesure du rythme ventilatoire chez le criquet.

III.A- : Approche théorique :

Rappelez brièvement les principales modalités de la mécanique ventilatoire du criquet.

Réponse à la question III-A-

Stigmates : communication entre atmosphères externe et interne

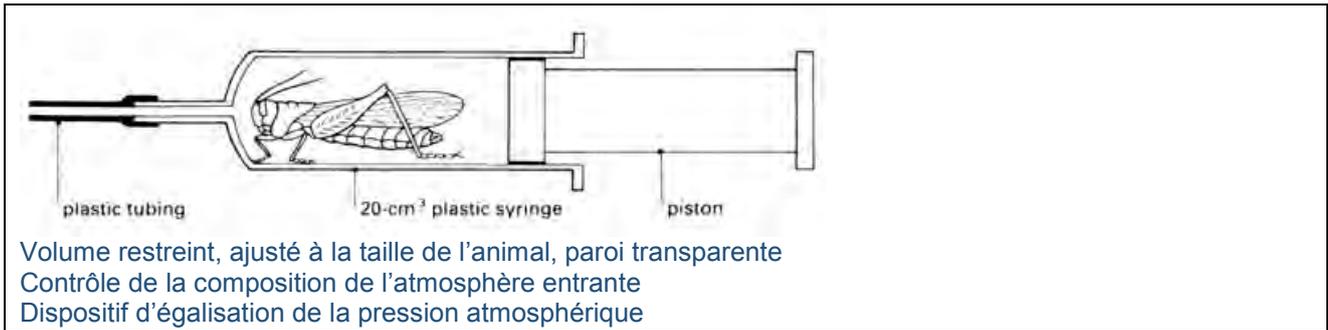
Stigmates antérieurs ouverts à l'inspiration, extérieurs à l'expiration

Muscles abdominaux ventilatoires

III.B- Conception d'un protocole :

Représentez un montage expérimental simple permettant de mesurer le rythme ventilatoire du criquet et sa sensibilité à la composition de l'atmosphère.

Réponse à la question III-B-

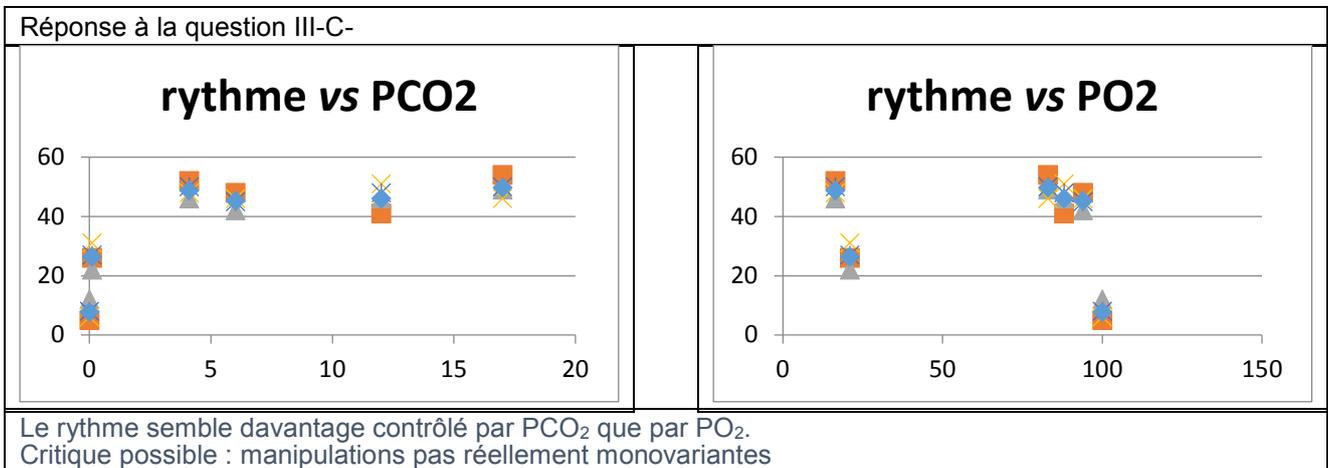


II.C- Résultats :

Le tableau ci-dessous rassemble des valeurs obtenues chez quatre individus pour différents mélanges gazeux.

Composition du mélange gazeux (%)		Résultats individuels (nb. cycles /30s)			
Dioxygène	Dioxyde de carbone				
21	0,1	26	22	31	27
16,4	4,1	52	46	48	50
100	0	5	12	6	8
94	6	48	42	46	45
88	12	41	46	51	48
83	17	54	49	46	50

Exploitez ces données de façon à discuter de l'influence des différents gaz sur le rythme ventilatoire.



Partie III : RECONNAISSANCE

10 minutes maximum devant les documents

Pour chaque item présenté, vous indiquerez dans le tableau ci-dessous son nom, l'organisme auquel il appartient, sa fonction biologique et/ou sa position systématique.

item	Nom / Organisme	Fonction biologique / Position systématique
1	CT trachée de mammifère	Communication atmosphère externe/interne Nettoyage, humidification, mise à température de l'air inspiré
2	MEB poumon oiseau, parabronches	Echanges gazeux sang/atmosphère interne Circulation unidirectionnelle de l'air Courant croisé avec circulation sanguine
3	CT moule cavité palléale, branchies	Réalisation des échanges gazeux hémolymphe/eau de la cavité palléale Filtre alimentaire pour un microphage
4	MET alvéole pulmonaire mammifère	Réalisation des échanges gazeux atmosphère interne / sang
5	Larve d'agrion avec trachéobranches	Echanges gazeux entre eau et atmosphère interne à l'appareil respiratoire (dissolution/exsolution)
6	<i>Lapsana communis</i>	Astéracées
7	<i>Dactylis glomerata</i>	Poacées
8	<i>Equisetum telmateia</i>	Equisétinées
9	<i>Fagus sylvatica</i>	Fagacées
10	<i>Acer pseudoplatanus</i>	Sapindacées

5.6 Epreuve de travaux pratiques de contre-option du secteur C : Sujet et commentaires

5.6.1 Présentation de l'épreuve

Présentation de l'épreuve:

L'épreuve comportait deux parties indépendantes ayant pour thèmes généraux la stratigraphie et la sédimentologie.

- La première partie du TP consistait à reconstituer quelques traits de l'histoire de la Bretagne centrale à partir d'études d'affleurements, d'analyses pétrographiques et de résultats de modélisations informatiques.

Il s'agissait de mettre en relation la discordance observée entre les terrains du Briovérien et de l'Ordovicien, avec le phénomène d'extension observée au cours du Paléozoïque.

- La seconde partie du TP visait à illustrer et analyser la dynamique sédimentaire d'une rampe carbonatée à partir d'analyses pétrographiques, d'un modèle de faciès et d'une séquence de dépôt.

Commentaires sur la partie I:

I-A: Le jury a constaté dans l'ensemble de bonnes analyses de la photographie d'affleurement. Cependant, un nombre non négligeable de candidats ont réalisé un dessin sans aucune légende et n'ont pas compris le terme d'unités stratigraphiques. Ils n'ont donc pas réussi à mettre en relation l'affleurement avec la carte géologique au millionième.

Un schéma d'affleurement doit faire ressortir:

- les grandes unités structurales en présence
- le type de contact entre les unités.
- le style structural dominant pour chaque unité (pendage des strates, plis...)
- lorsque cela est possible, l'âge des différentes unités.

La notion de discordance angulaire est maîtrisée par la grande majorité des candidats.

I-B: On rappelle que l'analyse d'une roche doit être raisonnée et donc justifiée. Dans un premier temps, il faut commencer par déterminer la place de l'échantillon dans la classification des roches : ainsi, la nature sédimentaire des roches n'a pas été reconnue par certains candidats, confondant les clastes visibles avec des minéraux et employant un vocabulaire descriptif typique des roches magmatiques et métamorphiques : structure grenue, différence de vitesse de cristallisation. De nombreux noms de roches ont été proposés sans aucune justification (gabbro, basalte, même flysch à helminthoïdes!)

I-C: La coupe géologique a posé beaucoup de problèmes. Les candidats ont tendance à tout de suite relever précisément les limites de couches sur leur profil, sans réfléchir avant aux grands styles structuraux observés. L'essentiel était de repérer ici des terrains briovériens très plissés au contact de terrains ordoviciens présentant un faible pendage.

Si le candidat est pris par le temps, il est préférable de faire une coupe sans reporter précisément toutes les limites de couches mais qui montre que les grandes structures ont été comprises. Très peu de candidats ont réalisé la synthèse géologique sous forme de schémas.

I-D: C'est la partie (I-D) qui a posé le plus de problème aux candidats. Ceux qui ont reconstitué la structure en blocs basculés sont rares. Certains, connaissaient visiblement l'histoire géologique de la région mais ils n'ont pas réussi à faire le lien avec les documents proposés. On rappelle qu'on attend une interprétation raisonnée des documents et non pas une simple restitution de connaissances. On

peut noter que de nombreux candidats n'ont pas traité les parties I-D-1 et I-D-2. Comme à l'occasion de précédent TP, l'exploitation du diagramme TAS a posé des problèmes. La ligne de séparation des domaines alcalins et subalcalins est souvent présentée improprement comme une ligne de saturation en silice. Étonnamment, le report des points sur le graphique est souvent erroné.

Commentaires sur la partie II:

A la correction de cette partie du TP, il est apparu que de trop nombreux candidats auraient pu facilement améliorer leur copie en respectant plusieurs points clés, pourtant élémentaires. Notamment, la présence et la qualité de schémas (annotés, avec un titre et une échelle), lorsqu'il est demandé de décrire ou d'interpréter des objets ou des phénomènes géologiques, font défaut à beaucoup trop de copies. D'un point de vue général, le niveau des candidats en sédimentologie (vocabulaire et processus sédimentaires, raisonnement sur la dynamique de dépôt) reste faible.

II.A : La question est la plus traitée après le poste d'observation. Les schémas manquent cruellement de réalisme. Par ailleurs, les candidats ont très rarement été capables d'illustrer de manière schématique la nature du liant (ciment ou matrice) entre les grains sédimentaires ou les fossiles.

II.B : Cette question est assez souvent traitée par les candidats. Néanmoins si un profil de dépôt était facilement présent dans les copies, il illustre bien trop souvent une plate-forme carbonatée (majoritairement barrée). La subdivision d'une rampe (ou une plate-forme au sens large) en fonction de l'action des vagues ou des marées reste peu maîtrisée.

II.C : Cette question est la moins traitée par les candidats. Replacer des faciès sédimentaires dans une tendance régressive apparaît être un exercice difficile à maîtriser pour les candidats. Seules de rares copies ont par exemple utilisé la texture des échantillons pour construire leur log.

II.D : C'est la question la plus traitée de la partie II. Si les candidats ont généralement proposé une diagnose sommaire de l'échantillon, l'utilisation des classifications des roches carbonatées (Dunham ou Folk) n'est vraiment pas un réflexe. Étonnamment, beaucoup de candidats n'ont pas réussi à associer cet échantillon macroscopique à la photo de lame mince correspondante (question II.A).

5.6.2 Sujet commenté

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

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2016

TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE-OPTION DU SECTEUR C

CANDIDATS DES SECTEURS A ET B

Durée totale : 2 heures

Stratigraphie et sédimentologie.

Travaux pratiques en deux parties indépendantes.

Partie I : Etudes stratigraphiques en Bretagne centrale

page 2

Durée conseillée : 1h30 – barème : 90/120

L'objectif de cette partie est de retracer quelques traits de l'histoire géologique de la Bretagne centrale à partir d'études pétrographiques, cartographiques et de données de modélisation.

Une coupe géologique est demandée à partir d'une carte et à l'aide d'un profil topographique fournis à la fin du sujet.

Partie II : Pétrographie et dynamique sédimentaire

page 17

Durée conseillée : 30 min – barème : 30/120

Dont 5 à 10 min maximum à un poste d'observation.

Cette partie vise à identifier des faciès sédimentaires, puis à les intégrer dans un milieu et une séquence de dépôt.

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

Partie I : Etudes stratigraphiques en Bretagne centrale

La région située au sud de Rennes présente une diversité d'objets géologiques. L'objectif de cette partie est de reconstituer quelques traits de l'histoire de la Bretagne centrale à l'aide de différents secteurs localisés sur la carte de la figure I-1.

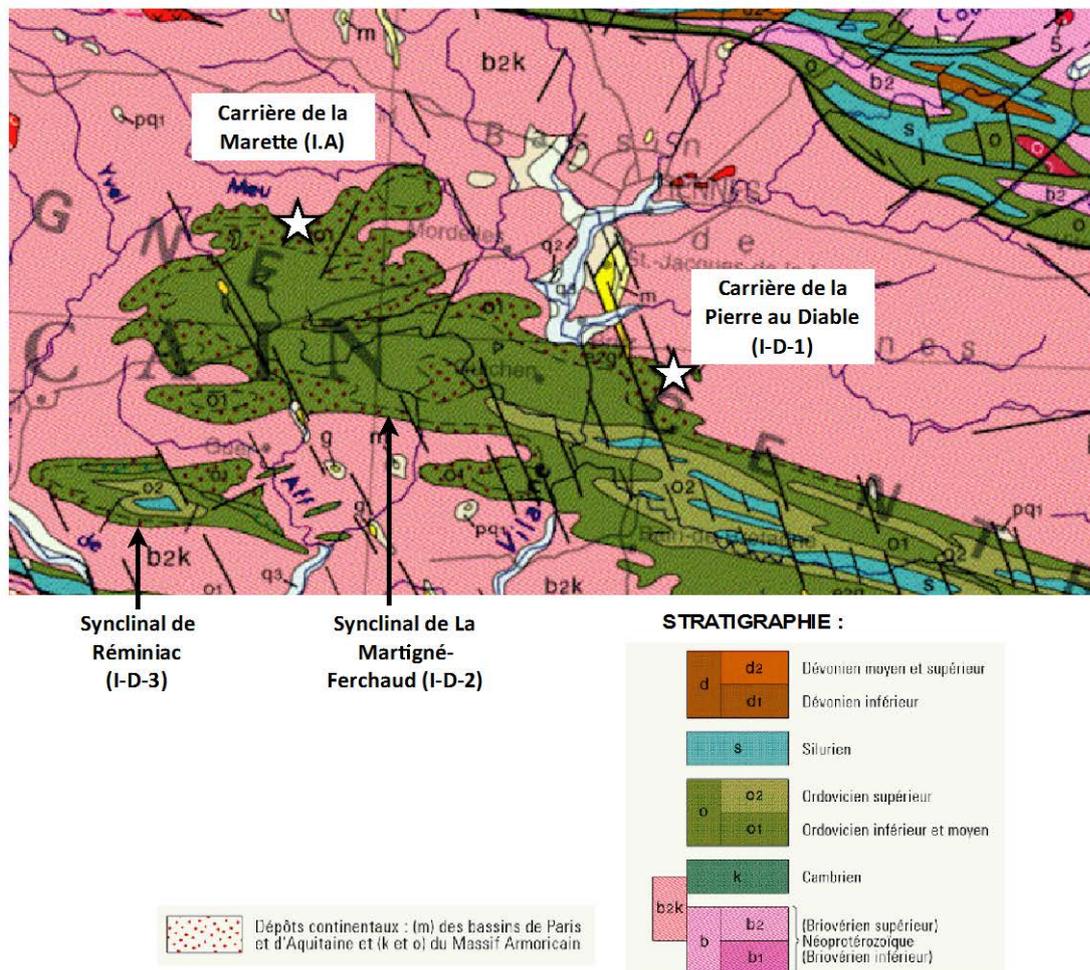


Figure I-1 : Localisation des différents secteurs étudiés sur un extrait de la carte géologique de France au millionième (BRGM).

Entre parenthèses sont rajoutées les parties dans lesquelles sont traitées les différents secteurs.

I.A - Etude du front de taille de la carrière de la Murette.

La carrière de la Murette (localisée sur la figure I-1) est un site géologique protégé, situé sur la commune de Saint-Malon-sur-Mel (Ille-et-Vilaine). Elle a été exploitée jusqu'au début des années 60 avec une production de matériaux d'empierrement et de moellons.

La figure I-2 est une photographie du front de taille, qui a été réhabilité en 2004.

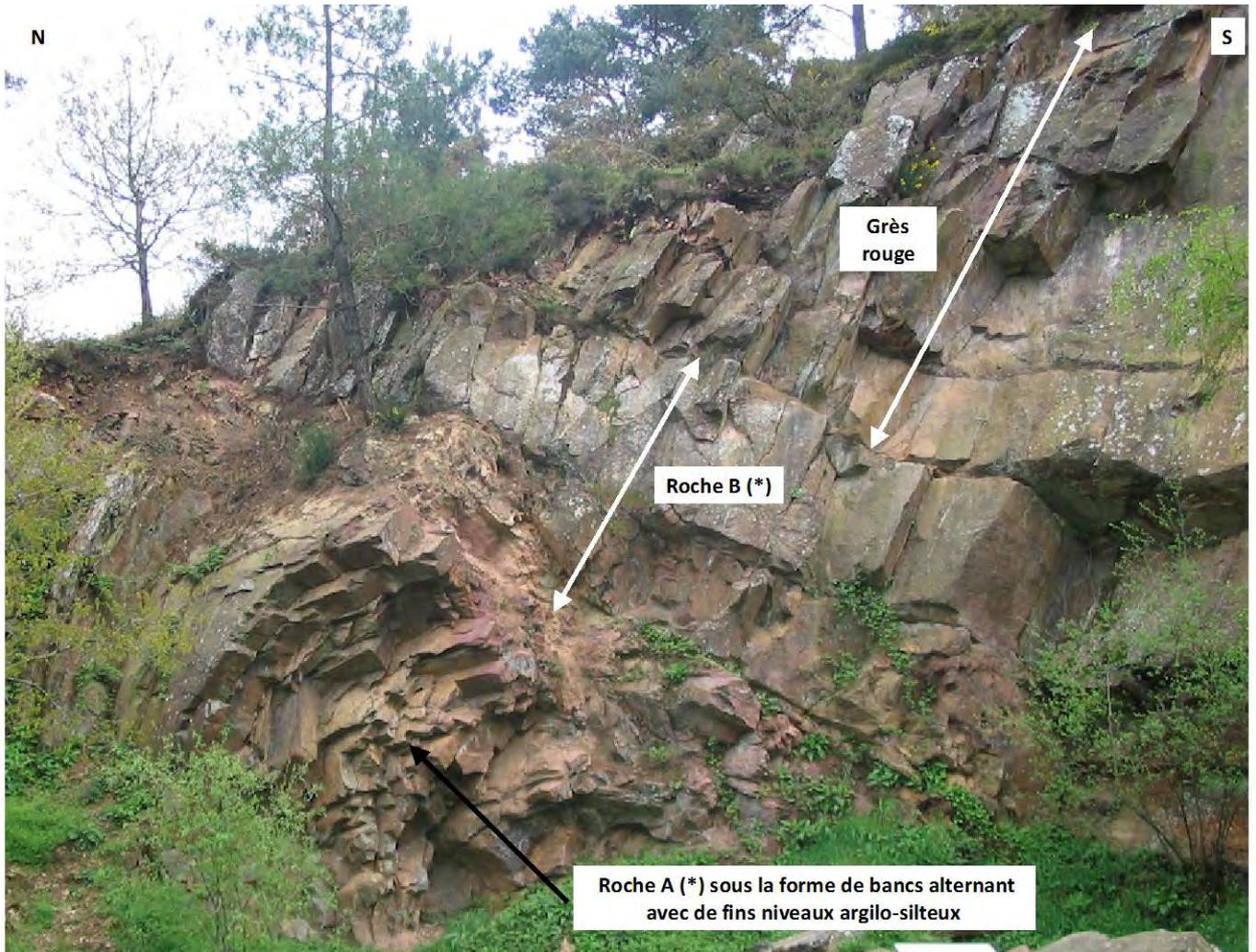


Figure I-2 : Photographie du front de taille de la carrière de la Murette.

(*) : La nature des roches A et B sera à déterminer dans les questions suivantes.

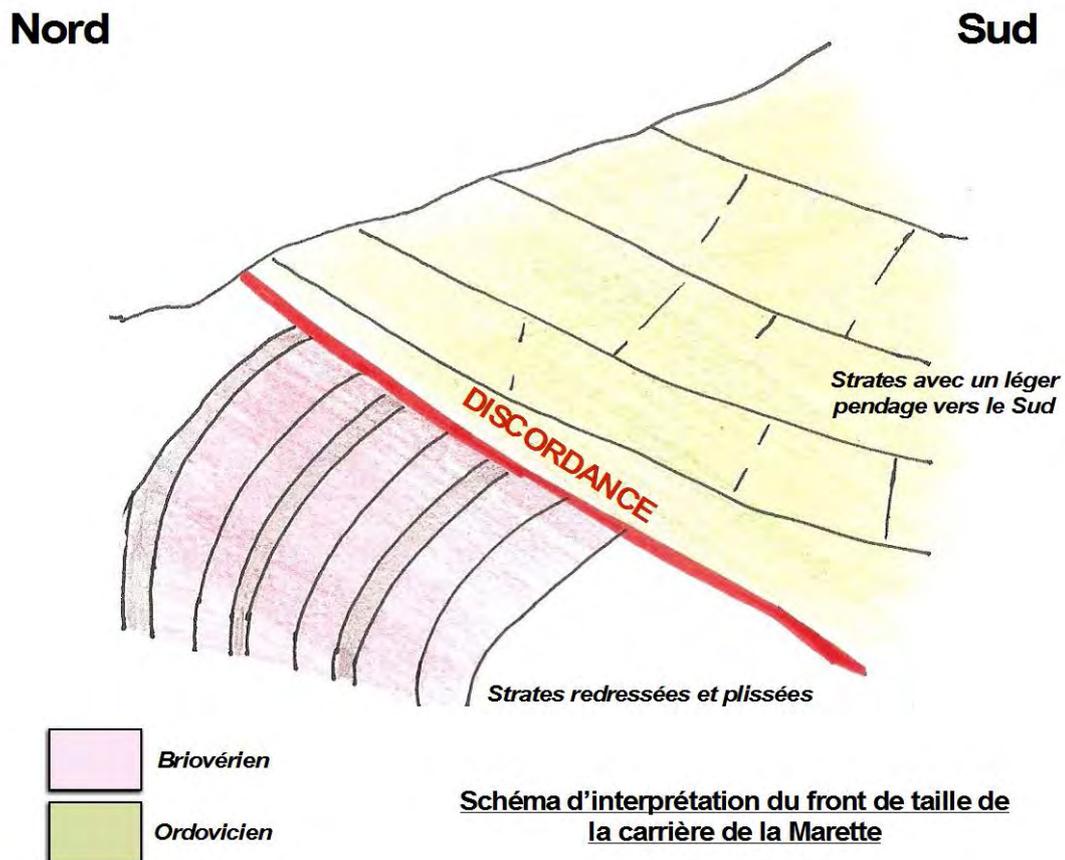
Réalisez un schéma d'interprétation légendé de cet affleurement. Ce schéma fera ressortir certaines unités stratigraphiques illustrées par la carte géologique de la figure I-1 et leurs contacts.

Réponse à la question I-A

Le front de taille de la carrière de la Marette met à nu des formations sédimentaires dont la géométrie permet l'identification d'une discordance à fort pendage vers le sud. La discordance est confirmée par l'extrait de carte du document 1 qui montre l'absence des terrains cambriens entre les terrains briovériens (précambriens) et ordoviciens (paléozoïques).

- Sous la discordance, on observe une alternance entre des niveaux de roche A et des niveaux argilo-silteux fortement redressés et plissés. Il s'agit des terrains briovériens indiqués sur la carte du document 1.

- Au dessus de la discordance, on observe des conglomérats et des grès. Il s'agit des terrains de l'Ordovicien inférieur visibles sur la carte du document 1. Cette formation est affectée par un léger pendage vers le sud. La différence de pendage des strates de part et d'autre de la discordance montre qu'il s'agit d'une **discordance angulaire**.



I.B - Etude pétrographique.

Les roches A et B sont indiquées sur le front de taille de la figure I-2.

La figure I-3 est un ensemble de photographies d'une lame mince de la roche A.

La figure I-4 est une photographie d'un échantillon macroscopique de la roche B.

Analysez les figures I-3 et I-4 afin de déterminer la nature des roches A et B dans les cadres de réponse correspondants.



Réponse à la question I.B : *identification de la roche A*

On observe des grains sédimentaires sub-arrondis à sub-angulaires. Ces grains sont

assez mal triés et liés par une matrice (de nature argileuse).

On reconnaît des grains de quartz (limpides en LPNA et dans toutes les teintes entre gris clair et noir en LPA), des feldspaths potassiques assez altérés qui prennent un aspect poussiéreux. On reconnaît une mâcle de Carlsbad en haut à gauche du cliché A.

Il s'agit donc d'une roche sédimentaire détritique terrigène. La taille des particules, ici entre 0,3 et 2 mm, montre qu'il s'agit d'un grès.

La richesse en feldspaths potassiques indique qu'il s'agit d'un grès arkosique.



**Figure
I-4 :**

Photographie d'un échantillon macroscopique de la roche B.

Réponse à la question I.B : *identification de la roche B*

Cette roche est formée de grains sédimentaires de type rudite (de taille pluricentimétrique), reliés entre eux par une matrice (essentiellement de nature gréseuse). Il s'agit d'un conglomérat.

Les grains sont sub-arrondis à anguleux. Il s'agit donc d'un conglomérat de type brèche.

La diversité de taille des grains, sans granoclassement peut laisser supposer qu'il s'agit d'une coulée de débris (« debris-fows »).

NB : en fait, il s'agit du poudingue de Montfort. Dans la carrière de la Murette, des néocristallisations de quartz donnent à ce poudingue un faux aspect de brèche.

I.C - Etude cartographique.

I-C-1) Réalisation d'une coupe géologique. La figure I-5, fournie à la fin du sujet, est un extrait de la carte géologique du BRGM au 1/50000^{ème} de Montfort-sur-Meu (figure I-5B), avec sa légende (figure I-5A). **A partir de cette carte, vous réaliserez une coupe géologique entre les points A et B sur le profil topographique fourni (figure I-5C) avec des figurés que vous pouvez personnaliser et vous la collerez dans le cadre I-C-1.**

I-C-2) Synthèse géologique. Après avoir indiqué les relations entre les structures visibles sur la carte géologique (figure I-5B) et au niveau de l'affleurement de la carrière de la Marette (figure I-2), **vous reconstituerez, sous la forme de schémas, les principaux évènements permettant d'expliquer la formation de cet affleurement, avant les dépôts ordoviciens.**

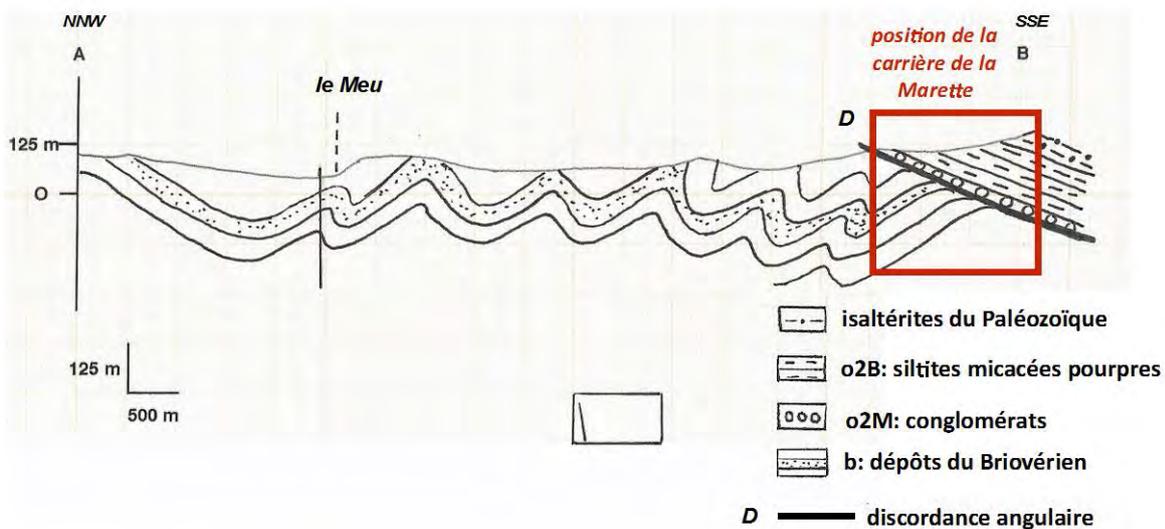
Figure I-5 : Extrait de la carte BRGM au 1/50000^{ème} de Montfort-Sur-Meu dans le secteur de la carrière de la Marette (fourni à part).

A : Légende la carte

B : Extrait de la carte

C : Profil topographique

Les extrémités de la coupe à réaliser (points A et B) sont indiquées sur la carte. La flèche rouge pointe la position de la carrière de la Marette.



Coupe d'après la carte géologique de Monfort-sur-Meu au 1/50000^{ème}

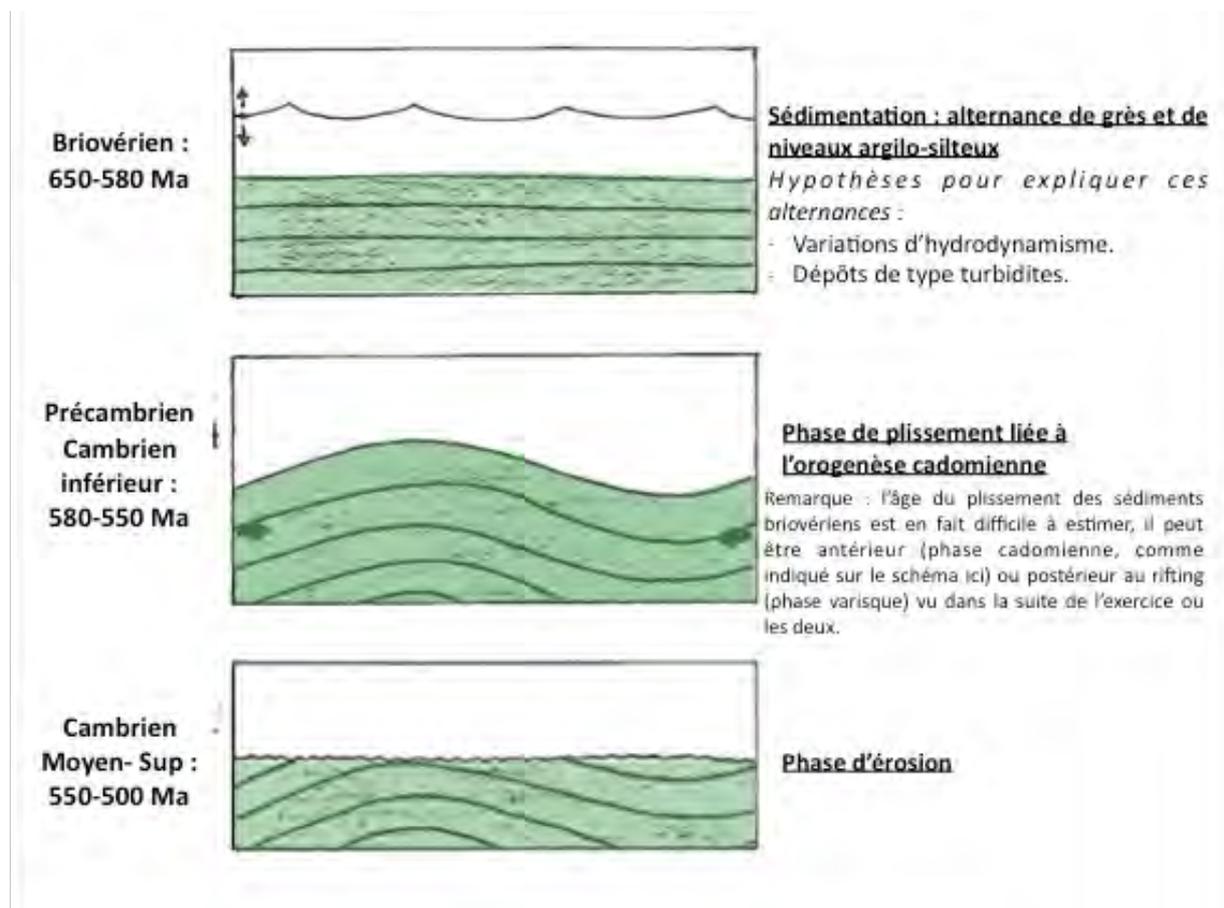
Réponse à la question I-C-2

Sur la carte, on observe que les terrains du Briovérien sont directement au contact stratigraphique des terrains de l'Ordovicien inférieur. On retrouve donc la notion de discordance vue à l'affleurement.

Les terrains du Briovérien apparaissent fortement plissés, comme cela été vu à la carrière de la Marette. Les indications de pendage, sont généralement de plus de 60° vers le NNW et SSW.

Les terrains de l'Ordovicien inférieur présentent quant à eux des indications de pendage plus faible de l'ordre de 20 à 30° vers le SSW et SSE.

On observe bien une discordance angulaire. On retrouve au niveau de la discordance, les conglomérats correspondant à la roche B de la carrière de la Marette.



I.D - Etablissement d'un modèle pour expliquer le contact entre les formations briovériennes et les formations de l'Ordovicien supérieur :

Ballard et coll. (1986) proposent qu'en Bretagne centrale, les terrains du Paléozoïque inférieur se sont déposés sur ceux du Briovérien, lors d'une phase de tectonique extensive au Cambrien et à l'Ordovicien. Cette phase entraîne la formation de failles normales et la mise en place de blocs basculés.

L'objectif de cette partie est d'analyser différents arguments en faveur de ce modèle.

I-D-1) Arguments stratigraphiques.

La figure I-6 illustre le front de taille de la carrière de la Pierre au Diable, localisée sur la figure I-1. Cette carrière permet de bien visualiser l'organisation des dépôts sédimentaires qui se mettent en place à partir de l'Ordovicien.

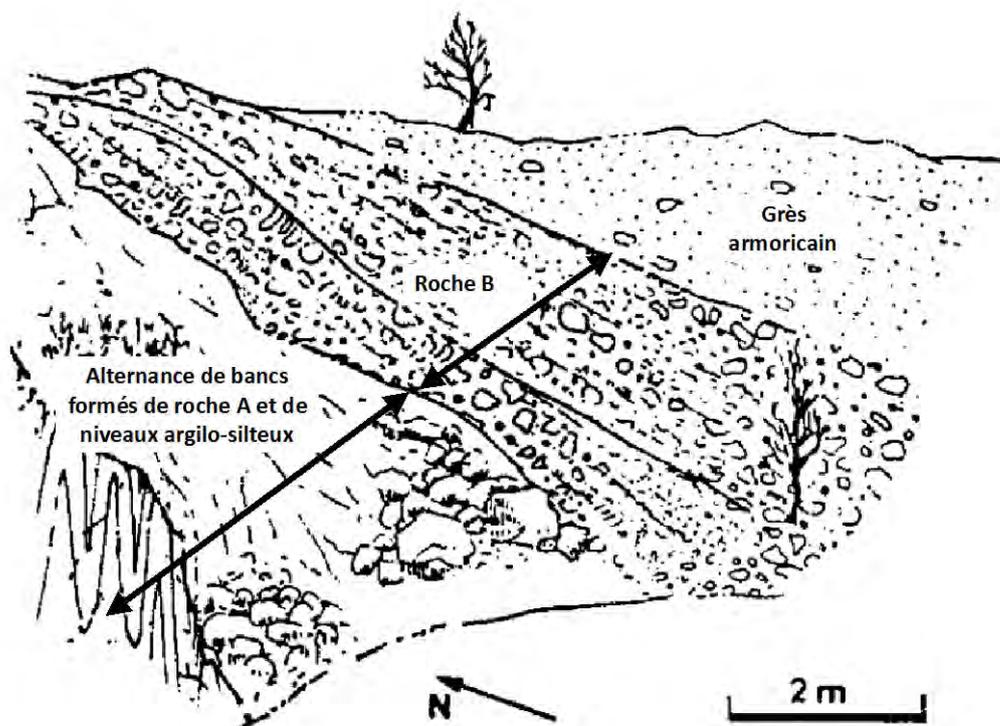


Figure I-6 : Schéma d'interprétation du front de taille de la carrière de la Pierre au Diable.

Les roches A et B correspondent à celles identifiées dans la carrière de la Marette (figure I-2) et ont le même âge.

Comparez cet affleurement à celui de la carrière de la Marette (figure I-2) et indiquez en quoi la géométrie des strates peut laisser supposer un dépôt des terrains ordoviciens lors d'une phase de tectonique extensive.

Réponse à la question I-D-1

Comme pour la carrière de la Murette, on retrouve la discordance entre les dépôts du Briovérien (alternances entre des niveaux de grès et des niveaux argilo-silteux) et les dépôts paléozoïques avec le conglomérat de base.

NB : Les conglomérats ne sont pas surmontés des grès rouges de l'Ordovicien inférieur comme dans la carrière de la Murette, mais de grès armoricains de l'Ordovicien moyen (cf. la légende de la carte géologique). Il y a donc ici une nouvelle discordance.

Pour les dépôts ordoviciens, on observe ici que l'épaisseur des bancs est plus importante au sud qu'au nord. L'affleurement présente donc une géométrie en éventail.

Cette géométrie rappelle celle des sédiments syn-rift déposés au sein d'hémi-grabens et peut donc laisser supposer un dépôt des terrains ordoviciens lors d'une phase de tectonique extensive.

I-D-2) Arguments tectoniques : apports d'une modélisation informatique.

Pré-requis :

Les terrains sédimentaires ayant été fortement déformés lors de l'orogénèse hercynienne, il est difficile de reconnaître des structures extensives antérieures, telles que les failles normales et les blocs basculés datant du Cambrien et de l'Ordovicien (modèle de Ballard et coll. exposé précédemment) . Afin d'identifier d'anciennes failles normales, des modélisations informatiques sont confrontées aux données de terrains (Brun et coll., 1991). Les modèles informatiques considèrent au départ un système de blocs basculés qui subit ensuite une phase de plissement puis une phase d'érosion. Ils permettent de prédire l'aspect cartographique de la région avec la position d'origine des failles normales qui ont conduit à la formation des blocs basculés. La région analysée correspond au synclinal de Martigné-Ferchaud au sud de Rennes (figure. I-1).

La figure I-7 présente les résultats de la modélisation informatique

Figure I-7 : Résultats de la modélisation informatique.

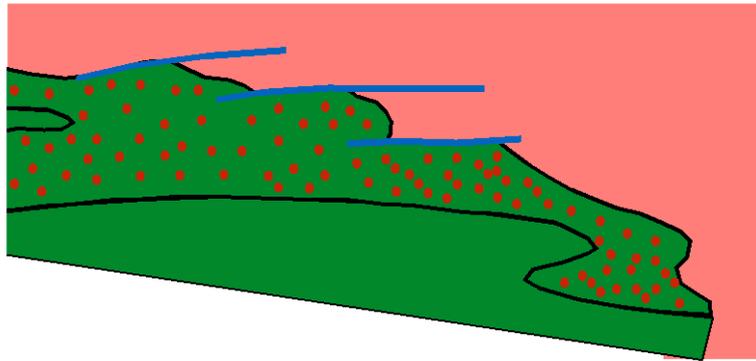
A : Reconstitution du contour des couches et de la position des failles normales sur le flanc nord-est du synclinal de Martigné-Ferchaud.

B : Extrait agrandi de la carte géologique de France au millionième sur lequel est localisé le flanc nord-est du synclinal (cadre en pointillés noirs). Sur le fond de carte, ont été rajoutés les types de conglomérats observés en différents points du synclinal.

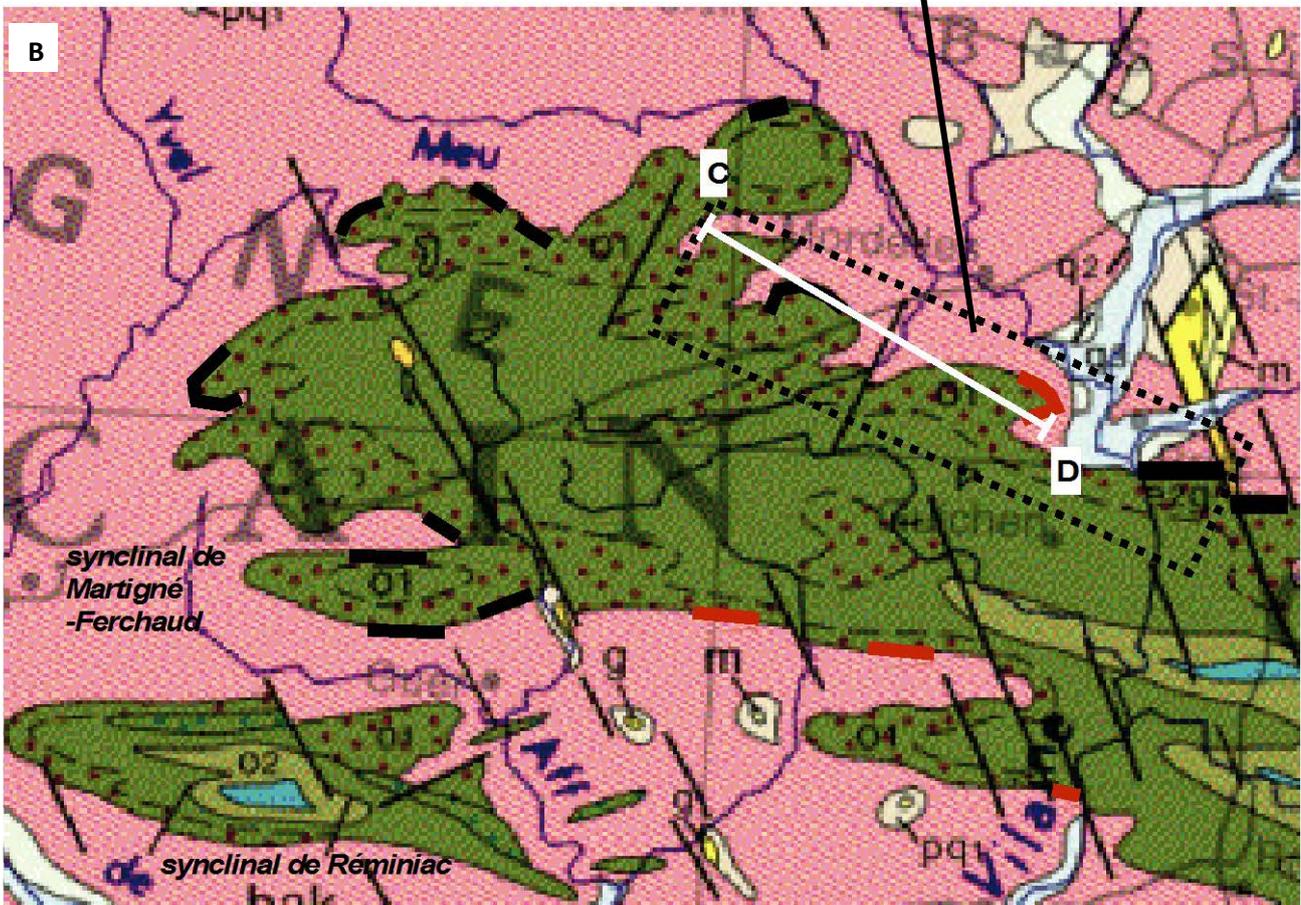
Trait gras noir : conglomérats bréchiques avec de nombreux galets de grès sous la forme de figures d'écoulements de débris

Trait gras rouge : conglomérats riches en galets de quartz roulés

A



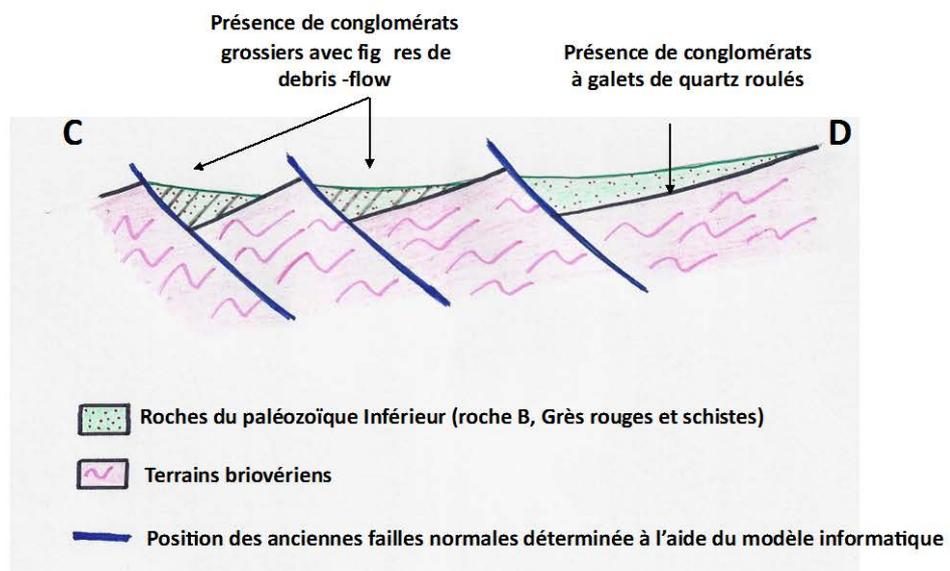
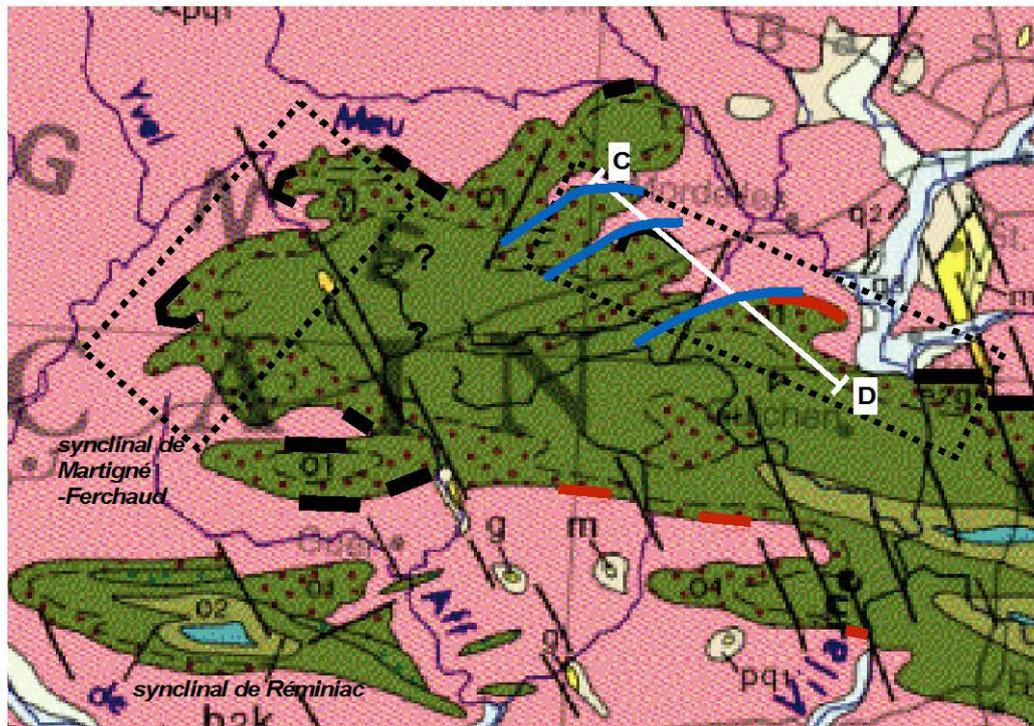
- Grès armoricain
- Roches de l'Ordovicien inférieur
(roche B, grès rouges et schistes)
- Terrains briovériens
- Faille normale



***I-D-2a)* A l'aide des résultats de la modélisation informatique (figure I-7A), vous localiserez les anciennes failles normales directement sur le fond de carte de la figure I-7B.**

***I-D-2b)* Vous réaliserez ensuite une coupe à main levée le long du profil C-D de la figure I-7B en intégrant les résultats de la modélisation informatique.**

***I-D-2c)* A l'aide des résultats précédents, commentez le type de bassin sédimentaire présent dans la région à l'Ordovicien inférieur.**



Réponse à la question I-D-2c

Le bassin proposé est un bassin sédimentaire de type rift. Les dépôts des sédiments ordoviciens se font dans un système de blocs basculés avec des failles normales de direction NNE-SSW avec un pendage ESE.

Les sédiments briovériens se sont déposés avant la phase de rifting.

Les sédiments de l'Ordovicien inférieur constituent les sédiments syn-rift.

La présence de conglomérats avec des figures d'écoulement de débris est en accord avec la présence de pentes sédimentaires qui pourraient être reliés aux fonctionnement des failles normales.

Par rapport à une polarité depuis la bordure au centre du bassin, les conglomérats grossiers à galets de grès seraient plus proximaux et les conglomérats à petits galets de quartz roulés plus distaux.

La discordance observée correspondrait aux traces d'une extension continentale à l'Ordovicien inférieur : c'est la phase de rifting au début du cycle hercynien.

Remarque : la discordance à fort pendage observée à la carrière de la Marette serait alors un plan de faille. La déformation des strates au voisinage de la discordance pourrait alors être interprétée en partie comme des crochons de faille.

I-D-3) Arguments pétrographiques : étude de roches volcaniques.

Dans les synclinaux du sud de Rennes, on peut observer des intercalations de roches volcaniques, dans les formations du Paléozoïque inférieur (Ordovicien). Le tableau I-1 présente les analyses chimiques de différentes laves prélevées dans le synclinal de Réminiac (localisé sur la figure I-1).

Tableau I-1 : Analyse chimique des laves prélevées dans les formations ordoviciennes du synclinal de Réminiac (les valeurs sont données en pourcentage massique).

	Lave 1	Lave 2	Lave 3	Lave 4
SiO₂	68,55	60,13	68,70	67,90
Al₂O₃	16,10	20,47	14,06	12,80
Fe₂O₃	1,98	1,04	3,38	3,87
MnO	-	-	-	0,01
MgO	0,61	1,15	-	0,57
CaO	0,57	2,59	2,18	2,51
Na₂O	10,55	9,60	7,72	4,94
K₂O	0,43	1,06	1,88	4,22
TiO₂	0,61	-	0,47	0,17
H₂O	0,50	3,44	1,02	2,47
<i>Total</i>	<i>99,90</i>	<i>99,48</i>	<i>99,41</i>	<i>99,46</i>

I-D-3a) Vous représenterez les 4 échantillons de lave dans la diagramme TAS fourni (figure I-8) afin d'indiquer à quelle série magmatique ils appartiennent.

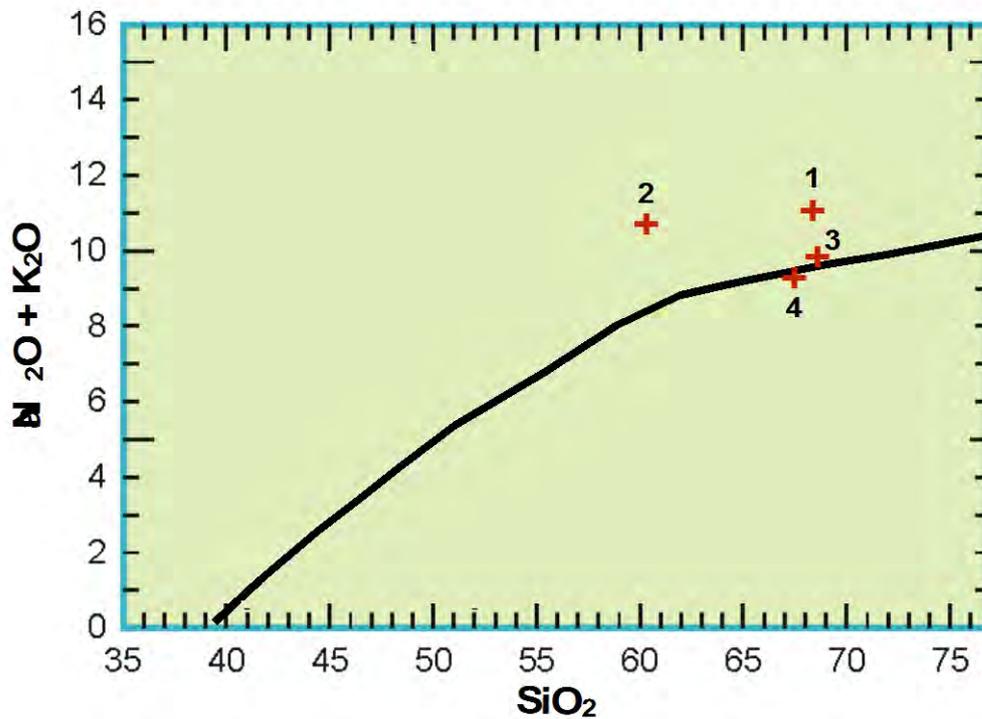


Figure I-8 : Diagramme TAS (*Total Alkalies Silica*) de représentation des laves en fonction de leur teneur en silice et en éléments alcalins (en poids d'oxydes).

Réponse à la question I-D-3a

On observe que les laves étudiées dans le diagramme TAS sont situées au-dessus ou sur la courbe qui sépare le domaine sub-alkalin du domaine alcalin. Il s'agit donc de laves qui appartiennent à une série magmatique alcaline.

Les photographies de la page suivante (figure I-9) présentent des clichés d'une roche magmatique volcanique (échantillon macroscopique et lames minces) du même type que la lave 4.

I-D-3b) A partir des photos présentées en figure I-9, proposez un nom à cette roche.

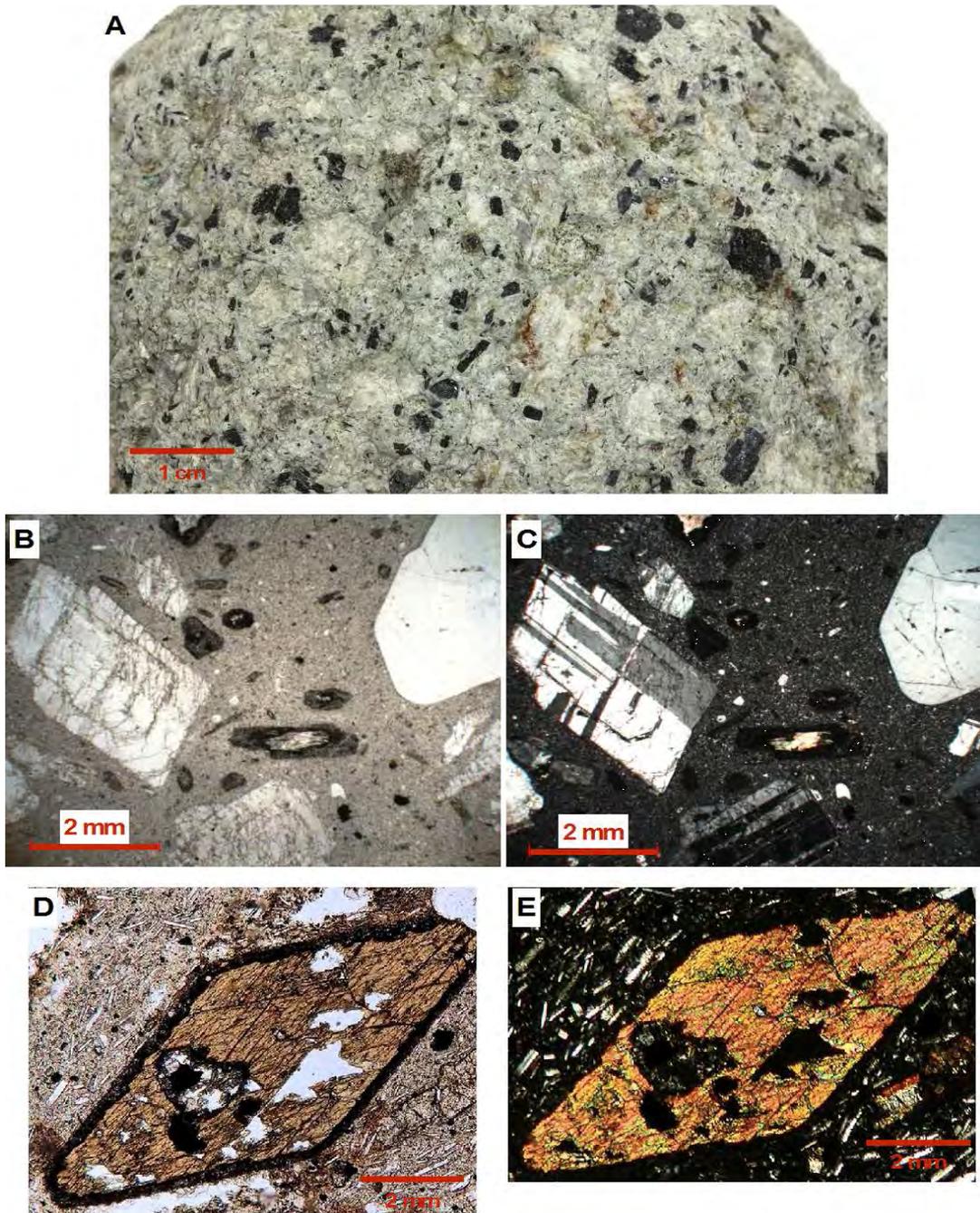


Figure I-9 : Observations de roches de même type que la lave 4.

A : Echantillon macroscopique

B et C : lame mince de l'échantillon macroscopique A

D et E : lame mince d'un autre échantillon macroscopique, permettant d'observer un minéral abondant dans la roche

(B et D : LPNA, C et E : LPA)

(Sources : A, B, C : lithothèque ENS Lyon, C et E : clichés F. Labaume)

Réponse à la question I-D-3b

Il s'agit d'une roche hémi-cristalline à texture microlithique. La couleur claire de la roche révèle sa richesse en silice.

Les clichés B et C permettent de reconnaître du quartz et des feldspaths plagioclases.

Les clichés D et E permettent de reconnaître une amphibole qui correspond aux minéraux noirs visibles sur l'échantillon macroscopique.

Cette roche correspond à une dacite.

NB : cela correspond bien à la position de lave dans le diagramme TAS, à la limite des domaines des dacites et des trachydacites

I-D-3c) Expliquez en quoi la présence de ces différentes roches volcaniques est en faveur du modèle de distension proposé.

Réponse à la question I-D-3c

On observe la présence de laves à chimie essentiellement alcaline avec des termes très différenciés (roches acides). **Cela est cohérent avec un volcanisme alcalin associé à un phénomène de rifting continental.**

Partie II : Pétrographie et dynamique sédimentaire

Cette partie II vise à décrire et illustrer la nature et la dynamique de la sédimentation sur une plate-forme carbonatée de type rampe. Dans l'exercice II-A vous décrirez et identifierez les microfaciès illustrés sur les photos des figures II-1A-C. Dans l'exercice II-B vous réaliserez un modèle de faciès de type rampe carbonatée. Dans l'exercice II-C vous construirez une séquence de dépôt. Pour l'exercice II-D, il s'agit d'un poste d'observation d'un échantillon de roche macroscopique.

II.A - Pétrographie sédimentaire.

Vous décrirez sous la forme de schémas annotés les microfaciès illustrés par les photos A à C de la figure II-1.



Réponse à la question II-A : *photo A*

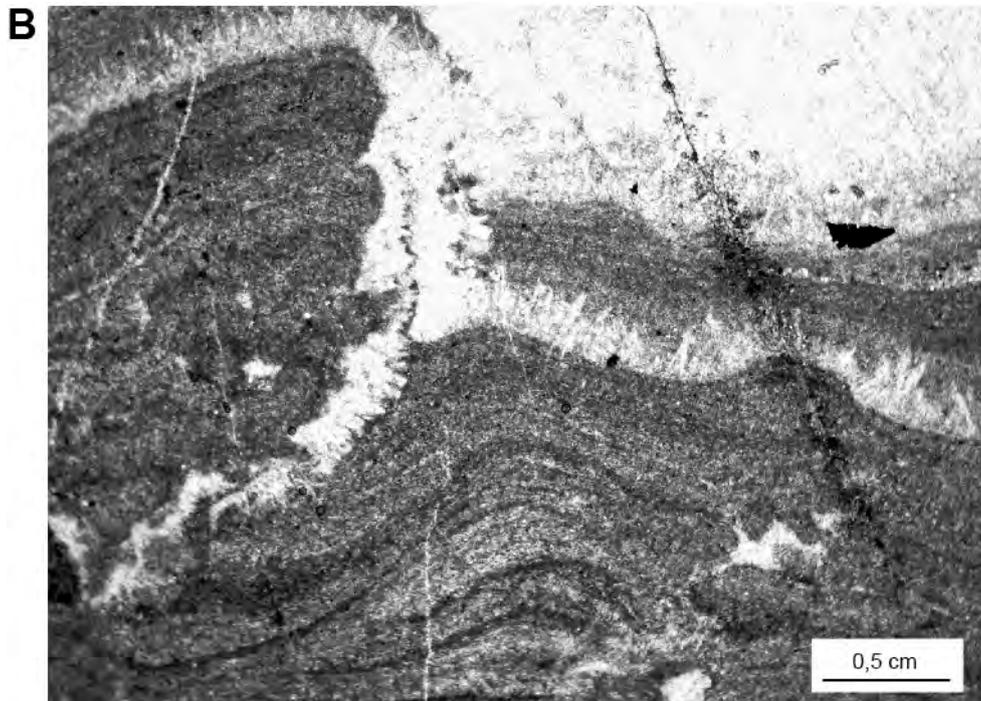
Sur un schéma annoté, indiquer :

Partie description

- oïdes : grains sédimentaires biogénique ou non et enrobés
- lamination concentrique/fibreuse radiaire autour d'un nucléus (litho- ou intraclaste)
- ciment de cristaux de calcite (sparite)

Identification

- nom de l'échantillons d'après Dunham et Folk : grainstone à oïdes / oosparite
- milieu de dépôt de haute énergie (soumis à l'action des vagues ou de la houle de beau temps, le matériel fin ne se dépose pas)



Réponse à la question II-A : *photo B*

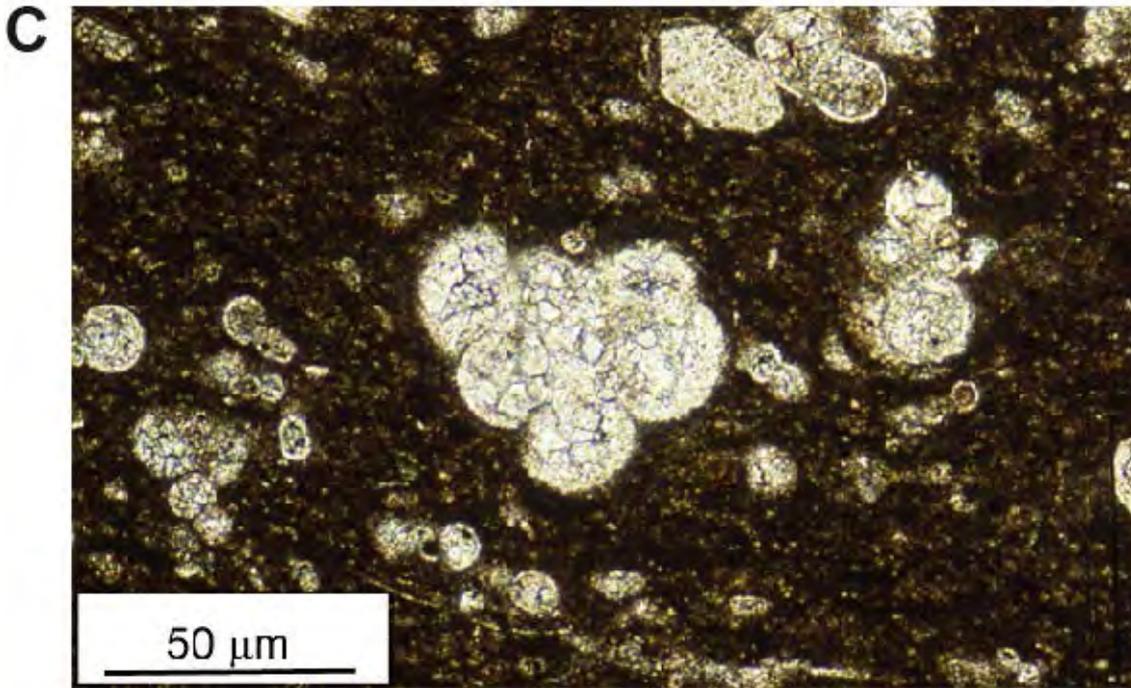
Sur un schéma annoté, indiquer :

Partie description

- structure laminée et fracturée avec des niveaux à cristaux aciculaires, ainsi qu'une zone de ciments (soulignant une porosité d'une fracture un peu plus grande)
- lamination soulignée par une alternance de lamines sombres (micrite dense) et de lamines plus claires (micrite grumeleuse à péloïdale) ; probables traces de biofilms minéralisés (précipitation de carbonate de calcium) ; un piégeage de particules détritiques est également possible

Identification

- Roche calcaire bioconstruite (stromatolite, biolithite/boundstone) : reconnaître la forme irrégulière soulignant une croissance biologique (microbienne) et les fentes qui traduisent une fracturation du sédiment (suite à une perte de l'eau)
- sédimentation microbienne milieu de dépôt peu profond (cf. présence probable de cyanobactéries) et à l'émersion (fentes de dessiccation)



Réponse à la question II-A : *photo C*

Sur un schéma annoté, indiquer :

Partie description

- grains sédimentaires biogènes, fossiles (foraminifère/globigérines)
- matrice calcaire micritique

Identification

- nom de l'échantillon d'après Dunham / Folk : Mudstone (voire wackestone) / biomicrite
- sédimentation planctonique, milieu de dépôt de faible énergie (en dessous de l'action des vagues)

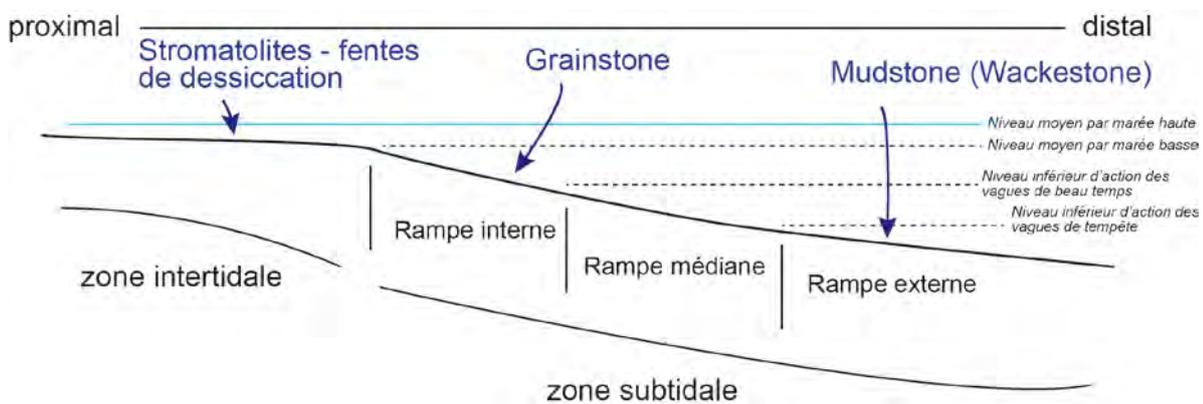
Figure II-1 : (A), (B), et (C) Photos illustrant des microfaciès de sédiments carbonatés.

II.B – Réalisation d'un modèle de faciès (i.e. distribution des faciès le long d'un profil de type rampe carbonatée).

Construisez un profil de rampe carbonatée, orienté selon un axe « proximal – distal », sur lequel seront placées les indications suivantes : le niveau moyen de la mer ; la limite inférieure d'action des vagues de beau temps ; et la limite inférieure d'action des vagues de tempêtes. Vous placerez sur le profil les sédiments correspondant aux microfaciès illustrés par la figure II-1.

Réponse à la question II-B

- Construction d'un profil de dépôt de type rampe avec indication du caractère proximal - distal
- Zonation de la rampe : niveau moyen de la mer (voire de la zone de battement des marées) ; limite d'action des vagues de beau temps et de tempêtes ; milieux intertidal et subtidal ; rampe interne/médiane/externe)
- Position des 3 échantillons

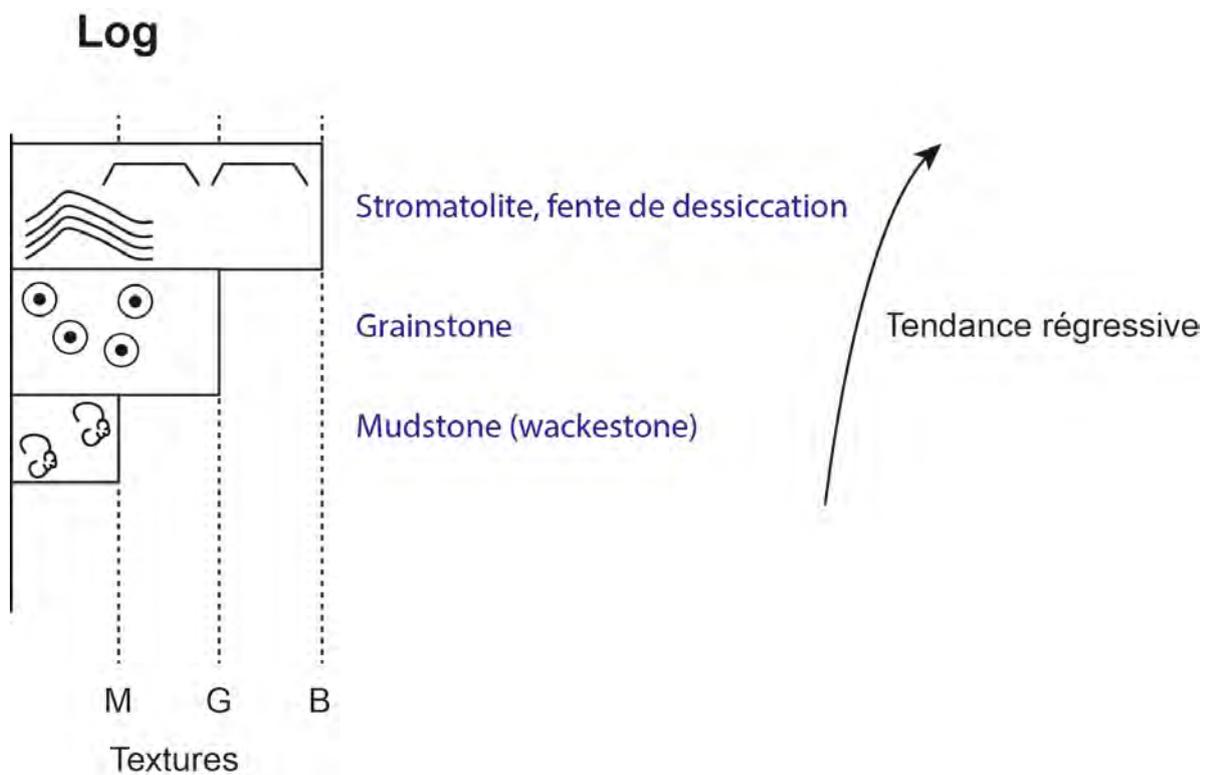


II.C - Construction d'une séquence de dépôt.

En utilisant le modèle de faciès construit pour la question II-B, réalisez une séquence de dépôt dite régressive sous la forme d'un log stratigraphique. Les faciès concernés seront reconnaissables par un figuré et une légende appropriés.

Réponse à la question II-C

- Construction d'une séquence de dépôt sous la forme d'un log en utilisant les textures des échantillons et avec un choix de figurés approprié
- Position des 3 faciès agencés dans le bon ordre illustrant ainsi une tendance régressive



II.D - Poste d'observation (temps de passage : 5 à 10 minutes maximum).

Analysez l'échantillon macroscopique proposé. Il correspond à un microfaciès illustré sur la figure II-1. Une diagnose est attendue pour cet échantillon.

Réponse à la question II-D

Réalisation d'un croquis présentant, même simplement, l'échantillon (un simple contour couplé à un zoom d'une zone caractéristique)

Partie description

- grains sédimentaires biogènes ou non, de forme sub-sphérique et de petite taille : des ooïdes
- liant correspondant par un ciment sparitique (si l'observation à l'échelle mésoscopique pouvait apparaître délicate, indiquer alors que l'observation d'une lame mince permettrait de voir si un liant pouvait également être présent)

Partie interprétation

- roche sédimentaire carbonatée oolithique
- nom de l'échantillon d'après Dunham et Folk : grainstone à ooïdes / oosparite
- milieu de dépôt de haute énergie (soumis à l'action des vagues ou de la houle de beau temps, le matériel fin ne se dépose pas).

Figure. I-5A

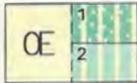
FORMATIONS SUPERFICIELLES CÉNOZOÏQUES

Formations superficielles consolidées



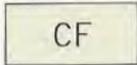
F - Ferricrètes (d'âge indéterminé)
 F/m4 - Ferricrètes sur faluns

Dépôts éoliens

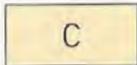


Limons éoliens, loess
 1 - loess sur isaltérites de substrat identifié
 2 - loess sur allotérites de substrat identifié

Dépôts de versants



Colluvions et alluvions étroitement associées

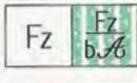


Dépôts de versants, ruissellement dominant (colluvions)

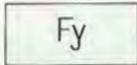


Dépôts périglaciaires

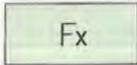
Dépôts fluviaux



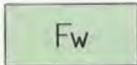
Fz - Limons de débordement, chenaux et alluvions récentes (Holocène)
 Fz/bA - Alluvions récentes sur isaltérites de substrat identifié



Alluvions de basse terrasse (Pléistocène supérieur ?)

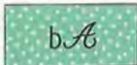


Alluvions de moyenne terrasse (Pléistocène moyen à supérieur ?)

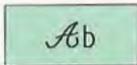


Alluvions de haute terrasse (Pléistocène inférieur ?)

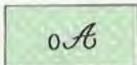
Altérites (Tertiaire probable)



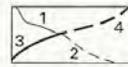
Isaltérites du Briovérien



Allotérites du Briovérien



Isaltérites du Paléozoïque



- 1 - Contour géologique observé
- 2 - Contour géologique masqué ou supposé
- 3 - Faille observée
- 4 - Faille masquée ou supposée

ÉLÉMENTS STRUCTURAUX

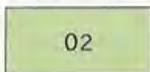
(valeur des pentages et plongements exprimée en degrés)

- 20 Stratification
- 60 Mesure moyenne de l'enveloppe d'une surface plissotée
- 45 Polarité inverse
- 30 Schistosité ; 1 - verticale
- Axe de pli symétrique (à l'échelle de l'affleurement)

* Point d'observation remarquable

PALÉOZOÏQUE

Ordovicien



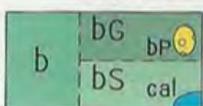
Formation du Grès armoricain inférieur (Arénig moyen) : quartzites massives



Formation de Pont-Réan (Arénig)
 O2B - Siltites micacées pourpres (type Le Boël)
 cin - Cinérites
 O2C - Grès (type Courouët)
 O2M - Conglomérats (type Montfort)

PROTÉROZOÏQUE TERMINAL

Briovérien



b - Briovérien grés-pélimitique indifférencié
 bG - Alternances silto-argilo-gréseuses à grès dominants
 bP - Poudingue à galets de quartz
 bS - Alternances silto-argilo-gréseuses à siltites dominantes
 cal - Calcaire

Figure. I-5B

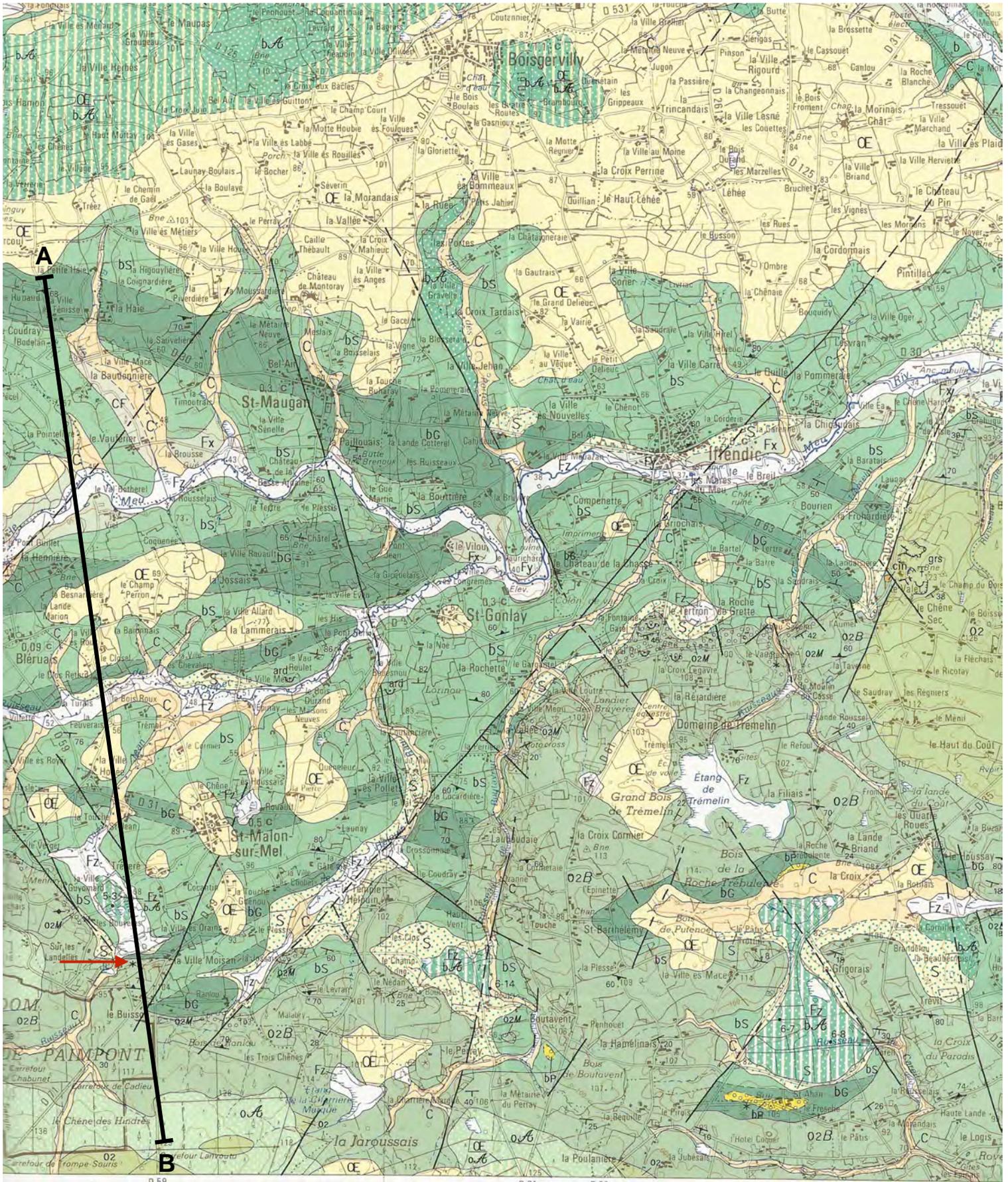
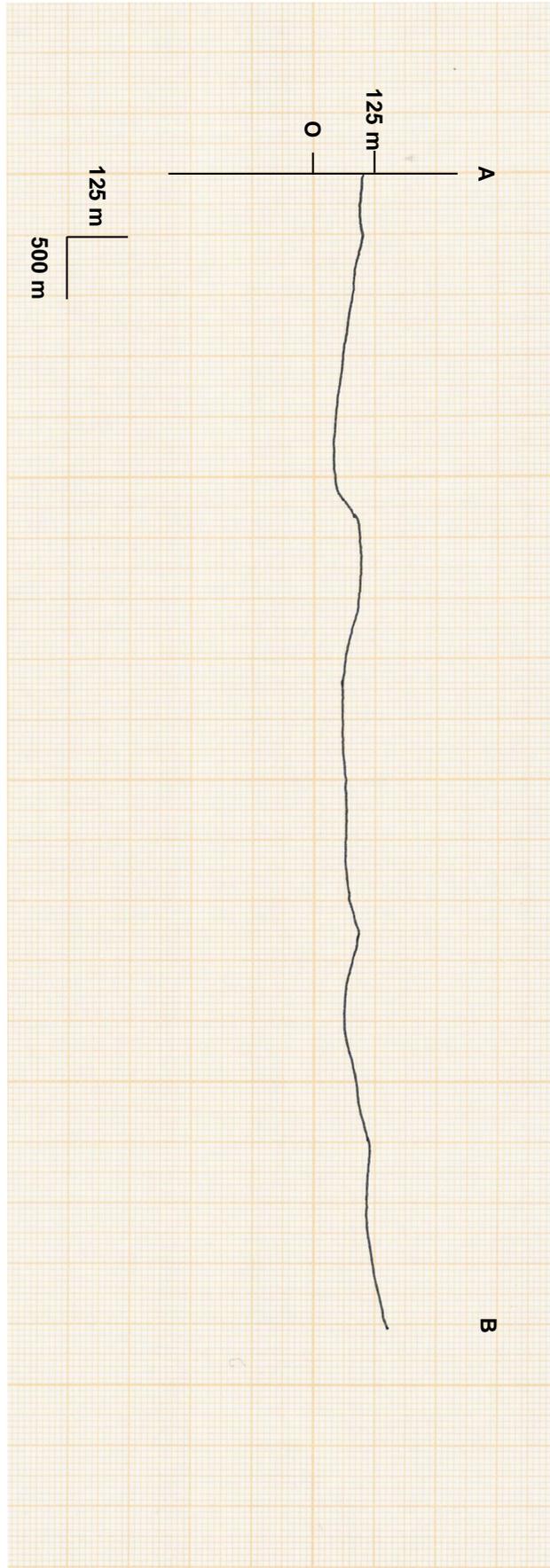


Figure. I-5C



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, 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, 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 !) ou de proposer l'amidon comme molécule de réserve animale.

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.

Le jury a observé cette année une augmentation importante du nombre de candidats qui ne possédaient que très peu de connaissances dans le secteur A. Le jury tient à rappeler que le niveau requis pour cette leçon est un niveau Master. Pour certains, le niveau de connaissance était proche de celui du lycée

Travailler à toutes les échelles et construire le sens biologique

Dans le programme officiel de l'agrégation le titre suivant est utilisé pour désigner le secteur A : « Biologie et physiologie cellulaires, biologie moléculaire ; leur intégration au niveau des organismes ». Les candidats oublient trop souvent la seconde partie de l'intitulé et se concentrent sur les mécanismes moléculaires précis sans resituer le mécanisme 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 dans la 6.1.2, le jury tient à réaffirmer 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 ou apportés par le candidat proposent fréquemment des supports pour cette démarche

Adopter une démarche pédagogique

La démarche pédagogique n'est souvent pas assez mise en avant par les candidats. Le haut niveau des connaissances demandées au cours de la leçon de spécialité ne doit pas faire oublier au candidat que le jury teste aussi ses capacités à faire passer un message clair et compréhensible. Les candidats passent souvent très rapidement sur des mécanismes thermodynamiques, moléculaires ou cellulaires complexes faisant douter le jury sur leur capacité à transmettre des concepts complexes à leurs futurs élèves.

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 2015 :

Leçon d'option du secteur A

Les matrices extracellulaires
Les déplacements des cellules
Le chloroplaste et la compartimentation cellulaire
Les parois cellulaires
Les réarrangements génétiques
Place du lymphocyte T CD4+ dans la mise en place d'une réponse immunitaire adaptative
Les plastes
Découverte et utilisation des éléments génétiques mobiles en biologie végétale
Les ribosomes
Le neurone, une cellule spécialisée
Les cellules présentatrices de l'antigène
Le baroréflexe
Le maintien de l'intégrité des génomes
Les virus
La maladie de Parkinson
Compartimentation cellulaire et transports vésiculaires
La complémentarité des gamètes mâles et femelles chez les Mammifères
Les rôles de l'auxine dans la croissance des végétaux
La réponse immunitaire adaptative humorale
La relation structure-fonction à l'échelle moléculaire
Les cancers, des maladies génétiques
La génétique des organites
Les immunodéficiences
Le thyrocyte, une cellule spécialisée
La cellule musculaire striée squelettique
Le protéome d'une cellule et son contrôle

Les cellules musculaires du coeur des Mammifères
Les molécules de réserves chez les végétaux
Les tissus adipeux
La mise en place du plan d'organisation des Vertébrés
Les levures, organismes modèles
Les protéines fixatrices de dioxygène
Les molécules de réserves chez les animaux
Apports d'Agrobacterium tumefaciens à la biotechnologie végétale
Interactions entre le VIH et le système immunitaire
Le diabète insipide
Éléments génétiques mobiles et évolution des génomes
La réplication de l'ADN des cellules
Le message nerveux
Activation de la réponse immunitaire innée par le pathogène
Les innovations génétiques
Les lysosomes
La mitochondrie des cellules animales
Mort Cellulaire chez les végétaux
Les interactions ADN-protéines
Les lipides membranaires
La mitose
Les migrations cellulaires au cours du développement des Vertébrés
Les seconds messagers cellulaires
Les bases immunologiques de la vaccination
La RuBisCO
Les méthodes d'étude des neurones
La maîtrise de la procréation humaine
L'ATP synthase
Les synapses
Dynamique et variabilité du génome des eucaryotes
La mise en place des axes de polarité chez les Vertébrés
Les sites des enzymes
La mort cellulaire dans les cellules animales
Origine de la diversité tissulaire de la racine chez les Angiospermes
Les enzymes, acteurs du métabolisme
Détermination et différenciation du sexe chez les Mammifères
Les interactions non covalentes et les biomolécules
Les pigments des angiospermes
Les potentiels d'action
Les diabètes
Le cytosquelette des cellules eucaryotes
Résistance aux herbicides
Les formes des cellules : origines, dynamique et conséquences fonctionnelles
Transgénèse végétale
Les fonctions des lipides
Diversité et coopération des ARN chez les eucaryotes
L'étude des maladies génétiques
Mise en place et évolution du répertoire immunitaire
Les recombinaisons génétiques
Les génomes bactériens
Les processus cellulaires et moléculaires impliqués dans le développement des Angiospermes

La plaque motrice

Leçon d'option du secteur B

La différenciation sexuelle

Les fonctions du rein chez les Mammifères

Constructions animales: natures, fonctions et aspects évolutifs

L'activité cardiaque chez l'homme

La réduction du carbone et de l'azote lors de la nutrition des Angiospermes de type C3

Unité et diversité des arthropodes

Structure et fonctions de la racine chez les Angiospermes

Comportements reproducteurs et systèmes d'appariement chez les vertébrés

Gestation, parturition et allaitement

L'orientation spatiale chez les animaux

La coévolution

La dépense énergétique et ses variations chez l'Homme

Les sèves et leur circulation

Relations dimensions corporelles - locomotion chez les vertébrés

La pression artérielle : une variable régulée

Adaptation des végétaux aux milieux humides

Espèce et spéciation

Le comportement territorial

Diversité des fonctions de l'eau au sein d'une Angiosperme

La feuille, organe des Angiospermes

La dépense énergétique et ses variations saisonnières chez les animaux

L'excrétion azotée et les milieux de vie des animaux

La microphagie

Le chant des oiseaux : mécanismes neurophysiologiques et importance biologique

Autofécondation et allofécondation

Osmorégulation et ionorégulation en milieu aquatique

Biologie et écologie des algues de la zone intertidale

Les forces évolutives

La circulation de l'eau dans la plante

Structures et fonctions branchiales

Soins aux jeunes et conflits intra-familiaux

La fonction ovarienne chez les mammifères

Les organismes épiphytes

Autofécondation et allofécondation

Les ajustements physiologiques accompagnant un exercice physique

Les relations plantes-insectes

Vie sociale chez les insectes

La reproduction sexuée en milieu aérien

Les mécanismes photosynthétiques de type C4 et CAM et leur intérêt écologique

L'importance des microorganismes dans le cycle de l'azote

La sélection naturelle

L'importance biologique des signaux sonores chez les arthropodes

Acclimatation et adaptation à l'altitude chez les vertébrés

Les unités soumises à la sélection

Le rôle des vaisseaux sanguins

La sélection sexuelle

Locomotion et milieu de vie chez les vertébrés : aspects biomécaniques et énergétiques
 La fonction de transport du sang chez les mammifères
 La lumière et les végétaux (on ne traitera pas des mécanismes de la photosynthèse)
 La diversité des algues
 Le polymorphisme génétique et son maintien
 Les phylogénies et leurs utilisations
 Les symbioses chez les végétaux
 La vie dans la zone intertidale
 La vie ralentie chez les végétaux
 Les réserves animales
 Apprentissages : aspects comportementaux, neurobiologiques et évolutifs
 La gamétogenèse chez les mammifères
 Ectothermie et endothermie chez les vertébrés
 Pollen et pollinisation
 Les méristèmes
 La dynamique des écosystèmes
 La classification des êtres vivants
 La dissémination chez les végétaux
 Le bilan de carbone à l'échelle de l'écosystème forestier
 Plan d'organisation : homologies et convergences
 Adaptation et évolution
 Les modalités de la défense chez les végétaux
 La biologie des orchidées
 La recherche de nourriture chez les animaux
 Relations dimensions corporelles - physiologie chez les vertébrés
 Les relations entre l'homme et la biodiversité
 La compétition interspécifique
 Oviparité et viviparité
 Les adaptations de la fonction respiratoire chez les animaux aquatiques
 Mise en place du comportement chez les animaux: aspects ontogénétiques et évolutifs
 La biologie des graines
 Les peuplements pionniers
 Biologie et physiologie des végétaux en milieu sec
 Le poumon des vertébrés : évolution et adaptation
 De l'induction florale à la fleur chez les Angiospermes
 Constructions animales: natures, fonctions et aspects évolutifs
 Bilan hydrique chez les animaux terrestres
 Les relations anatomiques et fonctionnelles entre les échangeurs respiratoires et les systèmes de convection interne des métazoaires
 Les rythmes saisonniers chez les animaux
 Les fonctions hépatiques
 Les caractéristiques des populations naturelles
 Le diabète sucré
 Unité et diversité des annélides

Leçon d'option du secteur C

La différenciation de la Terre
 Bioconstructions et plateformes carbonatées
 Le couplage océan atmosphère

La convection mantellique
La cinématique des plaques lithosphériques
La reconstitution des paléoenvironnements continentaux
La collision continentale
La chaîne hercynienne en Europe
Bassins sédimentaires et tectonique des plaques
Les facteurs de contrôle de la sédimentation
Les fossiles : outils pour le géologue
La subduction de la lithosphère océanique et ses conséquences
Origine et genèse des granites
Expérimentation et modélisation en géologie
Les bassins houillers en France
Données géologiques, chimiques et biologiques sur la vie primitive
Les variations chimiques de l'atmosphère au Quaternaire
Les systèmes pétroliers
Mars, Vénus et la Terre : une origine commune mais une évolution différente
La vitesse des processus géologiques
La notion d'anomalie en géophysique
Les glaciations au cours des temps géologiques
Les crises de la biodiversité
Les ressources hydrogéologiques en France
Origine et évolution des magmas basaltiques
Les méthodes d'études des bassins sédimentaires
L'enregistrement sédimentaire des variations du niveau marin
La notion de lithosphère
Reconstitutions des histoires Pression-Température-temps-déformation des roches métamorphiques
Originalité de la Terre dans le Système Solaire
Reconstitutions des paléoenvironnements sédimentaires marins
Impacts de la géodynamique interne sur le climat
La tectonique décrochante à toutes les échelles
Métamorphisme et contextes géodynamiques
Les cycles du carbone à différentes échelles de temps
Ages et durées en géologie ?
Rhéologie et déformations, de la roche à la lithosphère
Les matériaux géologiques de construction
Les failles à toutes les échelles
Genèse et évolution des bassins continentaux
Les météorites
Les énergies fossiles
Les marqueurs de la déformation dans les Alpes occidentales
Origine et évolution des Hominidés à partir de fossiles historiques
Transfert de matière des continents vers les océans
La Terre au Précambrien
Ressources minérales et processus endogènes
La déformation des roches à toutes les échelles
Dynamique océanique et changements abrupts du climat
Dynamique de la chaîne alpine
Les risques géologiques majeurs
Variations de la biodiversité au Phanérozoïque
La dynamique atmosphérique et la disponibilité en eau douce sur les continents
La tectonique des plaques, approche historique

La sismicité de la France dans son cadre géologique
Du sédiment à la roche
Le noyau terrestre
Du rift continental à la dorsale : processus et conséquences
Organismes marins et genèse des sédiments : exemples, processus et implications
La lithosphère océanique
La conquête du milieu terrestre
Erosion et altération des continents
Le cycle sismique

Nature et structure de la lithosphère continentale à partir de la carte géologique de la France au millionième

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

Leçon de contre option Sciences de la Vie

- La reproduction chez les embryophytes
- Pollen et pollinisation
- Les immunoglobulines: molécules de l'immunité adaptative
- Le développement floral
- Les relations interspécifiques
- La floraison
- Devenir homme ou femme
- La ventilation chez les vertébrés
- L'ADN, support de l'information génétique
- Les organismes modèles de la génétique
- Les cellules musculaires
- Les animaux et la température
- Les formes des protéines
- Les arthropodes
- L'écosystème forestier
- Les zones humides
- La réaction inflammatoire
- Les cellules musculaires
- Les surfaces d'échanges chez les végétaux terrestres
- La fécondation chez les Mammifères, un dialogue moléculaire
- La complémentarité des bases azotées
- Le système immunitaire face à un agent pathogène
- Les formes des protéines
- Le réflexe myotatique
- Le flux hydrique chez les Angiospermes
- La cellule acineuse du pancréas : une cellule polarisée
- Les virus
- La vie sociale chez les hyménoptères
- La croissance chez les angiospermes
- L'homéostasie glucidique
- Les réserves chez les angiospermes
- Les chaînes d'oxydoréduction membranaires
- Oviparité et viviparité chez les vertébrés

VIH et système immunitaire
Les bases rationnelles d'une alimentation équilibrée
Le polymorphisme
Les macromolécules
La plasticité cérébrale
Lipides et vie cellulaire
Les méristèmes
Homéostasie et régulations chez les Mammifères
Les transferts génétiques horizontaux
Le potentiel de membrane
Les neurones
La plaque motrice
La racine des Angiospermes
Homologie et liens de parenté
L'évolution: faits et théories
Les échanges de matières minérales chez les Angiospermes
La dispersion chez les végétaux
Comparaison communication nerveuse et communication endocrine
Equilibre hydro-électrolytique chez les métazoaires
La vie dans la zone intertidale
la biodiversité
L'exercice physique
La vie végétale en milieu sec
Les vaccins
Evolution de la notion de gène
Espèces et spéciation
l'auxine
La compartimentation cellulaire
L'apport des champignons à la génétique
Cycles de vie chez les insectes
La prise de nourriture chez les animaux

Leçon de contre option Sciences de la Terre et de l'Univers

Le cycle externe de l'eau
Elaboration d'un modèle de la structure interne de la Terre
Les magmas dans leur contexte géodynamique
La subduction océanique
La lithosphère océanique
Le fossé Rhéan
L'apport des données satellitaires à l'étude des enveloppes fluides
Les grandes lignes de la géologie de la Méditerranée
Sismologie et structure du globe
Le rôle de l'océan sur le climat terrestre
La déformation cassante
La conquête du milieu continental dans l'histoire de la Terre
Genèse et évolution des magmas
Les grands cycles orogéniques à partir de la carte de France au millionième
Origine et genèse des séquences de dépôt
Les anomalies géophysiques

Les ophiolites
Les grands ensembles géologiques à la surface de la Terre à partir de la carte géologique mondiale
Le volcanisme du Massif central
Le volcanisme outre-mer et sa signification géodynamique
Chronologie absolue : principes et applications
La sédimentation en domaine océanique
Les dorsales océaniques
Les cycles glaciaires et interglaciaires : mise en évidence et origine
La formation des roches par les êtres vivants
Énergie solaire et bilan énergétique de la Terre
La déformation ductile
Déformation des roches et le métamorphisme
Bioconstructions et bioaccumulations sédimentaires
L'apport des données paléontologiques à la reconstitution paléoenvironnementale
Le magmatisme d'origine mantellique
La reconstitution des chemins Pression - Température des roches métamorphiques
Le paléomagnétisme : marqueur de la géodynamique océanique et continentale
Les enregistrements des paléoclimats
La crise Crétacé-Paléocène
Origine et évolution des Hominidés
Géologie de l'Europe à partir de supports cartographiques au choix du candidat
Comportement rhéologique des matériaux géologiques et structures associées
Sédimentation et ressources énergétiques
Les planètes du Système Solaire
Les roches métamorphiques, marqueurs de la géodynamique interne
Les grandes lignes de l'histoire géologique du Jura à partir de cartes géologiques au choix du candidat
Rifting et ouverture océanique
Origine et genèse des granites
Les grandes lignes de la géologie de la Provence
Les bassins houillers en France
Le modèle PREM : origine et applications
Le noyau terrestre
La datation des roches magmatiques : méthodes et limites
Dynamismes éruptifs et risques associés
Les variations du niveau marin
Influence de la lithologie et du climat sur le modelé des paysages
Les nappes d'eau souterraines : ressources en eau, sources d'énergies
Le champ magnétique terrestre : origine et évolution
Les marqueurs géologiques et géochimiques des glaciations
Géologie de l'Océan Atlantique
Les îles océaniques
Le magmatisme de points chauds
Les grands ensembles lithologiques et structuraux de l'Europe
La sédimentation marine
L'oxygénation de la Terre
Les bioconstructions carbonatées
La convection interne
Le cycle du carbone et ses variations au cours des temps géologiques
Les ressources énergétiques fossiles
Origine et histoire de la matière organique des roches
Roches et paysages

La circulation thermohaline : mise en évidence, fonctionnement et effets climatiques
Les métamorphismes liés au cycle alpin en France
Le magmatisme lié à la formation et à l'évolution des chaînes de montagnes
Cinématique des plaques lithosphériques
La déformation à toutes les échelles en contexte de convergence
Géologie de l'Océan Indien
Le cycle de l'eau
Les marges continentales de la France métropolitaine
L'apparition de la Vie
Intérêts d'un groupe fossile au choix du candidat
Risques et aléas sismique

Les grandes lignes de l'histoire géologique du Bassin de Paris à partir de cartes géologiques au choix du candidat
Circulations atmosphérique et océanique
Origine et histoire de la matière organique des roches
Les grandes lignes de la géologie des Pyrénées à partir de cartes géologiques au choix du candidat
Croûte océanique et croûte continentale
Les variations climatiques à différentes échelles de temps
La collision continentale à partir de l'exemple de l'Himalaya
Les planètes du Système Solaire
Formation et évolution d'une chaîne de collision
Le schéma structural de la France métropolitaine à partir de sa carte géologique au millionième
La différenciation de la Terre
Les glaciations
Les rifts intracontinentaux
La Terre au Précambrien
La construction de l'échelle chronostratigraphique
Chronologie relative : principes et applications
Genèse et évolution de la lithosphère océanique
Reliefs et géodynamique externe
Les bassins sédimentaires observés sur la carte de France au millionième dans leur cadre géodynamique
Caractérisation d'un processus géologique au choix du candidat à partir de lames minces
Formation et évolution d'une chaîne de collision
La Terre comparée aux autres planètes telluriques
La mesure du temps en géologie
Exploitation et protection des ressources en eau
Les grandes crises biologiques
Utilisation des roches dans la construction
La collision continentale à partir de l'exemple de l'Himalaya
Le contrôle astronomique des climats
Modélisation analogique d'un processus géologique au choix du candidat
Les grandes accumulations sédimentaires détritiques
Les transferts de chaleur à l'intérieur de la Terre
La modélisation de la convection : principes et limites
Utilisation du $\delta^{18}\text{O}$ dans les sciences du climat
L'émergence de la Vie
Un cycle biogéochimique au choix
Croûte océanique et croûte continentale
Le phénomène d'altération : du minéral au paysage
Les marqueurs de la collision continentale

Les grandes lignes de l'histoire géologique du Massif Armoricaïn à partir de cartes géologiques au choix du candidat

Les mouvements verticaux de la lithosphère
 Du plancton à la roche
 Tectonique et reliefs continentaux
 La géologie de la Réunion
 Les grandes lignes de l'orogénèse hercynienne à partir de cartes géologiques au choix du candidat
 La fusion partielle de la croûte continentale
 Cadres géodynamiques et évolution des bassins sédimentaires
 La sédimentation marine
 La biostratigraphie
 La reconstitution d'un paléoenvironnement au choix du candidat
 Les gisements métallifères dans leur contexte géodynamique
 L'effet de serre
 La sédimentation continentale
 Géoïde et reliefs de la Terre
 Mobilités horizontale et verticale de la lithosphère océanique
 La tectonique en décrochement et les grandes structures associées
 La reconstitution des paléoenvironnements continentaux
 Récifs et sédimentation péirécifale
 La datation des roches sédimentaires : méthodes et limites
 Circulations atmosphérique et océanique
 Le manteau terrestre
 Les fondements de la tectonique des plaques
 La distribution de l'énergie solaire à la surface de la Terre
 Accumulations sédimentaire et géodynamique
 Convection et dynamique du globe
 La radiochronologie : principes et applications
 Les modifications anthropiques des enveloppes externes
 Risques et aléas liés à la géodynamique interne
 La structure et la dynamique interne des planètes telluriques
 La formation et la dislocation de la Pangée et ses conséquences climatiques
 Géodynamique interne et climat
 Les gisements métallifères dans leur contexte géodynamique
 Reliefs et géodynamique interne
 Apport des données paléontologiques à l'étude de l'Evolution
 Transferts de matières du continent à l'océan
 Les grandes lignes de l'histoire géologique des Alpes à partir de cartes géologiques au choix du candidat
 Géologie de l'Europe à partir de supports cartographiques au choix du candidat
 Les météorites
 La sédimentation sur les marges passives
 Les grandes lignes de la géologie de la Corse à partir de cartes géologiques au choix du candidat
 Les échanges océan – atmosphère
 Les évaporites
 La diagenèse
 Les ressources énergétiques du sous-sol
 Les différents types de métamorphisme et leur signification géodynamique à partir de la carte de France au millionième
 Érosion et altération des continents
 Origine et genèse des granites
 Apports de la géophysique à la connaissance de la structure interne de la Terre
 La Pangée
 Les bassins sédimentaires observés sur la carte de France au millionième dans leur cadre géodynamique

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 systématique de prendre position pas toujours pertinent et surtout argumenté de façon peu convaincante ;
- une représentation des sciences qui n'appréhende pas le raisonnement scientifique comme une articulation de modèles, d'observations et d'expérimentations ;
- une insuffisance de réflexion sur la place des sciences dans la société, notamment autour des questions d'expertise, de gestion des risques et des ressources, de développement durable ;
- des représentations caricaturales et simplistes des enjeux des « éducations à » des activités à mener, des objectifs à atteindre en tant que futur enseignant de sciences.