



**MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION
NATIONALE,
DE LA JEUNESSE
ET DES SPORTS**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Rapport du jury

Concours : Agrégation externe

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

Session 2021

Rapport de jury présenté par : Bertrand PAJOT-Président de jury
Inspecteur général de l'éducation, du sport et de la recherche (IGÉSR)

Rapport de jury

Agrégation de SV-STU

Session 2021

1.1.	ORGANISATION ET MODALITES DU CONCOURS.....	2
1.1.1	Épreuves écrites d'admissibilité.....	2
1.1.2	Épreuves d'admission.....	3
1.1.	LE DEROULEMENT DU CONCOURS 2021.....	4
1.1.1.	Le calendrier.....	4
1.2.1	Le déroulement pratique des épreuves d'admission du concours	5
2.1.	DE LA CANDIDATURE A L'ADMISSION.....	7
2.1.1.	LES CANDIDATS PAR SECTEURS.....	7
2.1.2.	LES CANDIDATS PAR SEXE	8
2.1.3.	LES CANDIDATS PAR STATUTS ET/OU PROFESSIONS AUX DIFFERENTES ETAPES DU CONCOURS :.....	9
2.1.4.	REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES CANDIDATS :	10
2.1.5.	L'ÉVOLUTION DU CONCOURS SUR LE LONG TERME	11
2.2.	QUELQUES DONNEES STATISTIQUES CONCERNANT L'ÉCRIT	12
2.2.1.	ÉPREUVE ÉCRITE DE SECTEUR A.....	12
2.2.2.	ÉPREUVE ÉCRITE DE SECTEUR B.....	13
2.2.3.	ÉPREUVE ÉCRITE DE SECTEUR C.....	13
2.3.	QUELQUES DONNEES STATISTIQUES CONCERNANT LES ÉPREUVES PRATIQUES	13
2.4.	QUELQUES DONNEES STATISTIQUES CONCERNANT LES ÉPREUVES ORALES.....	14
2.4.1.	ÉPREUVES ORALES DE SPECIALITE.....	14
2.4.1.1.	ÉPREUVE ORALE DE SPECIALITE DE SECTEUR A (40 CANDIDATS ADMISSIBLES).....	14
2.4.1.2.	ÉPREUVE ORALE DE SPECIALITE DE SECTEUR B (68 CANDIDATS ADMISSIBLES).....	14
2.4.1.3.	ÉPREUVE ORALE DE SPECIALITE DE SECTEUR C (37 CANDIDATS ADMISSIBLES).....	14
2.4.2.	ÉPREUVES ORALES DE CONTRE-OPTION	15
2.4.2.1.	ÉPREUVE ORALE DE CONTRE-OPTION DE STU POUR LES CANDIDATS DE SECTEURS A ET B.....	15
2.4.2.2.	ÉPREUVE ORALE DE CONTRE OPTION DE BIOLOGIE POUR LES CANDIDATS DE SECTEUR C	15
3.1.	PROGRAMME DE LA SESSION 2021	16
4.1.	ÉPREUVE ÉCRITE DU SECTEUR A :	17
4.1.1.	Le sujet proposé :.....	17
4.1.2.	Commentaires généraux sur l'épreuve.....	17
4.1.3.	Grille de notation.....	19
4.2.	ÉPREUVE ÉCRITE DU SECTEUR B :.....	22
4.2.1.	LE SUJET PROPOSE :	22
4.2.2.	COMMENTAIRES GÉNÉRAUX SUR LA COMPRÉHENSION ET LE TRAITEMENT DU SUJET	22
4.2.3.	LES ATTENDUS NOTIONNELS ET COMMENTAIRES SUR LEUR TRAITEMENT DANS LES COPIES	23
4.2.4.	QUELQUES COMPÉTENCES ÉVALUÉES AYANT RÉVÉLÉ DES INSUFFISANCES ET COMMENTAIRES SUR CES POINTS SPÉCIFIQUES 26	
4.2.5.	GRILLE DE NOTATION	28
4.3.	ÉPREUVE ÉCRITE DU SECTEUR C :.....	31
4.3.1.	LE SUJET PROPOSE.....	31
4.3.2.	COMMENTAIRES GÉNÉRAUX SUR L'ÉPREUVE.....	31
4.3.3.	GRILLE DE NOTATION	35
5.1	ÉPREUVE DE TRAVAUX PRATIQUES DE SPECIALITE DU SECTEUR A : SUJET ET COMMENTAIRES	36
5.2	ÉPREUVE DE TRAVAUX PRATIQUES DE SPECIALITE DU SECTEUR B : SUJET ET COMMENTAIRES.....	37
5.3	ÉPREUVE DE TRAVAUX PRATIQUES DE SPECIALITE DU SECTEUR C : SUJET ET COMMENTAIRES	38
5.4	ÉPREUVE DE TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE-OPTION DU SECTEUR A : SUJET ET COMMENTAIRES	40
5.5	ÉPREUVE DE TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE-OPTION DU SECTEUR B : SUJET ET COMMENTAIRES	41
5.6	ÉPREUVE DE TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE-OPTION DU SECTEUR C : SUJET ET COMMENTAIRES	43
6.1.	LA LEÇON D'OPTION	44

6.1.1.	DEROULEMENT DE L'ÉPREUVE DE SPECIALITE	44
6.1.2.	CONSTATS ET CONSEILS	45
6.1.3.	COMMENTAIRES PARTICULIERS CONCERNANT LES LEÇONS D'OPTION A	49
6.1.4.	COMMENTAIRES PARTICULIERS CONCERNANT LES LEÇONS D'OPTION B.....	53
6.1.5.	COMMENTAIRES PARTICULIERS CONCERNANT LES LEÇONS D'OPTION C.....	57
6.1.6.	LISTE DES LEÇONS D'OPTION DE LA SESSION 2021 :	60
6.2.	LA LEÇON DE CONTRE-OPTION	64
6.2.1	<i>Le déroulement de l'épreuve</i>	64
6.2.2	<i>Constats et conseils</i>	65
6.2.3	<i>Quelques particularités propres à chaque secteur</i>	65
6.2.4	<i>Sujets des leçons de contre-option</i>	68

1. Présentation du concours

1.1. ORGANISATION ET MODALITES 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 28 décembre 2009 fixant les modalités des concours de l'agrégation (NOR : MENH0931284A**

ELI : <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2009/12/28/MENH0931284A/jo/texte>
JORF n°0004 du 6 janvier 2010, Texte n° 17)

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.

Le programme de connaissances générales qui porte sur des connaissances d'un niveau allant jusqu'à la licence universitaire, concerne l'ensemble des épreuves d'admissibilité et d'admission. Le programme de spécialité, qui définit le secteur, porte sur des connaissances de niveau Master.

Le programme de spécialité fait partie du programme de connaissances générales de chaque secteur mais implique une spécialisation de chacune des parties. Les sciences de la vie sont présentées de façon groupée, la répartition entre secteurs A et B est indiquée à la fin de la présentation générale des sciences de la vie. Les multiples facettes des SV-STU ne peuvent pas toutes être connues d'un candidat. Le programme limite donc le champ d'interrogation possible en occultant certaines questions et/ou en réduisant leur volume. Dans de nombreux cas, des exemples apparaissent qui semblent les plus appropriés, ce qui n'exclut pas d'en choisir d'autres en connaissant ceux qui sont explicitement indiqués.

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

1.1. LE DEROULEMENT DU CONCOURS 2021

1.1.1. Le calendrier.

Admissibilité : épreuves écrites

- lundi 15 Mars 2021 : épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur A
- mardi 16 Mars 2021 : épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur B
- mercredi 17 Mars 2021 : épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur C

Les résultats de l'admissibilité ont été publiés le lundi 6 mai 2021.

Admission : épreuves pratiques

- Vendredi 4 juin 2021 : accueil des candidats, par des visios successives avec les candidats des secteurs A, B et C.
- samedi 5 juin 2021 : travaux pratiques portant sur le programme de spécialité (secteur A, ou B, ou C)
- dimanche 6 juin 2021 : travaux pratiques portant sur le programme général des deux autres secteurs.

Admission : épreuves orales

- du dimanche 20 juin 2021 au vendredi 2 juillet 2021.

Les résultats de l'admission ont été publiés le mardi 2 juillet 2021.

1.2.1 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. Les problèmes financiers et matériels du concours ont été résolus grâce au soutien du Service Inter-Académique des Examens et Concours.

Les épreuves pratiques se sont déroulées au Centre de Formation Pratique en Biologie (CFPB) 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 Mr Adrien Six, responsable du CFPB.

Il en fut de même au lycée Saint-Louis grâce au soutien de Madame la Proviseure, de Madame la Proviseure adjoint, de Madame l'Intendante et de toute l'équipe d'intendance et d'administration. Il est important de souligner que les candidats ont pu disposer pendant les épreuves pratiques du concours de calculatrices électroniques fournies gracieusement par la Société Texas Instrument.

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

Pour les épreuves pratiques, cinq personnels de Sorbonne Université (75005 Paris) :

- BATARD Séverine Isabelle : Assistante ingénieure
- De OLIVEIRA Diana : Adjoint Technique de Laboratoire
- BROT Loïc : technicien de laboratoire
- CORVAISIER Sonia : technicienne de laboratoire
- REKAB Tahar : technicien de laboratoire

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

- SAUX Christine, professeur de chaire supérieure au lycée Saint Louis
- BOSIO Mélinée, professeure agrégée (Lycée Pierre Gilles de Gennes, Paris)
- SCHOENAUER Hélène, professeure agrégée (Lycée Gustave Eiffel, Gagny)

Et le TP A a été conçu avec le soutien de M. Xavier Bailly, ingénieur de recherche de la station biologique de Roscoff.

Pour les travaux pratiques et les épreuves orales, 16 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 Emile Dubois , Paris)
- BOYER Rémy : ingénieur de recherche, (UEVE)
- BRAHIMI Kheira, adjoint technique, (Lycée Montaigne, Paris)
- CADOS Chantal : technicienne de laboratoire, (Lycée Louis Le Grand - Paris)
- CHAREYRE Sophie : technicienne de laboratoire, (Lycée P.-G de Gennes - Paris)
- DAVION Jérôme : technicien de laboratoire, (Lycée Janson de Sailly, Paris)
- DAHMANE Djamila, technicienne de laboratoire, (Lycée Saint Louis, Paris)
- DRANE Michèle, adjointe technique, (Lycée Emilie du Châtelet)
- DUFOUR Marie-Odile : technicienne de laboratoire de classe supérieure, (Lycée A. Schweitzer, Le Raincy)
- JOVIC Margarita : aide technique principal de laboratoire, (Lycée d'Arsonval - Saint Maur des Fossés)
- LUCCIN Marie-Thérèse, adjointe technique, (LIEP, Noisy le Grand)
- MILITON-PRADO Jorgelina, Adjointe technique de laboratoire, (Lycée M Berthelot, Saint-Maur)
- MORIM Isabel : adjoint technique de laboratoire, (Lycée Georges Sand, Domont)
- PALEZIS Corine : aide technique de laboratoire, (Lycée technique de St Louis – Bordeaux)
- WELSH Julien, technicien de laboratoire, (Lycée Henri IV, Paris)
- TREBEAU Armande : aide technique de laboratoire, (Lycée Saint Louis – Paris)
- PERRIER Steeve : aide technique de laboratoire, (Lycée Louis Le Grand - Paris)

Pour cette session 2021, deux agrégés préparateurs ont apporté leur concours :

- BOSIO Mélinée, professeure agrégée, (Lycée Pierre-Gilles de Gennes, Paris)
- SCHOENAUER Hélène, professeure agrégée (Lycée Gustave Eiffel, Gagny)

Ce groupe a fait preuve comme à chaque session de grandes compétences, 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, Sorbonne Université Atrium. 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).

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 bienveillant 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

2.1.1. Les candidats par secteurs

Candidats inscrits	1046		
Candidats présents : Écrit secteur A	500	47,8 %	des inscrits
Écrit secteur B	494	47,2 %	
Écrit secteur C	487	46,5 %	
Candidats présents aux 3 écrits	484	46,2 %	des inscrits
Candidats admissibles	145	13,8 %	des inscrits
		29,9 %	des présents aux 3 écrits
Secteur A	40	27,5 %	des admissibles
Secteur B	68	46,8 %	
Secteur C	37	25,5%	
Candidats admis	65	44,8 % des admissibles	
		13,4 % des présents aux 3 écrits	
		6,1 % des inscrits	
Secteur A	20	30,7 % des admis	
Secteur B	28	43,07 %	
Secteur C	17	26,15 %	

La totalité des postes mis au concours (65) a été pourvue.

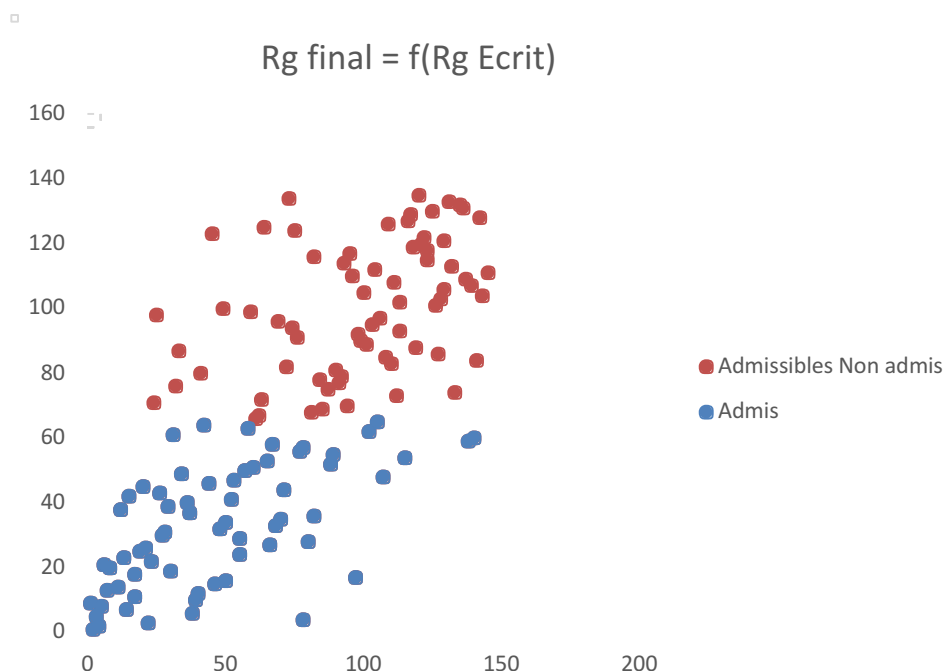
Tout au long du concours l'égalité de traitement des candidats selon les secteurs a été assurée par des harmonisations adaptées aux différentes épreuves, reposant sur la qualité des prestations et non pas sur la recherche d'une répartition proportionnelle au nombre de candidats en lice. Les modalités d'harmonisation influencent naturellement la répartition des notes finales.

Pour cette session, la barre d'admissibilité est de 8,27/20. La moyenne des candidats qui ont présenté les trois épreuves écrites est de 6,50/20 et celle des admissibles est de 11,28/20. Les meilleurs candidats obtiennent de bons résultats aux trois épreuves.

Pour l'admission, à l'issue de l'ensemble des épreuves, la moyenne de l'ensemble des candidats a été de 8,65 et celle des candidats admis à 10,32. La barre d'admission a été de 8,32/20.

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.

Chaque année, il est rappelé que toutes les épreuves ont leur importance, notamment lors de l'admission et il est d'ailleurs très intéressant de noter que les épreuves pratiques et orales peuvent avoir un effet reclassant spectaculaire. Cela s'exprime dans le graphe suivant sur l'évolution du rang entre les écrits et l'admission. Certains candidats placés au-delà de la 140ème place à l'écrit ont été admis.



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.

2.1.2. [Les candidats par sexe](#)

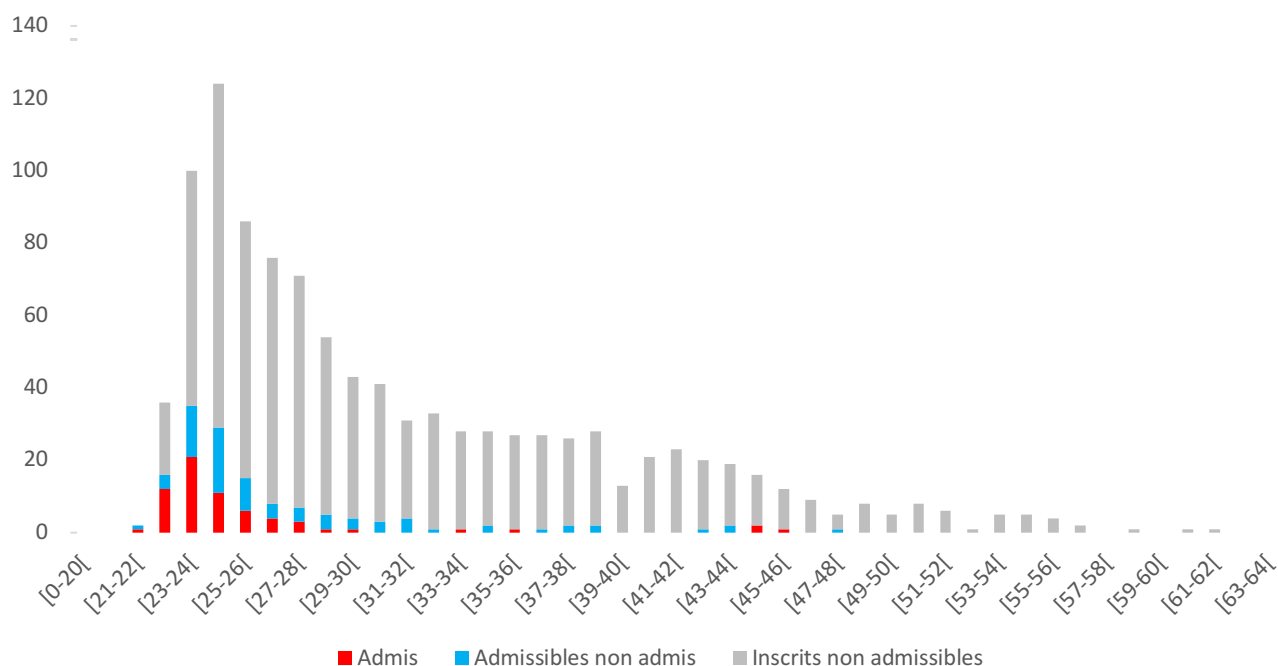
Répartition	Inscrits	Présents	Absents aux 3 écrits	Admissible	Admis
♂	34%	31%	35%	33%	40%
♀	66%	69%	65%	67%	60%

La répartition des candidats par sexe est nettement en faveur des femmes pour les admissibles, et contrairement à l'année précédente, cette différence s'est maintenue tout au long du concours et les femmes sont nettement majoritaires parmi les admis.

Âges des candidats

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 les histogrammes ci-dessous qui reprennent la distribution des âges en fonction des inscrits, des candidats présents aux trois épreuves et des admis. En effet, l'immense majorité des lauréats sont soit en M2: (année de naissance théorique : 1998) soit en année de préparation à l'agrégation post master (année de naissance théorique : 1996-7). Les lauréats plus âgés sont logiquement moins nombreux, mais il est possible encore comme cette année de voir des professeurs certifiés venir passer et réussir le concours de l'agrégation externe.

Répartition des candidats en âges



2.1.3. les candidats par statuts et/ou professions aux différentes étapes du concours :

Profession	inscrits	% inscrits	% présents	% admissibles	% admis
CERTIFIE	394	37,67%	33,88%	25,52%	7,69%
ETUD.HORS ESPE (PREPA MO.UNIV)	107	10,23%	19,63%	40,69%	47,69%
CONTRACTUEL 2ND DEGRE	90	8,60%	7,85%	0,69%	0,00%
ENS.STAGIAIRE 2E DEG. COL/LYC	77	7,36%	5,79%	6,21%	7,69%
SANS EMPLOI	68	6,50%	5,37%	2,07%	1,54%
ETUDIAN EN ESPE EN 2EME ANNEE	59	5,64%	5,58%	1,38%	0,00%
ELEVE D'UNE ENS	29	2,77%	5,79%	17,24%	32,31%
ASSISTANT D'EDUCATION	28	2,68%	3,31%	0,69%	0,00%
PERS ENSEIG TIT FONCT PUBLIQUE	24	2,29%	2,07%	0,69%	0,00%
ETUD.HORS ESPE (SANS PREPA)	19	1,82%	1,65%	2,76%	1,54%
CADRES SECT PRIVE CONV COLLECT	15	1,43%	0,62%	0,00%	0,00%
MAITRE AUXILIAIRE	14	1,34%	1,03%	0,00%	0,00%
ETUDIAN EN ESPE EN 1ERE ANNEE	13	1,24%	1,65%	0,69%	0,00%
ETUD.HORS ESPE (PREPA CNED)	10	0,96%	1,03%	0,69%	0,00%
SALARIES SECTEUR TERTIAIRE	10	0,96%	0,41%	0,00%	0,00%
PROFESSEUR ECOLES	9	0,86%	0,83%	0,00%	0,00%
VACATAIRE DU 2ND DEGRE	8	0,76%	0,62%	0,00%	0,00%
ENSEIGNANT DU SUPERIEUR	7	0,67%	0,21%	0,00%	0,00%
FONCT STAGIAIRE FONCT PUBLIQUE	6	0,57%	0,21%	0,00%	0,00%
FORMATEURS DANS SECTEUR PRIVE	6	0,57%	0,00%	0,00%	0,00%
MAITRE CONTR.ET AGREE REM TIT	6	0,57%	0,21%	0,00%	0,00%

PERS ENSEIG NON TIT FONCT PUB	6	0,57%	0,21%	0,00%	0,00%
CONTRACT ENSEIGNANT SUPERIEUR	5	0,48%	0,21%	0,00%	0,00%
MAITRE DELEGUE	5	0,48%	0,41%	0,00%	0,00%
PLP	5	0,48%	0,41%	0,00%	0,00%
AG NON TITULAIRE FONCT PUBLIQ	4	0,38%	0,21%	0,00%	0,00%
SALARIES SECTEUR INDUSTRIEL	4	0,38%	0,21%	0,00%	0,00%
PROF DES ECOLES STAGIAIRE	3	0,29%	0,00%	0,00%	0,00%
VACATAIRE ENSEIGNANT DU SUP.	3	0,29%	0,00%	0,00%	0,00%
ARTISANS / COMMERÇANTS	2	0,19%	0,00%	0,00%	0,00%
ETUD.HORS ESPE (PREPA PRIVEE)	2	0,19%	0,41%	0,00%	0,00%
PROFESSEUR ASSOCIE 2ND DEGRE	2	0,19%	0,00%	0,00%	0,00%
AG NON TIT FONCT HOSPITAL	1	0,10%	0,00%	0,00%	0,00%
CONTRACT MEN ADM OU TECHNIQUE	1	0,10%	0,00%	0,00%	0,00%
CONTRACTUEL APPRENTISSAGE(CFA)	1	0,10%	0,00%	0,00%	0,00%
PERS FONCT TERRITORIALE	1	0,10%	0,00%	0,00%	0,00%
PERS FONCTION PUBLIQUE	1	0,10%	0,21%	0,69%	1,54%
PROFESSIONS LIBERALES	1	0,10%	0,00%	0,00%	0,00%

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 : 47,6% sont étudiants (masters disciplinaires hors ESPE ou année de préparation à l'agrégation) ; 32,3 % sont élèves d'une ENS, 16% sont jeunes certifiés ou certifiés stagiaires.

Il est intéressant de constater que 30,1% des certifiés inscrits sont admissibles. C'est un vrai plaisir de voir des professeurs certifiés venir passer l'agrégation externe ! Cela témoigne d'un investissement personnel très fort et nous tenons à les en féliciter. Ce constat est en totale adéquation avec l'analyse sur les années de naissances des lauréats.

2.1.4. Répartition géographique des candidats :

Académie	inscrits	présent	% inscrits	% présents	% admissibles	% admis
CRETEIL-PARIS-VERSAIL.	273	131	26%	27%	28%	25%
RENNES	67	39	6%	8%	4%	0%
AIX-MARSEILLE	63	26	6%	5%	12%	14%
STRASBOURG	59	36	6%	7%	12%	17%
LYON	56	32	5%	7%	18%	32%
LILLE	53	24	5%	5%	1%	0%
NANTES	43	17	4%	4%	1%	0%
MONTPELLIER	41	22	4%	5%	5%	3%
BORDEAUX	38	16	4%	3%	3%	2%
ORLEANS-TOURS	33	10	3%	2%	1%	2%
GUADELOUPE	32	15	3%	3%	1%	0%
TOULOUSE	31	6	3%	1%	1%	0%
GRENOBLE	28	10	3%	2%	1%	2%
AMIENS	27	9	3%	2%	1%	0%

POITIERS	25	11	2%	2%	0%	0%
ROUEN	25	12	2%	2%	1%	0%
NICE	24	12	2%	2%	2%	2%
DIJON	18	9	2%	2%	1%	2%
NANCY-METZ	18	10	2%	2%	1%	0%
BESANCON	17	10	2%	2%	1%	0%
REIMS	16	11	2%	2%	1%	0%
CAEN	11	4	1%	1%	1%	0%
MARTINIQUE	9	4	1%	1%	0%	0%
LA REUNION	8	1	1%	0%	0%	0%
CLERMONT-FERRAND	7	3	1%	1%	0%	0%
MAYOTTE	6	0	1%	0%	0%	0%
GUYANE	5	0	0%	0%	0%	0%
NOUVELLE CALEDONIE	4	2	0%	0%	1%	0%
LIMOGES	3	1	0%	0%	1%	2%
CORSE	3	1	0%	0%	0%	0%
POLYNESIE FRANCAISE	3	0	0%	0%	0%	0%

Les candidatures se répartissent dans de très nombreuses académies. Cependant, il est frappant de constater le contraste entre ce nombre et celui, beaucoup plus modeste, des académies qui présentent des candidats admis. Sur les 30 secteurs géographiques qui présentent des candidats, 23 ont des candidats admissibles et seules 19 ont 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 retrouve cette année encore. La haute technicité du concours et des stratégies universitaires spécifiques de préparation aux concours de recrutement explique ce phénomène.

2.1.5. L'évolution du concours sur le long terme

année	nombre de postes mis au concours	nombre d'inscrits	nombre présents	nombre d'admissibles	nombre d'admis	liste complémentaire
1993	154	1439	819	233	148	Non
1994	154	1581	950	241	154	Non
1995	154	1770	1034	242	142	Non
1996	154	2041	1252	245	154	Non
1997	130	2273	1473	245	130	Non
1998	150	2416	1413	240	150	Non
1999	155	2477	1491	257	155	Non
2000	160	2678	1749	278	160	Non
2001	165	2924	1828	276	165	Non
2002	177	2521	1537	346	177	6
2003	198	2440	1553	378	198	Non
2004	160	2793	1733	334	160	Non

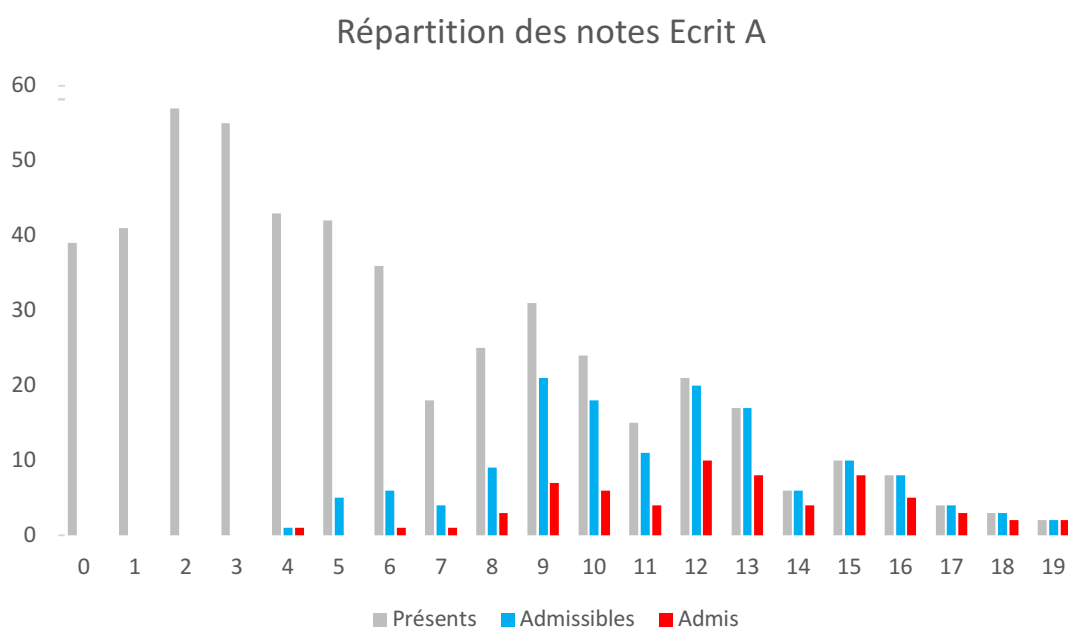
2005	160	2921	1827	334	160	Non
2006	105	3075	1707	257	105	Non
2007	105	2704	1489	259	105	Non
2008	87	2300	1420	217	87	Non
2009	87	1858	1056	196	87	Non
2010	80	1766	928	180	80	Non
2011	65	1354	592	145	65 (+1)	Non
2012	70	1535	636	155	70	Non
2013	80	1729	705	180	80	Non
2014	85	1455	650	190	85	Non
2015	101	1308	650	234	101	Non
2016	103	1464	640	231	103	Non
2017	95	1494	662	225	95	Non
2018	76	1359	578	178	76	Non
2019	65	1217	548	149	65	Non
2020	65	1099	492	140	65	Non
2021	65	1046	484	145	65	Non

2.2. 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.

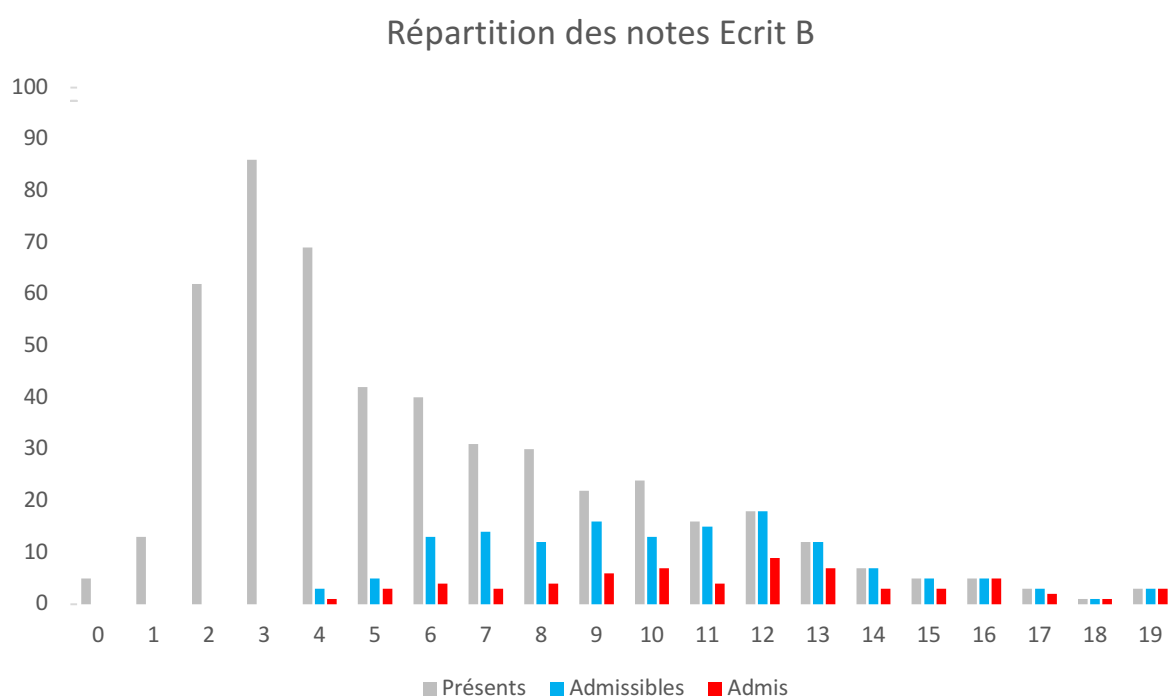
2.2.1. Épreuve écrite de secteur A

□



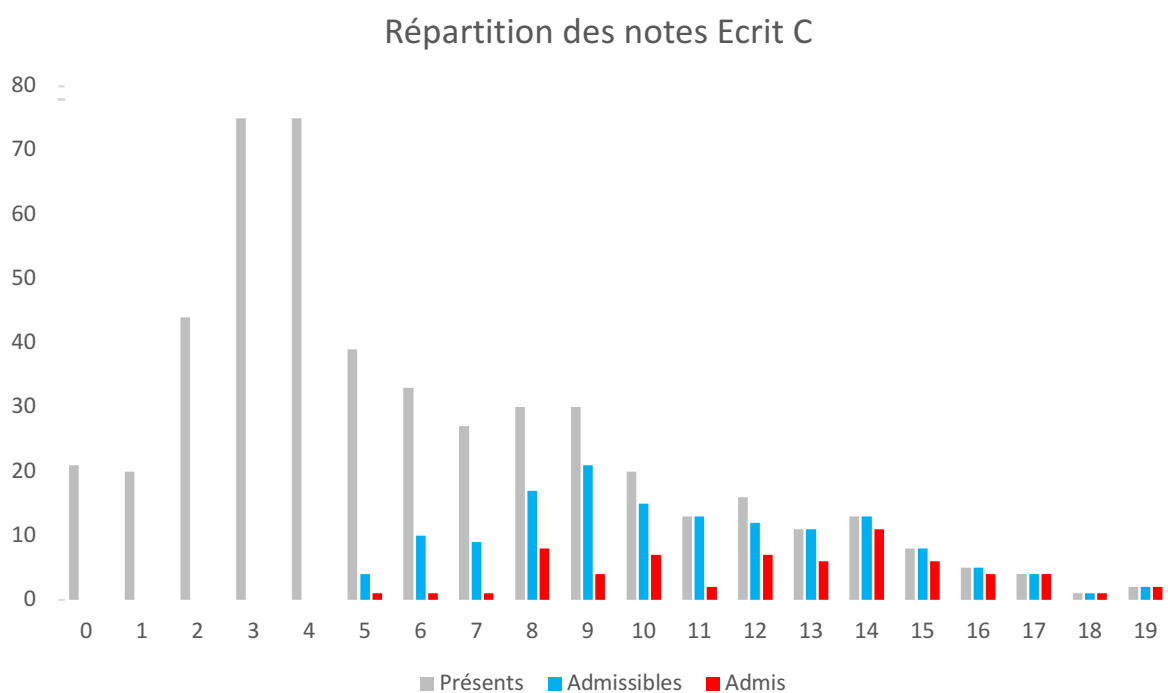
Histogramme des notes de l'épreuve écrite de secteur A en fonction des présents, des admissibles et des admis

2.2.2. Épreuve écrite de secteur B



Histogramme des notes de l'épreuve écrite de secteur B en fonction des présents, des admissibles et des admis

2.2.3. Épreuve écrite de secteur C



Histogramme des notes de l'épreuve écrite de secteur C en fonction des présents, des admissibles et des admis

2.3. Quelques données statistiques concernant les épreuves pratiques

	A	B	C	a	b	c
Moyenne	8,65	8,07	8,01	7,40	7,25	6,97
Écart type	2,27	1,80	2,274	2,96	2,92	2,130
Médiane	8,63	8,21	8,275	7,07	7,46	6,75
Max	13,79	14,01	13,60	16,21	14,17	12,17
Min	3,79	4,21	3,60	0,69	0,55	3,17

Les trois premières colonnes correspondent aux travaux pratiques d'option (A, B et C) et les trois dernières aux travaux pratiques des contre-options (a, b et c).

2.4. Quelques données statistiques concernant les épreuves orales

2.4.1. Épreuves orales de spécialité

2.4.1.1. Épreuve orale de spécialité de secteur A (40 candidats admissibles)

Moyenne	7,2
Écart type	3,8
Médiane	6,8

2.4.1.2. Épreuve orale de spécialité de secteur B (68 candidats admissibles)

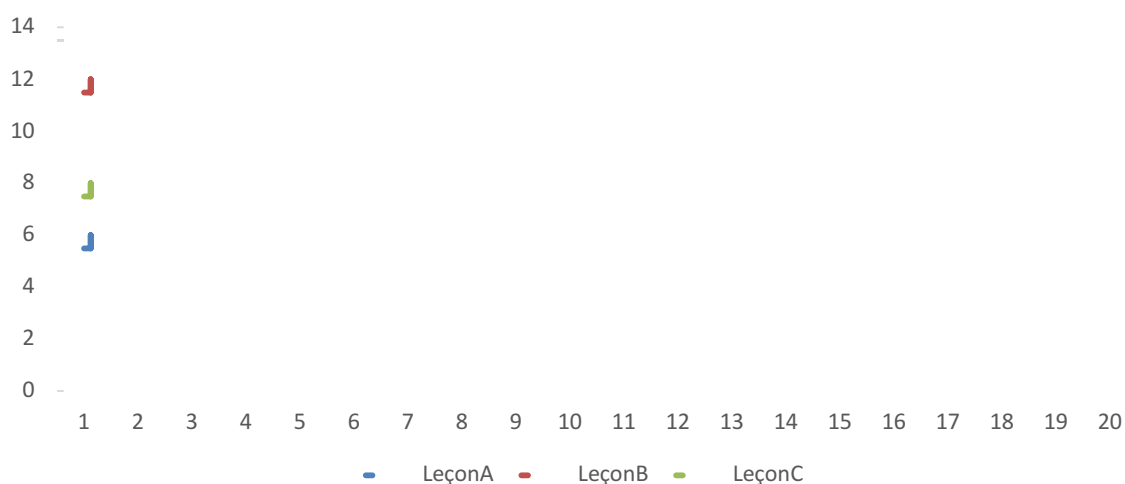
Moyenne	7,3
Écart type	3,7
Médiane	6,6

2.4.1.3. Épreuve orale de spécialité de secteur C (37 candidats admissibles)

Moyenne	7,0
Écart type	2,6
Médiane	7,2

□

Répartition des notes Leçon Option



2.4.2. Épreuves orales de contre-option

2.4.2.1. Épreuve orale de contre-option de STU pour les candidats de secteurs A et B

Pour secteur A : 40 admissibles

Moyenne	7,2
Écart type	2,88
Médiane	6,4

Pour secteur B : 68 admissibles

Moyenne	7,72
Écart type	3,37
Médiane	6,8

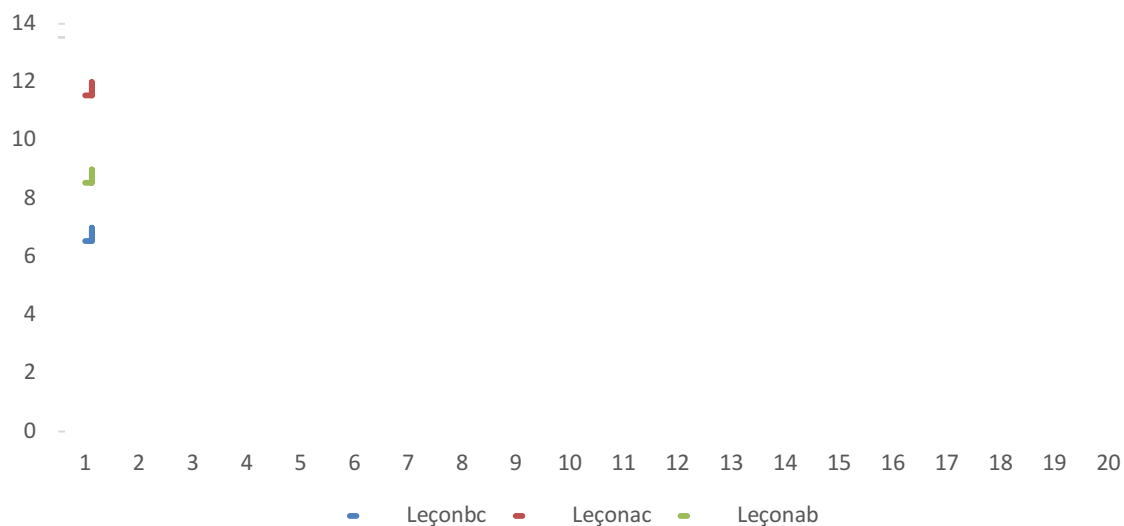
2.4.2.2. Épreuve orale de contre option de biologie pour les candidats de secteur C

Pour secteur C : 37 admissibles

Moyenne	7,12
Écart type	3,54
Médiane	6,3

□

Répartition des notes TP Contre-option



3. Programme du concours

3.1. Programme de la session 2021

Ce programme est disponible sur le site du ministère de l'éducation nationale à l'adresse suivante :

https://media.devenirenseignant.gouv.fr/file/agregation_externe/95/0/p2022_agreg_ext_svtu_1399950.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 d'une démarche scientifique tout au long des épreuves du concours. Si les épreuves d'admissibilité se concentrent 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 vérifient ses compétences scientifiques et pédagogiques exprimées en temps réel dans des épreuves pratiques ou des exposés oraux.

Tout au long des épreuves du concours, le jury aura le souci de faire travailler les candidats sur des documents scientifiques originaux qui peuvent donc (à partir de la session 2018) être rédigés en langue anglaise.

4. Épreuves écrites

4.1. Épreuve écrite du secteur A :

4.1.1. Le sujet proposé :

Les variations d'activité au sein d'une cellule (On ne traitera pas des variations d'activité en lien avec le cycle cellulaire)

4.1.2. Commentaires généraux sur l'épreuve

Analyse du sujet

La cellule peut être définie comme un système thermodynamique ouvert : il existe une activité métabolique permettant la synthèse des molécules en lien avec la production de molécules énergétiques nécessaires à son fonctionnement. Cette activité peut présenter des fluctuations qui dépendent de sa fonction et/ou de la réponse à des signaux environnementaux. « au sein d'une cellule » impose de ne pas comparer les différences d'activité de différents types cellulaires : tout ce qui se rapporte à la spécialisation de fonction liée à la différenciation cellulaire était hors sujet. En revanche tous les processus permettant la différenciation cellulaire au sein de la cellule sont inclus dans le sujet (\Leftrightarrow sortie du cycle cellulaire). L'absence d'analyse des termes du sujet expose souvent le candidat à faire du hors sujet (par exemple ici à traiter les variations d'activité entre cellules différenciées ou l'activité cellulaire) ou l'entraîne à des lacunes importantes (par exemple beaucoup de candidats sont restés au niveau de l'organisme ou des organes).

Tous les types de cellules, des organismes unicellulaires procaryotes ou eucaryotes aux organismes pluricellulaires, étaient des exemples pouvant être traités.

La formulation du sujet demande un questionnement large sur les variations : quels sont éléments déclenchant ces variations, les mécanismes moléculaires associés, les points de fonctionnement métaboliques impliqués dans les variations d'activité ? Les conséquences de ces variations doivent aussi être abordées. Un des éléments clés du sujet, intrinsèque à tout sujet de biologie ou de géologie était de montrer l'interdépendance des échelles, notamment entre l'échelle moléculaire et cellulaire. Mais un des écueils était de ne pas se tromper d'échelle, l'échelle de l'organisme en tant que telle n'était donc pas attendue (par exemple traiter la régulation de la glycémie sans aborder les variations d'activité au sein des cellules n'était pas correct).

Introduction

L'introduction ne sert pas uniquement à décrire un plan mais doit permettre de contextualiser le sujet, en analyser les termes, préciser une problématique et expliciter le fil directeur de la composition. Nombre d'introductions ont commencé par l'observation historique de Hooke. Il faut éviter les accroches « passe-partout » dans les introductions. L'amorce d'une introduction doit être l'occasion de montrer l'intérêt du sujet. Il est important dans une introduction de définir les principaux termes du sujet. Les définitions ont souvent été incomplètes y compris celle d'une cellule (l'information génétique par exemple a été souvent oubliée). La problématique ne doit pas être une simple transformation du sujet en question mais doit être construite à partir de l'analyse du sujet tout en précisant ses limites. Enfin l'annonce du plan permet de montrer la démarche qui sera suivie par le candidat pour répondre au sujet.

Choix des exemples

Le sujet proposé était un sujet vaste qui nécessitait d'avoir un certain recul sur les connaissances acquises tout au long du cursus du candidat et qui ne pouvait être traité par une présentation exhaustive, linéaire et descriptive de tous les exemples connus par le candidat. Il s'agissait donc de faire des choix judicieux d'exemples représentatifs et non redondants qui devaient couvrir à la fois toutes les idées répondant au sujet et toute la diversité du monde vivant. Aucune exhaustivité n'était donc attendue. Certains domaines du programme ont été très peu abordés, alors même qu'ils constituaient à la fois des notions et des exemples incontournables ; c'est le cas par exemple du contrôle des enzymes.

Construire une réponse au sujet

La composition doit s'organiser en plusieurs parties qui doivent permettre de développer les notions fondamentales que le candidat souhaite présenter, en s'appuyant sur des exemples précis et pertinents (faits scientifiques, expériences historiques ou récentes). La construction d'une réponse à la problématique posée requiert plusieurs niveaux de démonstration. La démarche scientifique globale doit clairement apparaître dans le plan. Les titres doivent donc être adaptés au sujet. Les paragraphes doivent s'intégrer dans une démarche de démonstration et non pas dans un catalogue d'exemples susceptibles de traiter le sujet. Les transitions sont essentielles pour aider le lecteur à comprendre la logique et l'enchaînement des idées.

Chaque paragraphe doit ensuite être construit : il s'agit de démontrer une idée et non pas de l'affirmer. Il est donc nécessaire de développer une argumentation efficace : problématisation, argumentation à partir de faits précis, bilan doivent être les étapes de construction d'un paragraphe.

Les connaissances doivent être exactes et précises mais elles doivent aussi être utilisées pour répondre au sujet. Un des outils les plus efficaces pour respecter ces exigences est le schéma avec légendes fonctionnelles adaptées au sujet.

Les candidats qui ont réussi cet exercice, même partiellement, ont ainsi pu montrer aux correcteurs que les connaissances étaient non seulement apprises mais aussi comprises et intégrées, critère essentiel pour de futurs enseignants voués à devoir transmettre et faire comprendre des notions scientifiques parfois complexes.

Place des faits expérimentaux

Il semble utile et essentiel au jury de rappeler que les sciences de la vie et de la terre sont des sciences expérimentales. Une démonstration construite à partir de faits expérimentaux est donc exigible. Les résultats perdent de leur puissance si les hypothèses et protocoles ne sont pas explicites. Là encore, ce qui importe c'est d'être capable de retranscrire une démarche.

Conclusion

La conclusion ne doit pas être un simple résumé de l'exposé ou une simple reprise du plan, ce qui suggère un manque de progression de la réflexion. Elle doit reprendre des idées fortes, et montrer un prolongement de la réflexion par une ouverture pertinente. L'ouverture ne doit pas être une question faussement naïve du type « qu'en est-il des variations d'activité lors du cycle cellulaire ? »

Utiliser à bon escient le vocabulaire scientifique et en maîtriser l'orthographe

La maîtrise des connaissances et leur niveau de compréhension sont bien souvent révélées par la maîtrise du vocabulaire. Ainsi un candidat qui utilise indifféremment les termes régulation ou contrôle, récepteur ou transporteur...montre qu'il ne comprend pas les concepts scientifiques sous-jacents à ces termes. Ceci est d'autant plus dommageable que les candidats sont potentiellement de futurs enseignants dont une des missions est de transmettre un savoir. La clarté du discours et la rigueur scientifique dépendantes d'une utilisation correcte du vocabulaire sont des compétences incontournables.

Utiliser des formulations neutres, factuelles et non finalistes

Trop de candidats utilisent des formulations maladroites et finalistes. Faut-il rappeler qu'une cellule ou un organisme n'a aucune volonté propre ? Elle ne « cherche » donc pas à s'adapter au milieu !

Communication, soin

Transmettre un savoir exige des compétences de communication. La syntaxe, l'orthographe et la qualité graphique des schémas doivent être corrects.

En conclusion, le sujet a été discriminant à plusieurs niveaux. Au niveau de la compréhension du sujet, de nombreux candidats n'ont eu qu'une vision partielle du sujet et/ou ont mal ciblé le sujet. Au niveau de la précision et de la complétude des connaissances, l'exposé des faits scientifiques a été souvent insatisfaisant. Enfin, au niveau de l'exploitation des connaissances pour répondre au sujet, l'exercice a été souvent maladroit. Cependant, quelques candidats ont réussi à faire preuve d'une réflexion approfondie sur le sujet et d'un recul scientifique certain sur les connaissances acquises au cours de leur cursus universitaire.

4.1.3. Grille de notation

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

Agrégation externe		Sujet : Les variations d'activité au sein d'une cellule (On ne traitera pas des variations d'activité en lien avec le cycle cellulaire)		Commentaires attendus	
Épreuve du secteur : A	N° copie:				
Introduction	Contexte servant d'ancrage clair à l'introduction : aucun contexte : 0 / une volonté de contexte mais artificiel, passe-partout : 1 / tout contexte liée au sujet : 3				
	Analyse des termes du sujet à partir du contexte : définitions et analyse : Le cycle cellulaire est exclu du périmètre du sujet mais on garde différenciation d'une cellule Au sein d'une cellule : aucune comparaison de cellules différenciées spécialisées dans une fonction n'est attendue. La transformation tumorale ne fait pas non plus partie du périmètre du sujet. Mais des exemples d'organismes unicellulaires (procaryotes + levure notamment) sont attendus. une ou deux définitions mais pas d'analyse, de limite : 1 / tous les termes du sujet définis et mis en lien : 2 / et définitions et analyse et limites : 3				
	Problématique clairement posée et justifiée sujet transformé en question : 1 / problématique dans la continuité de l'analyse, même sous forme de plusieurs questions : 2 / problématique dans la continuité de la l'analyse et bien formulée : 3				
	Axe directeur de la composition explicité et bien justifié par rapport à la problématique énoncée absence : 0 / présence (y compris annonce de plan) : 1				
Pour tous les items abordés dans le barème et notés de 0 à 3 (soit 0, 30, 80 et 100% de la note de référence): <i>Notion non abordée : 0 / Notion abordée de façon superficielle ou décontextualisée : 1 / notions abordée en établissant un lien avec le sujet: 2 / notion clairement développée, expliquée, illustrée et justifiée par rapport au sujet : 3</i> Ci-dessous, les notions attendues sont en gras. Elles sont accompagnées de précisions ou d'exemples pour aider à la correction, mais ceux-ci restent au choix du candidat.					
Nature des signaux déclenchant des variations d'activité cellulaire	Stimuli du milieu extérieur ou variation de paramètre physico-chimique du milieu	stimuli de nature physique : - Action de la lumière complexe : soit longueur d'onde, soit variation de la photopériode (mise à fleur, germination), soit alternance jour/nuit - variation de température (froid et ralentissement métabolique), onde sonore, gravité (statocytes/statolithes), variation de pression			
		stimuli de nature chimique : molécules (phéromone, phytohormones, métabolite, xénobiotiques/ perturbateurs endocriniens) soit différence de potentiel chimique (dont potentiel hydrique)		Exemples plantes : éthylène, acide jasmonique, acide salicylique, strigolactones animaux : phéromones, molécules odorantes	
		Signaux provenant de l'organisme	message nerveux / NT : couplage excitation contraction cellule musculaire		exemples de NT : Ach, Noradr, ...
			message chimique : endocrine, paracrine, autocrine		Signaux hormonaux, petidiques
			message autre : fixation d'une molécule : exemple complexe antigène anticorps fixation sur récepteur de la partie Fc des macrophages , LDL et endocytose par récepteurs interposés - variation de pression : mécanorécepteur etc...		
		Signaux intrinsèques	Balances ATP/ADP, NADH/NAD⁺ ou redox		
	produit final de voie métabolique				
	0				
	Mécanismes intervenant dans la variation de l'activité cellulaire	réception du stimulus et transduction	récepteurs : changement de conformation provoqué par le stimulus => déclenchement de la variation d'activité cellulaire		
			transduction du signal : variation d'activité dépendante de l'effet du récepteur : activation ou répression d'une cascade par le récepteur activé, messenger extracellulaire déclenchant la variation d'activité transduit en un messenger intracellulaire, second messenger, dont l'action provoquera une réponse cellulaire (= variation d'activité !), des variations d'activité en cascade induisant une amplification. idées à démontrer sur un exemple de transduction directe, un de transduction indirecte, discussion sur hormone stéroïde où pas de transduction		Voie MAP kinase (animaux, champignons et plantes) , seconds messagers AMPc Ca2+, éthylène, facteur de transcription, à étoffer en reprenant le programme / dégager les différents voies de transduction en plusieurs items ?
			spécificité des stimuli liée à la spécificité fonctionnelle des récepteurs (pigments - réseau de doubles liaisons, spécificité de l'interaction type protéine / ligand)		photorécepteurs (phytochromes, cryptochromes, chlorophylles, pigments rétiniens), interactions protéines ligands (hormone exemple précis avec récepteurs, neurotransmetteurs, anticorps...)
			intégration : plusieurs signaux peuvent agir sur une cellule. L'intégration permet l'élaboration d'une réponse unique (<=> variation d'activité cellulaire). Lié à la convergence des voies de transduction sur un même second messenger		Crosstalk, hormones calcium
		variation de l'activité par contrôle de l'activité des enzymes	un contrôle par des effecteurs : activateurs ou inhibiteurs (inhibiteurs compétitifs, non compétitifs) modifiant la conformation de l'enzyme, et celle du site catalytique, ou occupant le site de fixation de l'enzyme => modification de la vitesse de réaction catalysée par l'enzyme considérée <=> variation d'activité cellulaire - cinétique exigible (courbes pour cinétiques michaeliennes en Lineweaver et Burk IC et INC)		contrôle des enzymes du cycle de Calvin, de la glycolyse
			un contrôle par phosphorylation / déphosphorylation des enzymes => activation/inactivation de l'enzyme => variation de son activité donc de celle de la cellule		ATTENTION, kinases dans les voies de transduction à valoriser dans le paragraphe transduction. Ici toute enzyme de voie métabolique impliquée dans la réponse cellulaire (exemple cellule hépatique métabolisme glycogène)
			Changement localisation par exemple cytosol-noyau		Translocation du complexe de la pyuvate déshydrogénase de la mito au noyau
		variation de l'activité des enzymes par contrôle de la quantité des enzymes présentes	contrôle de la transcription. Production d'enzymes ==> [E] varie ==> vitesse initiale de réaction = k [E] varie = variation d'activité cellulaire		opéron lactose , opéron tryptophane
			- contrôle de la traduction :uORF, ARN interférents - même raisonnement que ci-dessus : modification de [E] donc de la vitesse de réaction		Exemple chez la levure, activation ou repression de la traduction en fonction de carence nutritive par exemple
			contrôle au niveau des autres étapes : maturation posttraductionnelle, clivage, adressage - enzyme devient fonctionnelle ==> modification de sa concentration donc variation d'activité au sein de la cellule, modification de l'enzyme suite à une mutation		Exemple : voie de l'éthylène, clivage de EIN2 au niveau de la membrane du RE et translocation dans le noyau pour activer EIN3 Maladie génétique

Variation de l'activité cellulaire et fonction cellulaire	passage d'un état au repos à un état actif	notions de cellule excitable (cellule capable de répondre à une stimulation en générant un courant électrique) et de cellule activable (cellule capable de répondre à une stimulation en modifiant son activité) = cellules dont l'activité est déclenchée sous l'action d'un stimulus <=> variation d'activité cellulaire correspondant ici à un passage d'un état au repos à un état actif	cellule musculaire squelettique striée ou cardiaque : couplage excitation - contraction musculaire, cellules de l'immunité (exemple : phagocytose déclenchée par la fixation du complexe AcAg), neurone, thigmonastie , germination du grain de pollen inflammation mobilité
	variation de l'activité cellulaire et fonctionnement métabolique	en lien avec la variation de l'activité cellulaire, adaptation du fonctionnement métabolique de la cellule qui constitue aussi une variation d'activité cellulaire permettant la réalisation de la fonction cellulaire	cellule musculaire variation au cours de l'effort des voies métaboliques impliquées, synthèse de métabolites secondaires
	modulation de la fonction cellulaire	cellule en activité mais pouvant présenter une variation d'activité, soit augmentation soit diminution, ce qui permet de répondre à tout type de situation physiologique	cellule musculaire lisse artériolaire tonus vasomoteur et vasomotricité, cellule nodale et contrôle de la dépolarisation spontanée, équilibre et orientation métabolique (cellule hépatique stockage versus déstockage du glucose / glycogène), globule rouge effecteurs allostériques de l'hémoglobine
Variation de l'activité cellulaire et vie cellulaire	différenciation cellulaire	cascade d'activation et de répression de gènes codant des facteurs de transcription, gènes codant des protéines spécifiques ...	Différenciation cellule du xylème, différenciation des stomates, différenciation de la cellule musculaire squelettique striée, programme ? Recombinaison somatique anticorps VDJ ?
	sénescence et apoptose	mise en place d'un programme morphogénétique : activation d'enzymes impliquées dans la lyse cellulaire et d'enzymes impliquées dans la remobilisation des produits de la lyse	changement de métabolisme (autotrophe -> hétérotrophe) : Lyse des chloroplastes, dégradation des chlorophylles / activité catalytique, remobilisation de l'azote et de certains ions
Variation de l'activité cellulaire et milieu	épigénétique	épigénétique : tout changement d'expression des gènes qui n'implique pas de changement dans la séquence ADN, qui est stable (transmissible aux générations suivantes de cellules au cours des divisions = mémoire cellulaire) mais demeure réversible. changement d'expression des gènes = variation d'activité cellulaire	exemple de la vernalisation (régulation FLC). Translocation de la pyruvate déshydrogénase dans le noyau pour former de l'acétylCoA pour l'acétylation des histones (rôle dans les cancers et développement), inactivation du chromosome X
	adaptation aux variations du milieu	adaptation du métabolisme au substrat présent	levure respiration / fermentation O2 ou non
		adaptation du métabolisme au substrat le plus facilement utilisable	opéron lactose, glucose et lactose
		intégration des facteurs du milieu et réponse du développement	cellules foliaires perception de la photopériode et synthèse de florigène, levée de dormance et stratification des graines
		Passage obscurité lumière, rythme circadien	hétérotrophie et autotrophie dé-étiolement, euglène, plantules plantes CAM !!
		variation de l'état cellulaire en fonction des variations du milieu (eau, froid...)	cellule de garde des stomates et état de turgescence en fonction des conditions externes (état hydrique) + thermogénèse
		réserves : stockage et remobilisation en fonction des conditions du milieu (échelle de la journée - cellule chlorophyllienne ou échelle de l'année - cellule d'organe de réserve)	cellule chlorophyllienne : fonctionnement jour mise en réserve des trioses P sous forme d'amidon et nuit remobilisation des réserves puis exportation / cellules des organes de réserve : stockage / déstockage
	temporalité des mécanismes	Variations instantanées de l'activité cellulaire par des mécanismes de modifications de molécules déjà présentes dans la cellule ou variations à court terme de l'activité cellulaire par des mécanismes provoquant un changement de composition moléculaire de la cellule (et à plus long terme, différenciation). Temporalité pouvant être aussi liée au temps de latence (entre le signal et la réponse).	Exemple : différenciation de cellules du xylème (réponses courtes et à plus long terme) Réponse à l'auxine : croissance cellulaire
Variation de l'activité cellulaire et interaction biotique (symbiose/pathogène)	Introduction d'Acide Nucléique étranger	virus : détournement de la machinerie cellulaire hôte par le virus ou modification (entrée en apoptose, production d'interféron etc...)	virus au programme : bactériophage, VMT, VIH, virus de la grippe
		bactéries : agrobacterium tumefaciens : T-DNA : Synthèse d'opines, hormones auxines et cytokinines variation de l'activité cellulaire au moment de la mise en place de l'interaction entre les deux organismes ET variation de l'activité cellulaire lors du fonctionnement de la galle ou bactérie intracellulaire animale	Agrobacterium tumefaciens, galle du collet
	variation de l'activité cellulaire et relation interspécifique de type symbiose	variation de l'activité cellulaire au moment de la mise en place de l'interaction entre les deux organismes ET variation de l'activité cellulaire lors du fonctionnement de la symbiose	Rhizobium / infection du poil absorbant puis fonctionnement de la nodosité, mycorhize mise en place et modification de l'activité cellulaire,
Variation d'activité cellulaire et biotechnologies		Transgenèse : Hairy root : production de composés secondaires, Production de protéines recombinantes géniques Thérapies	Insuline, facteur de croissance, antigène...

Conclusion et perspectives		Quelques idées clés / transversales qui répondent à la problématique répétition du plan ou résumé ou répétition de l'intro sans progression : 1 / résumé et un retour à la problématique mais incomplet + une ou deux idées fortes : 2 / résumé retour clair à la problématique et idées fortes bien exprimées : 3	
		Ouverture pertinente et apport d'une culture générale et scientifique idée farfelue ou question faussement naïve sur le cycle cellulaire : 0 point juste une idée (une question autre que sur le cycle cellulaire) : 1 point idée développée (une discussion clairement menée et / ou dans la continuité du sujet) : 2-3 points	
Qualité générale de la construction de la copie	Plan	Titres qui donnent les notions, adéquation entre titres et contenus des paragraphes, cohérence plan non adapté au sujet ou uniquement des grandes parties I/II/III : 0 quelques titres adaptés au sujet mais pas de cohérence globale : 1 quelques titres adaptés au sujet et un effort de construction de réponse au sujet dans la globalité : 2 titres bien adaptés et bonne cohérence : 3	
	Transitions	Les transitions sont globalement : absentes (0), artificielles (1), logiques mais rares (2), logiques et quasiment systématiques (3)	
	Approches expérimentales et observations	A apprécier par rapport à la richesse de la copie des résultats d'expérience ou mesures présentes correspondant au sujet mais non exploitées en rapport avec le sujet : 1 / des résultats d'expérience ou mesures présentes exploitées en rapport avec le sujet ou une approche expérimentale complète (protocole/technique, hypothèse, résultats et exploitation en lien avec le sujet) : 2 / au moins deux approches expérimentales complètes : 3	
	Diversité dans le choix des exemples	Valorisation des copies qui ont travaillé dans tout l'éventail du vivant (celule animale, cellule végétale, levure, bactérie, unicellulaire/pluricellulaire) deux exemples précis dans deux catégories différentes : 1 / plusieurs exemples précis mais ne couvrant pas plus de 2 catégories différentes : 2 / plusieurs exemples précis dans au moins 3 catégories différentes : 3	
	Illustrations	Pertinence, qualité, intégration à la démonstration : à apprécier par rapport à la richesse de la copie <u>Les notions, elles, sont valorisées dans les autres items du barème</u> aucun schéma PERTINENT : 0 / peu de schémas pertinents de qualité ou inégalement intégrés à la démonstration : 1 / plusieurs schémas pertinents de qualité et intégrés inégalement à la démonstration : 2 / plusieurs schémas pertinents de qualité (avec échelle) et majoritairement intégrés à la démonstration : 3	
Total du fond			
Bonus global (Mise en relation d		à n'utiliser que rarement : dans deux cas de figure soit une idée absente de la grille bien traitée curseur : 1, soit une copie excellente qu'on veut avoir à l'oral : curseur 3	
Forme	Rédaction	Clarté, concision	
		Orthographe, syntaxe	
	Présentation	Présentation et soin	
Total de la forme			
TOTAL de la copie			

4.2. Épreuve écrite du secteur B :

4.2.1. Le sujet proposé :

Les ressemblances entre être vivants

4.2.2. Commentaires généraux sur la compréhension et le traitement du sujet

Il s'agissait d'un sujet très large, qui permettait de valoriser les connaissances et les compétences des candidats :

- dans des domaines variés du programme, suivant le choix des exemples développés,
- dans le domaine des sciences évolutives, puisque les ressemblances sont expliquées par des processus évolutifs,
- et dans le domaine de la reconstitution phylogénétique, puisque les ressemblances, pour certaines, sont des outils permettant la classification du vivant.

Le sujet, non limité à un ou des groupes particulier(s), permettait au candidat de choisir des exemples variés du vivant. Les exemples choisis par le (la) candidat(e) devaient traiter aussi bien de la biodiversité actuelle que passée, qu'il était pertinent de comparer dans une perspective temporelle.

Le libellé, très simple dans sa formulation, demandait que l'on s'intéresse aux attributs communs observés entre des organismes différents, quelle que soit la relation entre leur rang taxonomique : la question devait se poser aussi bien pour des organismes très proches phylogénétiquement comme des individus d'une même population, que pour des groupes d'organismes distants d'un point de vue phylogénétique. Ainsi, l'un des enjeux du développement était de bien préciser ce qu'on comparait : des individus uniques, ou bien des groupes d'individus (ce qui supposait alors de montrer comment on traitait la diversité intra-groupe pour obtenir des données comparables).

Le sujet ne demandait pas à ce que soient recherchées les ressemblances entre TOUS les êtres vivants. Certains candidats, partis dans cette mauvaise direction, se sont ainsi trompés de sujet en traitant l'unicité du vivant, avec de longues parties sur l'origine du vivant, la théorie cellulaire, l'ADN ou la composition chimique des biomolécules.

Par ailleurs, la comparaison demandée avait pour objectif de mettre en valeur et expliquer les points communs uniquement et non les différences. Dans certaines copies, une dérive a été observée vers le traitement des différences, ce qui constituait un autre sujet.

Le jury déplore que beaucoup de candidat(e)s tentent de réciter des connaissances (parfois mal maîtrisées) dans un long panorama d'exemples -plus ou moins pertinents- pour illustrer la notion de ressemblances à différentes échelles biologiques, sans idées directrices et sans explorer aucun autre aspect du sujet. Ainsi, présenter des ressemblances fonctionnelles comme les systèmes circulatoires était certes approprié, mais il était dommage de le faire sans présenter explicitement ces ressemblances comme le résultat de processus évolutifs, et au sein d'un catalogue d'une ribambelle d'autres ressemblances physiologiques n'apportant pas plus d'informations sur l'origine de telles ressemblances. De même, il n'était pas judicieux de développer des descriptifs des bases génétiques de l'hérédité et des régimes de reproduction sans faire le lien au sujet et notamment sans démontrer la conservation de ressemblances.

L'évolution, notion phare dans ce sujet, est parfois traitée en tant que telle dans une partie suivant les constats, et non mise en lien avec le sujet.

Le jury a en revanche apprécié cette année un effort par rapport à la présentation générale des copies. La notion de convergence est en général bien présentée (même si pas toujours explicitement reliée à la notion d'homoplasie et souvent mal associée aux facteurs sélectifs). Les notions d'homologie et d'homoplasie sont souvent comprises.

4.2.3. Les attendus notionnels et commentaires sur leur traitement dans les copies

Les attributs communs sont observables et évaluables grâce à une méthodologie scientifique.

Était attendu un constat des ressemblances observables entre êtres vivants à partir d'exemples précis de caractères et si possible quantifiées. Les différentes échelles biologiques d'observation de ces ressemblances devaient être dégagées. Le traitement des données brutes, préliminaire à une comparaison pertinente (comme l'établissement de moyennes lorsque des groupes d'organismes sont comparés, ou encore l'alignement des séquences moléculaire après séquençage), et la quantification des ressemblances étaient des notions incontournables.

Nous déplorons ici beaucoup trop d'exemples non maîtrisés et non précis « il y a une fleur qui mime un insecte... ». Combien d'erreurs sur des exemples aussi classiques que la comparaison de membres chiridiens, dénotant à la fois un manque de connaissances de base et un manque de rigueur dans le traitement des données...

Les ressemblances sont explicables dans un cadre conceptuel défini.

Suite au constat de ces ressemblances, la question de leur origine et de leur maintien dans le temps devait être posée. Il s'agissait alors de montrer que ces traits ressemblants, qui constituent un fait observable, pouvaient s'expliquer dans divers cadres conceptuels, aussi bien fixistes qu'évolutionnistes. Le jury a été sensible à l'approche épistémologique du sujet que certaines (très rares) copies ont tenté, montrant la distinction entre les faits et les théories.

Il était bien sûr attendu que les ressemblances soient ensuite expliquées plus précisément dans le cadre de la théorie de l'évolution, par les mécanismes d'héritage, de sélection naturelle et de dérive.

Sur ces points de dynamique de la biodiversité et des mécanismes de l'évolution, le jury constate des erreurs témoignant de problèmes de compréhension :

- Approche gradiste, panglossienne ou téléologique développées par certains candidats dans la présentation de certains phénomènes : notions absurdes de "pérennité des espèces" voire de « pérennité des individus », « d'optimisation de la valeur sélective de l'individu », « d'organismes parfaitement adaptés à leur environnement », « d'organismes supérieurs » ou encore organismes actuels qualifiés de « primitifs ». Pour certains candidats, on parle de mimétisme « lorsqu'un individu prend l'apparence d'un autre être vivant pour dissuader un prédateur » ! Ces expressions n'ont rien à faire dans un devoir d'agrégation et encore moins en secteur B où tout le programme permet de démontrer chacune de ces assertions. **Fatigué de répéter ces constats de rapports en rapports, le jury a décidé cette année de pénaliser fortement ces formules finalistes** (qui, bien plus que de simples défauts de style rédactionnel, révèlent de véritables erreurs scientifiques témoignant d'une incompréhension du processus évolutif).
- Raisonnements fallacieux assénés comme des évidences (« puisque les organismes se ressemblent cela démontre qu'ils ont une ascendance commune ») : les ressemblances ne sont pas une preuve de l'évolution, et s'intègrent tout aussi bien dans un cadre fixiste...
- Méconnaissances des bases de l'histoire des sciences relatives au sujet : manque de connaissances sur les disciplines (ex : Linné n'est pas l'inventeur de la taxonomie ; Linné n'est pas le premier à avoir réalisé une classification, sa classification ne cherchait pas à traduire la parenté), mauvaise attribution de travaux scientifiques (ex : Darwin n'a pas travaillé sur le mélanisme industriel chez *Biston betularia*), mauvaise connaissance des époques -mêmes

approximatives- d'avancées scientifiques importantes... Par ailleurs, l'histoire des sciences n'est pas juste un exposé chronologique de faits et de dates. La dimension analytique (c'est-à-dire examiner le statut de la ressemblance au travers de cette histoire des idées) n'a jamais été faite. Il faut arrêter les anecdotes au profit d'une intégration de fond de ces aspects, surtout en sciences évolutives.

- Vision réductrice de la biodiversité présentée par certains candidats, qui traduit parfois un mammiférocentrisme (voire anthropocentrisme) problématique. Bien sûr, tout exemple était possible s'il était pertinent, mais quand cela a conduit à un réductionnisme autour d'un ou deux modèles uniques, cela a démontré un manque de prise de recul scientifique, très problématique du point de vue du jury.

A titre d'exemple, ce réductionnisme se traduit par des représentations totalement erronées de la reproduction telles que (i) la reproduction sexuée impliquerait nécessairement des gamètes mâles et femelles, (ii) la méiose formerait des gamètes dans tous les groupes taxonomiques, (iii) la reproduction sexuée impliquerait nécessairement deux individus distincts, (iv) la reproduction serait la seule façon de transférer des gènes.

- Aussi, LUCA (dont l'acronyme veut dire *Last Universal Common Ancestor* ou non autre chose) n'est pas le premier être vivant, ne correspond pas à l'origine de la vie, n'est pas le premier ancêtre commun de toute la biodiversité actuelle et passée.

La notion de convergence évolutive est en général comprise et présentée, pas toujours bien reliée à la notion d'homoplasie et souvent mal associée aux facteurs sélectifs et à la valeur sélective.

Les ressemblances entre êtres vivants sont, sous certaines conditions, des indices de parenté et donc des outils pour la reconstitution de scénarii évolutifs.

Il était attendu que l'on discute ici du statut des ressemblances dans différentes méthodes de classification phylogénétique des êtres vivants et de reconstitution de scénarii évolutifs, calibrés temporellement. L'exemple de la méthode cladistique en particulier permettait de montrer que certaines ressemblances sont informatives pour le scientifique car témoignent d'une parenté entre les groupes comparés, alors que d'autres sont trompeuses. La méthodologie est un aller-retour entre pari d'homologie basé sur le constat de ressemblances structurales et identification d'homoplasies, révélées parfois à l'issue de la reconstitution phylogénétique (quand le pari est perdu).

Le jury relève une méconnaissance globale des méthodes de classification actuelles. De nombreux candidats assimilent la cladistique au traitement de données morpho-anatomiques et la phénétique au traitement de données moléculaires. Les étapes de cladistique ne sont absolument pas maîtrisées et en particulier la polarisation de caractères et son importance (très souvent la polarisation entre états ancestraux ou dérivés est remplacée dans les copies par la distinction présence/absence d'un caractère...). La méthodologie se résume souvent à une suite de mots-clés vides de sens (voir partie 3.3).

Une distinction artificielle est parfois faite entre groupes emboîtés et arbres phylogénétiques, alors qu'il peut ne s'agir que de deux représentations identiques de la même histoire évolutive.

Quasiment aucun candidat n'a montré qu'une classification ainsi construite pouvait donner du sens aux ressemblances. C'est regrettable, car construire pour construire est très pauvre au regard de ce que peut apporter une telle construction, et que les méthodes de classification sans retour secondaire aux ressemblances fait basculer la copie dans du hors-sujet.

4.2.4. Quelques compétences évaluées ayant révélé des insuffisances et commentaires sur ces points spécifiques

La construction d'une démarche démonstrative, étayée par des exemples précis et soutenue par un plan informatif pour répondre à la problématique.

C'est à partir d'une argumentation basée sur des constats, des **données précises de nature variée** (y compris phylogénétiques ou expérimentales) que les notions doivent être construites. Les candidats qui ont fait l'effort de répondre au sujet tout en adoptant une démarche rigoureuse et démonstrative ont fait la différence.

Rappelons que la démarche scientifique est la seule qui permette de faire progresser la connaissance en s'appuyant sur des faits scientifiques, et non sur des affirmations non étayées. C'est sur cette démarche que repose la distinction entre science et croyance, et c'est donc un élément essentiel de la formation scientifique.

Dans ce cadre, le plan doit être pensé comme un support pour clarifier cette démarche pour le lecteur. Il doit faciliter l'organisation de la démonstration en explicitant les étapes du raisonnement et leur enchaînement logique (renforcé par les transitions). Les titres des parties et sous-parties doivent être choisis pour expliciter les notions-clés que l'on va démontrer. La lecture du plan doit à elle seule permettre au jury de cerner la démarche du candidat et évaluer son adéquation avec la problématique formulée en introduction. On attend donc que le plan soit conçu "sur mesure", pour s'ajuster au mieux à la spécificité du sujet. Les titres génériques sont à proscrire (« Rappels sur... », « Généralités » ou encore « Quelques définitions »).

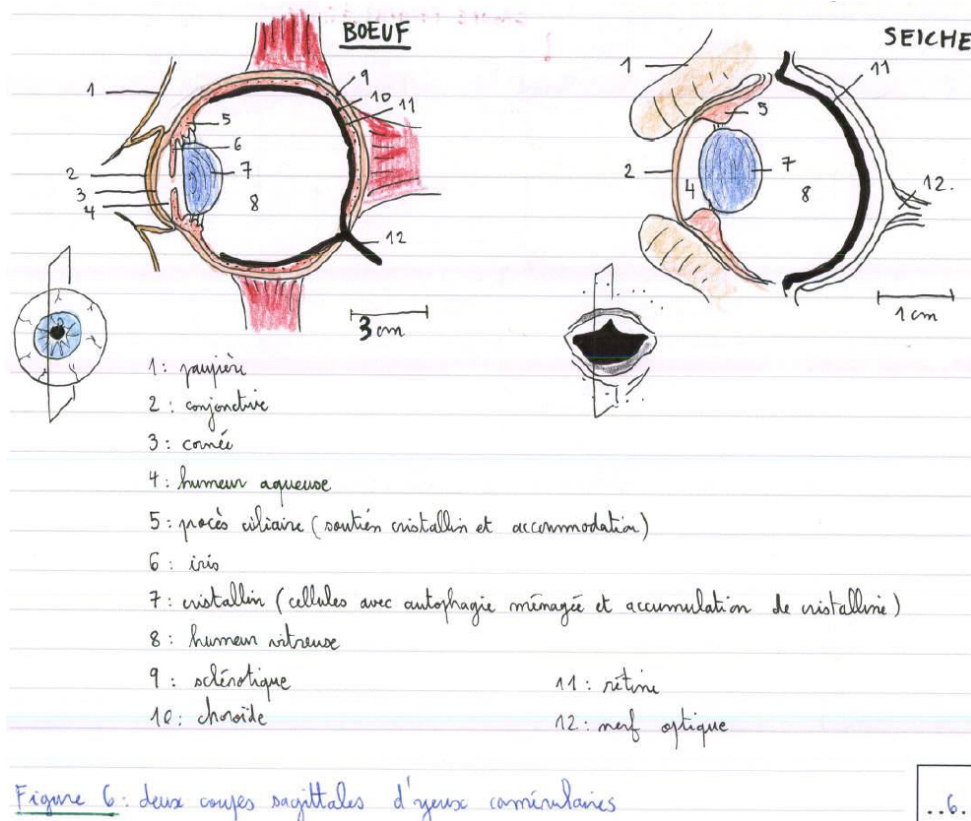
De même, la fin de l'introduction permet de proposer les grandes lignes de la démarche de façon articulée, là où de nombreux candidats se contentent d'une annonce de plan sous forme de sommaire (ce qui n'apporte pas de point au barème).

Enfin, les notions ont été trop souvent assénées sans construction et des points importants sont abordés de façon implicite (typiquement, le caractère héréditaire de certaines ressemblances, ou encore la sélection naturelle de certains traits dans des milieux contraignants). Le jury n'a pas à deviner ce que le candidat sait ou ignore ni ce qu'il cherche à démontrer, et ne valorise dans la notation que les notions clairement explicitées.

Des illustrations informatives complétant le texte associé

Les schémas, trop peu nombreux, doivent être étroitement connectés au texte, apporter un éclairage par rapport au sujet, comporter un titre, une légende fonctionnelle et une échelle donnant l'ordre de grandeur quand des objets biologiques sont représentés. Les schémas trop naïfs ou au contraire très complets mais déconnectés du sujet constituaient une perte de temps. A l'inverse, des schémas intégratifs et soignés ont été valorisés non seulement sur la forme mais aussi pour les notions/concepts

qu'ils portaient. Le jury donne ci-dessous un exemple parmi d'autres de schéma informatif et soigné, tiré d'une bonne copie de la session 2021.



Les cartes mentales ou conceptuelles se sont le plus souvent avérées inutiles car elles n'étaient qu'une simple apposition de mots savants dans des cases sans liens logiques établis entre les différentes cases représentées. Elles ménageaient donc du flou dans les relations conceptuelles (notamment la distinction entre faits et modèle).

Une expression écrite claire et précise

Au-delà des points classiques de l'orthographe et de la syntaxe dans la rédaction du texte, le jury recommande, comme les années précédentes, de se questionner sur le sens des mots utilisés et de ne pas utiliser de mots savants si on n'en maîtrise pas le sens.

Par exemple, « code génétique » utilisé pour « information génétique », confusion entre « génotype » et « phénotype » ou entre « héritage » et « hérédité » ; emploi de termes obsolètes tels que « règnes du vivant » n'ayant plus qu'une valeur historique, incapacité à définir certains des termes clefs du sujet tels qu'« apomorphie », « plésiomorphie », « homologie », « analogie », « homoplasie ». Le jury préfère lire une explication simple d'un concept bien compris sans son terme savant plutôt qu'un mot vidé de son sens et utilisé à contre-emploi. Typiquement, de nombreuses copies mettent en avant l'existence d'adaptations convergentes, sans mesurer la portée d'une telle expression (une adaptation à un milieu est délicate à démontrer).

Certaines copies présentent des fautes d'orthographe dans des termes scientifiques de base, voire dans les mots clefs du sujet (ex : phylogénie, phénétique) ce qui est d'autant plus problématique que

cela peut mener à des non-sens scientifiques (par exemple, « mimétisme bayésien » au lieu de batésien, « phyllogénie » au lieu de phylogénie, « phrénétique » au lieu de phénétique).

L'emploi de guillemets pour se permettre l'utilisation de termes flous ou que le candidat sait inadéquats est à proscrire (par exemple « reptiles », « poisson »).

De même, les copies utilisant des abréviations pour êtres vivants, comme EV ou ê-vivants, même explicitées, révèlent une fainéantise difficile à accepter

Enfin, rappelons que l'écriture scientifique se doit d'être neutre et dépourvue de jugements de valeur. Par exemple, des jugements de valeur inadéquats sur des travaux ou des scientifiques (« le grand Charles Darwin », « les grands travaux de Mendel ») sont à proscrire.

4.2.5. Grille de notation

Fond	Introduction	Contexte : il doit servir d'ancrage clair à l'introduction	
		Analyse des termes du sujet à partir du contexte	
		Problématique clairement posée et justifiée par l'analyse du sujet	
		Axe directeur de la composition explicité et bien justifié	
Caractérisation et quantification des ressemblances (pattern)	Méthodes d'investigation (obs/mesures)	Diversité des caractères comparables à toutes les échelles	Objectif : présenter la diversité des caractères (terme qui doit être défini) comparables entre organismes à toutes les échelles : moléculaire, histologique, morpho-anatomique, ontogénétique, comportementale, écologiques... en indiquant la nature intrinsèque ou extrinsèque. Organismes actuels ou passés.
		Caractères discrets vs continus	Objectif : Montrer à partir d'exemples précis que pour certains caractères comparés, l'étude permet d'aboutir à des catégories discrètes (présence/absence ; nombre d'éléments ; nature de l'élément) et que pour d'autres, des mesures continues sont faites (longueur, angle, volume... morphométrie géométrique par identification de points homologues), que l'on peut secondairement catégoriser (intervalles).
		Cas particulier des molécules séquencées : de l'analyse partielle au séquençage	Objectif : montrer la diversité des approches techniques pour analyser les caractéristiques de molécules séquencées : comparaison de caractéristiques particulières (Tm, RFLP, blot...) ou séquençage (traitement séquence comme une suite de caractères discrets).
	Traitement des données et quantification du degré de ressemblance : qui se ressemblent le plus ?	Comparer ce qui est comparable et pertinence du choix du caractère suivant ce qu'on veut comparer	Objectif : montrer qu'il y a un intérêt à choisir le caractère (moléculaire/morpho-anatomique ou autre) suivant la comparaison voulue (ex. stases morphologiques) et relativité de la notion d'homologie. Montrer la nécessité d'un traitement préalable pour comparer ce qui est comparable (ex : choix d'un algorithme d'optimisation d'alignement moléculaire).
		Identification de liaisons entre caractères et de facteurs de variabilité. Niveaux du vivant comparés (individu vs groupe)	Objectif : Approche statistique des ressemblances : par ex, associer une ressemblance plus ou moins forte à un ou des facteurs de variabilité ou bien comparer des ressemblances entre groupes d'individus présentant une certaine variabilité intrinsèque. Expliciter les différents niveaux du vivant auxquels on peut poser la question de la ressemblance : individus, représentants d'une population, d'un phylum... et montrer que la comparaison de groupes d'êtres vivants nécessite une étape d'échantillonnage qui conditionne la précision de l'analyse.
		Calcul de distances globales (approche phénétique)	Objectif : expliquer que la phénétique étudie les similarités globales entre êtres vivants, les quantifie et les compare entre elles. Etablissement d'une matrice de similitudes (ressemblances) entre UTO.

Interprétation des ressemblances dans un cadre conceptuel - Origine des ressemblances (process)		Le statut de la ressemblance dans l'histoire des idées	
Des ressemblances qui ne traduisent pas un héritage issu d'un ancêtre commun (homoplasies)	Cadre fixiste	Ressemblances entre individus d'une même espèce vues comme la preuve de l'existence d'une création originelle d'espèces fixes (système clos dans le temps), dont l'essence précède l'existence. Argument du "fossile vivant" (ex. Coelacanthé). Primauté à la ressemblance : les variants résultent d'accidents. Ressemblances entre espèces expliquées par contraintes fonctionnelles communes ("La Nature est bien faite").	
		Ressemblances (fait) et choix d'un cadre théorique	
		Emergence du terme homologie et de plan d'organisation	
		La théorie de la "récapitulation"	
	Des ressemblances héritées et conservées dans le temps	Reproduction et régimes + ou - conservateurs des ressemblances	
		Autres types de transferts verticaux de caractères	
		Sélection naturelle et dérive génétique comme forces (parfois) homogénéisatrices	
	Sélection naturelle et émergence d'homoplasies (les ressemblances comme résultat de sélection)	Objectif : montrer à partir d'exemples que la sélection naturelle peut faire émerger des ressemblances (convergences/réversions/parallélismes) indépendamment dans différentes branches évolutives, en lien avec une même contrainte (structurale/fonctionnelle), un même milieu (ou de façon plus générale en lien avec un même gain de fitness). Certains de ces cas correspondent à des adaptations.	
		Cas particuliers des transferts horizontaux	
	Des ressemblances sélectionnées ou contre-sélectionnées	Contre-sélection des ressemblances	Objectif : montrer que certaines ressemblances peuvent être contre-sélectionnées et donc avoir une conséquence sur l'évolution des populations (sélection divergente). Comme par exemple la compétition intra ou interspécifique en terme d'exploitation des ressources quand elles sont limitantes (ex. compétitions intra-guildes).
		Différents types de mimétismes et conséquences biologiques de la ressemblance	Objectifs : identifier à partir d'exemples plusieurs catégories de ressemblances par mimétisme (visuelles, olfactives, acoustiques...) et différentes fonctions biologiques associées (défense, attaque, reproduction) expliquant le maintien de la ressemblance. Mimétismes batésien/müllérien.
		Sélection d'une ressemblance (mimes)	Objectifs : montrer que dans le cas du mimétisme, la ressemblance est sélectionnée en tant que telle. Les mimétismes sont replacés dans leur contexte évolutif.

		Ressemblances acquises dans un même milieu par plasticité (échelle de la vie des individus)	Objectif : montrer que dans un même milieu, sous l'influence de mêmes influences environnementales, des individus acclimatés peuvent, au cours de leur vie, développer des ressemblances phénotypiques / épigénétiques.
L'utilisation des ressemblances dans la reconstitution phylogénétique et l'émergence d'un scénario évolutif	En cladistique, les ressemblances retenues sont des états dérivés de caractères homologues	Principe général	Objectif : expliciter que la cladistique se propose de regrouper les taxons sur la base du partage de certaines ressemblances seulement, les états dérivés de caractères homologues (apomorphies) qu'il faut donc identifier parmi l'ensemble des ressemblances entre groupes à classifier.
		La notion d'homologie primaire	Objectif : expliquer à partir d'exemples précis qu'on fait un pari d'homologie d'après divers arguments (ressemblance : principe des connexions, complété par données ontogéniques par ex. osselets oreille moyenne). De même, identification d'homoplasies structurales.
		Polarisation des caractères	Objectif : montrer à partir d'exemples précis la détermination de l'état apomorphe (seule ressemblance utilisée ; l'état plésiomorphe ne permet pas de regrouper) par le critère de l'extra-groupe.
		Test des arbres possibles	Objectif : expliquer que le principe utilisé en cladistique pour retenir une phylogénie est la parcimonie : on cherche à maximiser le nombre de congruences sur les homologies primaires, c'est-à-dire minimiser le nombre de pas évolutifs.
	Méthodes phénétiques (de distances)		Objectif : montrer que ces méthodes sont fondées sur l'évaluation de distances globales, sans possibilité d'évaluer l'homologie des caractères comparés. L'algorithme peut procéder par clustering (UPGMA, NJ) ou par optimisation (ME). Limites.
	Méthodes probabilistes		Objectif : présenter les méthodes probabilistes dans leur principe : maximum de vraisemblance ou inférence bayésienne. Avantage d'introduire des vitesses d'évolution différentes.
	Identification des homologies secondaires (de filiation) et des homoplasies sur un arbre		Objectif : démontrer à partir d'un exemple qu'à partir de l'arbre retenu on peut identifier les ressemblances héritées d'un AC et que l'on peut définir des groupes évolutifs définis par des ressemblances héritées partagées. On peut aussi identifier les homoplasies : ressemblances non héritées d'un AC (convergence, parallélisme, réversion).
	Continuum de ressemblances et émergence d'un scénario évolutif calibré dans le temps		Objectif : expliquer que les ressemblances (notamment l'observation de "gradients" de ressemblance) permettent de reconstruire des scénarii évolutifs calibrés dans le temps (hypothèse de l'horloge moléculaire). Utilité du registre fossile et ajustements nécessaires (nombre de générations, horloge moléculaire relaxée) pour le calibrage.
	Ressemblances comme critère de définition d'un taxon		Objectifs : pointer que la définition d'un groupe taxonomique (qui est une convention de langage pour une biologie nominaliste) utilise une observation de ressemblance comme critère d'assignation, par ex pour la définition d'espèce (définition phénétique, définition écologique, définition phylogénétique, définition génétique/barcoding).
Bonus		Exemple : bien discuter des échelles des groupes comparés, bien discuter de points délicats (ex. les adaptations convergentes, proposer une idée originale et pertinente (introgressions, hybridation, applications comme l'homogénéité des variétés sélectionnées par l'Homme)...	
Conclusion		Quelques idées clés ...	
		... qui permettent de dégager des réponses concrètes aux questions posées en intro	
		Ouverture pertinente	
Qualité générale de la construction	Plan	Logique, cohérence, titres informatifs, adéquation entre titres et contenus des paragraphes	
	Transitions	Les transitions sont-elles globalement absentes, artificielles ou logiques	

	Approches démonstratives et		Apprécié par rapport à la richesse de la copie
	Illustrations		Pertinence, qualité : appréciées par rapport à la richesse de la copie
Forme	Rédaction		Clarté, concision
			Orthographe, syntaxe
	Présentation		Présentation et soin

4.3. Épreuve écrite du secteur C :

4.3.1. Le sujet proposé

Les enveloppes internes et externes de la Terre, composition, formation, dynamique et évolution au cours des temps géologiques

4.3.2. Commentaires généraux sur l'épreuve

Le sujet de composition du secteur C présente un périmètre assez large en termes d'objets (de la graine à la haute atmosphère) et de processus (géologiques, physiques, chimiques). Ce sujet nécessite donc de hiérarchiser les connaissances et de se focaliser sur les points clés dans le temps imparti. Il a été valorisé l'approche consistant à mettre en relief des similarités entre enveloppes et les interactions entre celles-ci même si ceci a été rarement évoqué. L'état actuel de la Terre est le résultat d'une évolution globale de la planète ; la composition et la dynamique actuelle des enveloppes externes sont reliés à l'histoire géologique et la dynamique de la Terre interne. On pourra aussi citer la formation de la Lune et son rôle dans l'évolution orbitale de la Terre, les liens érosions-climat ou encore les liens entre la distribution des masses continentales et la circulation océanique.

Quelques remarques générales :

La plupart des candidats ont bien analysé le périmètre du sujet. Néanmoins les aspects « composition » ont été traités souvent très superficiellement, et encore moins en lien avec la formation des enveloppes. La composition des croûtes en lien avec leurs processus de formation n'a été que rarement mentionnée. Les liens entre la composition des magmas (et donc de la croûte) et les contextes géodynamiques sont la plupart du temps absents, de même que des informations sur la composition globale de la Terre, de la Terre silicatée ou encore du noyau. Les liens entre le comportement des éléments lors des processus géologiques, et la structuration chimique actuelle de la Terre n'ont quasiment pas été mentionnés (classification de Goldschmidt par exemple).

- Des explications sur la dynamique du noyau sont rares et souvent très floues lorsque présentes. Quelques schémas comme le modèle de dynamo de Bullard sont parfois rencontrés mais restent assez peu utiles sans un minimum d'explication.
- La dynamique des enveloppes externes a en général été traitée en bonne adéquation avec le sujet, avec des degrés de maîtrise variables.
- Quelques copies présentaient de nombreux schéma sans explications, ce qui ne permet pas forcément de déterminer le niveau de compréhension des phénomènes.
- Compte tenu du périmètre large du sujet, les candidats pouvaient difficilement rentrer dans le détail des méthodes d'étude. Néanmoins mentionner quels sont les observables reste indispensable et les approches partant des observations ont été appréciées.
- Le jury ne recommande pas aux candidats de présenter un schéma bilan en guise de conclusion. Ceux-ci sont certes utiles devant un public pouvant observer leur construction mais inappropriés au format d'une copie.
- Certaines copies décrivent en longueur des expériences à réaliser en classe devant élèves. Ceci n'est pas recommandé pour un sujet de composition.

Erreurs fréquentes :

1. La nature du modèle PREM est souvent mal comprise. En particulier il a été fréquemment mentionné comme étant un modèle minéralogique de la Terre. Même, si des bases de sismologies sont parfois évoquées (onde S, P surface) l'origine de ce modèle (téléseismes, hodochrone) et comment il peut être utile pour tester un modèle de composition du manteau et du noyau sont rarement mentionnés.
2. La méthode de datation $^{182}\text{Hf}/^{182}\text{W}$ est clairement dans le sujet car elle permet de mettre des échelles de temps sur la formation des noyaux planétaires. Néanmoins celle-ci est souvent simplement évoquée et très souvent le couple Hf/W est présenté sans mentionner la nature isotopique de cette approche.

Plans proposés par les candidats :

Les copies étaient en général organisées soit par enveloppe (interne/externe) soit en suivant l'ordre des termes du sujet (composition, formation, dynamique et évolution au cours des temps géologiques). Ces deux organisations étaient adéquates à la couverture du sujet et des copies de bonne qualité ont été rencontrées dans les deux cas. Le barème présenté ci-dessous est structuré de façon radiale depuis l'interne vers l'externe car les forçages sont souvent dans cette direction.

Barème et possible déroulé :

Le barème (cf. ci-dessous) comportait un certain nombre de points sur les prérequis à l'analyse de la structuration de la Terre. En particulier l'estimation de sa composition globale (apport des météorites, densité globale de la Terre) et les modèles d'accrétion de la Terre depuis la nébuleuse proto-solaire. Une mise en évidence d'une structuration chimique de la Terre pouvait servir de préambule, par exemple la densité de la Terre élevée par rapport aux roches de surface, la présence d'un champ magnétique, la valeur du facteur du moment d'inertie, ou encore l'analyse des ondes sismiques suggérant des discontinuités de densité.

Le noyau de la Terre est une enveloppe accessible uniquement indirectement via les méthodes géophysiques (gravimétrie, magnétisme, sismologie, modes propres). Sa composition peut être

estimée au travers de modèles géochimiques qui peuvent être testés en confrontant aux différents observables. La structure en deux couches graine/noyau externe doit être évoquée avec si possible les aspects historiques de l'identification de cette structure, et la justification de la nature liquide du noyau externe. La dynamique du noyau externe est l'occasion de présenter le nombre de Rayleigh qui va être utile pour comprendre la dynamique du manteau. Si des points étaient prévus pour l'expression de ce nombre, le sens physique et donc les moteurs de la convection doivent être précisés (des différences de densité qui mettent en mouvement sous l'influence de la gravité). La présence d'éléments légers dans le noyau et la nature thermochimique de la convection nucléaire peuvent être évoqués. Les échelles de temps caractéristiques et l'effet de la force de Coriolis vont permettre d'expliquer la géométrie des gyres, très différente de celle de la convection mantellique. La formation du noyau peut s'expliquer par la combinaison de l'immiscibilité des liquides métalliques et silicatés, qui va permettre de séparer à grande échelle ces deux matières via la force de gravité. Il est possible de mentionner différents modèles comme celui d'une différenciation déjà initiée dans les planétésimaux accrétés par la Terre, ou le diapirisme inverse. La datation de cette différenciation peut se faire par le Système $^{182}\text{Hf}/^{182}\text{W}$. Il existe une évolution du noyau aux échelles de temps géologique. Ainsi, la cristallisation de la graine est un processus supposé actif aujourd'hui, et la graine n'a pas forcément existé tout le long de l'histoire de la Terre (la structure sismique de la graine est utilisée pour essayer de comprendre sa formation). De même il existe un champ magnétique généré par la dynamique du noyau externe, produisant un champ magnétique dipolaire, lequel présente une évolution séculaire enregistrée par le paléo-magnétisme.

Il est ici proposé de traiter manteau et croûte dans une même partie, qu'on pourra intituler la Terre silicatée. S'il existe une différence pétrologique notable entre manteau et croûtes, leur formation, leur dynamique et leur évolution au cours des temps géologiques sont intimement liées. Il était attendu de la part des candidats de présenter la nature chimique et minéralogique des roches de la croûte (océanique, continentale, croûte inférieure et supérieure) et des roches mantelliques. Ces différences sont à relier à une différence de densité, la structuration verticale croûte-manteau, et la dualité topographique océan-continent. Du fait de la faible profondeur échantillonnée par les roches mantelliques disponibles à l'étude, notre compréhension du manteau inférieur passe par la construction d'un modèle chimique et minéralogique. Le modèle chimique peut se faire via la notion de Terre Silicatée Globale et à l'aide de corrélation élémentaire au sein des matériaux ayant construit la Terre (les météorites). Ce modèle de composition va servir à construire un modèle minéralogique à l'aide d'expérience de laboratoire à haute pression. La minéralogie de ce modèle évolue en fonction de la profondeur, suite aux transitions de phase dans les silicates sous l'effet de la pression. Pour un modèle donné on peut prédire des profondeurs de transitions de phase (et leur dépendance à la température) que l'on va pouvoir confronter aux observations de discontinuités sismiques. La dynamique de la Terre silicatée est découpée suivant deux grands comportements rhéologiques, ductile et cassant. On peut alors introduire les notions de lithosphère et d'asthénosphère. La dynamique de la lithosphère doit être présentée de façon synthétique pour pouvoir couvrir le reste du sujet. On évoquera la tectonique des plaques, les différents types de frontières de plaques et leurs liens avec les grands processus géodynamiques (formation de chaîne de montagnes, subduction, volcanisme).

La présence d'une convection dans le manteau peut être justifiée par le calcul du nombre de Rayleigh. Cette convection dans le manteau est reliée à la tectonique des plaques, comme le met en évidence par exemple la tomographie sismique. Il existe néanmoins une dynamique du manteau qui semble découplée de la tectonique des plaques, ce sont les points chauds. On peut alors présenter les moteurs de la dynamique du manteau. La radioactivité fournit une part de l'énergie permettant d'expliquer la

convection. La stabilité des points chauds par rapport aux plaques tectoniques implique une origine liée à une couche limite thermique (car fixe), l'interface noyau-manteau. Afin de commencer à réfléchir à la formation du manteau et des croûtes, il est possible de commencer par analyser les âges radiochronologique des roches crustales et de remarquer la jeunesse des roches de la croûte océaniques par rapport à celles des roches ignées des croûtes continentales. On pourra alors présenter les liens entre contextes géodynamiques, qui vont influencer les conditions de fusion partielle, et la nature des magmas produits. On pourra aussi parler des études géochimiques permettant de mettre en évidence le recyclage de matériel crustal dans le manteau. Les candidats ont été nombreux (à juste titre) à évoquer la géodynamique et le magmatisme archéen. En particulier, la présence de roches ignées indiquant des taux de fusion importants et une température potentielle du manteau élevé, ou encore le modèle de la sagduction. Comme souvent néanmoins, si les termes sont évoqués, des explications claires ou des illustrations pertinentes sont plus rares.

Les enveloppes externes sont plus accessibles et leur dynamique directement observable à l'échelle humaine. On pourra commencer par donner une estimation des masses des réservoirs (atmosphère, eau douce, eau salée) et remarquer que celles-ci ne représentent que quelques centaines de partie par million de la masse de la Terre. On peut ensuite présenter la composition de ces enveloppes externes (composition de l'atmosphère, composition de l'eau douce et de l'eau de mer), puis décrire la structuration verticale de l'atmosphère (sans oublier la couche d'ozone) et la structuration verticale de l'eau de mer (et ses variations géographiques). Les forçages externes qui mettent en mouvement ces enveloppes ont en général été bien décrit.

Une description brève du cycle de l'eau pouvait être réalisée et ainsi des interactions continent, atmosphère, océan. La redistribution latitudinale de l'énergie solaire via les circulations océanique et atmosphérique pouvait ensuite être présentée. Ceci inclu la structuration zonale et verticale de la circulation atmosphérique, et la description des moteurs et forces régissant cette structuration. La circulation des masses océaniques peut ensuite être expliquée ainsi que les grandes lignes des mécanismes régissant cette circulation. Des exemples de couplages atmosphère-océan étaient attendus comme les échanges thermiques, la géostrophie ou la couche d'Eckman.

On peut alors discuter les théories et les mécanismes possibles à l'origine des enveloppes externes de la Terre. On pourra commencer par évoquer la notion d'atmosphère primaire qui correspondrait à du gaz nébulaire piégé par le champ de gravité terrestre (et donc réductrice), et remarquer qu'elle est très différente de l'atmosphère contemporaine (oxydée). L'atmosphère peut se former par le dégazage des roches avec possiblement un premier épisode dans les premières dizaines de millions d'années d'activité de la Terre, suivi d'apports le long de son histoire par le magmatisme en surface. On peut aussi évoquer la possible contribution d'apports exogènes par des astéroïdes ou des comètes, qui peuvent être tracés par le D/H de l'eau ou encore les gaz rares.

Les interactions avec les enveloppes internes ainsi que l'apparition de la biosphère vont être la cause d'évolution de la chimie des enveloppes externes. On pourra parler de l'évènement de la grande oxydation (dont l'origine reste un sujet très actif) et de l'importance du piégeage de matière organique dans l'évolution du taux de CO₂ atmosphérique. La précipitation des carbonates biogènes est aussi un phénomène fondamental dans le stockage du CO₂ atmosphérique. L'altération des silicates et donc la distribution des masses émergées va aussi avoir un impact sur le taux de CO₂ atmosphérique.

Les enveloppes externes peuvent aussi être recyclées dans le manteau, avec la subduction qui va induire un recyclage d'eau, de croûte ou encore de sédiments dans le manteau. L'évolution de la

géographie des masses continentales va impacter les circulations océanique et atmosphérique, on pourra citer par exemple l'ouverture du passage de Drake.

Pour conclure, on peut remarquer que la formation de la structuration en enveloppe de la Terre est un processus qui s'est fait via une première étape, rapide, disons la centaine de Ma, et a ensuite été suivi par une évolution plus lente qui a abouti à la formation de l'atmosphère contemporaine et des croûtes. Aux échelles de temps géologiques, il existe des interactions fondamentales entre enveloppes externe et interne, avec des forçages plutôt de l'interne vers l'externe. On pourra ouvrir sur quelques grandes questions, par exemple la nature des processus ayant abouti à la montée d'oxygène, la question de l'âge du démarrage de la tectonique des plaques, ou encore l'âge du champ magnétique terrestre. En ouverture on peut par exemple mentionner la comparaison Venus-Terre, deux planètes de même taille, voisines au sein du Système Solaire mais qui ont connu des évolutions géologiques très différentes. Pourquoi ?

4.3.3. Grille de notation

[Lien vers le fichier barème de l'écrit C](#)

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 Épreuve de travaux pratiques de spécialité du secteur A : Sujet et commentaires

Le sujet de TP d'option de secteur A de la session 2021 portait sur « le ver de Roscoff », soit *Symsagittifera roscoffensis*. Ce ver plat contient, *in hospite*, des micro-algues spécifiquement de l'espèce *Tetraselmis convolutae*. Ce modèle d'étude a pu faire l'objet d'un TP de 6h d'agrégation externe, suite à l'aide précieuse de Mr **Xavier BAILLY** (station biologique de Roscoff) qui a notamment généré et fourni la totalité des échantillons.

A partir de ce modèle d'étude a été proposé aux candidats un TP qui comprenait des **expérimentations de secteur A**, associant des approches en biologie cellulaire, en biologie moléculaire, en biochimie et en métabolisme. Il visait également à proposer un TP permettant de **mettre en évidence des compétences** en : observations, schématisations, calculs, raisonnements, élaboration de protocole, manipulations, analyse de résultats, etc.

Ce TP ne nécessitait pas de suivi d'un planning de passage à différents postes ; il était proposé au candidat de suivre « **un fil rouge de questionnements** », **qu'il était amené à résoudre par la suggestion et la réalisation de différentes manipulations**. Les candidats qui ont ainsi choisi la stratégie de ne pas faire certaines manipulations (par exemple certains candidats n'ont pas réalisé la 1^{ère} partie d'observations) n'a pas fonctionné dans le cadre de ce TP, la « découverte » du modèle d'étude ayant été proposée comme progressive et suivant un ordre logique.

La 1^{ère} partie visait à analyser structurellement le partenariat ver-algues. Elle débutait par une étude microscopique qui devait permettre au candidat de s'approprier le modèle d'étude qui lui était proposé. La plupart des candidats ont correctement réalisé cette étude, prenant **le temps pour l'observation, puis le développement de questionnements**. Les manipulations proposées se basaient notamment sur des colorations classiques (bleu de méthylène et coloration de Gram), que les candidats ont en général pris le temps de réaliser et d'interpréter. Cette 1^{ère} partie se poursuivait par des manipulations de biologie moléculaire, là aussi classiques (PCR suivie d'une électrophorèse). Les candidats qui ont suivi le déroulé du TP et donc la logique de découverte du modèle d'étude ont clairement été avantagés, la fin de cette 1^{ère} partie se concluant sur le fait que le partenariat n'est pas double, mais triple : vers-algues-procaryotes. Certains candidats se sont tout de même « perdus » dans cette 1^{ère} partie, y octroyant beaucoup plus de temps que ce que le jury avait indiqué. Cette découverte d'un modèle d'étude est, dans le cadre du concours, limité à 6h ; il convenait donc notamment de **rédiger son compte-rendu de façon concise et efficace** (sans pour autant aller vers des stratégies de non-rédaction, très pénibles à évaluer).

La 2^{ème} partie se focalisait sur l'analyse fonctionnelle du partenariat vers-algues-procaryotes. Il était proposé aux candidats 3 manipulations classiques (spectrophotomètre, chromatographie sur papier, coloration au lugol), sans avoir d'expériences détaillées à suivre ; à charge au candidat de proposer des manipulations vis-à-vis des questionnements posés, et

de se servir des protocoles fournis. Il n'y avait donc pas de « bonne/mauvaise réponse » ; **il s'agissait d'être logique et de proposer puis réaliser des manipulations qui permettaient de poursuivre l'étude.** Ce qui a fait le plus défaut dans cette partie est justement **la réflexion sur les manipulations envisagées** ; il était pourtant indiqué de présenter « les manipulations envisagées » : elles n'étaient que peu écrites, les candidats étant visiblement pressés de manipuler. Les examinateurs se sont ainsi par exemple trouvés devant des résultats de chromatographie (souvent réussies) sans raisonnement ; ces manipulations sont bien sûr valorisées par des points techniques, mais il est dommage de ne pas y associer les points de démarche.

La grande majorité des copies est très agréable à lire, les candidats rédigeant correctement leurs réponses, et n'hésitant pas à signifier au jury quand ils pensent avoir des résultats aberrants, ou quand ils n'ont pas eu le temps de faire une manipulation supplémentaire qui leur aurait permis d'avancer sur une question, ou autre. **Cette posture, non uniquement technique mais réfléchie sur les questionnements proposés, a été appréciée.**

Les commentaires relatifs à chaque question ont été rédigés directement dans les cadres réservés aux réponses des candidats, à la suite d'éléments de correction.

Cf. fichier lié TP A

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

Le TP d'option B avait comme thème « Des insectes et des plantes », envisagé suivant trois axes principaux : des insectes se nourrissant de plantes, insectes et pollinisation et interactions chimiques plantes / insectes. Ces relations étaient abordées à différents niveaux d'organisation : biologique, morphologique, anatomique, physiologique. Ce TP visait à évaluer différentes compétences, de manipulations (extraction de pièces buccales, dissections animale et végétale, extraction d'un pigment, montages microscopiques), d'observations et de raisonnement.

La partie I abordait les insectes se nourrissant de plantes. Elle débutait avec une extraction des pièces buccales du criquet, qui a été en général réussie, et leur observation, qui a conduit à des schémas souvent peu précis et mal légendés. La dissection du criquet pour mettre en évidence son tube digestif a eu un succès variable. La plante, source de nourriture, était d'abord étudiée d'une façon morphologique, à partir de l'étude d'une Poacée (*Hordeum murinum*), qui a parfois été mal décrite, puis au niveau anatomique en réalisant une coupe transversale de feuille de cette Poacée. Cette partie se poursuivait par l'étude de la digestion de la matière végétale par les insectes et le rôle de la microflore, et certains candidats ont eu du mal à faire le lien entre les documents présentés. Une coupe de galle du Hêtre était demandée, et permettait d'observer une larve de mouche. Le schéma bilan traduisait la compréhension globale de cette partie.

La partie II s'intéressait à la pollinisation par les insectes. Elle débutait par l'analyse d'une inflorescence de Lamier blanc (*Lamium album*) qui a en général été très incomplète, puis la dissection florale de cette même fleur, dissection qui a eu un succès très variable. L'étude de la couleur des pétales se poursuivait avec une extraction d'anthocyanes. Pour des raisons pratiques, l'extraction des anthocyanes était réalisée sur du chou rouge, après un

raisonnement sur la modélisation qui a souvent été mal conduit et mal compris. On demandait la réalisation d'une gamme de pH entre 0 et 14, et cette manipulation a été extrêmement discriminante. Certains étudiants ne savent pas comment réaliser une telle gamme aussi bien aux niveaux théorique que pratique. La difficulté de certains candidats vis-à-vis de manipulations simples (dilution au dixième...) a déjà été soulignée dans le rapport de TP B 2019 et reste d'actualité. Cette partie se poursuivait par l'étude de mesure de rapport de longueur chez trois hyménoptères (abeille, guêpe, frelon) grâce à une capture photographique et l'utilisation du logiciel mesurim, qui a été plutôt réussie. L'étude pratique de la patte de l'abeille, pourtant très classique, a souvent été incomplète, le jury attendant l'étude des deux côtés de la patte. Cette partie se poursuivait par des documents sur la pollinisation, dont l'analyse a été très variable d'un candidat à l'autre. Comme pour la partie I, un schéma bilan permettait de faire une synthèse des observations effectuées, et il a rarement été construit d'une façon satisfaisante.

La partie III, plus courte, s'intéressait aux interactions chimiques plantes / insectes, et elle n'a pas souvent été abordée par manque de temps.

Une dernière partie (IV) proposait la reconnaissance raisonnée de 5 insectes et de 5 plantes, avec des questions de biologie. Certains candidats ne lisent pas la question posée, ce qui leur est préjudiciable. Cette partie a montré que certains candidats ont une excellente culture naturaliste alors que d'autres en manquent ; cette culture naturaliste reste indispensable pour un enseignant de SVT.

En conclusion, comme pour le TP B 2019, ce sujet visait à évaluer différentes compétences pratiques et scientifiques. Le jury a valorisé la réussite des compétences pratiques et attache une grande importance à la maîtrise des aspects manipulatoires et aux réflexions liées à ces aspects.. Il est en effet important qu'un futur enseignant soit capable d'utiliser du matériel concret et de transmettre à ses élèves le goût de l'observation et de la manipulation. Cette épreuve a donc permis de tester des aptitudes à ce type de compétences. Comme cela est rappelé dans les rapports précédents, elle permet aussi de tester la culture naturaliste du candidat.

Cf. fichier lié TP B

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

Le TP d'option C avait pour thème la géologie du Bassin parisien et de sa bordure vosgienne. L'épreuve était constituée de 3 parties indépendantes, dont les barèmes étaient indiqués (respectivement 5, 9 et 6 points), ce qui devait permettre aux candidats de proportionner leur investissement durant les six heures d'épreuve.

La première partie amenait les candidats à réaliser une coupe géologique à l'échelle de la couverture et du socle du Bassin parisien, puis une analyse structurale et géomorphologique et demandait l'analyse de cartes géophysiques (anomalies magnétiques et gravimétriques) centrées sur le Bassin parisien.

La deuxième partie, la plus longue, envisageait l'étude du Bassin parisien sous différentes approches (reconstitution d'environnements de dépôts et de paléoclimats, géochimie isotopique, pétrographie sédimentaire et géologie appliquée). Deux activités pratiques étaient intégrées : une analyse de lame mince d'une roche sédimentaire (grès à ciment carbonaté correspondant à un dépôt molassique miocène) et un dosage calcimétrique (utilisation du calcimètre de Bernard, le protocole était fourni).

La troisième partie, consacrée à l'étude des Vosges centrales et méridionales, permettait aux candidats de montrer leurs compétences en pétrologie métamorphique, en géologie structurale et en minéralogie.

Cette épreuve n'a pas pour seul objectif un contrôle des connaissances des candidats en Sciences de la Terre, elle permet également d'évaluer leur capacité d'analyse et de raisonnement scientifique. En effet, certains candidats font uniquement appel à leurs connaissances et négligent les documents fournis. Le jury rappelle que tous les documents proposés dans le sujet apportent des informations utiles et nécessaires à la résolution des questions. Les agrégatifs doivent être capables d'extraire les informations d'une carte géologique, d'une carte paléogéographique, d'une photographie d'affleurement. Le jury en a tenu compte dans sa notation.

Le jury est conscient de la longueur du sujet, et la réussite de cette épreuve nécessitait une efficacité certaine et une bonne gestion du temps (il a été surprenant de constater un excès temps accordé par exemple à la seule réalisation de la coupe générale du Bassin parisien, alors que cet exercice ne constituait qu'un élément de la première partie, notée sur 5 points). Le jury encourage donc les candidats à bien répartir leur investissement en fonction des indications de barème fournies.

Quelques commentaires sur les exercices

Première partie :

Contexte structural, géomorphologique et géophysique du Bassin parisien

Si la géométrie de la couverture mésozoïque du Bassin parisien a été dans la grande majorité bien dessinée à partir des éléments fournis et des connaissances, la perception du socle (intrusion granitique, terrains cambro-dévonien, bassins carbonifère-permiens) et est mal connue et l'impact des failles a été peu pris en compte. La partie géomorphologie a fait apparaître un manque de connaissance et de vocabulaire lié au sujet pour la plupart des candidats. Les aspects géophysiques ont été abordés par la moitié des candidats. Si l'anomalie de Bouguer est généralement connue, le lien entre « anomalie négative et défaut de masse » est rarement justifié. Le traitement et les interprétations des anomalies magnétiques en milieu continental (issues ici de relevés aéromagnétiques) sont souvent confondues avec les données en milieu océanique (certains cherchant une symétrie des anomalies magnétiques). La confrontation des données gravimétriques et magnétiques n'a jamais été réussie.

Deuxième partie :

La couverture sédimentaire du Bassin parisien : paléoenvironnement, paléoclimats et ressources

L'interprétation des données paléoenvironnementales à partir des photos montre un manque de recul sur les données de terrain et l'emploi systématique à des notions trop théorisées (ex : notion abordées de cycles transgressifs/régressifs sur un affleurement qui matérialisait simplement des surfaces érosives ou des arrêts de sédimentation). La partie paléoclimat a été dans l'ensemble bien réalisée. En revanche l'étude pétrographique de la lame mince et des données pétrographiques pour les interprétations diagénétiques mettent en lumière des connaissances très limitées dans le domaine. La notion de modèle diagénétique semble inconnue. L'expérience au calcimètre de Bernard, pour la plupart réussie, a toutefois mis en évidence pour un certain nombre de candidat un manque de recul

sur l'objectif globale de la manipulation et le suivi strict du protocole sans recherche de raisonnement en amont. Les connaissances en géothermie sont très variables mais l'intégration des documents a été dans l'ensemble peu prise en compte et mal synthétisée.

Troisième partie :

Etude structurale et pétrologique d'une bordure du Bassin parisien : les Vosges centrales et méridionales

Elle a été abordée par environ la moitié des candidats et les a visiblement déconcertés. Le report cartographique des foliations métamorphiques et leur interprétation semblent méconnus d'une majorité des candidats. La reconnaissance et l'interprétation d'une fabrique c-s sont rarement réussies et corrélées aux données cartographiques. L'exercice de minéralogie n'a été réussi que par deux candidats. Le principe de calcul d'une formule structurale semble inconnu de la majorité.

Cf. fichier lié TP C

5.4 Épreuve de travaux pratiques de contre-option du secteur A : Sujet et commentaires

L'épreuve pratique de contre-option du secteur A avait pour thématique « les globules rouges » et proposait trois parties indépendantes de durée et de poids variables, comme indiqué sur la première page de l'énoncé. Elle partait d'observations à l'échelle cellulaire pour ensuite se focaliser sur deux protéines et descendre à l'échelle moléculaire.

La première partie, à l'échelle cellulaire, invitait les candidats à dénombrer et à mesurer les globules rouges à partir d'un échantillon de sang de mouton et d'une électrocytographie. Cette première partie a été boudée par une proportion non négligeable de candidats qui a préféré les exploitations de documents : le jury regrette cette attitude car l'observation et la manipulation sont des points forts de notre discipline. De surcroît cette manipulation est tout à fait réalisable avec des élèves. Lorsque cette manipulation était réalisée, il a été globalement bien réussi par les candidats. Seuls de rares candidats ne connaissaient pas le principe des lames de comptage ou le fonctionnement des micropipettes.

La deuxième partie proposait l'exploitation de données cinétiques concernant l'enzyme anhydrase carbonique du globule rouge. Le travail débutait par l'exploitation de courbes expérimentales fournies, qui devait permettre d'extraire le paramètre vitesse initiale puis de proposer un graphique en double inverse avant de déterminer K_m et V_{max} . Seule une représentation graphique de la cinétique en double inverse permettait d'aboutir à ces paramètres. La qualité des graphiques a été assez variable ; titre et unités n'étaient pas toujours présents.

La troisième partie était construite sur la comparaison classique de l'hémoglobine saine et de l'hémoglobine mutée responsable de la drépanocytose. Une première comparaison permettait de discuter du comportement des hémoglobines lors d'électrophorèses : il s'agissait ici de vérifier la compréhension du principe de cette méthode et de ces variantes et d'exploiter quantitativement un des gels. L'intérêt et les informations apportées par l'utilisation de tampons acides et basiques lors des électrophorèses n'a été que très rarement explicité clairement et correctement. De plus la qualité des productions graphiques a été assez variable ; de nombreux candidats ne savent pas utiliser le papier semi-log. La deuxième

comparaison proposait d'utiliser le logiciel Rastop pour visualiser la structure tridimensionnelle des deux hémoglobines : la comparaison a ici été volontairement très guidée et devait conduire les candidats à réaliser d'une part une présentation des molécules à l'écran et d'autre part des mesures sur ces molécules. Cet exercice pratique a aussi été boudé par une bonne proportion des candidats. Lorsqu'il a été traité cet exercice a abouti à des résultats très contrastés : la maîtrise du logiciel ou la lecture de la fiche technique n'ont pas permis de fournir systématiquement les affichages demandés. Les affichages comparatifs et simultanés des deux molécules orientées et colorisées de la même façon ont été les plus pertinents. Lors de la correction, il a été tenu compte des problèmes techniques rencontrés par un nombre restreint de candidats pour la prise en charge de Rastop par l'ordinateur. Cette troisième partie se terminait par l'étude d'un fragment chromosomique contenant le gène de la chaîne de l'hémoglobine et opérait donc un changement d'objet d'étude. Cette partie n'a été traitée que par la moitié des candidats ; l'autre moitié a vraisemblablement manqué de temps.

L'ensemble des exercices proposés dans ce sujet a permis de tester diverses compétences des candidats :

- savoir concevoir et savoir réaliser un protocole expérimental
- savoir utiliser des notions mathématiques simples
- savoir recueillir des informations
- savoir analyser des données
- savoir comparer
- savoir communiquer graphiquement
- savoir communiquer à l'écrit.

Cf. fichier lié TP2ha

5.5 Épreuve de travaux pratiques de contre-option du secteur B : Sujet et commentaires

L'épreuve de travaux pratiques de contre-option de secteur b portait sur l'étude d'un insecte et d'un végétal et se présentait en deux parties indépendantes. Le sujet a été conçu pour évaluer des compétences pratiques variées incluant l'observation, la manipulation et les capacités à mobiliser une culture naturaliste.

La première partie s'appuyait essentiellement sur l'étude du criquet avec une étude morphologique, l'extraction des pièces buccales ainsi qu'une dissection générale de l'animal. Un élargissement des observations chez le criquet s'est faite sous forme d'épreuve de reconnaissance de lames présentant différentes têtes d'insectes. La seconde partie consistait à investiguer différentes parties d'un rameau de marronnier, ainsi qu'un de ses parasites : la mineuse du marronnier.

Présentation détaillée de l'épreuve et commentaires du jury

Première partie.

Il s'agissait dans un premier temps de réaliser un schéma de la morphologie générale du criquet en pointant spécifiquement les organes sensoriels. Le jury tient à souligner la qualité des schémas et légendes produits, à la fois d'un point de vue esthétique et scientifique.

Néanmoins, il est dommage que des fondamentaux de l'iconographie scientifique comme le titre, l'échelle, l'orientation et le type de vue aient trop souvent été oubliés. Pour continuer l'observation, une diagnose raisonnée était demandée. De nombreux candidats ont récité par cœur la position phylogénétique du criquet alors que la question spécifiait bien de s'appuyer sur les caractères visibles et de se placer dans une démarche déductive et argumentée. L'extraction des pièces buccales a été réussie de façon variable, mais il est à souligner qu'une majorité de candidats a présenté les pièces buccales de façon organisée et correctement orientée. Il était ensuite demandé de formuler une hypothèse concernant le régime alimentaire de l'animal. La réponse à cette question simple devait se faire à partir de l'observation de la structure des pièces buccales qui permettait au moins de déduire une alimentation à base d'aliments solides. Encore une fois, cette démarche déductive partant des observations a été trop peu fréquente. L'étude des pièces buccales du criquet se poursuivait par l'observation de cinq lames présentant des têtes d'insectes communs. Il fallait identifier l'insecte (ou au moins le groupe d'insectes), préciser le type de pièces buccales observées et indiquer le régime alimentaire associé. Comme d'habitude, , cette épreuve de reconnaissance a été très discriminante. Ainsi, l'abeille a été identifiée comme fourmi, larve de dytique ou encore tique ! De façon surprenante, une grande confusion entre type de pièces buccales et régime alimentaire a été observée. Les termes inappropriés de « pièces buccales brouteuses » ou « régime alimentaire broyeur » ont été retrouvés dans les copies. Cette première partie se terminait par une dissection générale du criquet. La qualité des gestes techniques de cette dissection simple a été très variable. Le jury a été étonné, une fois de plus, d'avoir à évaluer des dissections à sec. Il est rappelé que ce n'est pas au jury de trouver la meilleure façon de regarder un travail, mais bien au candidat de préparer la meilleure présentation de ses manipulations.

Deuxième partie.

Dans un premier temps, il était demandé la réalisation d'un schéma légendé du rameau de marronnier en précisant sa phyllotaxie et son âge. Le jury tient à souligner la qualité des schémas réalisés. Il est regrettable cependant de voir persister certaines confusions : un phytomère est trop souvent associé à une unité de végétation et beaucoup de candidats se sont trompés dans l'âge donné au rameau. De plus, il était précisé de donner le genre et l'espèce de l'organisme végétal. Le jury déplore le fait que certains candidats répondent « Angiospermes » ou « Dicotylédones » à ce type de question. La coupe transversale de pétiole a été globalement maîtrisée et de nombreuses préparations étaient vraiment belles, fines et permettant d'y identifier tous les tissus. Il est conseillé aux candidats de multiplier le nombre de coupes ce qui permet la sélection des plus fines, des moins biseautées, des mieux colorées et offre plus de possibilités d'identification tissulaire. Beaucoup de candidats n'ont explicité qu'un nombre très limité d'arguments permettant de dire qu'il s'agissait d'un pétiole, le critère symétrie bilatérale ne suffisant pas. Le geste technique de la dissection du bourgeon du marronnier n'a pas posé de problème particulier et a donc été très bien réussi quand les candidats ont pris la peine de réaliser cette manipulation. L'identification, quant à elle, a posé bien plus de problèmes avec des bourgeons inflorescenciels légendés comme des bourgeons végétatifs, ceci reflétant un manque de précisions dans l'observation. Le jury tient à préciser que l'utilisation de la loupe binoculaire est fondamentale et indispensable dans certains cas. Pour l'agent responsable des mines à identifier, le jury déplore que les candidats n'aient pas réalisé de diagnose argumentée sur des critères morphologiques pour arriver à la position systématique de l'organisme. Les candidats savent restituer par cœur quand il s'agit d'un organisme connu (cf criquet partie I) mais pour un organisme moins connu, ils ont des difficultés à replacer l'individu dans sa position systématique car la démarche fait défaut. De plus, si le parasitisme a été évoqué la majeure partie du temps, cette relation interspécifique n'a pratiquement jamais été justifiée en terme de valeur sélective, la majorité des candidat(e)s se sont contenté(e)s de parler

d'effets positifs ou négatifs sans en préciser la nature. Enfin, la dernière partie, concernant les protocoles pour étudier l'impact des mines et les mesures prises pour lutter contre, a été souvent traitée trop rapidement. Les candidats font preuve dans cette partie d'un manque de rigueur en détaillant souvent des protocoles fantasques. Le jury insiste sur le fait qu'un futur enseignant doit pouvoir mener une démarche expérimentale et faire preuve d'esprit critique.

Conclusion. Le sujet de contre-option b, s'appuyant sur des organismes communs et des manipulations classiques ne présentait aucune grande difficulté. De nombreux candidats ont pu traiter l'ensemble des questions dans le temps imparti. D'une façon générale, il est cependant conseillé aux candidats d'effectuer une lecture rapide du sujet au début de l'épreuve afin de ne pas se faire surprendre par les temps de manipulation comme les colorations. Ce sujet a permis de discriminer les candidats sur leurs gestes techniques, mais aussi sur leur culture naturaliste et sur leur capacité à mettre en œuvre une démarche scientifique déductive.

Cf. fichier lié TP 2hb
--

5.6 Épreuve de travaux pratiques de contre-option du secteur C : Sujet et commentaires

Cf. fichier lié TP 2hc

6. Les Épreuves Orales

6.1. La leçon d'option

6.1.1. Déroulement de l'épreuve de spécialité

Conditions de préparation

Après avoir pris connaissance du sujet, le candidat dispose de 4 heures pour préparer sa leçon. Après un premier temps de réflexion de 15 minutes, l'accès à la bibliothèque est autorisé. Le candidat remplit une fiche lui permettant d'obtenir les ouvrages, documents et matériels dont il estime avoir besoin. Le jury rappelle qu'il est impératif que le candidat indique bien sur la fiche prévue à cet effet les ouvrages et le matériel demandé. Aucun matériel d'expérimentation n'est fourni durant les 30 dernières minutes de la préparation, et aucun document ou support n'est fourni durant les 15 dernières minutes de la préparation. Durant son temps de préparation, le candidat doit construire sa leçon, réaliser le diaporama (et le cas échéant les montages expérimentaux) qui lui semblent nécessaires à sa démonstration, et analyser-interpréter l'ensemble des documents qui lui ont été fournis. Chaque titre de leçon de spécialité est accompagné d'un nombre limité de documents (classiquement 4 ou 5) qui peuvent correspondre à des documents fournis sur clé USB (diagramme, schéma, photo, carte, vidéo...) 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 et qu'il soit complémentaire des éléments à disposition dans la bibliothèque des ouvrages, documents et matériels.

Le support numérique à l'agrégation de SV-STU

Pour cette session, les candidats avaient à leur disposition un ordinateur équipé avec les logiciels du **pack Libre Office**. Les documents imposés par le jury sont fournis en version papier et sur une clé USB en format .pdf. Comme les années précédentes, les documents demandés par le candidat sont fournis par le personnel technique en format .jpeg, après numérisation ou téléchargement, à la demande du candidat.

L'ensemble des documents numériques doivent être vidéoprojetés au cours de la leçon. Depuis la session 2021, les équipements classiques (transparents + rétroprojecteur) ne sont plus disponibles. Les candidats sont donc encouragés à utiliser le mieux possible l'équipement informatique fourni, qui doit permettre une bonne exploitation des documents et une présentation du plan. Lors de la session 2021, de nombreuses maladresses ont été constatées dans la présentation des documents numériques : elles ont été évaluées dans la rubrique « communication » du barème

Quelques principes de base :

Les divers documents utilisés peuvent être intégrés à un diaporama, constitué par le candidat. Ainsi, l'ordre des documents fournis dans le fichier .pdf peut être modifié, un même document peut apparaître plusieurs fois au cours de l'exposé. Une simple capture d'écran à partir du fichier .pdf et le transfert de l'image dans le diaporama permet d'isoler celle-ci et de l'exploiter avec les outils bureautiques de base (surlignage, encadrement statique ou dynamique, décomposition d'une image en plusieurs secteurs, délimitation d'une enveloppe, d'une courbe moyenne, mise en valeur de données chiffrées, etc...).

Rappelons quelques conseils de base :

- une diapositive = une idée. Éviter de projeter en même temps plusieurs documents.

- une diapositive doit être vue : veiller à ce que l'image projetée soit lisible

Quid du plan de la leçon ? S'il doit continuer à être clairement explicité et rédigé, l'habitude du « plan rédigé au tableau pendant la leçon » peut être abandonnée si le plan en question est déroulé à l'aide du diaporama. Le candidat gagne ainsi un temps certain, et évite de consacrer de précieuses minutes à l'écriture au tableau de lignes de texte. Le tableau peut ainsi être réservé à la confection d'un schéma bilan par exemple.

Au cours de la préparation, le diaporama confectionné doit être régulièrement enregistré sur la clé fournie, pour éviter tout problème lors de la leçon.

L'utilisation du numérique dans les épreuves orales d'agrégation ne doit pas être vécue comme une contrainte supplémentaire mais bel et bien comme un progrès permettant à ces leçons de se rapprocher de ce qui peut être effectué devant une classe au XXI^{ème} siècle. Elle offre un degré de liberté supplémentaire aux candidats dans la préparation de leur leçon, et assouplit un peu son cadre dont le jury est conscient du caractère très contraint. Les candidats devraient, en exploitant au mieux cet outil, améliorer la qualité scientifique et pédagogique de leur leçon.

Présentation et entretiens

À l'issue des 4 heures de préparation, le candidat dispose de 50 minutes pour présenter sa leçon devant une commission composée de membres du jury de spécialité. A la fin de son exposé, le candidat est interrogé en deux temps. Dans un premier temps, un premier entretien d'une durée de 10 minutes, est conduit par le concepteur du sujet, et porte sur la thématique de la leçon. Lors de cet entretien, le jury peut revenir sur des aspects traités durant l'exposé, sur la façon qu'a eu le candidat de l'exposer devant une classe, la pédagogie mise en place, sur l'exploitation des documents fournis, sur des documents et du matériel présentés durant la leçon, ou encore interroger le candidat sur des aspects non traités du sujet mais liés à la thématique de la leçon. L'objectif de ce questionnement est de s'assurer que le candidat a bien compris les différents volets du sujet proposé et qu'il maîtrise les notions et les connaissances liées à ce sujet. Dans un second temps, deux entretiens, chacun d'une durée de 7 minutes 30, sont menés par deux autres membres du jury. Ces entretiens portent sur des thématiques relevant du domaine de spécialité du candidat et visent à évaluer les aptitudes et connaissances du candidat sur ces thématiques. Ils peuvent ou non débiter par l'étude d'un document ou d'un échantillon proposé par le jury comme document d'appel pour entamer la discussion.

6.1.2. Constats et conseils

Une épreuve de haut niveau scientifique visant à répondre à une problématique

L'épreuve orale de spécialité est une épreuve pour laquelle le jury se montre exigeant, et attend des candidats une réelle démarche et rigueur scientifique dans leur démonstration. Cette épreuve porte sur les différentes rubriques du programme de connaissances générales relevant du domaine de spécialité du candidat ainsi que sur les 15 thèmes de spécialité associés. Les champs disciplinaires concernés sont ceux qui doivent permettre aux candidats de démontrer leur maîtrise de la démarche scientifique et leurs aptitudes pédagogiques à présenter clairement des notions de haut niveau. Beaucoup de candidats ont une perception

malheureuse de ce qu'est une leçon d'agrégation externe. Vestige d'un autre siècle ou malentendu sur les attendus du jury, beaucoup de candidats cherchent en 40 ou 50 minutes à tout dire sur un sujet. Le jury rappelle que si une contextualisation servant d'appui à la construction de la problématique est nécessaire en introduction, elle est trop souvent déconnectée, artificielle et sans lien avec le reste du sujet. Il est fondamental que le candidat dégage une problématique claire dans son introduction qui servira de fil directeur à sa démonstration, et ce, à partir d'une analyse rigoureuse des termes de son sujet sans pour autant se contenter d'un catalogue définitoire. La leçon peut ne pas aborder tous les aspects du sujet si la limitation de celui-ci est clairement exposée et justifiée. Et ensuite, elle doit se tenir à cette problématique, ce qui signifie apporter des réponses à des questions et non pas asséner des vérités à la chaîne, de façon dogmatique.

Les documents présentés et les connaissances apportées doivent être au service de la réponse à cette problématique. La présentation doit se terminer par une synthèse des éléments présentés et une ouverture visant à replacer le sujet dans un contexte plus général. Ainsi, la stratégie d'apprendre par cœur des plans préconçus est totalement contre-productive pour se préparer à cet exercice qui demande, plutôt que la capacité à restituer une organisation préétablie, une capacité à réorganiser ses idées le moment venu, autour de la problématique proposée. Et ce, d'autant que les documents fournis par le jury, risquent fort de ne pas cadrer avec cette organisation préétablie.

Le recul nécessaire pour traiter des thèmes plus ou moins classiques

Le titre de la leçon renvoie le plus souvent à des thèmes classiques connus de la majorité des candidats mais il peut aussi faire référence à des thèmes a priori plus délicats à cerner ou à des synthèses transversales, et pour lesquels les candidats estiment leurs connaissances initiales plus limitées. Paradoxalement, les candidats ont souvent moins de difficultés à traiter des leçons jugées a priori ardues que des leçons jugées plus classiques. Leurs connaissances initiales ne pouvant servir de refuge, ils sont alors forcés de rentrer dans une réelle démarche de raisonnement. Ce constat oblige à répéter qu'il est indispensable de prendre du recul pour construire sa leçon : elle doit constituer un exposé personnel du candidat mettant en avant les qualités scientifiques et pédagogiques du candidat. Les membres du jury insistent sur le fait que la leçon est un exercice scientifique avec toutes les exigences de raisonnement et de justification que cela impose. Il est regrettable de voir des leçons où les connaissances sont présentes mais simplement restituées et énoncées dans une juxtaposition sans raisonnement ou de façon très dogmatique. Un point important mérite d'être souligné à propos des sujets de leçon comportant un « et » dans l'intitulé : un certain nombre de candidats traitent chacun des items séparés par le « et » de façon indépendante, alors que l'enjeu est évidemment d'analyser les interrelations entre les deux composantes du sujet.

L'exploitation des documents imposés

Une analyse rigoureuse des documents fournis par le jury doit aider le candidat à dégager, au moins partiellement, la problématique de sa leçon. Le jury tient cependant à rappeler que (i) les documents ne sont en aucun cas supposés refléter l'intégralité des notions à aborder par le candidat durant sa leçon et que (ii) l'ordre de numérotation des documents ne présage en aucun cas de l'ordre attendu de présentation des documents au cours de la leçon. Les documents fournis doivent, bien sûr, **être exploités au cours de l'exposé**, et les notions dégagées doivent être intégrées dans la démarche démonstrative de la leçon. Il est regrettable que certains candidats omettent de présenter (volontairement ou faute de temps) certains documents, ce qui naturellement les pénalise lors de l'évaluation de l'exploitation du matériel

fourni. Quand le document contient plusieurs parties, le regroupement doit inviter le candidat à mettre en relation ces documents afin de dégager des conclusions ou proposer des modèles cohérents avec les données et qui permettent de répondre, en partie, à la problématique liée au sujet.

Inversement, le jury a assisté à des leçons présentant de trop nombreux supports choisis par le candidat (souvent plus d'une vingtaine !), ne pouvant décemment pas être exploités dans le temps imparti

Lorsque cela s'y prête, une réalisation du candidat pour exploiter le document (par exemple un schéma explicatif de l'expérimentation ou un schéma résumant les principaux résultats) est très appréciée.

Rappelons quelques principes de base pour ce qui concerne l'utilisation de documents :

- Expliquer de quoi il s'agit (un fait d'observation ? des données analytiques ? des résultats expérimentaux ? un modèle ?). Justifier son intérêt (dans le cadre de la problématique exprimée, qu'il ne faut pas hésiter à rappeler régulièrement au cours de l'exposé)
- Si c'est une photographie : méthode d'obtention ? colorations éventuelles ? échelle ?
- Si c'est un graphe (nuage de points, courbe, histogramme...) : nature des ordonnées ? des abscisses ? méthode d'obtention des données ? description du graphe ? (ne pas hésiter à lisser une courbe, à mettre en valeur différents domaines, à calculer des moyennes...). Attention à la nuance entre corrélation et causalité ! Si des incertitudes sont indiquées sur le document, ne pas les ignorer !

Une telle exploitation quantitative doit être effectuée quel que soit le type de graphe ou diagramme (histogramme, boîte à moustache), donc le candidat ne doit pas hésiter à demander une calculatrice pendant le temps de préparation. Il faut veiller à interpréter le document en formulant clairement des hypothèses et/ou des conclusions (proscrire le parachutage de formules du genre « on voit bien que »).

Il est rappelé à l'attention des futurs candidats que depuis la session 2016, certains documents fournis par le jury peuvent être rédigés en langue anglaise, compte tenu de leur nature scientifique (Arrêté du 13 mai 2015 modifiant certaines modalités d'organisation des concours de recrutement de personnels enseignants des premiers et seconds degrés relevant du ministre chargé de l'éducation nationale).

Le choix et l'exploitation du matériel complémentaire

Comme déjà souligné, les documents proposés par le jury ne couvrent pas tous les aspects du sujet. Le concepteur du sujet peut notamment choisir de ne pas aborder, par les documents qu'il propose, certains aspects importants du sujet afin de laisser au candidat l'initiative de certains documents et matériels. L'exposé ne peut donc pas être construit seulement autour des thèmes que les documents permettent d'aborder. Il revient donc au candidat de compléter l'illustration de sa leçon par des documents (y compris de courtes séquences vidéo), du matériel ou des expérimentations complémentaires. L'exploitation du matériel complémentaire doit faire l'objet de la même rigueur que celle du matériel imposé, et elle est très clairement prise en compte dans l'évaluation de la leçon. Dès que cela est possible, le jury rappelle que l'observation directe d'un échantillon plutôt que sa présentation sous forme d'image doit être privilégiée. A ce titre, la demande quasi systématique d'images illustrant les

organismes des documents imposés est superflue et constitue une perte de temps pour le candidat mais également pour l'équipe technique. Prendre l'initiative de demander, de présenter et de manipuler du matériel est aussi une occasion que trop peu de candidats saisissent pour montrer leur créativité, leur habileté à manipuler, leurs connaissances naturalistes et leur goût pour le concret et l'observation de terrain. Le jury déplore que de nombreux candidats préfèrent des schémas théoriques (souvent approximatifs) à du matériel (coupes, dissections, échantillons, montages, etc.), et rappelle à cette occasion que l'observation et l'analyse du réel sont fondamentales en Sciences de la Vie et de la Terre. Toutefois, le matériel sorti doit être utilisé de façon pertinente, et une stratégie erronée visant à demander de nombreux documents et/ou matériels afin de répondre à cette évaluation mais sans les utiliser à bon escient serait préjudiciable.

Une démarche scientifique incontournable

Au cours de la leçon, la démarche scientifique doit s'appuyer sur une analyse rigoureuse des objets proposés par le jury ou apportés par le candidat. Cette démarche doit commencer par une description des objets, spécimens et faits expérimentaux, suivie d'une interprétation raisonnée qui pourra soit conclure un paragraphe et donc répondre à une question, soit donner lieu à une nouvelle question, et servir alors de transition avec la suite de l'exposé. L'exploitation des documents est trop rarement accompagnée d'un véritable travail traduisant sa réelle appropriation par le candidat. Trop souvent, le document est seulement décrit ou n'est utilisé que comme prétexte pour exposer des généralisations et des modèles théoriques recopiés dans des ouvrages, et donc écrits dans un autre contexte que celui de la leçon. Trop souvent aussi, la théorie est présentée en premier, les documents n'étant ensuite utilisés que comme une simple illustration *a posteriori* sans que ne se construise une vraie démarche scientifique fondée sur la confrontation entre les faits et les idées.

Un véritable travail de synthèse et de choix

Le jury est tout à fait conscient que 50 minutes est un temps d'exposé limité. Le candidat sera généralement amené à faire un important travail de synthèse : il devra alors clairement justifier, dans son introduction, les différents aspects du sujet qu'il souhaite traiter et, inversement, les différents aspects du sujet qu'il souhaite délaisser. C'est la rigueur de la démarche qui justifiera la validité de ses choix, et il est impératif que le candidat présente au jury les raisons de ce choix. Si le jury entre en salle avec une idée claire de ce qui doit figurer dans la leçon, il n'arrive pas avec un plan préconçu et est prêt à entendre les propositions que pourra lui faire le candidat et à les accepter pour peu que ces choix assumés puissent être justifiés par le candidat. En fin d'exposé, la conclusion doit mettre en valeur les idées-clés dégagées au cours de la démonstration et déboucher sur une ouverture liée avec la thématique abordée durant la leçon. Elle peut s'appuyer sur un schéma bilan récapitulatif à la condition que celui-ci se justifie et soit réellement construit à partir des éléments de la leçon.

Une communication d'une qualité suffisante

L'épreuve de leçon de spécialité est aussi l'occasion d'évaluer par les membres du jury les qualités de communication des candidats et la pédagogie mise en place. Le jury déplore que certains candidats restent encore trop proches de leurs notes durant leur exposé. Ces pratiques sont naturellement inadaptées aux exigences du métier d'enseignant et se voient pénalisées. De même, une mauvaise gestion du temps, une expression orale confuse et une utilisation trop imprécise du vocabulaire se voient sanctionnées.

Le jury tient à rappeler que ces épreuves orales font partie d'un concours de recrutement et que la présentation, la posture et le vocabulaire choisi relèvent des qualités attendues pour un futur enseignant.

Une indispensable réactivité

Le premier entretien, consécutif à la leçon, a pour but de faire réfléchir le candidat à l'exposé qu'il vient de produire, et à l'aider à revenir sur d'éventuelles omissions, imprécisions ou erreurs. Il sert également à évaluer l'aptitude du candidat à raisonner et à exploiter ses connaissances en temps réel. L'interrogation est ensuite ouverte à deux autres domaines de la spécialité – elle peut revêtir des formes très variables qui visent à évaluer les connaissances du candidat et ses aptitudes à construire un raisonnement logique suite à une question posée. Le jury insiste sur le fait qu'il est important que le candidat construise sa réponse, et qu'une juxtaposition de mots-clefs ne peut suffire. L'écoute et la réactivité sont des qualités indispensables pour une bonne réussite de cette partie de l'épreuve qui peut permettre au candidat de montrer que, malgré une leçon plus ou moins réussie, il maîtrise de larges connaissances dans son secteur de prédilection.

6.1.3. Commentaires particuliers concernant les leçons d'option A

Cette section vise à compléter les commentaires généraux communs à toutes les leçons d'option par des commentaires spécifiques aux leçons d'option A.

Maîtriser les connaissances

La réussite de cette épreuve nécessite de maîtriser des connaissances pointues dans le secteur A. Cependant, le candidat doit également les mettre en perspective avec ses « fondamentaux » de biologie, qui sont souvent les bases d'une leçon bien construite. Le jury s'étonne d'avoir encore rencontré des erreurs récurrentes sur des connaissances simples. Par exemple, de trop nombreux candidats sont incapables de raisonner en termes d'oxydoréduction sur une voie métabolique classique, d'identifier les organites et structures supramoléculaires sur une électronographie, de décrire correctement une division cellulaire, la diversité du monde viral, l'organisation des matrices extracellulaires, ou de démontrer les relations entre structure, propriétés et fonctions des molécules biologiques fondamentales. Le jury a écouté cette année des candidats de niveau très hétérogène. Certains ont des connaissances à la fois très étendues et précises, alors que d'autres ont un niveau de connaissances dans le secteur A proche de celui du lycée. S'il n'est pas attendu d'un candidat qu'il connaisse parfaitement tous les intermédiaires d'une voie métabolique, ou la liste exhaustive des inducteurs embryonnaires, on rappelle tout de même que le niveau requis pour cette leçon d'option est un niveau master. Il n'est pas possible d'acquérir des connaissances et de les mobiliser sans un travail de fond, d'appropriation, d'organisation, de recherche de sens et de curiosité scientifique. Le jury a souvent observé une difficulté des candidats à hiérarchiser les connaissances. Certains candidats placent ainsi au même niveau des mécanismes fondamentaux et des détails de mécanismes biologiques : par exemple, connaître la séquence RGD de la fibronectine tout en étant incapable de décrire simplement la structure d'une lame basale.

Intégrer de nouvelles connaissances pendant la préparation

Le jury insiste également sur le fait que les connaissances ne sont pas, loin de là, le seul paramètre évalué lors de cette leçon d'option. Les documents et la bibliographie apportent des informations qui ne sont pas forcément connues initialement du candidat ; celui-ci doit alors démontrer qu'il est capable d'intégrer rapidement ces nouvelles connaissances à son bagage scientifique. Les qualités d'analyse et de raisonnement à partir de ces données sont donc également évaluées. De façon générale, il est préférable pour un enseignant scientifique de comprendre et manipuler les notions de base et d'être capable de les compléter par des détails recherchés dans des ouvrages ou sites Internet. A cet égard, la maîtrise de la bibliographie mise à la disposition des candidats, dont le contenu est en adéquation avec les attendus du jury, permettrait de mieux appréhender l'ensemble des sujets posés. Ainsi, le jury a constaté que les candidats qui consultent un grand nombre d'ouvrages généralistes pour un sujet très pointu ont généralement du mal à faire ressortir les éléments essentiels de la leçon. *A contrario*, certains ouvrages plus spécifiques, qui auraient pu aider les candidats à traiter certains sujets, n'ont pas été consultés.

Organiser l'exposé

Dans l'introduction, il est conseillé d'exposer avec rigueur les définitions des différents mots du sujet pour ensuite les associer, ce qui amène à proposer une démarche construite. La plupart des problématiques proposées étaient présentes et correctes au vu des sujets.

Les plans catalogues qui ne font pas suffisamment ressortir les concepts sont à proscrire. La recherche d'un plan original peut toutefois être contre-productive quand elle aboutit à l'oubli d'un pan majeur du sujet. De la même façon, lorsque le plan se limite à la succession des documents proposés, il est souvent incomplet. Les documents proposés par le jury doivent être intégrés dans une réflexion d'ensemble et il ne faut pas oublier qu'ils ne recouvrent en général qu'une partie du sujet. Mieux vaut faire la démonstration de sa maîtrise des concepts de base de la biologie dans un plan classique d'exposé, en particulier quand le sujet n'est pas parfaitement maîtrisé par le candidat.

Au cours de l'exposé, la compréhension du plan par le jury est trop souvent perturbée par des titres de paragraphes annoncés et écrits *a posteriori*, plus souvent du fait d'un oubli du candidat que de sa volonté de ménager le suspense... Rappelons qu'il n'est pas nécessaire d'écrire le plan au tableau (ce qui représente une perte de temps pour le candidat et de place au tableau pour illustrer la leçon), il peut être déroulé au fur et à mesure de la leçon en étant intégré au diaporama. Si le candidat souhaite mettre en évidence une notion avant de la formaliser, ce qui est tout à fait pertinent, il doit choisir un titre qui le permet et pourquoi pas le compléter par la conclusion dans le plan ou sur un schéma bilan. Le jury a été surpris par l'inadéquation qui existe parfois entre le titre d'un paragraphe et son contenu.

Il n'y a aucun formalisme imposé pour la leçon. Ainsi, un schéma bilan n'est pas exigé, surtout si celui-ci n'apporte rien. Cependant, certains schémas, souvent construits progressivement, sont très intéressants car ils synthétisent les notions développées au cours de l'exposé.

Certaines conclusions, qui ne se bornaient pas à une répétition des grandes lignes du plan, mais qui dégageaient une idée transversale et mettaient en perspective les notions développées, ont été particulièrement appréciées.

Travailler à toutes les échelles et construire le sens biologique

Dans le programme officiel de l'agrégation, le secteur A est désigné par le titre : « Biologie et physiologie cellulaires, biologie moléculaire ; leur intégration au niveau des organismes ». Les candidats oublient trop souvent la seconde partie de l'intitulé et se concentrent sur les mécanismes moléculaires précis sans les resituer au niveau physiologique. Par exemple, il est

difficile de décrire les mécanismes immunitaires ou neurobiologiques sans les localiser dans les différents organes lymphoïdes ou les différents organes nerveux. On attend des candidats un certain recul sur les notions développées qui doit leur permettre de les intégrer à différentes échelles et de leur donner du sens biologique.

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 de façon brute : il doit être accompagné de tous les éléments permettant de rendre sa compréhension aisée. En particulier, les lames histologiques présentées sous microscope doivent toujours être accompagnées d'un dessin d'observation légendé. Les électrographies sont des supports trop peu exploités par les candidats. Quand une manipulation est demandée, elle doit être réalisée au moins en partie devant les membres du jury, sauf si sa réalisation demande beaucoup de temps. C'est le cas de certaines manipulations de type ExAO. On note d'ailleurs que trop peu de candidats proposent spontanément ce type de mesures.

Des manipulations simples de biochimie ou de biologie cellulaire peuvent être appréciées, et ont tout leur intérêt si elles sont réalisées et analysées avec rigueur et que les interprétations sont en adéquation avec les résultats observés et le sujet de la leçon. En cas de résultat imprévu (qui aurait parfois pu être évité par un essai préalable pendant le temps de préparation), il ne faut pas s'arrêter au constat d'échec mais proposer des explications. Le jury y reviendra forcément lors de l'entretien, si cela n'a pas été fait spontanément par le candidat. L'utilisation de programmes 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, qui n'a alors qu'un rôle illustratif).

Au-delà de l'exploitation de matériel réel pour illustrer les leçons, la mise en place d'une démarche démonstrative tout au long de l'exposé est vivement appréciée. Chaque partie doit être introduite par un questionnement, auquel le candidat doit proposer de répondre par l'observation, avant de dégager des notions générales qui peuvent alors être complétées de données plus théoriques. Cette démarche s'applique particulièrement aux documents fournis par le jury (voir ci-dessous), mais doit être généralisée à l'ensemble de la leçon.

S'appuyer sur une approche historique pour exposer l'évolution des connaissances dans un domaine donné peut être pertinent, il ne faut cependant pas en abuser ni y consacrer l'ensemble de la leçon.

Adopter une démarche scientifique dans l'exploitation des documents

On rappelle que les documents imposés par le jury sont des supports d'une partie de la démarche que le candidat doit construire. Ainsi, certains aspects du sujet, souvent classiques, peuvent ne pas être abordés dans les documents proposés par le jury mais sont néanmoins attendus.

Il est très souvent judicieux d'introduire le document par un questionnement, et de justifier en quoi le protocole réalisé peut permettre d'y répondre. S'il est inutile de passer du temps à paraphraser le protocole décrit, un schéma expérimental peut parfois être très didactique. On attend que les documents soient analysés et interprétés avec précision. L'analyse proposée par le candidat doit être quantifiée lorsque c'est possible (travail sur des histogrammes, des

graphiques, etc.). Indiquer que « tel paramètre mesuré augmente dans telle situation » est beaucoup moins informatif que de préciser que « tel paramètre mesuré est multiplié par 50 dans telle condition par rapport à telle autre ». Le jury a apprécié que certains candidats légendaient intelligemment les documents, c'est-à-dire leur donnent du sens. L'analyse doit se poursuivre par une conclusion clairement explicitée. Là encore, une phrase du type « le paramètre joue un rôle dans... » est imprécise : ce rôle peut être positif ou négatif ! Un effort d'interprétation, c'est-à-dire une mise en perspective vis-à-vis de la démarche globale de la leçon, doit être fait. Lorsque cela s'y prête, la formulation d'hypothèses pour expliquer les observations est appréciée, de même que la critique de la démarche expérimentale ou des résultats obtenus.

S'il n'y a pas de lien entre les différents documents proposés par le jury, il y a en revanche un lien entre les différentes parties d'un même document : il est donc dans ce cas recommandé de les étudier successivement et d'établir les liens entre les différentes données présentées. Dans certains cas, il peut toutefois être pertinent de faire appel et d'exploiter les différentes parties d'un même document à différentes étapes de la démarche globale de la leçon, pour illustrer différentes notions associées à un même phénomène biologique.

Idéalement, les documents doivent venir apporter des éléments de réponse à un questionnement explicité par le candidat et découlant des parties précédentes de l'exposé. Les documents sont trop souvent présentés dans le plan comme un exemple illustrant une situation particulière, alors que ce n'est pas spécifiquement cet exemple ou ces conditions qui importent mais le mécanisme cellulaire ou moléculaire mis en évidence.

Adopter une démarche didactique

La démarche didactique n'est souvent pas assez mise en avant par les candidats. Le haut niveau des connaissances demandées au cours de la leçon de spécialité ne doit pas faire oublier au candidat que le jury teste aussi et surtout 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 ce type de notion à leurs futurs élèves.

Maîtriser l'oral

Les candidats ont globalement des qualités de communication satisfaisantes (positionnement de la voix, occupation de l'espace, etc.) et la gestion du temps d'exposé est correcte. Le tableau, souvent délaissé ces dernières années, est de nouveau utilisé abondamment par les candidats pour compléter des schémas en direct, ce qui est positif. Le fait de recopier au tableau certaines voies métaboliques ou équations bilans à l'aide de ses notes, sans exploitation particulière, n'est toutefois pas judicieux et peut faire perdre un temps précieux pour le traitement de la leçon. La plupart des candidats ont pris le temps de construire un diaporama, intégrant au fur et à mesure les documents, plus ou moins re-travaillés. Les candidats doivent toutefois veiller à passer l'affichage en mode « présentation » au début de la leçon pour un résultat optimal. Le jury attire l'attention sur des formulations inappropriées qui faussent la compréhension par l'auditoire et peuvent dénoter un problème de logique du candidat, par exemple l'usage du futur qui suggère faussement des successions d'événements. Le jury note que le finalisme, qui avait quasiment disparu des exposés, a malheureusement fait son retour lors de cette session.

Rester mobilisé pour les entretiens

Le jury est conscient que la durée totale de l'épreuve, leçon et entretien compris, est conséquente, mais il tient à souligner l'importance de rester mobilisé pour les entretiens. En effet, quelle que soit la qualité de la leçon présentée, les entretiens jouent un rôle essentiel dans l'évaluation, par le jury, du niveau scientifique et de la capacité de réflexion des candidats, et ont un poids assez important dans la note finale. Ainsi, il peut arriver qu'un candidat ait à traiter une leçon sur laquelle il n'est pas à l'aise, mais puisse tout de même montrer de très bonnes compétences scientifiques lors des entretiens. Le jury rappelle que les deux entretiens qui permettent d'explorer les connaissances dans des domaines différents de celui de la leçon sont l'opportunité pour les candidats de montrer leur expertise particulière sur tel ou tel aspect du secteur, indépendamment du sujet traité au cours de la leçon. Lors des entretiens, le jury constate que de trop nombreux candidats ne maîtrisent pas les notions associées aux mots qu'ils utilisent, en particulier des notions de base, et ne sont pas capables d'en proposer des définitions pertinentes. En revanche, il apprécie les candidats qui assument avec honnêteté de ne pas connaître une réponse et qui construisent alors un raisonnement en interagissant avec le jury pour élaborer cette réponse. Il ne faut donc pas se laisser déstabiliser par une discussion qui se ferait à partir d'un support volontairement inconnu : ce qui est alors évalué n'est pas la connaissance de ce support par le candidat mais sa capacité à réfléchir en mobilisant les connaissances appropriées. Les entretiens peuvent également être l'occasion d'estimer la culture scientifique des candidats. Une bonne réactivité sur des sujets d'histoire des sciences, de santé publique ou d'actualité en lien avec le programme est appréciée.

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.

Des connaissances naturalistes à privilégier sans négliger les connaissances de base

Une solide formation naturaliste est attendue des candidats de secteur B à l'Agrégation externe de SV-STU en tant que futurs enseignants. Les dossiers proposés par le jury comprennent donc souvent du matériel concret comme des échantillons biologiques, des dissections à réaliser, des lames histologiques ou des coupes à faire, des cartes de végétation ou même de courtes séquences vidéo. L'entretien avec le jury après l'exposé est aussi très souvent amorcé à partir d'un échantillon, d'une photographie ou d'un document. Comme les années précédentes, le jury attend un minimum de connaissances sur les organismes classiques de la faune et de la flore française. Plusieurs candidats présentent des lacunes importantes dans la diagnose des échantillons, la description de l'anatomie des organismes, de leur écologie et de leur positionnement dans les classifications phylogénétiques.

La maîtrise des connaissances naturalistes ne doit pas se faire au détriment des autres domaines de l'option B comme les notions de base sur la biologie de la reproduction, la physiologie rénale et la neurophysiologie (notamment en ce qui concerne les aspects sensorimoteurs) mais aussi sur la biologie de la reproduction, la physiologie respiratoire et cardiovasculaire mais aussi sur la biodiversité, la biologie de la conservation, les comportements animaux et l'évolution de organismes végétaux semblent souvent négligées.

Le jury a également relevé une méconnaissance quasi systématique des lois physico-chimiques permettant de raisonner et d'argumenter les concepts, (loi de Fick, de Poiseuille, calcul du potentiel hydrique, etc.). Le jury a aussi constaté que les mécanismes évolutifs ainsi que les méthodes de reconstruction phylogénétique sont mal maîtrisés par de nombreux candidats. Il paraît peu pertinent pour le jury de voir des candidats chercher à placer des exemples pointus, anecdotiques, ou du vocabulaire scientifique très spécialisé alors que des concepts de base de physiologie ou d'écologie ne sont pas maîtrisés ou du moins pas expliqués de manière claire et argumentée. Présenter moins de choses mais avec rigueur sera valorisé, alors qu'un catalogue d'exemples sans les relier à des concepts permettant de répondre à la problématique posée est peu judicieux.

Ceci étant dit, le jury a constaté cette année que certains candidats montraient des compétences naturalistes très appréciables ainsi que du recul sur les fondements théoriques des différents domaines de leur discipline de spécialité. Le jury de l'option B encourage donc les futurs candidats à travailler leur culture naturaliste en zoologie, botanique, écologie et évolution tout en maîtrisant des connaissances de base en biologie et physiologie. Il veillera à continuer cette évaluation lors de la prochaine session.

Exploitation du matériel et intégration dans l'exposé

Exploitation du matériel et des documents imposés

Le dossier proposé par le jury comporte, quand le sujet s'y prête, des supports concrets et des manipulations auxquels s'ajoutent des documents organisés sous la forme d'un diaporama. Tous ces supports doivent être impérativement exploités. Il n'est pas normal d'assister encore à des exposés où certains documents sont "oubliés". Le jury rappelle que l'ordre des documents dans le dossier ne fournit aucune indication sur leur séquence d'analyse. De même, les documents ne couvrent généralement pas la totalité du sujet et servent seulement, la plupart du temps à illustrer des notions précises que le jury souhaite voir intégrées dans la démarche (sans pour autant être surdéveloppées) ou encore à traiter un point un peu plus complexe, peu illustré dans la bibliographie disponible. Le jury attend une exploitation rigoureuse et approfondie des éléments du dossier avant leur intégration dans une démarche scientifique. Trop souvent, les candidats se limitent à la seule description des documents en les paraphrasant. De même, un manque de rigueur dans l'observation, l'expérimentation et l'argumentation a été souvent observé. Une démarche scientifique doit s'appuyer sur des faits qui permettent d'envisager des hypothèses dont les plus raisonnables sont testées et validées ou invalidées afin de dégager les notions qui peuvent parfois être généralisées. Cette année le jury a constaté une tendance certaine à éclater totalement les éléments du dossier fourni et notamment les documents à tiroir (doc 2A, doc 2B, doc 2C). Si évidemment cette pratique peut se justifier, le jury rappelle aux candidats et formateurs que les documents sont conçus de manière bienveillante pour que les candidats puissent en extraire une information fondamentale pour traiter la leçon ; il est donc évident qu'un document à tiroir contient des informations reliées entre elles permettant de raisonner et d'apprécier une démarche scientifique.

Dans le même ordre d'idée il a été constaté que de nombreux candidats importent les documents dans leur diaporama de manière partielle, sans la légende. Ils se retrouvent donc souvent contraints de faire des va-et-vient, ne serait-ce que pour appréhender le document. Cette pratique semble peu pertinente, étant donné que la légende et les textes adjacents sont souvent très informatifs. Il est aussi surprenant que les candidats exploitent très peu les

ressources informatiques pour faire émerger les éléments démonstratifs d'un document et n'habillent pas les documents de leurs clés de lecture.

Les échantillons imposés doivent être utilisés pour illustrer certaines notions dans la leçon. Le jury rappelle qu'il attend, sauf indication contraire, que les candidats exploitent efficacement les supports proposés en réalisant des préparations de qualité (dissections, coupes histologiques, colorations...). Ces montages doivent être impérativement complétés de dessins légendés et/ou de fléchages des structures d'intérêt pour le sujet (exemple des dissections) et/ou de photographies à intégrer au diaporama. Le jury rappelle que les observations présentées lors de l'exposé doivent correspondre au dessin que le candidat a réalisé, le microscope ou la loupe étant correctement réglé/e. Les zones d'observation en microscopie doivent être au préalable repérées pour être rapidement retrouvées lors de l'exposé. Enfin, le jury regrette que de nombreux candidats présentent les structures d'intérêt sans réelle démonstration : observation de dissections sans éclairage ou sans eau et sans utiliser des pinces, présentation d'échantillons sans utiliser de loupe, observation de coupes histologiques à un grossissement microscopique insuffisant etc. Les échantillons ou observations doivent être au service de la démonstration menée dans la leçon, et non une illustration évoquée.

Choix et exploitation du matériel complémentaire

Le jury est attentif au matériel complémentaire demandé par le candidat. Ce matériel est très souvent prévu lors de la construction du dossier et préparé par l'équipe technique dans l'attente d'une demande de la part du candidat. Le jury apprécie ainsi la pertinence des demandes (diversité des échelles, richesse du contenu, etc.), la diversité des supports complémentaires (matériel frais, vidéos, bandes sonores, cartes, etc.) et surtout l'exploitation qui en est faite. Trop souvent, ces supports sont simplement intégrés au déroulé de l'exposé sans qu'une réelle démarche scientifique soit adoptée. Le matériel complémentaire demandé par le candidat doit être utilisé avec le même soin que les supports imposés. Aussi, l'utilisation d'un petit nombre de supports judicieusement choisis et exploités dans le cadre d'une démarche démonstrative sera toujours préférable à un inventaire d'exemples rapidement évoqués ou à l'utilisation de nombreux échantillons pour leur seul caractère illustratif.

L'exposé

Construction et organisation

Si la plupart des candidats enracinent bien leur exposé autour d'une problématique scientifique clairement énoncée dans l'introduction, la suite de la leçon est trop souvent une juxtaposition de notions reliées par des transitions artificielles. Une mise en contexte n'a de sens que si elle permet logiquement de s'interroger sur les termes du sujet et déboucher sur une problématique cohérente. La conclusion est aussi trop fréquemment un simple résumé des points développés sans réel retour sur la problématique posée en introduction. Le jury rappelle donc aux futurs candidats que le travail de construction d'une leçon est une étape cruciale afin que celle-ci exploite au mieux les différents outils (ceux du dossier imposé, le matériel complémentaire, les ressources collectées dans les ouvrages et les connaissances scientifiques du candidat) dans une progression logique et articulée. Le jury tient à rappeler qu'une approche naturaliste ne se limite pas à la description d'un objet ou l'évocation d'un

exemple. Les leçons du secteur B reposent bien évidemment sur une démarche argumentée et une démonstration des concepts, à partir de faits, d'observations et d'expériences.

Les candidats ont accès à un certain nombre d'ouvrages figurant dans la bibliothèque de l'agrégation. Les coordonnées des livres demandés (auteurs et titre et non seulement le code) doivent être clairement indiquées sur une feuille qui sera consultée par le jury pendant la leçon. Celui-ci est attentif à l'adéquation et à la pertinence des ouvrages consultés en rapport avec le sujet. Pour certains candidats, la liste des ouvrages demandés est beaucoup trop longue et s'avère contre-productive. Pour d'autres qui ne consultent que des ouvrages généraux, elle révèle une méconnaissance des ouvrages traitant de tous les sujets spécialisés proposés. Le jury invite donc les futurs candidats à mieux s'approprier les ouvrages de la liste durant leur préparation.

Dimension pédagogique de l'exposé

Au-delà des qualités scientifiques des candidats, le jury prête une attention marquée à leurs capacités à communiquer, à montrer, à expliquer, à la rigueur du vocabulaire utilisé, à l'utilisation du vidéoprojecteur et du tableau.

De manière judicieuse, la grande majorité des candidats a choisi de projeter directement les documents imposés ou complémentaires sans oublier d'en faire ressortir les éléments pertinents. Toutefois, beaucoup de ceux-ci n'ont pas été présentés efficacement du fait d'un grossissement et/ou d'un éclairage insuffisant. Les candidats devraient prendre un peu de temps avant le début de leur exposé pour tester la gestion des différents tableaux, l'éclairage de la salle et la qualité de la projection des documents.

Le jury est aussi attentif à la tenue du tableau et aux schémas réalisés. Il rappelle que le tableau ne se limite pas à la seule présentation d'un plan, qui n'est d'ailleurs plus obligatoire. La construction d'un schéma bilan n'est pas non plus une obligation et doit être une réelle plus-value dans l'exposé. On observe encore des exposés où les schémas bilan sont squelettiques, non finalisés, voire en partie hors-sujet. Certains candidats le dessinent à la place de la conclusion alors qu'il devrait être construit au fur à mesure de l'exposé.

Malgré ces réserves, le jury tient à souligner que la majorité des candidats montre des qualités de communication tout en sachant gérer le temps imparti pour les exposés d'option.

Entretiens

Au cours du premier entretien, le jury revient sur certains points abordés pendant l'exposé pour lever certaines ambiguïtés, obtenir des explications ou des compléments sur des points choisis. Même si ces questions concernent directement certaines activités ou supports du dossier documentaire, il est important que le candidat reste mobilisé pendant l'entretien et, ce, même s'il perçoit, avec les questions qui lui sont posées, certaines faiblesses de sa leçon. La capacité des candidats à revenir sur d'éventuelles erreurs faites ou à compléter des points restés flous lors de la leçon est une qualité appréciée par le jury.

Les second et troisièmes entretiens permettent d'évaluer les connaissances du candidat dans d'autres domaines du secteur B et de tester ses capacités de raisonnement. Cette interrogation menée successivement par les deux autres membres du jury est généralement enclenchée à partir d'un échantillon (coquilles de mollusque, crânes et squelettes, crabe, échantillon végétal, etc.) ou un document (photographie d'une coupe histologique, graphe

montrant les résultats d'une expérience, etc.). Ces approches permettent de valoriser les qualités d'observations, d'analyse des candidats et l'exploitation de savoirs opérationnels au service de l'étude d'un échantillon ou d'un phénomène biologique. L'argumentation est un aspect fondamental des sciences de la vie et de la Terre et le jury tient à rappeler qu'il vaut mieux chercher à argumenter et raisonner à partir d'un échantillon ou document fourni plutôt que de chercher à plaquer des connaissances. Le jury a relevé une méconnaissance quasi systématique des lois physico-chimiques permettant de raisonner et d'argumenter les concepts lors de l'échange. L'entretien se poursuit ensuite par un questionnement suivant un fil directeur orienté par les réponses du candidat. Les réponses attendues doivent être ni trop courtes, ni trop longues de manière à couvrir un champ de connaissances scientifiques suffisant et, lorsque l'échantillon soumis à l'analyse s'y prête, le jury apprécie particulièrement les candidats capables d'en mener une présentation construite, active et rigoureuse en lien avec la biologie, l'écologie, la physiologie ou l'évolution des organismes. Le jury tient à rappeler que ces entretiens, effectués dans des domaines complémentaires du secteur B, peuvent permettre de contrebalancer, dans une certaine mesure, d'éventuelles faiblesses révélées par l'exposé et le premier entretien. Ainsi, comme cela a déjà été dit, les candidats sont encouragés à rester totalement mobilisés pendant toute la durée des entretiens.

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 : des notions de thermodynamique et de chimie (notamment isotopique) sont requises pour aborder le système Terre. Des connaissances quelquefois pointues sur des sujets d'actualité peuvent être mal valorisées en l'absence d'une culture géologique de base. Il est rappelé que préparer l'agrégation ne se fait uniquement au cours de l'année de préparation mais que cela implique d'avoir assimilé les enseignements fondamentaux de niveau Licence. L'application d'une méthode pédagogique standardisée ne suffit pas à remplacer les connaissances fondamentales approfondies.

Les connaissances de bases suivantes posent un problème de manière récurrente aux candidats :

- Les notions faisant appel à une quantification ou une estimation de vitesse, débit, durée ou de la cinématique des processus géologiques ;
- Le principe du fonctionnement du microscope optique et des propriétés utilisées pour la détermination des minéraux (biréfringence, pléochroïsme, réfringence...) ;
- Les principes et acquis fondamentaux de la minéralogie (systèmes cristallins, formules chimiques, classification...) ;
- L'analyse de roches et/ou d'échantillons macroscopiques et de lames minces (confusion entre périclase-gabbro ; plagioclase-pyroxène ; organismes fossiles ; ciment-matrice) ;
- L'exploitation de diagrammes de phase lors de l'étude de processus magmatiques ;

- La confusion entre les trajets P-T-temps et les gradients, l'absence de lien entre les gradients métamorphiques et le contexte géodynamique ;
- Les relations entre contraintes et déformations ;
- La notion d'anomalie en géophysique (les candidats ne mentionnant souvent pas l'existence d'un modèle de référence et dans le cas particulier de la délimitation latérale des plaques, les anomalies gravimétriques sont quasi-systématiquement oubliées, les candidats ne se référant qu'aux données sismiques et thermiques) ;
- La différence entre géoïde et ellipsoïde ;
- La définition du $\delta^{18}\text{O}$, de même que la signification de ses variations dans la glace ou dans les organismes calcifiés ;
- La signification des roches sédimentaires et des environnements de dépôts associés, souvent très approximative ;
- Le principe et le fonctionnement des outils expérimentaux les plus classiques (GPS, radar, microsonde électronique, spectromètre) ;
- L'utilisation des cartes géologiques adaptées par les candidats : utilisation correcte des cartes au millionième, au 1/50000 et au 1/250000 ;
- L'utilisation des modèles analogiques (exploité mécaniquement et trop souvent sans compréhension des lois d'échelle, des limites et des biais).

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. De solides connaissances géographiques sont également exigées en particulier pour situer certaines structures ou régions géologiques remarquables.

Organisation de l'exposé / Démarche

Les plans proposés par les candidats sont souvent scolaires et présentent des titres peu démonstratifs ou non homogènes. Si le plan est projeté, il n'est pas nécessaire de l'écrire une seconde fois au tableau. Par contre il reste indispensable de l'énoncer au fur et à mesure de la leçon.

Globalement la problématique est présente, mais il ne faut pas oublier qu'elle doit permettre la construction d'une leçon suivant un fil directeur bien identifié et elle ne doit pas simplement reprendre le titre.

Durant la leçon, un des problèmes majeurs reste que les candidats ne partent pas assez de l'observation et de l'exploitation du matériel et des documents pour construire des notions. Les supports ne doivent pas être de simples illustrations d'un propos mais une base pour discuter des processus, un modèle... Le jury constate que globalement les candidats ne partent pas suffisamment des objets géologiques, mais préfèrent traiter des processus de façon très théorique ; et qu'il y a un gros travail à faire sur la bibliographie, car les ouvrages sortis par les candidats sont souvent trop nombreux, et pas toujours les plus appropriés pour traiter de la leçon.

Exploitation des documents fournis et des documents complémentaires

Trop de documents (imposés ou non) ne sont pas exploités ou pas dans le sens de l'intitulé de la leçon. Il faut que le candidat ne perde jamais de vue sa problématique, et exploite les documents afin d'y répondre.

Les documents et objets géologiques (imposés et choisis en option) doivent être placés au cœur de l'argumentation. Concrètement, ils doivent être exploités.

Les recommandations du jury sont ainsi (1) de s'appuyer sur des supports concrets et (2) d'exploiter efficacement les documents sans multiplier de façon exagérée les documents complémentaires. L'exercice de présentation et d'exploitation des documents permet ainsi d'évaluer conjointement les capacités d'analyse scientifique et les qualités pédagogiques.

Les documents proposés par le jury sont souvent 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. Rares sont les candidats qui pensent à encadrer, souligner les points importants de façon graphique. L'utilisation d'un pointeur ou du curseur n'est pas systématiquement utilisée. Traduire des données fournies (ex tableau) en graphique est maintenant facile en utilisant un tableur, peu de candidat se sont néanmoins livrés à l'exercice.

Le jury a remarqué que certains candidats ne présentaient pas la globalité des documents fournis ou occultaient certaines parties de ceux-ci, ce qui les pénalise lors de la notation.

Les échantillons et photos des lames minces sont inégalement exploités ; une présentation complète des échantillons à différentes échelles, accompagnée de schémas et croquis explicatifs soignés est fortement conseillée. Pour une analyse raisonnée d'échantillon, il convient d'utiliser des critères qui permettent de s'orienter vers le type de roche (magmatique, sédimentaire, métamorphique) puis d'affiner les observations afin de conclure sur la nature de la roche et son histoire. Dans cette démarche, l'analyse inclut la texture, la description précise et le nom des minéraux, la caractérisation morphologique des objets. Le vocabulaire qui permet de décrire les échantillons est souvent très approximatif, et on note de nombreuses confusions (matrice pour mésostase, confusion macle/clivage, teinte/couleur/pléochroïsme d'un minéral...).

De même, les cartes géologiques sont souvent présentées de manière trop superficielle sans réelle exploitation : une production autour des cartes est souhaitable (schéma structural, coupe...).

Les échantillons et les cartes utilisés doivent être replacés dans leur contexte géographique et géologique.

Les candidats présentent parfois des modèles analogiques, mais leur utilisation est très fréquemment maladroite. En effet, il ne faut pas confondre modèle et phénomène naturel. Le transfert d'échelle entre les objets naturels et le modèle doit être souligné. L'utilisation d'un modèle doit découler d'un certain cheminement qui pose préalablement une hypothèse. Les limites et les biais des modèles doivent être discutés.

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, débits, durées, concentrations ... sont rarement présentés.

Communication

Les candidats maîtrisent de mieux en mieux les différents moyens de communication parfois au détriment d'une bonne utilisation du tableau. L'occupation de celui-ci est souvent mal gérée et il serait bien de ne pas y trouver que le plan à la fin de la leçon.

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, une représentation graphique des points forts de la leçon.

Tous les sujets ne se prêtent pas à un "schéma bilan" et il n'est donc pas nécessaire de vouloir à tout prix en réaliser un. Quand il peut être réalisé, ce schéma doit être construit au fur et à mesure de la leçon et présenter un aspect « fonctionnel » (relations de cause à effet, mécanismes de contrôle positif ou négatif). Un schéma qui consiste à écrire des mots clés reliés entre eux par des traits sans signification n'a strictement aucun intérêt et ne pallie le manque de connaissances approfondies sur le sujet. Il doit nécessairement présenter l'échelle à laquelle il s'applique (croûte, lithosphère...).

6.1.6. Liste des leçons d'option de la session 2021 :

Leçons d'option de secteur A :

La glande thyroïde et ses hormones
L'asymétrie membranaire
Les protéines fixatrices de dioxygène
Les ATPases et leurs rôles biologiques
Les ribosomes
Les chaînes membranaires de transporteurs d'électrons
Arabidopsis, un organisme modèle
Les matrices extracellulaires
L'amidon
Les systèmes-portes
Le vieillissement cellulaire
L'éthylène
Cytosquelette et chromosomes
Les plasmodesmes
L'infection par le VIH
Centromères et télomères
L'utilisation des virus par l'Homme
Les lipides et leurs fonctions
Les lysosomes
Les transporteurs membranaires
Le tube criblé : une cellule différenciée
Migrations cellulaires durant le développement embryonnaire des Amphibiens
Les transferts génétiques entre procaryotes
Le méristème apical caulinaire des Angiospermes
La vaccination
Les récepteurs sensoriels
Immunité et cancer
Acides gras et dérivés d'acides gras
L'immunité innée
La coopération cellulaire dans la réponse immunitaire
Les anticorps
Le déterminisme floral
La grippe
Le bois
Les oestrogènes
Les coenzymes rédox
Microbiote et santé
Les mécanismes de la cancérogenèse
Le système Crispr/cas9
Les cellules du tissu nerveux

Leçons d'option de secteur B :

Relations interspécifiques et écologie des communautés
La biologie des graines
Interrelation cœur-vaisseaux
Apprentissages : aspects comportementaux, neurobiologiques et évolutifs
La domestication
Les sèves et leur circulation
Le contrôle postural chez l'Homme
L'adaptation dans le cadre de l'évolution
La pression artérielle : une variable régulée
Biologie et physiologie des végétaux en milieu sec
Biologie et écologie des êtres vivants des cours d'eau
Les maladies neurodégénératives
L'importance des microorganismes dans le cycle de l'azote
La circulation de l'eau dans la plante
La dynamique des populations et ses modèles
La communication intraspécifique chez les animaux
Pollen et pollinisation
Les vaisseaux sanguins chez les mammifères
La diversification des mammifères
Structure et fonctions de la racine chez les Angiospermes
La coévolution
Le rein des mammifères
La feuille des Angiospermes et la fonction de nutrition
Espèce et spéciation
La reproduction sexuée en milieu aérien
La diversité des champignons
Homologies et homoplasies
Les fonctions hépatiques des mammifères
Les écosystèmes prairiaux
La vie ralentie chez les végétaux
Les pigments respiratoires des métazoaires
La vie dans la zone intertidale
La fonction ovarienne chez les mammifères
Les conséquences génétiques de la reproduction
Les systèmes à contre-courant
Le comportement territorial
Les symbioses chez les végétaux
Edification de l'appareil végétatif des Angiospermes
L'activité cardiaque chez l'Homme
Ecologie des récifs coralliens
Le parasitisme et ses conséquences dans les communautés écologiques
Les phylogénies, construction et utilisation
Les spores
La gamétogenèse chez les mammifères
Acclimatation et adaptation à l'altitude chez les vertébrés
Autofécondation et allofécondation
La fonction de transport du sang chez les mammifères

Les Insectes sociaux
Le groupe écologique des algues
Les constructions animales
Les stomates
Le plancton
L'excrétion azotée et les milieux de vie des animaux
Flux de la matière au sein de l'écosystème forestier
L'espèce humaine face aux maladies infectieuses
Les couleurs chez les animaux
Le microbiote animal dans la fonction de nutrition
Les relations plantes-insectes
La nutrition azotée des angiospermes
Les agrosystèmes
Les photosynthèses de type C4 et CAM
Biologie et dynamique des populations au service de la conservation
La fonction testiculaire
Les bourgeons chez les angiospermes
Les rythmes saisonniers
De l'induction florale à la fleur
Les signaux sonores : chez les arthropodes
Homéostasie et perturbations

Leçons d'option de secteur C :

Données géologiques, chimiques et biologiques sur la vie Précambrienne
Les planètes telluriques
Forces de volume et aux limites
Les évaporites
Bioconstructions et plateformes carbonatées
Le magnétisme terrestre
Les marges passives
Rythmes et cycles sédimentaires
Mobilité verticale et horizontale de la lithosphère
Les phyllosilicates
Reconstitutions des histoires Pression-Température-temps-déformation des roches métamorphiques
Les changements climatiques à l'échelle des temps géologiques
La Terre dans le système solaire
Expérimentation et modélisation en géologie
Érosion et altération des continents
Enregistrement sédimentaire et cycle de Wilson
Géomorphologie continentale et océanique
Le magmatisme du Massif Central
Les couplages océan-atmosphère
Les crises de la biodiversité
La géodynamique archéenne : des faits aux modèles
L'échelle des temps géologique: méthodes et limites
Les ressources énergétiques du sous-sol
Satellites et observation de la Terre

Les minéraux marqueurs des processus internes
Fossiles et paléoenvironnements
La subduction
Les mouvements des plaques lithosphériques
Origine et évolution des Hominidés
La chaîne varisque en France
Rôle des organismes marins sur la genèse des sédiments
La rhéologie : des roches à la lithosphère
Origine et genèse des granitoïdes
Reconstitutions des paléoenvironnements marins
Aléas et risques sismiques en France métropolitaine
Transfert de matière des continents vers les océans
Le noyau terrestre

6.2. La leçon de contre-option

Cette épreuve porte sur les domaines autres que la spécialité du candidat. Ainsi un candidat d'option A ou B aura une leçon de contre option en Sciences de la Terre et de l'Univers, suivie d'une interrogation en Sciences de la Vie (respectivement en b ou a), alors qu'un candidat d'option C aura une contre option en Sciences de la Vie (secteur a ou b) suivi d'une interrogation dans l'autre secteur des Sciences de la Vie (b ou a).

6.2.1 Le déroulement de l'épreuve

Conditions de préparation :

Après avoir pris connaissance du sujet, le candidat dispose de 4h pour préparer sa leçon. Aucun document ne lui est imposé, contrairement à l'épreuve de spécialité. Après une réflexion de 15 minutes, l'accès à la bibliothèque est autorisé. Le candidat remplit une fiche lui permettant d'obtenir les ouvrages, les documents et les matériels dont il estime avoir besoin. Le jury rappelle qu'il est impératif que le candidat indique bien sur la fiche prévue à cet effet les ouvrages et le matériel demandé. Aucun matériel d'expérimentation n'est fourni dans les 30 dernières minutes de la préparation. Il en est de même pour les documents et autres supports dans les 15 dernières minutes. Durant son temps de préparation, l'étudiant doit construire sa leçon, réaliser les transparents qui lui semblent indispensables et, si possible un ou plusieurs montages expérimentaux.

Conditions de présentation et d'entretien :

A l'issue des 4 heures de préparation, le candidat expose pendant 40 minutes devant une commission de quatre membres du jury, deux dans chacune des deux contre-options.

Dès la fin de l'exposé, l'interrogation a lieu en trois temps :

- Un premier échange de 7 minutes, conduit par le concepteur du sujet, porte sur le contenu de la leçon.
- Une deuxième interrogation de 9 minutes, menée par un autre membre de la commission, mobilise des connaissances dans le même domaine scientifique. Le questionnement s'écarte du thème de la leçon et explore les connaissances dans des champs du même secteur scientifique.
- Enfin, le dernier questionnement de 9 minutes est conduit par un troisième interrogateur et explore les connaissances de la deuxième contre-option.

Lors de la première interrogation, le jury revient sur certains aspects de l'exposé ; cela peut concerner le déroulement d'une expérience, l'explicitation d'un cliché, l'exploitation d'un échantillon présenté, sur un aspect du sujet qui n'a pas été abordé par le candidat ou bien sur certaines erreurs pour déterminer s'il s'agissait d'un lapsus ou non. L'objectif de ce questionnement est de s'assurer que le candidat a acquis une bonne compréhension globale des différents aspects du sujet proposé et de revenir sur la démarche pédagogique mis en 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, résultat d'expérience) pour amorcer le questionnement. Au cours de la discussion qui s'engage, le membre du jury qui interroge explore différents domaines de la deuxième contre option.

L'oral de contre option est donc une épreuve qui nécessite une concentration permanente, une bonne réactivité et de solides connaissances générales.

6.2.2 Constats et conseils

Le jury a encore assisté à quelques leçons dogmatiques, très théoriques et sans démarche démonstrative, malgré les remarques faites dans les précédents rapports. Ce type d'exposé, qui ne constitue heureusement pas la majorité, doit être proscrit. Les connaissances actuelles en sciences de Vie, de la Terre et de l'Univers reposent sur des faits d'observation, des relevés de mesures, des expériences. Il est donc important que le futur enseignant intègre cette démarche dans la conception de ses leçons. Ainsi, des expériences, des montages, des schémas explicatifs ou des manipulations, même simples, sont toujours très appréciés par le jury.

Par ailleurs, le jury invite les candidats à réfléchir au statut des modèles et de la modélisation dans leur raisonnement. Un modèle est une construction intellectuelle qui essaie de rendre compte d'une réalité complexe. Il convient donc de s'interroger sur sa place dans la démonstration, sur sa valeur prédictive ou explicative et sur son dimensionnement. Il est important de ne pas confondre les faits avec les modèles. Ces derniers peuvent apparaître sous forme d'un bilan de la leçon ou bien ils peuvent servir à poser des questions critiques lors de la démonstration.

Au-delà des connaissances pures, le jury attache aussi une grande importance à la perception du sujet par le candidat. Le libellé du titre, l'identification des mots clés, la recherche d'une problématique biologique ou géologique claire doivent conduire les candidats à proposer une progression qui donne du sens.

D'autre part, le format de l'épreuve impose un rythme soutenu dans le questionnement qui suit l'exposé. Ainsi, le jury observe souvent une baisse de réactivité très nette au cours des entretiens. Il est donc impératif de garder de l'énergie pour ces derniers. Il est ainsi important de profiter du temps proposé par le jury pour se désaltérer afin de se réhydrater mais aussi de bien « reprendre son souffle » avant de démarrer l'entretien.

6.2.3 Quelques particularités propres à chaque secteur

Secteur A

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.

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, et pas 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.

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.

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. Comme les années précédentes, le jury a été très étonné 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 !

En revanche, quelques candidats dont les connaissances dans le domaine sont plus faibles montrent pour autant ces capacités de réflexion et d'analyse. Ils seront, à n'en pas douter, de bons enseignants car ils sauront aller chercher les informations et les comprendre pour construire une séquence d'enseignement.

Secteur B

Malgré une réelle hétérogénéité, de nombreux candidats présentent des leçons de bon niveau scientifique, bien illustrées et fondées sur une démarche démonstrative. Cependant, des défauts sont souvent retrouvés.

Le sujet n'est pas toujours très bien cerné si bien que l'exposé comporte des lacunes et/ou du hors-sujet. Les candidats doivent donc en amont être très attentifs au titre de leur leçon et réfléchir sur les objectifs sous-jacents, avant même d'établir un enchaînement théorique de notions.

Une autre constante souvent corrélée est l'approche très théorique de nombreux sujets. De futurs professeurs de sciences de la vie et de la Terre ne sauraient se contenter d'illustrer leurs cours avec des images scannées à partir de livres ou des schémas recopiés de manière incomplète au tableau. Ainsi, dans les sujets qui s'y prêtent, l'exploitation de matériel frais, d'une dissection ou de petits montages utilisant du matériel frais est attendue par le jury. Celui-ci veille également à l'équilibre de tous ces supports qui, cette année, ont parfois été multipliés à outrance. Le jury apprécie donc les exposés où les supports sont analysés et les conclusions replacées dans une démarche scientifique et démonstrative.

Pendant les entretiens, l'attitude des candidats est généralement constructive grâce à leur bonne réactivité. Pour certains, les concepts en écologie et évolution sont connus et relativement compris. Mais ce n'est pas le cas général. La construction de la théorie de l'Evolution, les bases du fonctionnement des écosystèmes et de phylogénie des organismes restent en général mal maîtrisées.

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.

L'utilisation du vidéoprojecteur et du rétroprojecteur est en revanche correctement intégrée par la plupart des candidats. Les candidats ont la possibilité de projeter des documents à l'écran, ou d'obtenir des transparents d'images issues des livres consultés. Le jury n'estime donc pas très utile de recopier des images à la main... Comme 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 et ne posent pas vraiment une problématique qui est alors introduite par un « on peut donc se demander » totalement péremptoire. L'utilisation d'observations d'objets réels ou de phénomènes actifs est un excellent moyen d'introduire de nombreux sujets et fait une très bonne accroche. Nous avons noté cette année un effort réel dans la présentation d'échantillons, de cartes ou de photographies présentées en accompagnement. Cependant les documents sont souvent mal maîtrisés (en particulier les échantillons pétrologiques). Si la démarche de multiplier les supports est louable, ceux-ci doivent être les données ou informations nécessaires à l'illustration du propos. De ce point de vue, l'exploitation des échantillons est souvent trop sommaire, limitée au nom de l'échantillon que l'on a demandé sans expliquer les critères qui ont permis de le reconnaître. Trop peu de candidats s'appuient sur la carte géologique de France au millionième, pourtant utilisable avec la majorité des leçons posées et mise à disposition dans toutes les salles.

Les échantillons classiques et leur minéralogie sont pourtant largement utilisés dans les programmes d'enseignement secondaire. Le microscope polarisant installé dans chaque salle n'est utilisé qu'exceptionnellement. Une nouvelle dérive visant à demander beaucoup de matériel est également préjudiciable si c'est dernier sont peu ou mal exploités. Il est important de rappeler que la quantité ne fait pas la qualité.

Si les candidats présentent des modèles analogiques, leur utilisation reste trop 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

certain paramètre. Également, l'utilisation d'un modèle doit découler d'un certain cheminement, qui pose préalablement une hypothèse, et malheureusement, les modèles sont souvent "sortis du chapeau" sans aucune discussion préalable.

L'utilisation du tableau est trop souvent limitée à la présentation d'un schéma bilan ou un tableau. Trop peu de candidats l'ont utilisé pour réaliser des coupes ou schémas structuraux construits progressivement au cours de la leçon. Il est inconcevable qu'à la fin d'une leçon sur les Alpes, il ne reste pas une coupe synthétique de la chaîne.

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 de trop nombreux cas. La définition même d'isotope est rarement satisfaisante. Il en est de même pour les notions concernant les paramètres orbitaux et de façon plus général de la Terre dans son système solaire.

Les entretiens révèlent souvent des lacunes des candidats sur des notions de base : reconnaissance des structures tectoniques sur les cartes, formules chimiques et structures des minéraux essentiels. Un minimum de connaissances de géographie est également requis. De même, quelques structures et régions géologiques « classiques » doivent être connues des candidats (faille de San Andreas, plateau d'Ontong Java, ...) et replacées géographiquement. Certains exemples de géologie régionale doivent être connus sous forme de schéma structural, logs stratigraphiques ou coupes (Jura, Pyrénées, Alpes, ...).

En fin de leçon, il est judicieux de laisser au tableau un schéma bilan ou une synthèse, construit si possible au fur et à mesure de l'exposé. Il faut cependant éviter les synthèses qui n'illustrent rien. Le tableau devrait faire ressortir les principales observations et paramètres de contrôle d'un phénomène géologique. La conclusion devrait servir non pas à lister à nouveau les parties du sujet, mais à prendre du recul sur ce qui a été fait, sur les débats scientifiques en cours et proposer un prolongement ou de replacer le sujet dans un contexte plus général en guise d'ouverture.

6.2.4 Sujets des leçons de contre-option

Leçons de contre-option de secteur A :

Données géologiques, chimiques et biologiques sur les origines de la Vie
La chronologie relative à partir de cartes et d'échantillons
L'échelle des temps géologiques
Sources et transferts de chaleur dans le système Terre
Les roches métamorphiques : archives géologiques
Les modifications anthropiques des enveloppes externes
Les grandes crises de la biodiversité
Les grandes lignes de l'histoire géologique des Alpes à partir de cartes géologiques au choix du candidat
La sismicité de la France dans son cadre géodynamique
Les nappes d'eau souterraines : ressources en eau, sources d'énergie
Le champ magnétique terrestre
Les métamorphismes liés au cycle alpin à partir de la carte géologique au 1/100000 de la France
Les paléoenvironnements remarquables du Phanézoïque
Les couplages atmosphère/hydrosphère/cryosphère
Transferts sédimentaires du continent à l'océan

Risques et aléas sismiques
Les transferts de chaleur à l'intérieur de la Terre
Érosion et altération des continents
Tectonique et reliefs continentaux
L'apport des données satellitaires
Comportement rhéologique des matériaux géologiques et structures associées
Genèse et évolution de la lithosphère océanique
Le paléomagnétisme : outil de la géodynamique
La différenciation des enveloppes de la Terre
La connaissance de l'intérieur de la Terre
L'apport des données paléontologiques à la reconstitution paléoenvironnementale
Le magmatisme de points chauds
La reconstitution des chemins Pression - Température des roches métamorphiques
La crise Crétacé-Paléocène
Énergie solaire et bilan énergétique de la Terre
Développement et évolution : apport des fossiles
Les ophiolites
Dynamismes éruptifs et risques associés
Chronologie relative
Les différents types de métamorphisme et leur signification géodynamique à partir de la carte géologique de France au millionième
Les déformations actives
Dater les roches : comment ? pourquoi ?
L'isostasie
Le magmatisme tertiaire et quaternaire du Massif Central
Roches et paysages

Leçons de contre-option de secteur B :

La subduction océanique
Les grandes lignes de l'histoire géologique du Jura à partir de cartes géologiques au choix du candidat
Étude de processus géologiques au choix du candidat à partir d'échantillons
Cycles et rythmes sédimentaires
Les évaporites
Géologie et reconstitution de contextes géodynamiques : le cas des îles des Antilles françaises
La circulation atmosphérique
Fossiles et échelle des temps géologiques
Géodynamiques de l'Archéen
Les dorsales océaniques
Les grands cycles orogéniques à partir de la Carte géologique de France au millionième
Les météorites
Croûte océanique et croûte continentale
Intérêts d'un groupe fossile au choix du candidat
Le bilan radiatif terrestre

La sédimentation continentale
Nature et conséquences des effets anthropiques sur la composition de l'atmosphère terrestre
L'apport des données satellitaires à l'étude de la Terre
Les géomatériaux
Altération chimique et mécanique dans les processus de surface
La circulation océanique
Expérimentation et modélisation en géologie
Qu'est ce qui fait bouger les plaques ?
Les subductions
Les grandes lignes de l'histoire géologique du Massif Armoricaïn à partir de cartes géologiques au choix du candidat
Le champ magnétique terrestre
La lithosphère océanique
Reconstitution d'un cycle orogénique en France au choix du candidat à partir des marqueurs métamorphiques
Le découpage du temps géologique
Les magmas dans leur contexte géodynamique
Les volcans
La convection
Les provinces magmatiques géantes
Les grands cycles orogéniques à partir de la carte géologique de France au millionième
Les grandes lignes de l'histoire géologique des Alpes
Le cycle externe de l'eau
Le manteau terrestre
Les séries magmatiques
Les marges continentales de la France métropolitaine
La formation des granites
Les grands ensembles géologiques de l'Europe
La paléobiodiversité
Les grandes lignes de la géologie des Pyrénées à partir de cartes géologiques au choix du candidat
Radiations adaptatives, extinctions et changements environnementaux
Le bassin de Paris à partir de la carte géologique au millionième
Cinématique des plaques lithosphériques
L'apport des fossiles en paléoécologie
La mesure du temps en géologie
Les marqueurs géologiques et géochimiques des glaciations
Le contrôle astronomique des climats
Le cycle du carbone et ses variations au cours des temps géologiques
La formation des roches par les organismes vivants
Les enregistrements des paléoclimats
La structure et la dynamique interne des planètes telluriques
La sédimentation en domaine océanique
Croûte océanique et croûte continentale
La Terre dans le système solaire
La géologie de la Corse à partir de matériel au choix du candidat
Les environnements récifaux actuels et fossiles
Le modèle PREM : origine et application

Les grands ensembles géologiques de France à partir de la carte au millionième
Le couplage océan-atmosphère
Risques et aléas volcaniques
Fossiles et paléoenvironnements
Transferts de matières du continent à l'océan
Élaboration d'un modèle de la structure interne de la Terre
Du plancton à la roche
Les fossiles : marqueur de l'évolution
Les traceurs géochimiques : une méthode au choix
Les mouvements verticaux de la lithosphère
Le magmatisme d'origine mantellique
La tectonique en décrochement
Les variations du niveau marin à différentes échelle de temps
Les variations climatiques à différentes échelles de temps
Bioconstructions et bioaccumulations sédimentaires
Intérêts d'un groupe fossile au choix du candidat
La biostratigraphie
L'échelle des temps géologiques
La propagation des ondes sismiques
Sismologie et structure de la lithosphère

Leçons de contre option de secteur C :

Cycle cellulaire et cancer
La double hélice d'ADN
Les oxydoréductions cellulaires
La reproduction des embryophytes
Un écosystème au choix du candidat
Classer les êtres vivants
Épidémies et pandémies virales
Les organismes et les saisons
Le chromosome eucaryote
Adhérence et migration des cellules animales
La racine des Angiospermes
Les compartiments liquidiens chez les Métazoaires
Homologie et liens de parenté
Les animaux et la température
Les tissus adipeux
La communication hormonale chez l'Homme
Une pathologie dégénérative au choix du candidat
L'homéostasie glucidique
Cycles de vie chez les insectes
L'ATP, un intermédiaire énergétique
Les symbioses mutualistes
L'auxine
Les hormones stéroïdes et leurs modalités d'action
La production de protéines recombinantes
Les conséquences génétiques de la reproduction
Relations génotype-phénotype

Le pancréas
Pollen et pollinisation
La vie végétale en milieu sec
La croissance des végétaux
Les protéines membranaires
Les agrosystèmes
Espèce et spéciation
La ventilation chez les vertébrés
la cellule du xylème, une cellule différenciée
L'exercice physique
La communication animale
Les inductions embryonnaires
La vie en eau douce
Respirer dans l'air, respirer dans l'eau
Les cellules méristématiques
Le polymorphisme
Le parasitisme
Les lymphocytes
Les potentiels membranaires
L'équilibre hydrique chez les Angiospermes
Les micro-organismes dans l'alimentation
La lumière et les végétaux
Le cytosquelette

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
La planète Terre: composition globale et structuration radiale de la Terre	
Le matériau de départ	La Composition du Soleil et du Système Solaire
	Abondances solaires des éléments, méthode de mesure
	Modèle de la nébuleuse: accréation de poussière, de planétésimaux, de planètes
	Comparaison compo météorite et soleil: ->météorite = matériel primordial non-différentié
	Densité moyenne de la Terre, champ magnétique (donc métal), moment d'inertie
Evidence d'une Terre différenciée	Evidences physique de differentiation
	Evidence sismologiques de differentiation Modele sismique= PREM (construction, schema Vp-Vs-rho vs z)
Le noyau de la Terre	

Composition et structure	Apports de la géophysique	Structure du noyau: historique (Zone d'ombre, Lehmann) / Graine solide, noyau externe liquide
	Apports géochimiques	Densité du noyau: Loi de Birch, Fer métal en accord avec densité et V_p estimée, élément léger
	Une convection thermochimique	Riche en sidérophile ex du Ni (argumenté)
Dynamique	Une dynamo	Géométrie des mouvements, Présence d' élément léger aide la convection : convection thermochimique
	Formation et âge du noyau	Courants électriques, modèle de dynamo auto-entretenu.
Formation et Evolution	Inversions magnétiques	Moteurs (immiscibilité métal - silicates + gravité), modèles de formation
	Magnétosphère	Méthode Hf/W : explication de la méthode et détermination de l'âge = 30-100 Ma
		Echelle de temps des inversions, magnétostratigraphie , variation séculaire, modulation solaire
		Champ magnétique, magnétosphère , protection vent solaire

La Terre Silicatée		
Composition et structure	Petrologie des roches crustales et mantelliques	Croutes océanique (basaltes, gabbros et leur minéralogie) et Croute continentale (petrologie).
		Minéralogie des péridotites (triangle péridotite, minéraux, phases alumineuse, ilherzolite, harzburgite)
	Difference manteau-croûte	croutes enrichies en Al, Si, Fe, K, Na (i.e. element incompatibles), composition typique des croutes
		Densité typiques manteau et 2 croutes, notion de flotaison , hypsométrie
	Modele mineralogique du manteau	Petrologie experimentale, méthode: CED, expériences de choc
		Petrologie experimentale, résultats: changement de phase olivine et pyroxene et confrontaton aux observables
	Dynamique de la surface solide	Lithosphère, asthénosphère, croute infet sup (isotherme 1300°C, LVZ, séismes), deux comportements mécaniques Limites convergentes et divergentes: expansion océanique, subduction et épaississement par collision

Dynamique	La convection dans le manteau	Calcul du nombre de Rayleigh du manteau (valeur, mesure viscosité) (seulement calcul)
		Couplage convection dans le manteau et tectonique des plaques , tomographie
	Les points chauds	Définition, exemple , évidence profonde
	Le géotherme	Points d'encre, calcul, dessin
	Moteurs de la dynamique	Point chaud =lien D" et noyau / échange d'énergie, Convection = Chauffage interne radioactifs
	Schema de la dynamique de la Terre silicatée	Schéma illustrant les différents item ci-dessus
Formation et Evolution	Géodynamique et formation des croutes	Âges des croutes (c.o. jeune et c.c. plus vieille)
		Mécanismes de production de magma en lien avec le contexte géodynamique
	Croute et manteau à l'archéen	Magmatisme "chaud" (komatiites) , TTG et formation de la croute continentale

			Géodynamique à l'archéen
Les enveloppes externes			
Composition	Definition		Définitions: atmosphère, hydrosphère, proportion des réservoirs
	Composition		Composition de l' atmosphère contemporaine, abondance des gazs, structure verticale, couche ozone
			Composition de l'hydrosphère : Eau douce et eau salée, Composition de l'eau de Mer (valeur salinité, quels sels)
			Composition de l'hydrosphère : structure verticale, salinité, oxygénation, thermocline, halocline, variation saisoniere et géographique
Dynamique	Moteur de la dynamique des env. externes		Forçage externe , repartition hétérogène de l'apport solaire, schéma
	Cycle de l'eau		Schema cycle de l'eau, principes
	Circulation oceanique		Circulation thermo-haline : moteur, schema

	Circulation atmosphérique	Schema cellule convection , moteurs de la circulation, coriolis
	Couplage atm. Ocean	Echanges thermiques, eckman, upwelling, géostrophie
	Atmosphère primaire	Atmosphère primaire vs secondaire (définition) et sa composition
	Apports secondaires aux env. externe	Dégazage du manteau, composition gaz volcanique
Formation		Apports exogène (D/H) , gaz rares
	Evolution chimique	Dégazage volcanique, lessivage au niveau des dorsales (ex: Ca, Mn)
	Interaction biosphère - hydrosphère/atmosphère	L'événement de grande oxidation : evidence, ages, photosynthèse.
		Piégeage de m.o. et quantité de CO2 dans l'atmosphère
Evolution		La précipitation des carbonates biogène et piégeage de CO2

Evolution	Interaction interne externe	Alteration des roches et cycle du CO2: carbonates, dissolution minéraux, lien relief climat
		Géographie des masses continentales et paleo-circulation
		Hydrothermalisme, alteration et recyclage d'eau, de croute, de sédiments (evidence geochimique par ex)
		Tectono et glacio -eustatisme
	Transversalités et interactions	
Transversalités	Convection	Comparaison des styles de convections (noyau, manteau, atm): géométrie, vitesses, moteurs, echelle de temps
		Nombre de Rayleigh: définition, expression, calcul, sens
	Importance des changement de phase	Changement de phase: Processus de fusion et cristallisation (graine, magmatisme, cycle de l'eau), transition de phase solide
	Echelle de temps des processus	Temps de mélange, cinématique, différentiation précoce vs evolution seculaire, temps résidence

	Propriétés chimique des éléments et répartition	Classification de goldschmidt pour comprendre les composition des enveloppes
Conclusion		
		Bilan de la démarche scientifique
		Ouverture pertinente
Qualité générale		
Plan et démarche		Logique, cohérence, titres informatifs, adéquation entre titres et contenus des paragraphes
		Rigueur de la démarche et de la contruction scientifique
	Redaction	Clareté soin, et orthographe
	Illustration	Pertinence, qualité : à apprécier par rapport à la richesse de la copie
Bonté		Bonus (verniss tardif, formation lune, zircon et océan primitif, météorites métalliques, 129Iode, age graine)

NOM :

Prénom :

Salle :

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2021

TRAVAUX PRATIQUES DE SPÉCIALITÉ DU SECTEUR A

Durée totale : 6 heures

**Analyses cellulaires, moléculaires, biochimiques et
métaboliques sur « le ver de Roscoff »**

Symsagittifera roscoffensis

Les 2 parties sont indépendantes.

Partie I : Mise en place et analyse structurale du partenariat « ver-algues » page 4

Durée conseillée : 3h30 – barème : 35/60

Partie II : Analyse fonctionnelle du partenariat « ver-algues » page 31

Durée conseillée : 2h30 – barème : 25/60

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

Une PCR suivie d'une électrophorèse est planifiée dans la partie I. Il vous est donc fortement conseillé de commencer cette partie maximum 4h après le début du TP.

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 :

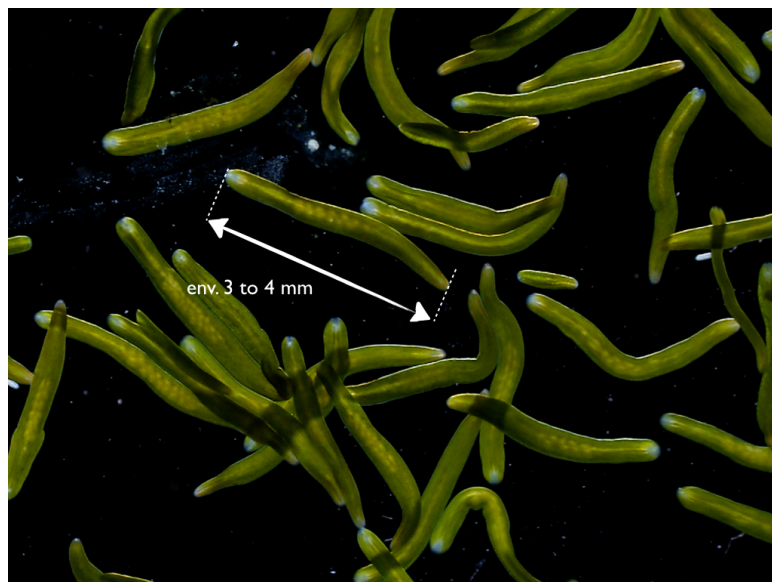
Salle :

Introduction

L'espèce ***Symsagittifera roscoffensis***, dont le nom vernaculaire est le **ver de Roscoff**, est un ver plat marin appartenant à l'ordre des accéles.

Ces vers sont retrouvés à marée basse sur les côtes bretonnes, sous la forme de longues traînées vertes et denses.

Leur couleur verte vient de la présence, *in hospite*, de **micro-algues** spécifiquement de l'espèce ***Tetraselmis convolutae***.



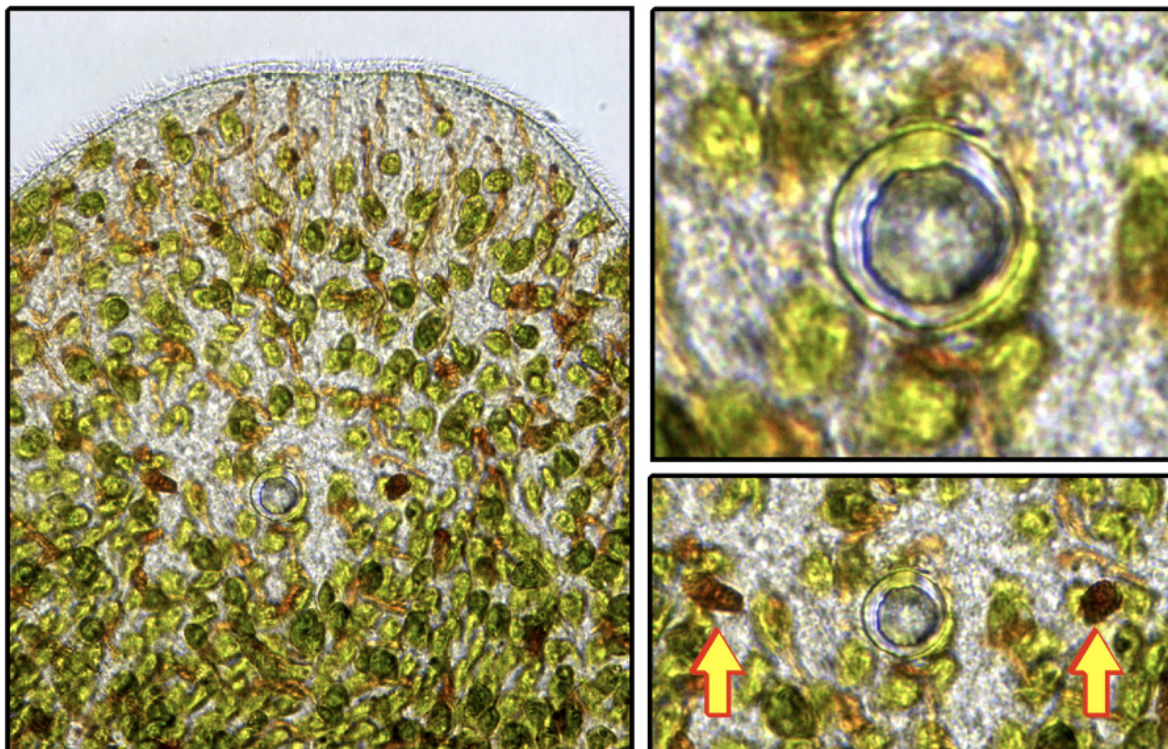
Figures 1 : Photographies du ver de Roscoff sur les côtes bretonnes, et cliché d'observation de **vers adultes verts** (contenant des algues) à la loupe binoculaire

NOM :

Prénom :

Salle :

Il est possible de repérer le pôle antérieur du ver en observant le sens de son déplacement, ainsi qu'en repérant des structures spécifiques : les photorécepteurs et le statocyste.



Figures 2 : à gauche : extrémité antérieure ("tête") de *Symsagittifera roscoffensis* - on y voit **des micro-algues vertes d'environ 14 micromètres** et au centre, on distingue le statocyste (circulaire) flanqué de 2 photorécepteurs (tâches marrons à équidistance du statocyste) ; grossissement : 400x. À droite, en haut : détail du statocyste. À droite en bas : les 2 photorécepteurs sont indiqués par des flèches jaunes.

Le TP que nous vous proposons est ainsi une étude de cet holobionte « ver-algue », en utilisant des outils et techniques de secteur A, soit de biologie cellulaire, biologie moléculaire et de biochimie, dans le but de réfléchir à la mise en place, à la structure et au fonctionnement du partenariat engagé.

Le déroulé du TP se fait sur les 6 heures ; cela ne vous empêche néanmoins pas de renouveler des manipulations, hors la PCR.

Certains candidats étaient mal organisés, leur paillasse n'étant notamment pas rangée au fur et à mesure, avec parfois des manipulations sur les copies. Ceci n'aide pas à la réalisation de manipulations propres.

D'autres ont commencé par traiter toutes les questions théoriques, sans se lancer dans l'observation des premiers stades, ce qui fait qu'ils ont été débordés par le temps.

NOM :

Prénom :

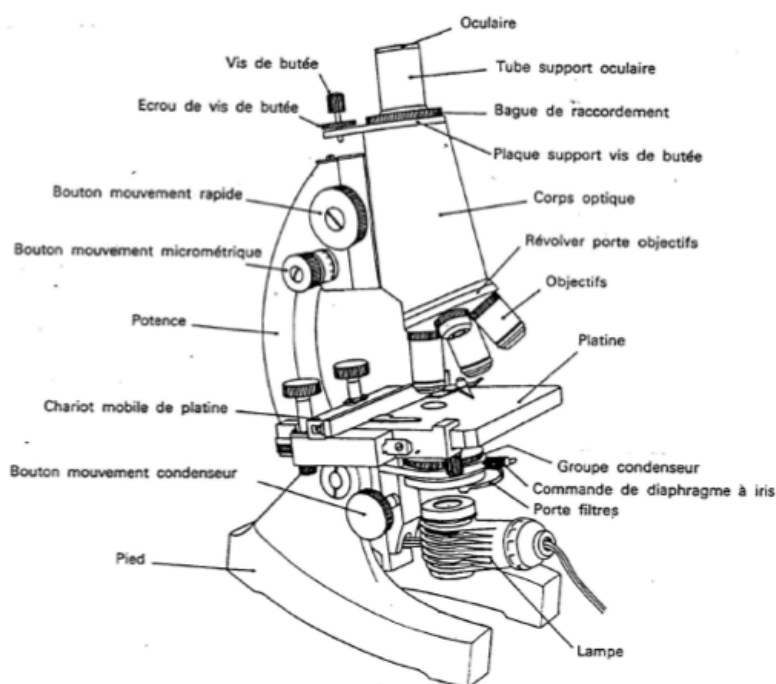
Salle :

Partie I : Mise en place et analyse structurale du partenariat « ver-algue »

I.A- Apports de la microscopie

Question I-A-1 : Rappeler le principe de la microscopie optique, ainsi que sa résolution ; légender ensuite le schéma suivant, en précisant le rôle de chacune des parties d'un microscope optique.

Réponse à la question I-A-1



Il y a émission de PHOTONS, qui TRAVERSENT l'échantillon. Si ce dernier est coloré, des photons sont plus ou moins absorbés, ce qui génère, à la sortie, une image contrastée (en couleurs) de l'objet étudié.

Résolution : de l'ordre du micromètre suffisait

Les connaissances de base (objectifs, platine, source de lumière, vis micrométriques et macrométriques) sont bien maîtrisées.

Par contre, la fonction des oculaires s'est souvent résumée à « placement des yeux », avec oubli du grossissement. Le diaphragme et le condenseur ont également été souvent oubliés ; ils sont pourtant bien utiles pour certaines observations...

Vous disposez d'un échantillon d'eau de mer prélevé au niveau des « traînées vertes » (Figures 1) dans un pot de prélèvement étiqueté « *Prélèvement marin* »,

NOM :

Prénom :

Salle :

Vous disposez également d'algues vertes benthiques *Tetraselmis convolutae* : flasque étiquetée « *Algues* ».

Loupe binoculaire et microscope optique, ainsi que lames et lamelles, sont présents sur votre paillasse.

Les vers doivent être exploités au maximum tout au long du TP avant d'être éliminés, et ceci seulement après des manipulations irréversibles pour leur survie : attention ainsi de bien replacer, éventuellement, les vers dans leur contenant après manipulations.

L'objectif de cette 1^{ère} partie est de générer des observations microscopiques (à la loupe binoculaire et au microscope) pour tester l'hypothèse qu'au cours du cycle de vie de *Symsagittifera roscoffensis*, il y a incorporation puis multiplication d'algues vertes benthiques au sein des juvéniles blancs de façon à former des adultes verts.

A partir du prélèvement d'eau de mer, isoler tout d'abord différents stades de vie du ver auxquels vous allez faire référence pour travailler l'hypothèse proposée.

Pour prélever les vers, vous vous aiderez d'une pipette plastique que vous identifierez comme spécifique au prélèvement des vers pendant toute la durée du TP. Vous pouvez vous servir des boîtes de pétri à votre disposition pour isoler au fur et à mesure les individus.

Afin de diminuer les mouvements des vers, vous pouvez les anesthésier en ajoutant une petite goutte de $MgCl_2$ à 7% (vous vous aiderez pour cela d'une pipette de prélèvement que vous réserverez à cette solution sur la totalité du TP).

Afin d'améliorer les observations, il vous est conseillé de placer les vers dans un volume minimum

Vous déposerez les différents stades choisis, dans leur ordre chronologique supposé de développement, sur une ou plusieurs lames de verre

Question I-A-2 : Rappeler ce que signifie $MgCl_2$ « à 7% ». Le $MgCl_2$ étant un compétiteur calcique, proposer une hypothèse pour expliquer son rôle anesthésiant sur les vers.

Réponse à la question I-A-2

7g pour 100 mL

Une des hypothèses pouvant être avancée est qu'un compétiteur calcique inhibe les cycles de contraction musculaire

Question I-A-3 : Schématiser les différents stades choisis et prélevés afin de les caractériser, et ce, dans l'ordre chronologique de développement du ver de Roscoff. Vous prendrez soin d'explicitier les caractéristiques qui ont guidé votre analyse, pour arriver à l'hypothèse proposée.

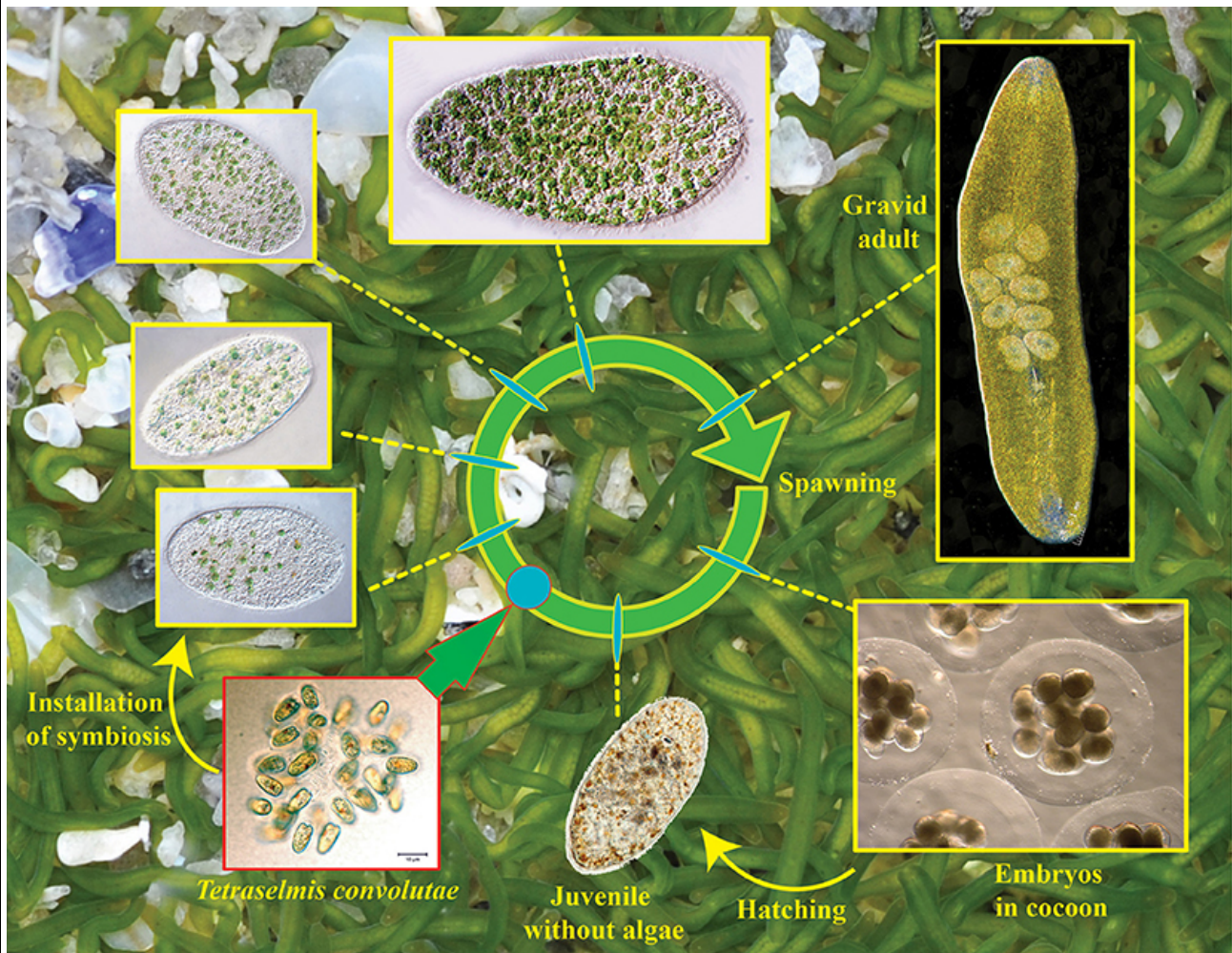
NOM :

Prénom :

Salle :

Une fois les schémas réalisés, vous appellerez un examinateur de salle pour qu'il évalue l'adéquation entre les différents stades de vie que vous avez observés et vos schémas.

Réponse à la question I-A-3



[The chimerical and multifaceted marine acoel *Symsagittifera roscoffensis*: From photosymbiosis to brain regeneration](#), septembre 2014, *Frontiers in microbiology*

Caractéristiques possibles : estimation de la taille des algues (confirmation des données de l'introduction, de la taille des vers, comparaison de la taille et du nombre des ovocytes au sein des adultes à maturité *versus* dans les cocons. Estimation du nombre d'algues aux différents stades. Evaluation des couleurs.

Le candidat peut repérer les individus suivants dans le prélèvement :

Individus 1 : ovocytes fécondés dans leur gangue muqueuse

Individus 2 : juvéniles blancs (solitaires), potentiellement à différents stades car de différentes tailles

Individus 3 : juvéniles qui commencent à contenir des algues

Individus 4 : adultes verts (coloniaux, avec biofilms), potentiellement à différents stades car de différentes tailles

NOM :

Prénom :

Salle :

Individus 5 : adultes verts contenant à maturité des ovocytes, repérables même à la loupe binoculaire, identiques aux ovocytes dans leur gangue muqueuse (individus 1)

Les étapes d'**observation** et de **description** doivent précéder la **caractérisation** et la **schématisation** : savoir « **mettre les yeux** » est fondamental pour débiter une étude, quel que soit le modèle. Il est important de disposer d'une culture naturaliste, d'un savoir en zoologie, avant de se lancer dans les techniques, sans doute mieux apprises par les candidats.

Il est également utile de réfléchir à la pertinence du choix de l'outil d'observation. Certains candidats ont su exploiter loupe ET microscope de façon complémentaire.

Des expériences complémentaires ont effectivement permis de démontrer que les juvéniles blancs ingèrent initialement des algues vertes benthiques *Tetraselmis convolutae*, ce qui leur permet d'acquérir la couleur verte observable chez les adultes.

Question I-A-4 : Rappeler ce qu'est une « couleur », ainsi que le lien que vous faites avec les pigments.

Réponse à la question I-A-4

Couleur : longueurs d'ondes d'une radiation lumineuse

Origine, le pigment : longueurs d'ondes de la radiation lumineuse émise par cette molécule

Question I-A-5 : Macroscopiquement et microscopiquement, les observations suggèrent ainsi une absence des microalgues chez les juvéniles, permettant de poser l'hypothèse d'une transmission / acquisition horizontale du photosymbionte. Cependant, avec les limites de la microscopie, il est difficile de rejeter la possibilité de la présence dans l'œuf d'une ou de quelques cellules microalgales qui pourraient être transmises verticalement par le géniteur. Comment pourriez-vous avancer sur cette question : proposez des expériences complémentaires en les justifiant.

Réponse à la question I-A-5

PCR suivies d'électrophorèses

Afin d'analyser l'évolution de l'algue suite à sa prise en charge par le ver, il vous est demandé d'extraire des algues à partir d'un ver adulte. Pour cela, quelques individus seront anesthésiés au $MgCl_2$ (n'en rajouter toujours qu'une toute petite goutte pour ne pas augmenter trop le volume), puis écrasés délicatement entre lame et lamelle. Les algues (sortant) du corps de *S. roscoffensis* peuvent alors être observées au microscope optique ; il est d'autant plus facile de les observer qu'on rajoute entre lame et lamelle une goutte d'eau de mer, qui permet de les remettre en suspension. Ne pas hésiter également à faire varier diaphragme, condenseur et mise au point du microscope.

Vous avez parallèlement à disposition des algues vertes libres et benthiques *Tetraselmis convolutae* : flasque étiquetée « *Algues* ».

NOM :

Prénom :

Salle :

Les algues libres sont très mobiles ; pour correctement les observer, vous pouvez mélanger dans un eppendorf 50 μL d'algues avec 50 μL de glycérol. Le glycérol, ainsi que sa pipette de prélèvement, est à demander aux examinateurs de salle.

Question I-A-6 : Comparez, à l'aide de schémas, les algues libres et les algues *in hospite*. Que pouvez-vous en déduire quant à l'évolution fonctionnelle de l'algue ?

Réponse à la question I-A-6

Les algues changent de forme, elles sont beaucoup moins sphériques *in hospite* que libres. C'est peut-être dû au fait qu'il y a également une perte très nette de la paroi des algues.

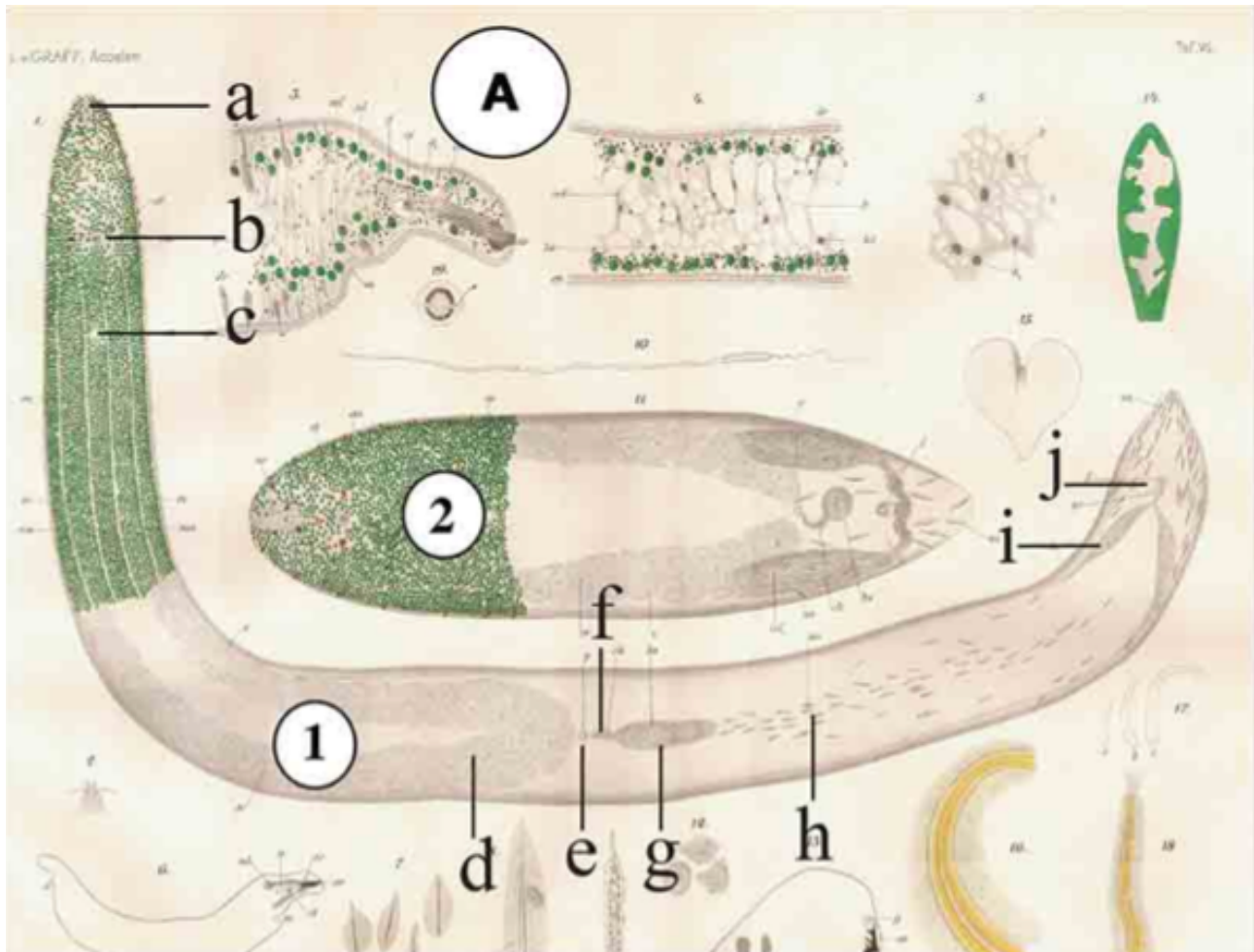
Certaines algues libres se déplacent (peut-être que les algues qui ne se déplacent pas sont les algues qui se divisent ; on les observe souvent par 2 sous les parois) ; aucune algue *in hospite* n'en est capable. Il y a donc vraisemblablement une perte de structure de mobilité (hypothèse d'un flagelle)

Ainsi, évolution fonctionnelle par régression lors de l'ingestion des algues libres par le ver

La question demandait explicitement une comparaison ; schématiser de façon séparée les 2 types d'algues ne répondait donc pas à la question posée.

Attention aux rédactions finalistes « les algues n'ont plus besoin de bouger, donc elles perdent leur flagelle »

D'un point de vue historique, c'est Graff qui, en 1891, a montré l'organisation précise des algues au sein du ver : ne disposant bien sûr pas de la microscopie confocale et de la microscopie électronique à transmission à cette époque, il avait réalisé l'intégralité de ses observations à la loupe et au microscope optique, ce qui a sans doute largement contribué à ce qu'il devienne aveugle. Graf met notamment en évidence une localisation spécifique des algues en périphérie du ver, au niveau de l'épiderme.



Symsagittifera roscoffensis (Graff, 1891) Arch. Zool. Exp. Gén. 9, 1–12

Question I-A-7 : Quelle technique actuelle pourraient permettre de mettre en évidence une telle localisation ?
Expliciter son principe, et énoncer ses limites.

Réponse à la question I-A-7

Microscopie confocale (la réponse était donnée dans l'introduction ci-dessus...).

Prise d'images selon des plans en z, puis reconstitution de la totalité de l'individu. Contrairement à un cliché d'épifluorescence, la multiplicité des clichés permet la localisation précise de l'émission de la fluorescence. Il est ainsi possible d'avoir une idée de l'organisation spatiale des objets émetteurs de fluorescence. Dans notre cas, on pourrait se servir de la fluorescence naturelle de l'algue.

La limite est sur la résolution du microscope : 2 objets émetteurs de fluorescence peuvent être confondus s'ils sont rapprochés.

Question I-A-8 : Quelles hypothèses pouvez-vous formuler pour expliquer cette localisation restreinte à la périphérie du ver, au niveau de l'épiderme ?

NOM :

Prénom :

Salle :

Réponse à la question I-A-8

Hypothèse 1 : réactions immunitaires du ver sur les algues ; test de l'hypothèse : marquage des cellules immunitaires du ver

Hypothèse 2 : jonctions cellulaires et lame basale empêchant la présence dans les tissus plus profonds ; test de l'hypothèse : microscopie électronique à transmission sur les jonctions et la lame basale

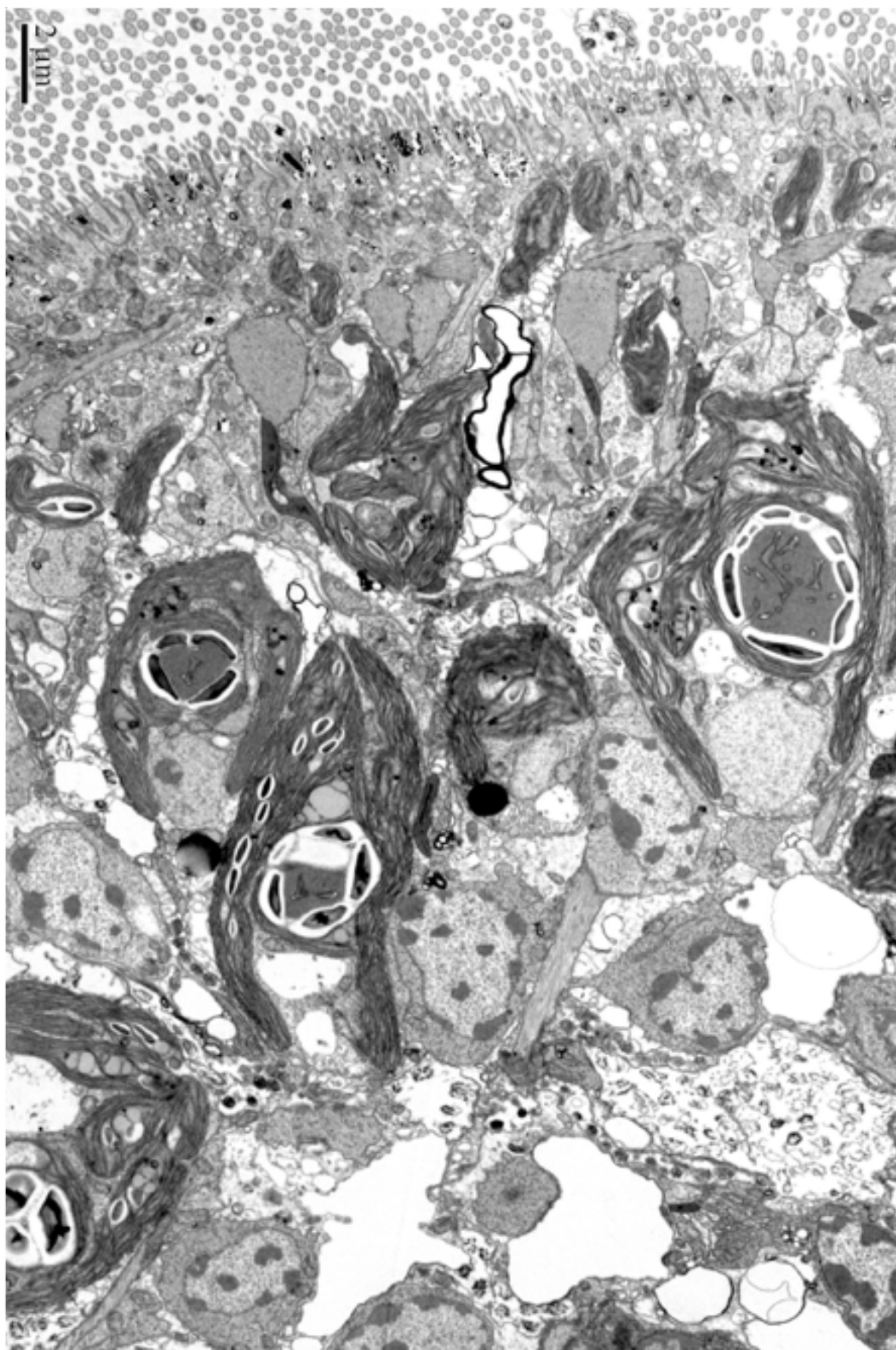
Attention aux rédactions finalistes, très fréquemment rencontrées, et inadaptées en sciences : « les algues se placent à la périphérie, car c'est là où elles ont le plus de lumière »

La micrographie électronique suivante (une micrographie, ainsi qu'un zoom) est réalisée en périphérie d'un ver adulte : vous pouvez repérer cette dernière par la présence des « cils », et visualiser les algues (repérables à leurs chloroplastes « chl ») en contact avec les cellules animales.

NOM :

Prénom :

Salle :



NOM :

Prénom :

Salle :

Question I-A-9 : Énoncer les différences entre microscopies optique et électronique

Réponse à la question I-A-9

Faisceau : de lumière versus électronique

Lentilles : optiques versus électromagnétiques

Résolution : $0,5\ \mu\text{m}$ versus $0,2\ \text{nm}$

Question I-A-10 : Légender la micrographie, sachant que vous devez *a minima* repérer les algues, les pyrénoides, les thylacoïdes des chloroplastes, ainsi que les cellules musculaires. Vous prendrez également soin d'entourer les algues.

Réponse à la question I-A-10

Ajouter, en plus des légendes indiquées dans la question, les cils, les mitochondries, également les autres cellules animales

Question I-A-11 : A partir de l'ensemble des données à votre disposition, estimez le nombre d'algues dans un ver adulte, en considérant que son épaisseur est de $80\ \mu\text{m}$. Vous explicitez vos calculs.

Réponse à la question I-A-11

Assimilation du ver à une figure géométrique, soit un cylindre ou parallépipède

Estimations de taille, en plus de l'épaisseur du ver donnée dans la question :

Diamètre d'une algue (MET) : $10\ \mu\text{m}$ -> Volume algue (assimilation à une sphère)

Longueur d'un ver (Photo intro et échantillons) : $4000\ \mu\text{m}$

Largeur d'un ver : $500\ \mu\text{m}$,

Algues sur $2/5^{\text{ième}}$ – $3/5^{\text{ième}}$ de cette longueur (Schémas de Graf)

Résultat final : environ 6000 algues dans un ver adulte

Peu de candidats se sont lancés dans le calcul. Il ne faut pas hésiter à essayer pourtant, les outils mathématiques étant souvent sollicités en SVT.

NOM :

Prénom :

Salle :

Ce nombre d'algues dans un ver adulte est constant, quel que soit le ver adulte étudié. Les 2 hypothèses posées sont que soit ces algues sont ingérées, soit qu'un nombre restreint d'algues est ingéré puis que ces dernières se multiplient.

Question I-A-12 : Que pourriez-vous proposer pour trancher entre ces 2 hypothèses ? Justifier votre réponse.

Réponse à la question I-A-12

Placer des juvéniles contenant déjà quelques algues dans de l'eau de mer filtrée, ne contenant aucune algue libre : cela continue à augmenter en nombre, il y a donc multiplication des algues *in hospite*.

Question I-A-13 : L'hypothèse qui a été confirmée est que c'est un nombre restreint d'algues qui sont ingérées, puis qu'elles se multiplient. Mais le nombre d'algues dans un ver adulte ne dépasse jamais le nombre que vous avez déterminé précédemment. Comment pouvez-vous expliquer ce fait ? Proposez au moins 2 hypothèses.

Réponse à la question I-A-13

Hypothèse 1 : Contrôle du cycle cellulaire de l'algue par le ver, peut-être par des produits du métabolisme, peut-être par des structures de liaison entre les cellules du ver et les cellules algales ?

Hypothèse 2 : digestion progressive des algues par le ver ? (Nous serions alors dans un cas encore plus complexe de partenariat !)

I.B- Identification de l'ensemble des partenaires de l'holobionte

La question se pose de savoir si seuls le ver et les algues, observables directement aux microscopes optique et électronique, sont présents dans l'holobionte. Nous allons poser l'hypothèse, par analogie avec de nombreux autres êtres vivants, qu'un microbiote procaryote pourrait être présent.

Pour tester cette hypothèse, nous vous proposons tout d'abord de procéder à une analyse biochimique sur une ou plusieurs populations identifiées préalablement.

Vous allez ainsi réaliser des colorations bactériologiques, au bleu de méthylène et suivant le protocole de Gram. Comme contrôle, il vous est fourni du yaourt de vache avec son petit lait dans un eppendorf.

Le protocole détaillé de la coloration au bleu de méthylène vous est fourni ci-dessous.

Pour la coloration des vers :

- Déposer quelques vers adultes sur une lame de verre
- Retirer un maximum d'eau de mer

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

- Laisser sécher avant d'ajouter quelques gouttes de bleu de méthylène, à l'aide d'une micropipette équipée d'un cône, pendant 1-2 minutes
- Rincer à l'eau distillée
- Laisser sécher la lame avant d'ajouter éventuellement de l'huile pour l'objectif à immersion

Pour la coloration du yaourt :

- Réaliser un frottis
- Laisser sécher avant de colorer au bleu de méthylène
- Rincer à l'eau distillée
- Laisser sécher la lame avant d'ajouter éventuellement de l'huile pour l'objectif à immersion

Le protocole détaillé de la coloration de Gram vous est fourni ci-dessous. Des gants sont à votre disposition.

- 2 lames peuvent être traitées en parallèle sur les cuves à coloration ; les déchets liquides restent dans la cuve ; si besoin, vous pouvez les évacuer dans la poubelle prévue à cet effet (aucun déchet dans l'évier).
- Réaliser un frottis ; dans le cas des vers, déposer quelques vers sur une lame de verre, puis éliminer un maximum d'eau de mer en utilisant la pipette et/ou du papier absorbant, enfin laisser sécher (accélération du séchage par mouvements de la main)
 - o Fixer avec de l'éthanol à 90°C (5 minutes), et laisser sécher
 - o Colorer au violet de gentiane en recouvrant la lame pendant 1 minute
 - o Laver à l'eau distillée
 - o Recouvrir la lame de lugol pendant 1 minute
 - o Laver à l'eau distillée
 - o Verser de l'alcool sur la lame inclinée pendant une 10aine de secondes
 - o Laver à l'eau distillée
 - o Colorer à la fuchsine en recouvrant la lame pendant 1 minute
 - o Laver à l'eau distillée
 - o Laisser sécher la lame avant d'ajouter éventuellement de l'huile pour l'objectif à immersion

Attention : l'utilisation d'huile nécessite une grande rigueur dans la manipulation ; quand de l'huile est ajoutée sur la lamelle, les seules observations possibles sont à l'objectif à huile. Attention à ne pas mettre d'huile sur les autres objectifs ; si tel était le cas, appeler un examinateur.

NOM :

Prénom :

Salle :

N'hésitez pas à travailler sur des organismes vivants, morts, dilacérés ou non, également des débris, qui sont parfois aussi sources de résultats.

Question I-B-1 : Quel est le principe de la coloration de Gram ? Préciser ensuite le rôle de chaque étape du protocole. Enfin, donner les limites de cette coloration.

Réponse à la question I-B-1

Coloration différentielle en fonction de l'épaisseur de la paroi bactérienne.

Sur frottis fixé à l'alcool = arrêt de toutes réactions métaboliques dont de dégradation ; coloration au violet de gentiane ou cristal violet = coloration différentielle des bactéries en fonction de l'épaisseur de leur paroi ; mordantage au lugol = fixation de la coloration ; décoloration à l'alcool + acétone = décoloration seulement des Gram-, dont la paroi est peu épaisse ; recoloration à la fuchsine = contre-coloration donnant une teinte rose aux Gram ; observation au microscope optique.

Certains germes restent insensibles à cette coloration, dont les mycobactéries (incluant les agents de la tuberculose et de la lèpre).

« La coloration de Gram permet de distinguer les bactéries Gram- des bactéries Gram+ » : certes... mais ce n'est pas le principe de la coloration... Le principe d'une technique expérimentale avance notamment l'objectif de la réalisation de la manipulation (par exemple, un objectif de visualisation et de localisation pour la microscopie)

Il ne faut pas avoir peur de « faire » des manipulations, de proposer des hypothèses ; comme dans la posture d'un candidat auprès d'un chercheur, qui « découvre » ; il ne faut pas hésiter à aller de l'avant, plutôt que de seulement chercher à appliquer.

Les colorations sont à réaliser et **à faire évaluer par un examinateur.**

Question I-B-2 : Dans le cadre suivant, relever et interpréter l'ensemble des observations qui ont découlé des colorations, afin de commencer à répondre à la question posée, soit l'identification éventuelle d'un 3^{ème} partenaire, procaryote, dans l'holobionte.

Réponse à la question I-B-2

Contrôles positifs sur le yaourt, quelle que soit la coloration = mise en évidence de bactéries

Coloration au bleu de méthylène : coloration de quelques algues (identification à la taille, attention de ne pas confondre les algues et les bactéries, qui n'ont pas la même taille ; il est nécessaire d'avoir des ordres de grandeur en tête). Pas de coloration de bactéries.

Coloration de Gram très peu claire sur les vers : la périphérie des vers est rose / bleue, donc peut-être des Gram- et Gram+ en périphérie du ver, dans la matrice mais aussi dans l'épiderme ? Il n'était possible que de poser des hypothèses ici, les colorations n'étant vraiment pas source de résultats affirmés. Il s'agit de rester

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

logique, de se baser sur ses observations propres plutôt que de chercher à « trouver les résultats qu'on pense que le jury attend » ; certains candidats ont montré des colorations aux examinateurs de salle sans mises en évidence, leurs schémas disant le contraire...

Il est clair qu'à l'issue de cette coloration, on ne peut pas affirmer qu'il y a un 3^{ième} partenaire. Si ce 3^{ième} partenaire existe, alors il pourrait être impliqué dans la biologie du ver, mais les colorations ne permettent pas de l'affirmer.

Le jury souhaite rappeler que les bactéries s'observent à l'objectif 100 à immersion... Il a été montré plus de caséine au X40 que de bactéries en immersion, et même dans le yaourt, où des candidats pensaient voir des coques en observant un beau marquage bleu de la caséine au bleu de méthylène

Toujours pour avancer sur la question de savoir si un 3^{ième} partenaire procaryote est présent dans l'holobionte, vous allez maintenant procéder à une analyse moléculaire, via la réalisation d'une PCR.

Des amorces nucléiques spécifiques ont été conçues pour amplifier les séquences codant l'ADNr 28S du métazoaire, l'ADNr 18S de la microalgue verte et l'ADNr 16S procaryote.

Les amplicons attendus sont respectivement de 400, 600 et 750 nucléotides pour les jeux d'amorces amplifiant l'ADNr 28S du ver, l'ADNr 18S de la microalgues verte et l'ADNr 16S bactérien.

Pour chaque marqueur, vous disposez d'un couple d'amorces « métazoaires », « algues », « bactéries ».

Vous disposez des vers adultes, des vers juvéniles, ainsi que des microalgues. Il vous est précisé qu'aucune de ces cultures n'a été réalisée en conditions axéniques.

La manipulation sur glace est conseillée pour toutes manipulations relatives à la PCR.

Préparation de la matrice biologique contenant l'ADN génomique des microalgues:

- A l'aide de la lame Kova, ajuster la concentration d'algues à 1-1,5 millions de cellules par mL. Le protocole d'utilisation de la lame Kova est en annexe 5. Vous prendrez soin de barrer les puits que vous aurez utilisé sur la lame
- Avec la centrifugeuse de paillasse, culotez pendant 2 minutes 1,5 ml de la culture ajustée à la bonne densité dans un tube eppendorf (pensez à l'équilibrage de la centrifugeuse)
- Enlever le surnageant et reprendre les micoalgues culotées dans 100 microlitres d'eau distillée.

NOM :

Prénom :

Salle :

Préparation de la matrice biologique contenant l'ADN génomique des vers adultes et juvéniles pour la PCR :

- Prélever 5 vers adultes, et les placer dans un eppendorf
- Prélever 20 juvéniles et les placer dans un eppendorf
- Anesthésier les vers avec 50 μL de MgCl_2 à 7% pendant 30 secondes
- Centrifuger à la centrifugeuse de paillasse, et ne conserver que le culot (placer le tube sous la loupe binoculaire pour enlever un maximum d'eau de mer SANS éliminer les animaux). Bien prendre soin d'éliminer tout liquide pouvant contenir du MgCl_2 qui pourrait inhiber la PCR.
- Ajouter 50 μL d'eau distillée
- Broyer les vers à l'aide du pilon qui vous est fourni, puis homogénéiser au vortex.

Vous réaliserez différents mélanges réactionnels, le matériel à votre disposition étant strictement le suivant :

- 12 microtubes PCR
- 3 eppendorfs
- Centrifugeuse de paillasse
- Micropipettes p2/p10/p20/p200 avec cônes adaptés
- 30 μL de chaque couple d'amorces, dans 3 eppendorfs différents
- 20 μL d'eau ultrapure
- 150 μL de « Mix »

La base d'une réaction PCR est la suivante :

« Mix » contenant une ADN polymérase, des dNTPs, du MgCl_2 , un milieu tampon : 10 μL ,

Couple d'amorces : 6 μL ,

Matrice biologique : 4 μL ,

La préparation de la PCR est notifiée page 27. Vous devez au préalable répondre aux questions suivantes.

Question I-B-3 : Expliciter l'utilisation de la lame

Réponse à la question I-B-3

Attention à ne pas oublier les dilutions lors du retour à la concentration de la solution mère. Erreur classique lors des comptages...

NOM :

Prénom :

Salle :

Question I-B-4 : Quels sont les contrôles que vous allez réaliser, et quels résultats attendez-vous pour ces contrôles pour valider les manipulations que vous allez réaliser ?

Réponse à la question I-B-4

Test de chaque couple d'amorce (3 microtubes) dans des mélanges où l'eau de mer remplace la matrice à amplifier (contrôles négatifs) : cela permet d'identifier d'éventuelles contaminations.

Question I-B-5 : Pourquoi les manipulations menant à la réalisation de la PCR doivent-elles être réalisées sur glace ?

Réponse à la question I-B-5

Les basses températures (sur glace / proche de 4 degrés) préservent et stabilisent les composants chimiques et biochimiques et diminuent drastiquement les processus chimiques et enzymatiques (dont les appariements des amorces avec leurs régions cibles ou avec de la processivité de l'ADN polymérase qui ne commencera donc pas la synthèse des brins).

Question I-B-6 : Rappeler le principe de la PCR, ainsi que des différentes étapes du programme. Au bout des 30 cycles programmés, quelle quantité d'ADN sera obtenue ?

Réponse à la question I-B-6

Énoncé du principe de la PCR : amplifier une portion spécifique d'acide nucléique, délimitée par un couple d'amorces.

Phases de dénaturation : l'ADN double brin devient ADN simple brin par rupture des liaisons hydrogène faibles suite à une phase de haute de température, libérant ainsi la matrice de la PCR

Phases d'hybridation : la température est calculée en fonction de la longueur et de la composition des amorces. Cette étape permet un appariement entre les ADN simple brins et les amorces ; les amorces, en grande quantité, se fixent à leur séquence complémentaire : le double brin alors obtenu (ADN monocaténaire et l'amorce) est le substrat de l'ADN polymérase pour initier la polymérisation.

Phases d'élongation : la température de 72 degrés, est optimale pour le fonctionnement de l'ADN polymérase qui ajoute les nucléotides libres à la suite des amorces hybridées en synthétisant ainsi un brin complémentaire d'ADN

Evolution du nombre théorique de copies amplifiées au cours de 30 cycles de PCR à partir d'un brin bicaténaire d'ADN :

à T0 : 2^0 soit 1 ADN bicaténaire

après 1 cycle 2^1 soit 2 copies ADN bicaténaire

après 2 cycles 2^2 soit 4 copies ADN bicaténaire

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

après 3 cycles **2³** soit **8** copies ADN bicaténaire

après n cycles 2ⁿ soit n copies ADN bicaténaire

après 30 cycles 2³⁰ soit environ 1.10⁹ (1 milliard) copies ADN bicaténaire en partant d'une copie d'ADN bicaténaire.

Question I-B-7 : Pourquoi avoir choisi d'amplifier de l'ADNr ?

Réponse à la question I-B-7

Les séquences cibles doivent être des séquences conservées pour la reconstitution des phylogénies, présenter des zones variables permettant de discriminer les espèces, être largement renseignées pour permettre une identification dans le cas d'un séquençage, et générer des amplicons de taille comprise entre 100 et 2000 kb.

Question I-B-8 : Sous forme d'un tableau à 2 entrées : matrices biologiques (adulte / juvénile / microalgues) versus couples d'amorces (ADNr28S, ADNr18S et ADNr16S), indiquez pour chaque combinaison les résultats de la PCR qui peuvent être attendus, en justifiant dans chaque cas votre réponse.

Réponse à la question I-B-8			
	Couple ADNr 28S (métazoaire)	Couple ADNr 18S (micro-algue)	Couple ADNr 16S (procaryote)
Adultes	+ amplicons à 400 pb, spécifiques des métazoaires = adultes + juvéniles	+ amplicons à 600 pb, spécifiques du micro-algal = adultes verts + micro-algues	+ / - amplicon à 750 pb ?
Juvéniles	+ amplicons à 400 pb, spécifiques des métazoaires = adultes + juvéniles	- aucun amplicons à 600 pb	+ / - amplicon à 750 pb ?
Microalgues	- aucun amplicons à 400 pb	+ amplicons à 600 pb, spécifiques du micro-algal = adultes verts + micro-algues	+ / - amplicon à 750 pb ?
Les résultats sur la dernière colonne sont variables, en fonction des hypothèses d'intégration d'un microbiote au fur et à mesure du cycle de vie du ver.			

NOM :

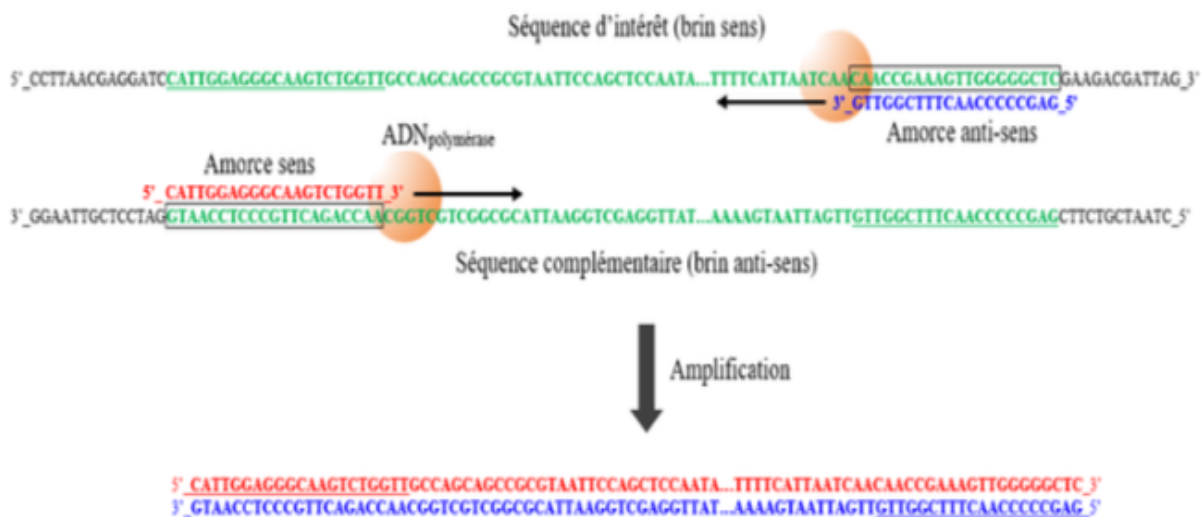
Prénom :

Salle :

Question I-B-9 : A partir de la séquence génomique de l'ADNr 18S ci-dessous, déterminer des amorces potentielles pour amplifier une portion de gène que vous préciserez également. Expliciter votre raisonnement et les paramètres qui ont guidé votre choix des amorces.

```
>Microbiote_Eucaryote_photosynthetique_de_Symsagittifera_rosco
ffensis_Pontusval_Brignogan_sequence_partielle_ADNr_18S_1856b
TACGCTTGTCTCAAAGATTAAGCCATGTCATGCTAAGTATAAACTGCTTATACTGTGAAA
CTGCGAATGGCTCATTAAATCAGTTATAGTTTATTTGATGGTACCTACTACTCGGATAAC
CGTAGTAATTCTAGAGCTAATACGTGCGTAAATCCCGACTTCTGGAAGGGACGTATTTAT
TAGATTTAAGGCCAACCGAGCTTGCTCGTCTCTTGGTGAATCATGATAACTCCACGAATC
GCATGGCCTCGCGCCGGCGATATTTTCAATCAAAATTTCTGCCCTATCAATTGGCGATGGTA
GGATAGAGGCCTACCATGGTGTAAACGGGTGACGGGGGATTAAGGTTTCGATTCCGGAGAG
GCAGCCTGAGAAACGGCTACCACATCCAAGGAAGGCAGCAGGCGCGCAAATTACCCAATC
CTAATTCAGGGAGGTAGTGACAATAAATAACAATACCGGGCTTCTTAAGTCTGGTAATTG
GAATGAGTACAATCTAAATCCCTTAACGAGGATCCATTGGAGGGCAAGTCTGGTGCCGGC
AGCCGCGGTAATTCAGCTCCAATAGCGTATATTTAAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGT
AGTTGGATTTTCGGATGGGATTTGCCGGTCCGCCCTTTGAGGTGTGCACTGGTAGGTCTTAT
CTTGTGTGCGGGGACTAGCTCCTGGGCTTACCTGTTCCGGGACCTAGGAGCCGGACGAA
GTTACTTTGAGTAAATTAGAGTGTTCAAAGCAAGCCTACGCTCTGAATATATTAGCATGG
GAATAACACGATAGGACTCTGGCTTATCTTGTGGGTCTGTGAGACCAGAGTAATGATTA
AGAGGGACAGTCGGGGGACATTTCGTATTTTCAATTGTGAGAGGTGAAATCTTGGATTATG
AAAGACGAACTTCTGCGAAAGCATTTGTCAAAGGATGTTTTCATTAATCAAGGAACGAAA
GTTGGGGGCTCGAAGGACGATTAAGATACCGGTCCCTAGTCTCAACAATAAACGATGGC
CGACTAGGGATGGCAGATGTTTTTTTGGATGACTCTGCAGGCCTAATGGAGAAATCA
AGTTTTTGGGATACCGTCTAGTCTCAACCATAAACGATGCCGACTAGGGATTGGCAGAT
GTTTTTTTGTGACTCTGCCAGCACCTTATGAGAAATCAAAGTTTTTGGGTTCGGGGGGG
AGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTAAAGGAATTGACGGAAGGGCACCACCAGGCGTGGAG
CCTGCGGCTTAATTTGACTCAACACGGGAAAACCTACCAGGTCCAGACATAGTGAGGATT
GACAGATTGAGAGCTCTTTCTTGATTCTATGGGTGGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTTGG
```

Réponse à la question I-B-9



Nombre de nucléotides de l'amorce : 10-25 nucléotides

Amplicon de 600 nucléotides puisqu'on travaille sur l'ADNr micro-algal

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

Rapport GC/AT pour la stringence : un oligonucléotide riche en GC permet de travailler à des températures d'hybridation plus élevées

Question I-B-10 : Expliquer le rôle de chaque fraction du mélange réactionnel

Réponse à la question I-B-10

Les réponses attendues doivent être en lien avec les connaissances en enzymologie

Polymérase : enzyme qui catalyse la formation de liaisons phosphoester entre la séquence génétique en formation et les dNTPs

dNTPS : substrats de la polymérase, ajoutés à la séquence génétique en formation

MgCl₂ : cofacteur de la polymérase

Milieu tampon de l'enzyme ; cf connaissances en enzymologie : conditions pH et conditions ioniques – conformations de la protéines – spécificité et affinité de substrat – spécificité et efficacité de réaction

Tampon de charge : permet que le mélange déposé tombe au fond du puits d'électrophorèse

(Traceurs colorés : contrôle de la migration lors de l'électrophorèse ; non exigé)

Question I-B-11 : Quel protocole allez-vous réaliser pour répondre à la question posée, à savoir l'identification des partenaires de l'holobionte, en ne vous servant strictement que du matériel indiqué ci-dessus ? Vous répondrez à cette question en générant **un schéma explicatif** de ce protocole.

Réponse à la question I-B-11

3 contrôles : 3 microtubes

Chaque couple d'amorces est testé sur les 3 organismes, ver adulte / ver juvénile / algue, soit 9 microtubes au total.

Afin de pallier les imprécisions de pipetage, l'équivalent d'un 1/2 microtube est ajouté pour chaque eppendorf contenant 1 pré-mélange réactionnel :

27 µL d'amorce AMi (AM1 dans un tube à partir des 30 µL fournis, AM2 dans un 2^{ème} tube, AM3 dans un 3^{ème} tube) + 45 µL de Mix à partir des 150 µL fournis

Chaque pré-mélange réactionnel est réparti dans 4 microtubes (16 µL), puis est ajouté à chaque microtube, soit 4 µL d'eau de mer pour les contrôles, soit 4 µL de matrice biologique (de ver adulte, de ver juvénile ou d'algue)

Chaque couple d'amorces est testé sur chacun des 3 organismes, soit 9 combinaisons donc 9 réactions de PCR dans 9 microtubes au total.

NOM :

Prénom :

Salle :

- 3 microtubes contiendront 4 μL de matrice du ver adulte
- 3 microtubes contiendront 4 μL de matrice du juvénile
- 3 microtubes contiendront 4 μL de matrice microalgue

Ainsi, 1 tube eppendorf contiendra **10 μL « Mix »** et **6 μL amorces ADN** pour **3 matrices différentes**

1
réaction
PCR



10 μL mix
6 μL amorces
4 μL matrice

Réalisation de 3 mélanges pré-réactionnels dans les 3 eppendorfs fournis



27 μL amorces 1
45 μL mix



27 μL amorces 2
45 μL mix



27 μL amorces 3
45 μL mix

16 μL de mélange pré-réactionnel dans chaque microtube PCR



4 μL 4 μL 4 μL 4 μL 4 μL 4 μL 4 μL 4 μL 4 μL 4 μL 4 μL 4 μL
VA VJ A C VA VJ A C VA VJ A C

VA/VJ/A : matrice biologique de vers adultes/vers juvéniles/algues
C : contrôle eau ultrapure

Comme l'énoncé le demandait, il était attendu un schéma...

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

Question I-B-12 : Comment auriez-vous pu améliorer l'expérience si vous aviez pu disposer de plus de 12 microtubes de PCR ?

Réponse à la question I-B-12

Faire des dupliques

Vous devez préparer les mélanges PCR puis appeler les examinateurs pour qu'ils récupèrent vos microtubes. Attention de bien les annoter, vos tubes étant mélangés à ceux des autres candidats de votre salle dans la machine PCR.

La durée totale de l'amplification est d'environ 55 minutes pour 25 cycles de PCR. Les départs des machines PCR vous sont indiqués sur le tableau de salle.

Les examinateurs vous rapporteront vos échantillons à la fin du programme de PCR.

Vous disposez alors d'un gel d'électrophorèse d'agarose à 1%, avec 13 puits disponibles.

Ce gel contient déjà du « gel-green », une substance non toxique permettant de visualiser l'ADN à 488 nm.

Avant de déposer sur gel, vous devez ajouter dans chacun de vos microtubes PCR 10 µL de tampon de charge. Vous pouvez alors déposer 20 µL du mélange PCR/Tampon de charge sur le gel à votre disposition dans la cuve. Vous prendrez également soin de déposer un marqueur de taille, qui est à demander aux examinateurs ; il est commun à l'ensemble de la salle, veillez donc à vous désinfecter les mains avant utilisation. Une fois le dépôt réalisé, vous appellerez un examinateur pour qu'il procède au lancement de l'électrophorèse (durée d'environ 30 minutes).

A l'issue de l'électrophorèse, **votre gel sera visualisé et évalué par les examinateurs** ; la suite du TP se fait sur une photographie « type » des résultats que vous devriez obtenir. Cette photographie « type » est à demander aux examinateurs de salle lorsque vous avez fini de déposer sur votre gel, et à coller dans l'encadré de la question I-B-15.

Question I-B-13 : Quelle est la signification du « 1% » dans le protocole ? Qu'est-ce qu'aurait induit plutôt l'utilisation d'un gel à 2% ?

Réponse à la question I-B-13

1% = 1g d'agarose pour 100 mL de tampon de migration

Plus on augmente le % donc la quantité d'agarose, plus le maillage est serré et plus on augmente le pouvoir de séparation. En augmentant le % du gel d'agarose on sépare plus facilement des fragments d'ADN de taille proche. Dans un gel de plus faible pourcentage, ces fragments ne seraient pas séparés.

NOM :

Prénom :

Salle :

Question I-B-14 : Expliquer le principe d'une électrophorèse. Vous réaliserez un schéma de la cuve d'électrophorèse, en indiquant notamment anode et cathode.

Réponse à la question I-B-14

Séparation en fonction de la taille des fragments, ces derniers migrant dans un maillage : plus ils sont petits, plus ils migrent loin.

La charge massique est constante, c'est donc l'encombrement lors de la migration qui permet de séparer les molécules

Migration dans un champ électrique : l'ADN étant chargé négativement, il migre vers le pôle +, qu'il faut donc placer à l'opposé des puits de dépôt.

La migration de molécules biologiques chargées (ions) dans une matrice appropriée - dans le cas présent un gel d'agarose immergé dans un électrolyte (= un tampon de migration) - n'est possible que dans un champs électrique établi entre 2 électrodes (l'anode (pôle + vers lequel migrent les anions, d'où le nom) et la cathode (pôle - vers lequel migre les cations, d'où le nom) et créé par un générateur. L'ADN étant chargé négativement (anion), il migre vers le pôle + (l'anode). Au cours de la migration (déplacement imposé par le champs électrique), la séparation se fait en fonction de la taille des fragments d'ADN amplifiés migrant dans un maillage défini : plus ils sont petits, plus ils migrent loin car les plus grands ont une progression ralentie par le maillage.

Question I-B-15 : Quels sont les résultats attendus pour les 3 contrôles que vous avez effectués ? Schématiser ces résultats à la suite de la photographie.

Réponse à la question I-B-15

Rien au niveau des contrôles, pas d'amplification, ce qui montre que les amorces sont spécifiques des matrices biologiques, et qu'il n'y a pas d'amplification de matériel autre que les vers (ce qui était à craindre vu que les cultures n'étaient pas axéniques).

Il suffisait donc d'ajouter 3 colonnes « vides » aux 3 tailles définies, à droite de la photo du gel...

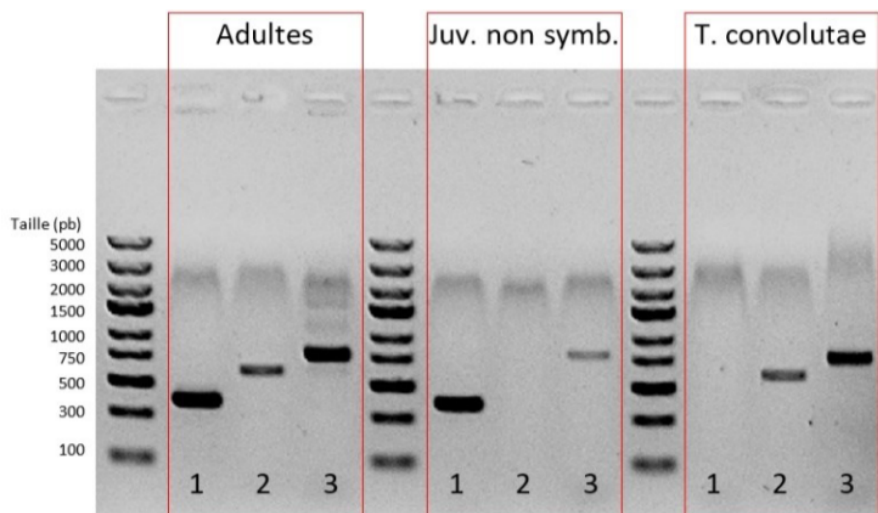
Question I-B-16 : Analyser les résultats obtenus (en partant du principe que vos contrôles sont vérifiés), en revenant éventuellement sur vos analyses biochimiques (colorations), l'objectif étant toujours de tester l'hypothèse de l'existence d'un 3^{ième} partenaire procaryote dans l'holobionte

Réponse à la question I-B-16

NOM :

Prénom :

Salle :



R1/I1 : confirmation des résultats de microscopie, à savoir partenariat ver / algue

R2/I2 : Ajout d'un nouveau partenaire, procaryote. Présence de ce partenaire dans les 3 populations, on ne peut pas conclure sur l'ensemencement initial.

Certains candidats peuvent avancer 2 hypothèses, tout à fait justifiées :

Hypothèse 1 : le milieu n'est pas stérile, donc il s'agit de bactéries présentes dans le milieu (non axénique)

Hypothèse 2 : il s'agit de l'amplification de l'ADN chloroplastique, présent dans les algues. Cette hypothèse aurait pu être vérifiée en menant l'expérience également sur des vers juvéniles dépourvus d'algues.

Expérience complémentaire au TP : les vers juvéniles dépourvus d'algues sont positifs pour la présence de ces bactéries, donc hypothèse 2 invalidée, reste l'hypothèse 1.

Retour sur les colorations : il faut que les réponses soient logiques ; si les candidats ont vu des bactéries ou non...

Parfois accumulation d'observations sans interprétation par rapport aux questionnements posés. Attention à bien raisonner avec une démarche. Par exemple ici, on s'intéresse d'abord à la question des algues, puis à la question du microbiote. Il faut générer une étude de documents avec une démarche de résolution de questionnement, et non faire seulement une lecture du document puis des interprétations floues.

Certains candidats ont pu être troublés par des résultats souvent discordants entre la coloration de Gram (peu ou pas visible) et le test PCR positif avec les amorces procaryotes. Dans ce cas, il était simplement attendu des candidats qu'ils notent cette discordance et tentent éventuellement de l'expliquer...

NOM :

Prénom :

Salle :

Partie II : Analyses métaboliques du partenariat ver-algues

L'analyse de l'incorporation des algues par le ver montre que si cette dernière ne se produit pas dans les 15 jours de vie du ver, celui-ci meurt. En effet, une analyse histologique du ver montre que bouche et pharynx se ferme à ce moment-là. Ainsi **se pose la question de la survie de chaque organisme** (nous ne considérerons dans cette partie que l'hôte animal et les algues) **au sein du partenariat, de leurs métabolismes respectifs, ainsi que des échanges entre eux.**

Nous nous proposons ainsi de réaliser des analyses métaboliques **sur les 3 populations suivantes : les vers juvéniles, les vers adultes et les algues libres.**

Voici les outils dont vous disposez avec tout le matériel nécessaire à leur utilisation. Les fiches techniques renvoyant à leur utilisation sont en en annexes :

- Annexe 2 : **Spectrophotomètre** (le planning de passage à ce poste vous est indiqué sur le tableau de salle). Des feuilles d'épinard sont à votre disposition, comme végétal de référence. Il vous est rappelé le schéma suivant, l'analyse se faisant dans le visible.



- Annexe 3 : **Chromatographie sur papier** ; mise à disposition de feuilles d'épinard comme végétal de référence
- Annexe 4 : **Coloration à l'eau iodée**

Question II-1 : Identifier les questionnements qui pourraient être résolus à l'aide de chaque outil proposé, dans l'objectif d'analyser le fonctionnement du partenariat ver-algues.

Réponse à la question II-1

Manipulations pas forcément difficiles, mais qui demandent les compétences suivantes :

- la compréhension des outils et techniques utilisées
- le respect d'un protocole
- la connaissance et la compréhension de notions fondamentales (couleur / pigment / photosynthèse)
- la capacité à confronter des résultats expérimentaux à des documents de référence

NOM :

Prénom :

Salle :

Spectrophotomètre : mise en évidence des longueurs d'onde d'absorption maximale, en ajoutant comme contrôle des feuilles d'épinard. Mise en évidence que l'absorbance maximale des vers adultes est dans la longueur d'onde de la chlorophylle, ce qui fait poser l'hypothèse de cette molécule, avec un mécanisme de photosynthèse oxygénique équivalent à celui des Angiospermes.

Chromatographie sur papier : mise en évidence des molécules / pigments impliqués dans l'absorption lumineuse, toujours avec l'épinard comme contrôle ; encore un argument en faveur de l'hypothèse que c'est bien le pigment chlorophylle qui permet l'absorption lumineuse, et qui est à l'origine d'un mécanisme de photosynthèse oxygénique, O₂ qui est mesuré par la sonde à O₂.

Coloration à l'eau iodée : mise en évidence de la présence d'amidon. D'après les publications, 37 à 58% du CO₂ fixé par l'algue passe aux cellules du ver, sous forme d'acides gras, de stérols. *Si les individus sont placés à l'obscurité pendant plusieurs heures en amont de la manipulation, on observe une diminution de la quantité d'amidon = consommation par l'algue et/ou le ver (non réalisé au cours du TP).*

II-2 : Études ExAO

Cette manipulation ne sera pas réalisée au cours de ce TP pour des raisons pratiques.

Il vous est ainsi fourni directement les résultats, pour des vers adultes, des vers juvéniles, et des algues, placés alternativement à la lumière et à l'obscurité.

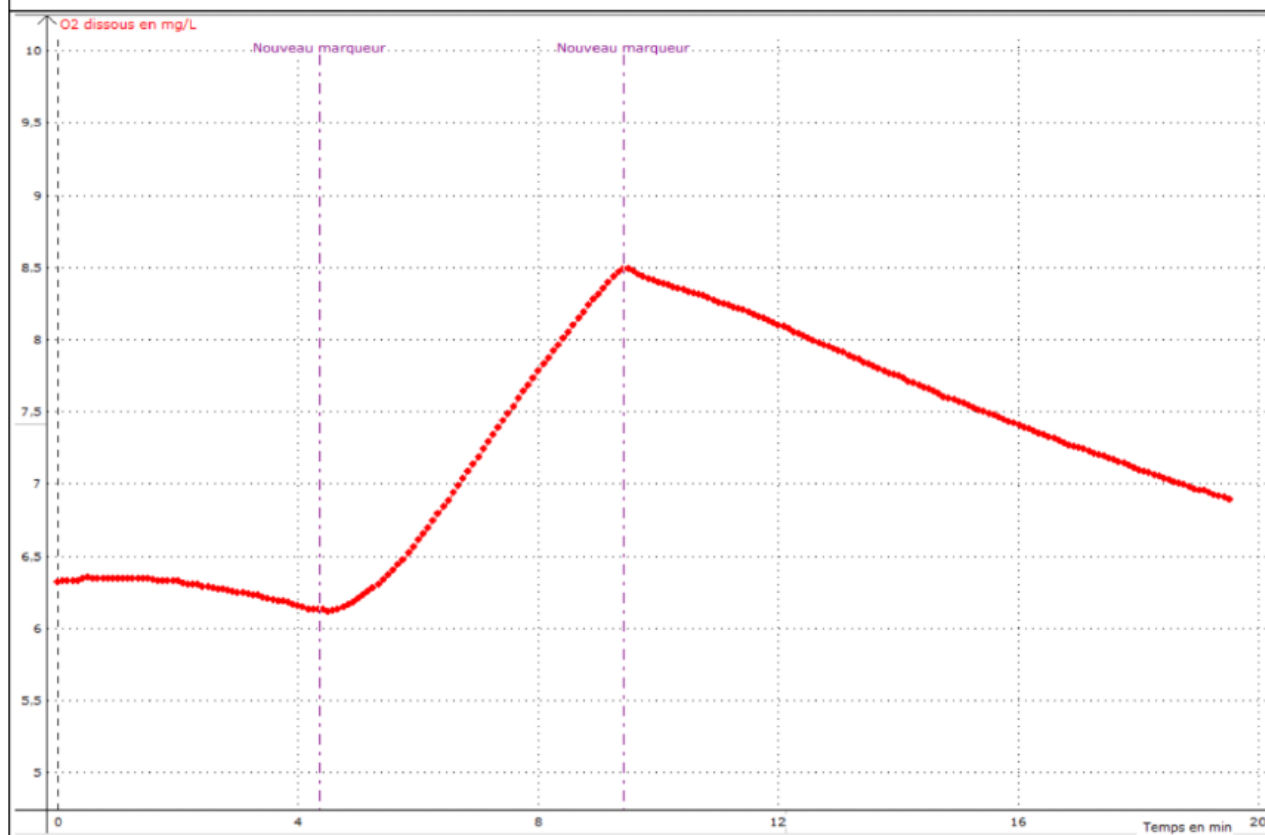
Etudes sur les vers adultes :

NOM :

Prénom :

Salle :

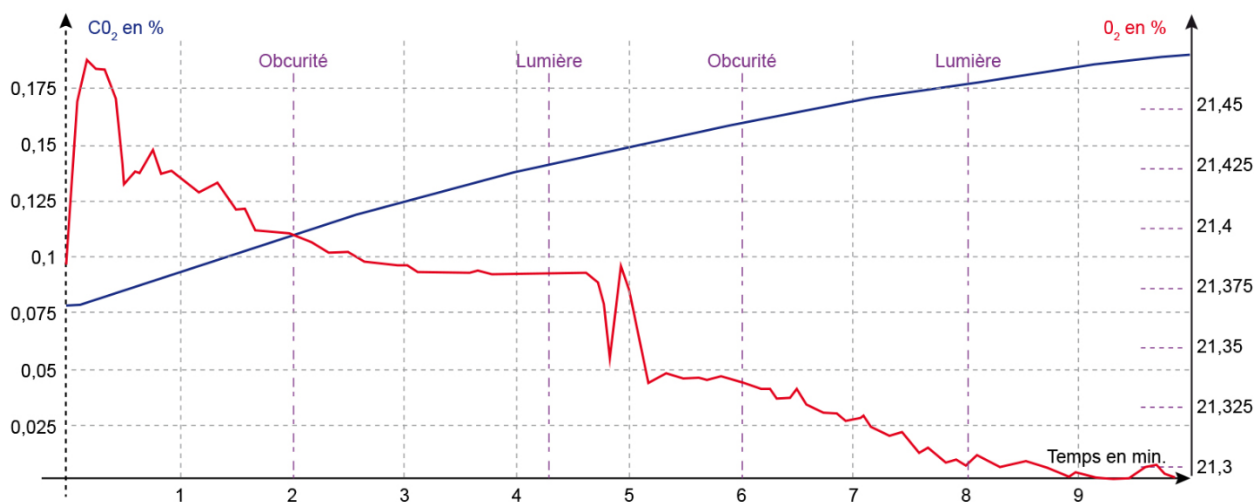
RESULTATS DE L'EXAO DES VERS ADULTES



Exao - Copie écran des résultats - Séquence Obscurité - Lumière - Obscurité

Etude sur des vers juvéniles :

<http://www.reseau-canope.fr/svt-taches-complexes/chapitre.html?page=st1st1clua>



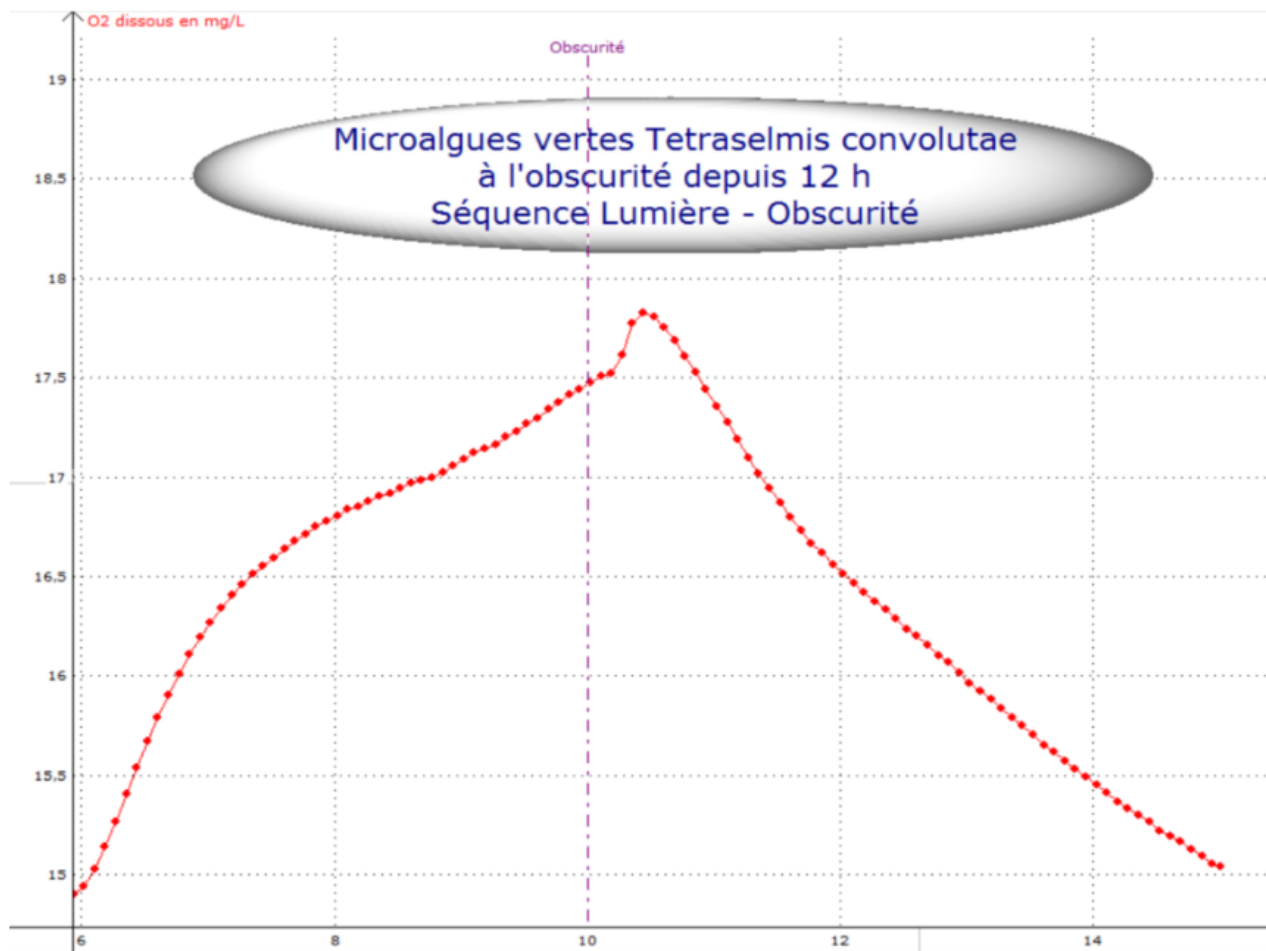
NOM :

Prénom :

Salle :

Etude sur des algues :

https://www.svt-lycee-elorn.ovh/ver_roscoff.php



Microalgue verte (*Tetraselmis convolutae*) - Exao - Sonde O₂ retournée - Algues à l'obscurité depuis 12h

Question II-2-a : Quelle est la signification de « ExAO » ? Quel est le principe de cet outil ?

Réponse à la question II-2-a

L'Expérimentation Assistée par Ordinateur (ExAO) ne diffère pas fondamentalement de l'expérimentation telle qu'elle était menée classiquement avec divers instruments de mesures et appareils de laboratoire, mais l'incorporation de l'ordinateur dans une chaîne de mesure apporte de nombreux avantages.

L'acquisition des données peut être automatisée, les résultats des mesures peuvent être sauvegardés aisément et traités par divers outils logiciels. De plus, la présentation des résultats sous forme graphique est

NOM :

Prénom :

Salle :

considérablement simplifiée ce qui en facilite l'analyse et l'exploitation pédagogique. Enfin, compte tenu des possibilités de communication entre logiciels différents fonctionnant sur une même interface utilisateur comme WINDOWS, les données peuvent être facilement exportées vers un tableur, un traitement de texte ou un logiciel de présentation multimédia.

<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/ATP/principe.htm>

Question II-2-b : Que déduisez-vous des résultats obtenus à l'ExAO, toujours dans l'objectif d'analyser le fonctionnement du partenariat vers-algues.

Réponse à la question II-2-b

Les résultats vers *versus* algues sont interprétables uniquement qualitativement, la quantité de pigments n'ayant pas été évaluée. En ce qui concerne les résultats concernant les seuls vers, une analyse quantitative est par contre possible (mais inutile !).

La synthèse de O₂ ne se produit que chez les vers adultes verts, et non chez les juvéniles blancs -> partenariat fonctionnel, mise en place d'une autotrophie au C. Cela signifie que la photosynthèse de l'holobionte dépasse ses dépenses respiratoires.

Inversement, le partenariat procure sans doute une autotrophie à l'N à l'algue, à partir des cristaux d'acide urique du ver (visibles au microscope polarisant en lumière polarisée analysée).

Attention à ce que les candidats déduisent l'intensité photosynthétique nette, par prise en compte de la consommation de O₂ lors de la respiration (qui ne s'arrête pas quand il y a photosynthèse !)

Bonus : à noter que ce n'est pas parce qu'il y a un arrêt brutal de la lumière qu'il y a un arrêt brutal de la synthèse de O₂...

II-3 : Études au spectrophotomètre

Question II-3-a : Vous rappellerez le principe de fonctionnement d'un spectrophotomètre, ainsi que les précautions à prendre pour que les résultats obtenus soient interprétables.

Réponse à la question III-3-a

Utilisation de la loi de Beer-Lambert qui relie l'absorbance à une concentration, qui peut ainsi être déterminée par cette technique.

Utilisation d'un blanc, ici de l'eau de mer / absorbance strictement inférieure à 2 ; si non, dilution nécessaire

Question II-3-b : Après avoir noté dans le cadre suivant les manipulations que vous envisagez au spectrophotomètre, vous les réaliserez (le protocole détaillé vous est présenté en annexe 2), puis noterez les

NOM :

Prénom :

Salle :

résultats et les interprétations que vous déduisez, toujours dans l'objectif d'analyser le fonctionnement du partenariat vers-algues.

Réponse à la question II-3-b

Réalisation d'un spectre d'absorption dans le visible pour les 2 populations (3-4 mesures suffisaient)

Pics d'absorption à 450 et 650nm pour les vers adultes verts, pic d'absorption à 460 nm pour les vers juvéniles blancs (décalage vers les longueurs d'onde jaune-orange) = différence dans les pigments pour les 2 individus.

Pics identiques pour l'épinard et les vers adultes

Interprétation : ce sont les mêmes pigments qui absorbent la lumière naturelle chez les vers adultes / les algues / l'épinard : en utilisant des pré-requis, hypothèses sur chlorophylles, xanthophylles et caroténoïdes, testés ensuite par chromatographie.

Les candidats ont parfois fait des raisonnements quantitatifs, ce que ne permettait pas la manipulation.

Certains candidats n'ont fait des mesures qu'aux longueurs d'onde d'absorption maximales des chlorophylles, ce qui ne leur a pas permis de mettre en évidence des pics d'absorption, et donc de comparer qualitativement les différents matériels.

II-4 : Études par chromatographies

Vous disposez pour cette partie :

- D'un système de chromatographie pouvant contenir une bande de papier sur laquelle peut être analysé un dépôt
- De 50 mL d'éluant de chromatographie (90% éther de pétrole, 10% acétone)

Attention à bien manipuler avec des gants, et à ne surtout pas verser d'éluant de chromatographie dans l'évier ; vous disposez de poubelles de salle prévues à cet effet.

Le protocole détaillé vous est présenté en annexe 3.

Question II-4-a : Rappeler le principe de la chromatographie

Réponse à la question II-5-a

Technique pour séparer les constituants d'un mélange ; les molécules à séparer sont entraînées par un fluide (liquide ou gaz) que l'on appelle la phase mobile. Elles interagissent ou au contraire n'interagissent pas avec un support (matrice) fixe (solide ou liquide fixé) que l'on appelle la phase stationnaire ; il y a donc une distribution ou partition des composants entre ces 2 types de phase. Le flux du fluide vecteur étant continu, c'est la rétention plus ou moins longue des différentes molécules sur le support fixe qui va les séparer les unes des autres.

NOM :

Prénom :

Salle :

Question II-4-b : Quelles sont les caractéristiques d'une chromatographie sur papier ?

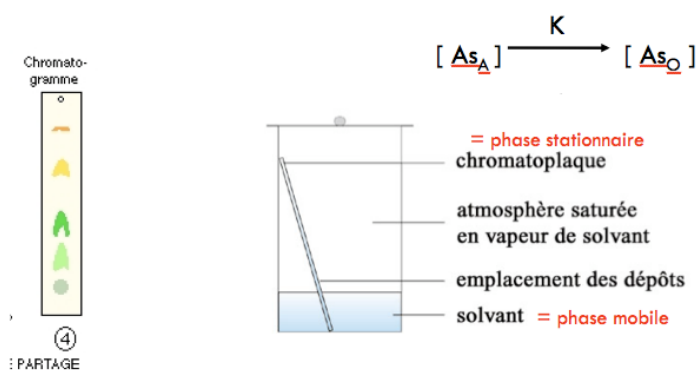
Réponse à la question II-4-b

Séparation des molécules selon quel paramètre ? (la séparation se fait grâce à des différences de solubilité entre les 2 phases ; elle se fait entre 2 liquides bien qu'un des 2 soit adsorbé à un support.

Chromatographie de partage

- Liquide fixé/liquide mobile
- Solvant aqueux / solvant organique

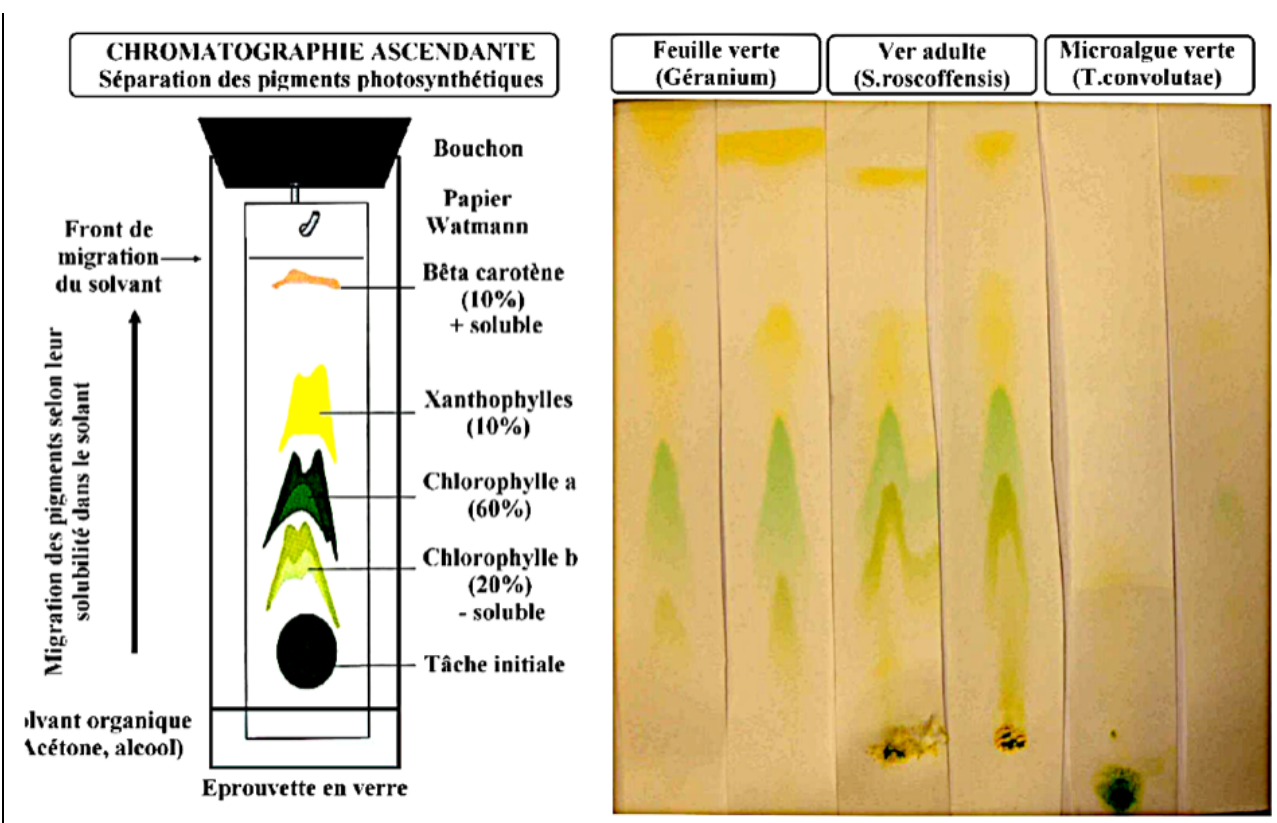
SOLUBILITÉ



Question II-4-c : Après avoir noté dans le cadre suivant les manipulations que vous envisagez par chromatographie, vous les réaliserez, puis noterez les résultats et les interprétations que vous déduisez dans les cadres suivants, toujours dans l'objectif d'analyser le fonctionnement du partenariat vers-algues.

Attention, les résultats de votre chromatographie doivent être joints à votre copie (collés/scotchés) pour évaluation.

Réponse à la question II-4-c



4 tâches sur la bande de la feuille d'épinard correspondant aux chlorophylles A et B, aux xanthophylles et au carotène.

Mise en relation avec les résultats obtenus au spectrophotomètre : confirmation.

II-5 : Études de colorations à l'eau iodée

Question II-5-a : Quel est l'intérêt de traiter les vers à l'alcool avant la coloration ?

Réponse à la question II-5-a

Il n'était pas demandé un « savoir », très peu présent dans une épreuve de travaux pratiques ; la manipulation sans alcool pouvait être réalisée par les candidats, ils pouvaient ainsi déduire que la fonction principale du traitement à l'alcool était de fixer les vers à la lame...

Question II-5-b : Vous réaliserez les manipulations précitées, puis noterez les résultats et les interprétations que vous déduisez dans les cadres suivants, toujours dans l'objectif d'analyser le fonctionnement du partenariat vers-algues

Réponse à la question II-5-b

Mise en évidence de grains d'amidon uniquement chez les adultes verts (il était donc absolument nécessaire de faire la manipulation avec des juvéniles : certains ayant déjà quelques algues, les colorations s'y limitaient).
Hypothèse du transfert de l'amidon depuis les algues vers les vers (des colorations sur des adultes placés à

NOM :

Prénom :

Salle :

l'obscurité pendant 24/47/72h ont été réalisées pour mettre en évidence ce potentiel transfert ; aucune modification a été observé, mêmes à 72h).

II-6 : Bilan

Question II-6-a : Réaliser un bilan écrit, puis un bilan schématisé, de l'ensemble des résultats et interprétations, de telle sorte à répondre au questionnement initial sur les métabolismes et échanges métaboliques entre les différents partenaires.

Réponse à la question II-6-a

L'étude d'ExAO permet de démontrer que le métabolisme du ver-algue est identique au métabolisme de l'algue seule, métabolisme absent des vers juvéniles blancs, quant à la production de O₂ parallèle à la consommation de CO₂, ce qui rappelle le mécanisme de photosynthèse de l'élodée ou du géranium.

L'étude au spectrophotomètre montre que le spectre d'absorption du ver-algue est identique au spectre d'absorption de l'algue, témoignant de pics à des longueurs d'onde de 430 et 660 nm, longueurs d'onde d'absorption des chlorophylles comme en témoigne l'Elodée. L'étude biochimique de chromatographie confirme que c'est sans doute un mécanisme similaire à celui de la photosynthèse du géranium, le profil de la séparation des pigments étant identique.

Enfin, la coloration à l'eau iodée des individus montre que l'issue de cette photosynthèse est identique à celle des organismes végétaux, soit la synthèse d'amidon dans les algues. Nous pouvons faire l'hypothèse que cet amidon est, au moins en parti, transféré au ver. Ainsi, le partenariat a induit le fait que le ver devienne, au cours de l'évolution, autotrophe au C, comme les algues qui lui sont associées.

Il est à prévoir que des transferts inverses, du ver vers les algues, existent.

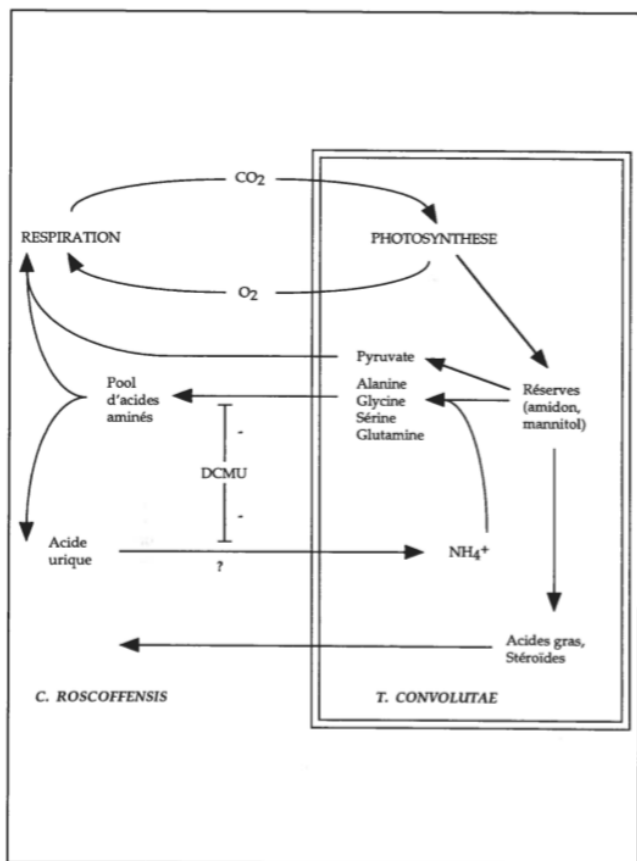


Fig. 2.- Échanges trophiques entre *Convoluta roscoffensis* et ses chlorelles (DCMU : di-chlorophényl-di-méthyl-urée, inhibiteur de la photosynthèse ; "-": inhibition).
Fig. 2.- Trophic exchanges between *Convoluta roscoffensis* and its algal symbionts (DCMU: dichlorophenylidimethylurea, a photosynthesis inhibitor; "-": inhibition).

Acta Bot. Gallica, 2000, 147 (4), 323-331.

Un exemple de symbiose algue-invertébré à Belle-Isle-en-Mer : la planaire *Convoluta roscoffensis* et la prasinophycée *Tetraselmis convolutae*

par Marc-André Selosse

La plupart des candidats est allée jusqu'à ce niveau du TP, mais n'a rien écrit ou schématisé. D'après leur copie, ils avaient pourtant répondu à plusieurs questionnements. Il est dommage de ne pas arriver à en faire, au moins en partie, une synthèse en fin de travail.

Question II-6b : Quelles expériences complémentaires proposeriez-vous pour compléter ces bilans ?

Réponse à la question II-6b

Test des acides gras, des autres sucres que l'amidon, des acides aminés

Test des composés microbiotiques (DMNS, acides uriques, etc.)

FIN DE L'ÉPREUVE

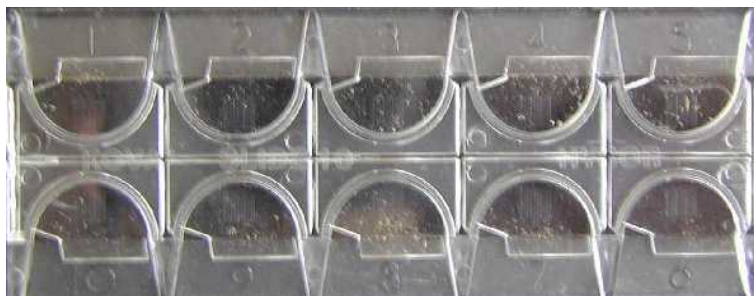
Merci à Mr Xavier BAILLY, de la station biologique de Roscoff.

NOM :

Prénom :

Salle :

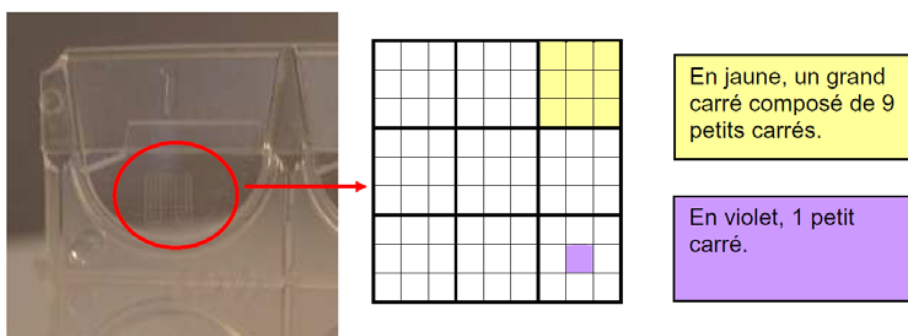
Annexe 1 : Utilisation de la lame KOVA



Une lame KOVA®

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

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



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

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



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

NOM :

Prénom :

Salle :

Annexe 2 : Analyses au spectrophotomètre

Réalisation du broyat de vers pour analyses de spectrophotométrie

Prélever une 20aine de vers adultes et les déposer dans un mortier : afin de faciliter le prélèvement des vers, vous pouvez générer des ondes dans le milieu les contenant (par tapotements), ce qui les fait descendre et donc se concentrer.

Retirer un maximum d'eau de mer de sorte que les vers soient le plus concentré possible

Ajouter un peu de sable de Fontainebleaux, ainsi que 10 mL d'éthanol

Broyer à l'aide du pilon

Filtrer à l'aide d'un Erlenmeyer équipé d'un entonnoir dans lequel sera déposé un filtre à café

Récupérer le filtrat en vue de procéder à des analyses de spectrophotométrie

Réalisation du broyat d'épinard pour analyses de spectrophotométrie :

Hacher grossièrement la totalité des feuilles d'épinard fournies à l'aide d'une paire de ciseaux.

Placer les feuilles hachées dans un mortier, et les broyer avec du sable de fontainebleaux et 10 mL d'éthanol.

Filtrer le broyat dans un Erlenmeyer équipé d'un entonnoir dans lequel sera déposé un filtre à café.

Récupérer le filtrat en vue de procéder à des analyses de spectrophotométrie

La notice technique de chaque spectrophotomètre est affichée à côté de l'appareil.

Ne pas hésiter à diluer le filtrat obtenu si l'absorbance est trop élevée.

Attention, la pulpe d'épinard (broyat) servira à la manipulation de chromatographie : ne pas la jeter

NOM :

Prénom :

Salle :

Annexe 3 : Analyses par chromatographie sur papier

Précautions générales :

- Éviter de trop toucher la bande de papier à chromatographie, la saisir par ses extrémités.
- Manipuler avec des gants
- Ne pas verser d'éluant de chromatographie dans l'évier ; vous disposez de poubelles de salle prévues à cet effet.

Tracer un trait au crayon papier à 2 cm de l'extrémité de la bande de papier

Y déposer un ver et l'écraser à l'agitateur en verre : attention de ne déposer que le ver, déposer un minimum de liquide ; laisser sécher la bande.

Renouveler cette opération 3 ou 4 fois jusqu'à obtenir une tâche sur le papier à chromatographie

Placer la bande de chromatographie dans la colonne, contenant suffisamment d'éluant pour que le papier s'imbibe d'éluant, SANS que la tâche de contacte l'éluant.

Afin d'éviter les vapeurs d'éluant, fermer la colonne et la placer à l'obscurité à l'aide de papier aluminium.

En fin de migration, sortir la bande et laisser sécher avant présentation à l'examineur.

En ce qui concerne l'épinard, vous utiliserez le broyat obtenu dans l'annexe 2.

NOM :

Prénom :

Salle :

Annexe 4 : Protocole de coloration à l'eau iodée

Prélever le/les ver(s) à étudier, et le(s) déposer directement sur une lame de verre

Retirer un maximum d'eau de mer

Ajouter quelques gouttes d'alcool à 90°C pendant 30s-1min

Retirer l'alcool et rincer à l'eau distillée

Ajouter quelques gouttes d'eau iodée

Placer entre lame et lamelle

Observer en PLEINE lumière.

Épreuve de travaux pratiques de spécialité du secteur B : Sujet et commentaires

1.- Présentation de l'épreuve

Le TP d'option B avait comme thème « Des insectes et des plantes », envisagé suivant trois axes principaux : des insectes se nourrissant de plantes, insectes et pollinisation et interactions chimiques plantes / insectes. Ces relations étaient abordées à différents niveaux d'organisation : biologique, morphologique, anatomique, physiologique. Ce TP visait à évaluer différentes compétences, de manipulations (extraction de pièces buccales, dissections animale et végétale, extraction d'un pigment, montages microscopiques), d'observations et de raisonnement.

2.- Commentaire général

La partie I abordait les insectes se nourrissant de plantes. Elle débutait avec une extraction des pièces buccales du criquet, qui a été en général réussie, et leur observation, qui a conduit à des schémas souvent peu précis et mal légendés. La dissection du criquet pour mettre en évidence son tube digestif a eu un succès variable. La plante, source de nourriture, était d'abord étudiée d'une façon morphologique, à partir de l'étude d'une Poacée (*Hordeum murinum*), qui a parfois été mal décrite, puis au niveau anatomique en réalisant une coupe transversale de feuille de cette Poacée. Cette partie se poursuivait par l'étude de la digestion de la matière végétale par les insectes et le rôle de la microflore, et certains candidats ont eu du mal à faire le lien entre les documents présentés. Une coupe de galle du Hêtre était demandée, et permettait d'observer une larve de mouche. Le schéma bilan traduisait la compréhension globale de cette partie.

La partie II s'intéressait à la pollinisation par les insectes. Elle débutait par l'analyse d'une inflorescence de Lamier blanc (*Lamium album*) qui a en général été très incomplète, puis la dissection florale de cette même fleur, dissection qui a eu un succès très variable. L'étude de la couleur des pétales se poursuivait avec une extraction d'anthocyanes. Pour des raisons pratiques, l'extraction des anthocyanes était réalisée sur du chou rouge, après un raisonnement sur la modélisation qui a souvent été mal conduit et mal compris. On demandait la réalisation d'une gamme de pH entre 0 et 14, et cette manipulation a été extrêmement discriminante. Certains étudiants ne savent pas comment réaliser une telle gamme aussi bien aux niveaux théorique que pratique. La difficulté de certains candidats vis-à-vis de manipulations simples (dilution au dixième...) a déjà été soulignée dans le rapport de TP B 2019 et reste d'actualité. Cette partie se poursuivait par l'étude de mesure de rapport de longueur chez trois hyménoptères (abeille, guêpe, frelon) grâce à une capture photographique et l'utilisation du logiciel mesurim, qui a été plutôt réussie. L'étude pratique de la patte de l'abeille, pourtant très classique, a souvent été incomplète, le jury attendant l'étude des deux côtés de la patte. Cette partie se poursuivait par des documents sur la pollinisation, dont l'analyse a été très variable d'un candidat à l'autre. Comme pour la partie I, un schéma bilan permettait de faire une synthèse des observations effectuées, et il a rarement été construit d'une façon satisfaisante.

La partie III, plus courte, s'intéressait aux interactions chimiques plantes / insectes, et elle n'a pas souvent été abordée par manque de temps.

Une dernière partie (IV) proposait la reconnaissance raisonnée de 5 insectes et de 5 plantes, avec des questions de biologie. Certains candidats ne lisent pas la question posée, ce qui leur est préjudiciable. Cette partie a montré que certains candidats ont une excellente culture naturaliste alors que d'autres en manquent ; cette culture naturaliste reste indispensable pour un enseignant de SVT.

En conclusion, comme pour le TP B 2019, ce sujet visait à évaluer différentes compétences pratiques et scientifiques. Le jury a valorisé la réussite des compétences pratiques et attache une grande importance à la maîtrise des aspects manipulateurs et aux réflexions liées à ces aspects.. Il est en effet important qu'un futur enseignant soit capable d'utiliser du matériel concret et de transmettre à ses élèves le goût de l'observation et de la manipulation. Cette épreuve a donc permis de tester des aptitudes à ce type de compétences. Comme cela est rappelé dans les rapports précédents, elle permet aussi de tester la culture naturaliste du candidat.

3.- Sujet commenté

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2021

TRAVAUX PRATIQUES DE SPÉCIALITÉ DU SECTEUR B

Durée totale : 6 heures
Des insectes et des plantes.

Les 4 parties sont indépendantes.

Certaines nécessitent des manipulations, prévoyez donc votre organisation en conséquence.

Tenir compte du tableau de passage pour certains matériels : les questions II.2.a.3 et II.3.c.1 doivent être réalisées durant l'horaire imposé. Cela vous laisse libre de faire les autres questions de cette partie lorsque vous le souhaitez.

Partie I : des insectes se nourrissant de plantes.

Page 2

Durée conseillée : 2h30– barème : 50/120

Partie II : insectes et pollinisation

Page 22

Durée conseillée : 2h30– barème : 50/120

Partie III : interactions chimiques plantes / insectes

page 37

Durée conseillée : 0h30– barème : 10/120

Partie IV : reconnaissances raisonnées de quelques espèces d'insectes et de plantes

page 43

Durée conseillée : 0h30– barème : 10/120

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

Le jury rappelle que la taille du cadre donne une idée de la longueur de la réponse attendue : il est inutile de faire une réponse longue d'une page sur un cadre faisant une demi-page.

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 : des insectes se nourrissant de plantes (durée conseillée : 2h30, 50 / 120)

I-1 Le criquet : un insecte phytophage

I.1.a- Extraction des pièces buccales du criquet

Extraire les pièces buccales du criquet et en faire une présentation sous la loupe binoculaire.

Faire un schéma légendé de ces pièces buccales en rappelant la fonction des différentes parties observées.

Appeler l'examineur (-trice) pour montrer votre présentation et comparer avec le schéma réalisé.

Réponse à la question I-1.a.

Il s'agissait ici d'extraire les pièces buccales du criquet. Le jury attendait la présentation du labre, des deux mandibules, des deux maxilles et du labium. Le jury a évalué la qualité de la manipulation (intégrité des pièces présentées, disposition, orientation) et la conformité avec le schéma effectué.

Si l'extraction des pièces buccales est en général bien réussie, les schémas réalisés sont souvent de mauvaise qualité et très incomplets au niveau des légendes, trop souvent réduites aux seuls noms des pièces buccales. Le jury a été très ouvert face à la diversité des modes de représentation mais qu'il est important que les structures soient légendées sans ambiguïtés.

I.1-b. Dissection de l'appareil digestif du criquet.

Pour cette question, vous disposez d'un deuxième criquet. En utilisant les étiquettes fournies, présenter les principales régions de ce tube digestif.

Appeler l'examineur (-trice) pour montrer votre dissection.

Dissection du Criquet :

Comme pour les pièces buccales, cette dissection a été en général réussie, mais la précision des légendes indiquées est parfois insuffisante. Il est surprenant que quelques candidats présentent une dissection « à sec », qui ne permet alors pas une observation satisfaisante des structures anatomiques.

Le jury a jugé de la présentation globale de la dissection (sous l'eau), du placement correct des étiquettes. L'animal devait être orienté (antérieur / postérieur, gauche / droite) et le minimum de légendes attendues était ; stomodeum, mésentéron, coecum gastrique, proctodeum, rectum.

I.2. Le végétal, source de nourriture.

I.2.a. Étude morphologique d'une Poacée.

Certaines Poacées sont mangées par les criquets. Réaliser un schéma légendé de la morphologie de la Poacée proposée. Il n'est pas demandé de reconnaissance de l'espèce de la Poacée proposée.

Réponse à la question I.2.a :

La Poacée présentée était une tige d'orge des rats (*Hordeum murinum*) avec ses fruits. Le schéma devait être réalisé d'après la plante fournie. Il est surprenant que certains candidats fassent un schéma théorique de Poacée sans observer leur échantillon, ce qui les a conduits à présenter la fleur alors que l'échantillon était en fruit.

Cet exercice vise donc à vérifier la capacité à réaliser un schéma d'observations et non à réciter de mémoire un schéma théorique. Les légendes attendues étaient tige, feuilles à nervures parallèles, gaine, limbe, infrutescence.

I.2.b. Étude anatomique : CT d'une feuille de Poacées.

I.2.b.1. Réalisation d'une coupe transversale (CT) d'une feuille de Poacées.

Réaliser la coupe de la Poacées fournie avec le protocole de coloration suivant :

- Faire une coupe transversale,
- Coupe placée de 15 à 20 minutes dans l'eau de javel,
- Rinçage de la coupe à l'eau distillée,
- Coloration de la coupe 2 minutes dans l'acide acétique,
- Coloration de la coupe 5 minutes dans le colorant Carmino-vert,
- Rinçage et montage de la coupe

Rappel : les produits chimiques ne doivent pas être mis en contact avec la peau, ni ingérés, ni inhalés...

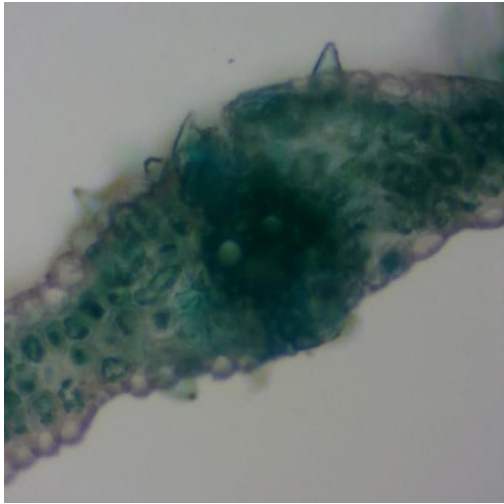
Faire un schéma légendé de votre préparation sur lequel vous indiquerez les caractéristiques des tissus (cellulosiques, lignifiés, etc...) sources de nourriture pour l'insecte.

Appeler l'examineur (-trice) pour montrer votre préparation et comparer avec le schéma réalisé.

Réponse à la question I.2.b :

Cette partie visait à tester la capacité à réaliser une coupe de limbe, ce qui est toujours un peu plus difficile à réaliser qu'une coupe de tige. Certains candidats ont réussi à faire de très belles coupes mais d'autres ont coupé la feuille en plan tangentielle ou longitudinale et non transversale.

Voici un exemple de préparation réalisée par un candidat :



Le schéma devait être orienté (face inférieure, face supérieure), et légendé (épiderme, mésophylle, nervure principale et nervure latérale, gaine péri-vasculaire, phloème, xylème, sclérenchyme).

I.3.b.2. Comparaison avec une préparation d'une autre Poacée.

Analyser la préparation microscopique fournie (Lame I.3.b.2) sans faire de schéma et faire une comparaison (rapide) avec votre préparation. Quelle pourrait être une conséquence pour les herbivores ?

Réponse à la question I.3.b2.

Il s'agissait d'une préparation du commerce de coupe de feuille d'Oyat. Dans les deux cas, on retrouve les caractéristiques d'une feuille de monocotylédone (nervures parallèles, symétrie bilatérale). La gaine périvasculaire indique la famille de Poacées.

On note un grand développement du sclérenchyme et donc de tissus lignifiés, moins facile à digérer pour les herbivores. Cette plante pourrait donc être moins appétissante pour les herbivores, mais ceci traduit surtout une adaptation à la sécheresse.

Les réponses à cette question ont été souvent incomplètes.

I.3. La digestion du végétal par l'insecte.

I.3.a. Digestibilité des différents tissus de la plante.

Il est possible de mesurer la quantité de végétal ingéré par un insecte (= I) et la quantité de fèces produit (=F). Une méthode pour calculer la digestibilité des aliments est de calculer le rapport $[(I-F) / I] * 100$

Les mesures sont faites à partir de masses sèches obtenues par déshydratation à moins de 60 °C et non de masse fraîche : expliquer l'intérêt de travailler sur de la masse sèche obtenue à moins de 60 °C ?

Expliquer pourquoi ce rapport donne une idée de la digestibilité des aliments.

Réponse à la question I.3.a.

Intérêt de travailler sur la masse sèche obtenue par déshydratation à moins de 60 °C :

La masse sèche est plus précise et moins variable, la déshydratation à moins de 60 °C permet de préserver la volatilisation de l'azote.

Pourquoi le rapport donne une idée de la digestibilité des aliments :

Les parties non digérées lors du passage dans le tube digestif sont rejetées dans les fèces. Moins l'aliment est digeste, plus il y aura de fèces. La différence I-F donne une idée de ce qui a été digéré et absorbé. Le rapport (I-F)/F permet donc d'avoir une idée de la digestibilité : plus il est faible, plus l'aliment sera peu digeste.

Le tableau ci-dessous donne les résultats expérimentaux d'une expérience faite chez le criquet américain *Abracris flavolineata*. Chaque mesure est répétée trois fois. Un individu adulte ingère lors de cette expérience 21 ± 1 mg de matière sèche par jour et rejette $12,1 \pm 0,3$ mg de matière sèche, ce qui représente pour 100g de feuilles ingérées 58 g de fèces. La masse fraîche moyenne des individus utilisés pour cette expérience était de $610 \text{ mg} \pm 50$.

Compléter le tableau en calculant la digestibilité dans la dernière colonne **Barème Calcul : 0,5**

	Ingérés (g/100g)	Fèces (g/58g)	Digestibilité à calculer (en %, arrondi avec un chiffre après la virgule).
Sucres solubles	2,8 +/- 0,3	0,25 +/- 0,08	91,1
Pectines	1,37 +/- 0,02	0,93 +/- 0,02	32,1
Hémicellulose	2,1 +/- 0,3	2,1 0+/- 0,1	0
Amidon	9,7 +/- 0,6	3,2 +/- 0,2	67
Cellulose	5,7 +/- 0,3	3,9 0/- 0,3	31,6

D'après C. Ferreira et al. 1992.

En prenant une teneur de eau de 90 % pour les végétaux ingérés, calculer la masse fraîche ingérée et faire un commentaire par rapport à la masse fraîche du criquet.

Faire un commentaire des différentes valeurs obtenues. Les auteurs de l'étude indique une possible contamination des fractions « pectines » et « cellulose » par des molécules d'hémicellulose. Quelle nuance faut-il alors apporter à ces résultats ?

Suite de la réponse à la question I.3.a.

Masse fraîche ingérée et commentaire

21 mg de MS avec 90 % d'eau dans la MF : cela donne 210 mg de MF.

Pour un criquet de 610 mg en moyenne, cela représente environ le 1/3 de sa masse par jour !

Commentaire des différentes valeurs obtenues

Sur 100 g ingérés, il y a 58 g de fèces soit globalement 42 % de matière rejetée.

IL y a une forte variabilité des valeurs de digestibilité : de très fortes pour les sucres solubles (91 %) à très faible pour les hémicelluloses (0%).

La forte digestibilité des sucres solubles est logique puisque ce sont des petites molécules. L'amidon est un polymère de glucose en liaison alpha (1-4 ou 1-6), liaison facilement hydrolysable. Pour la cellulose, la liaison bêta est plus difficilement hydrolysable, ce qui conduit à une digestibilité plus faible.

Ceci traduit des différences dans les équipements enzymatiques et / ou leur efficacité.


Nuance liée à une possible contamination

La possible contamination par des hémicelluloses des fractions « pectines » et « cellulose » laisse penser que la digestibilité des hémicelluloses peut être sous-évaluée, et donc être non nulle, et que celles des composés pectiques et de la cellulose peuvent être surévalués.

I.3.b. Physiologie de la digestion de la cellulose chez les criquets.

I.3.b.1. Les bactéries de l'intestin du criquet.

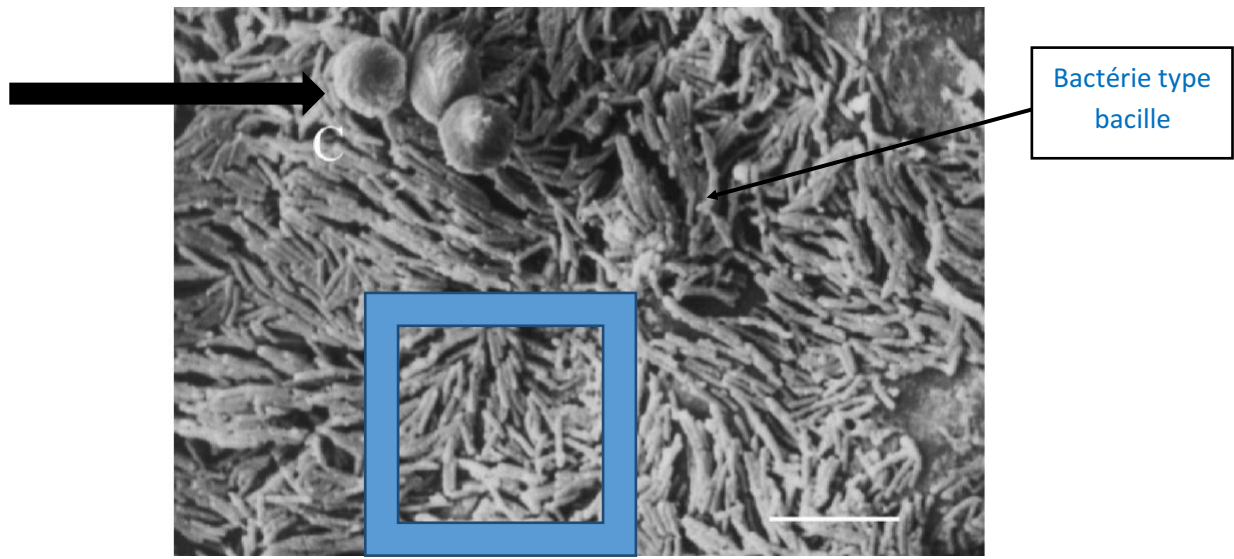
L'image ci-dessous est une image de microscopie à balayage de la surface interne (côté lumière) de l'intestin du criquet. Barre d'échelle = 15 μm .

Proposer une légende pour la flèche () puis estimer la densité de population, à exprimer en nombre d'individus par cm^2 .

La microscopie à balayage permet-elle une identification précise ?

Proposer une méthode pour améliorer l'identification de cette population.

La flèche épaisse (→) indique une spore enkystée d'un unicellulaire eucaryote *Malameba locustae* qui est un parasite du criquet qui se développe dans ses tubes de Malpighi. Qu'est-ce que cela indique quant à la contamination de ce criquet ?



D'après Hunt and Charnley.

Réponse à la question I.1.b1 :

Estimation de la densité

Pour estimer la densité de population bactérienne, il suffit de choisir une surface connue (ici un carré de $30\text{ }\mu\text{m}$ sur $30\text{ }\mu\text{m} = 900\text{ }\mu\text{m}^2$) et de compter le nombre de bactérie. On trouve ainsi entre 15 et 20 bactéries pour $900\text{ }\mu\text{m}^2$. Il suffit de rapporter ensuite à 1 cm^2 :

$1\text{ }\mu\text{m} = 10^{-6}\text{ m}$, donc 10^{-4} cm ; $1\text{ cm}^2 = 10^8\text{ }\mu\text{m}^2$.

Si on prend entre 15 et 20 bactéries pour $900\text{ }\mu\text{m}^2$, cela donne $10^8 * 20$ (ou 15) / 900, soit environ de $1,5$ à $2,2 \cdot 10^6$ bactéries par cm^2 .

Identification à partir de MEB

Le microscope à balayage ne permet pas d'identification précise d'une population bactérienne.

Proposition d'une méthode pour améliorer l'identification

La coloration de Gram ne permet pas non plus une identification très précise.

Une méthode d'identification serait la recherche de séquences ADN ou ARN caractéristiques (« barcodage »)

Indication liée à la spore enkystée

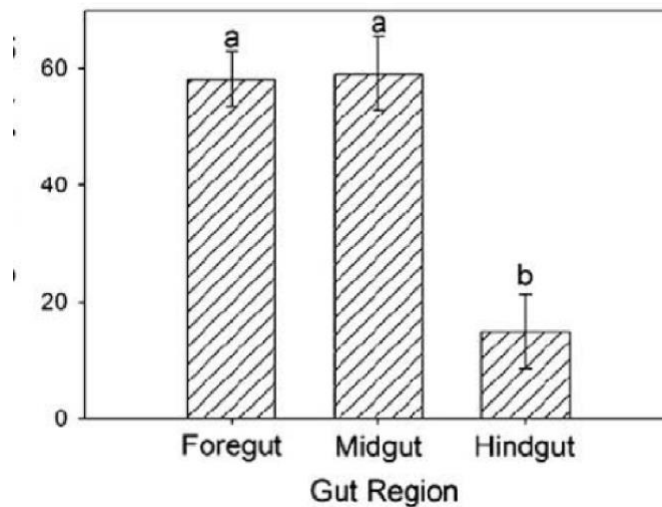
La flèche épaisse indique la présence de trois spores d'un parasite eucaryote unicellulaire. Sa contamination se fait donc par voie digestive.

Les réponses à cette question ont été très variables mais certains candidats ont bien compris le but de cette partie.

1.3.b.2. Digestion de la cellulose.

On mesure l'activité de la cellulase (enzyme cellulolytique) dans différentes parties de l'intestin de l'Orthoptère *Dissosteira carolina* (une sauterelle de Californie), activité donnée en unité arbitraire par g.

Gut = intestin



D'après J.D. Willis et al.

Chez une autre sauterelle (de l'espèce *Zonocerus variegatus*), on mesure la flore dans les différentes régions du tube digestif et on mesure leur activité :

Table 2. Distribution of microflora from *Zonocerus variegatus* gut regions

Life stage/gut region	Bacteria	Moulds	Yeasts
Adult			
Foregut	<i>Acinetobacter</i> sp., <i>Bacillus</i> sp.	—	—
Midgut	<i>Bacillus</i> sp.	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>Trichoderma</i> sp.	<i>Candida</i> sp.
Hindgut	<i>Bacillus</i> sp., <i>Alcaligenes</i> sp., <i>Micrococcus</i> sp., <i>Klebsiella</i> sp.	—	<i>Saccharomyces</i> sp.

Table 3. Enzymatic activity profile of bacterial isolates from the gut regions of *Zonocerus variegatus*

Stage	Isolate code	Organism identified	Lipase	Amylase	Esterase	Protease	Linamarase	Cellulase
Adult	B ₁	<i>Acinetobacter</i> sp.	—	—	+	+	+	+
	B ₂	<i>Bacillus</i> sp.	—	+	+	+	+	+
	B ₃	<i>Alcaligenes</i> sp.	—	—	—	+	+	+
	B ₄	<i>Microbacterium</i>	—	+	+	—	+	—
	B ₅	<i>Klebsiella</i> sp.	—	—	+	—	+	—

Moulds = moisissure, Yeasts = levures.

La Linamarase = β D glucosidase est une enzyme qui contribue à la neutralisation des glycosides cyanogènes présents dans des végétaux que mange cette sauterelle.

D'après A.B. Idowu et al.

A partir de ces données, faire un commentaire de la physiologie de la digestion chez ces insectes.

Réponse à la question I.1.3.b.2.

Premier graphique : l'activité cellulase est principalement localisée dans les régions antérieures et moyennes du tube digestif du criquet où elle est trois fois plus forte que dans la région postérieure.

Tableau : il existe une variété de microorganismes dans le tube digestif de cette sauterelle, l'intestin moyen étant le plus riche en microorganismes.

Aucun de ces microorganismes n'a d'activité lipase, beaucoup ont une activité cellulase et protéase, quelques-uns une activité amylase.

La variété et la complémentarité des équipements enzymatiques de ces insectes contribuent à la digestion de l'insecte. La présence d'une enzyme de détoxification permet à la sauterelle d'ingérer des végétaux qui seraient potentiellement toxique.

Cette question a été plutôt mal abordée par une majorité de candidats

1.3.c. Comparaison de la digestion de plusieurs insectes.

Des insectes phytophages de différentes espèces (et de différents ordres) ont été récoltés pendant les mois de mai et juin. Un extrait des protéines totales du tube digestif est réalisé pour chaque insecte et les enzymes contenues purifiées. Des boîtes de pétri contenant de 1 % d'agar et 0,5 % de carboxyméthylcellulose sont réalisées. Au centre de chaque boîte est déposée 0,1 ml de l'extrait enzymatique puis la boîte est mise à incuber pendant une nuit à 50°C. Les boîtes sont ensuite recouvertes d'une solution de rouge Congo à 0,1 %. Ce colorant est un colorant spécifique de la cellulose. Les boîtes sont ensuite lavées puis photographiées.

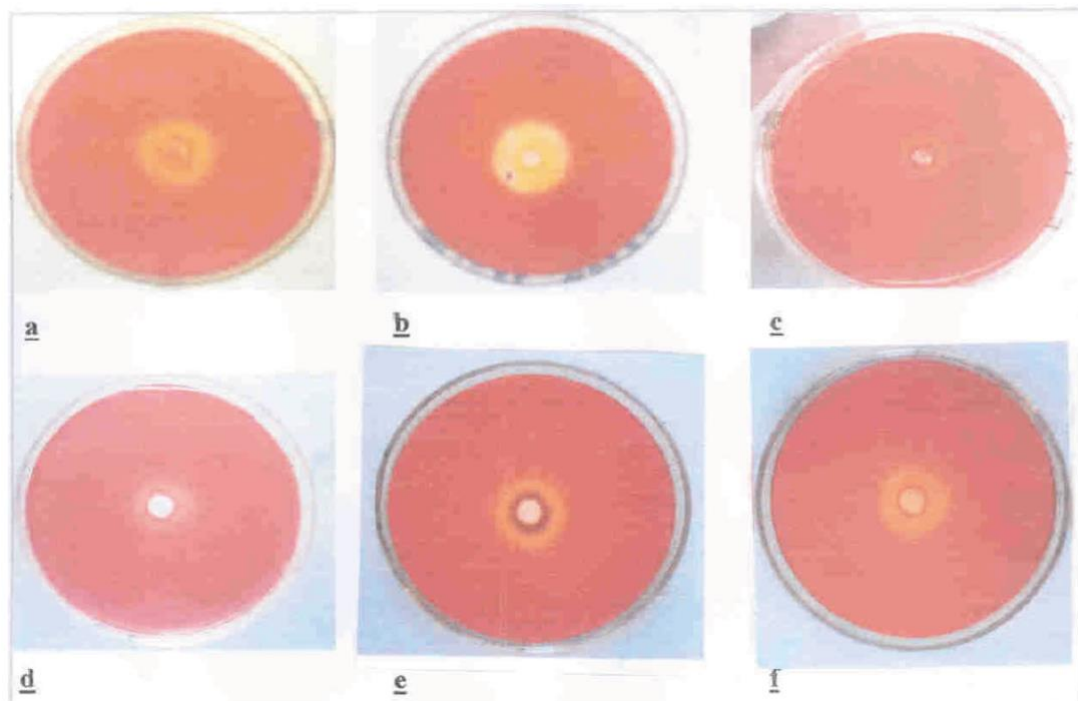


Fig. 1. Screening of insect total cellular proteins for cellulase activity. 0.1 mg of total cellular protein was loaded on cellulose agar plate and after incubation at 50°C overnight, plates were stained with Congo red. Substrate hydrolyzed by endoglucanase appeared as clear zone in the centre.
a, pumpkin beetle, *Aulacophora hilaris*; b, grass hopper, *Chrotogonus trachypterus trachypterus*; c, tiger beetle, *Cicindela scutellaris*; d, red cotton bug, *Dysdercus koenigii*; e, blue pumpkin beetle, *Aulacophora atripennis*; f, red pumpkin beetles, *Aulacophora foveicollis*.

D'après A. Sami et A.R. Shakoori.

Comment quantifier la digestion de la cellulose à partir de cette expérience ?

Discuter de la digestion de la cellulose chez ces différents insectes phytophages (inutile de reporter les noms d'espèces, il sera possible de les nommer par « espèce a », « espèce b », etc.).

Réponse à la question 1.3.c.

La quantification de la digestion de la cellulose se fait en mesurant le diamètre du disque clair apparaissant au centre de la boîte.

L'activité cellulase des extraits digestifs est très variable d'un insecte à l'autre : les espèces a et b ayant les cellulases les plus actives, alors qu'elle est faible pour les espèces c et d, les espèces étant intermédiaires.

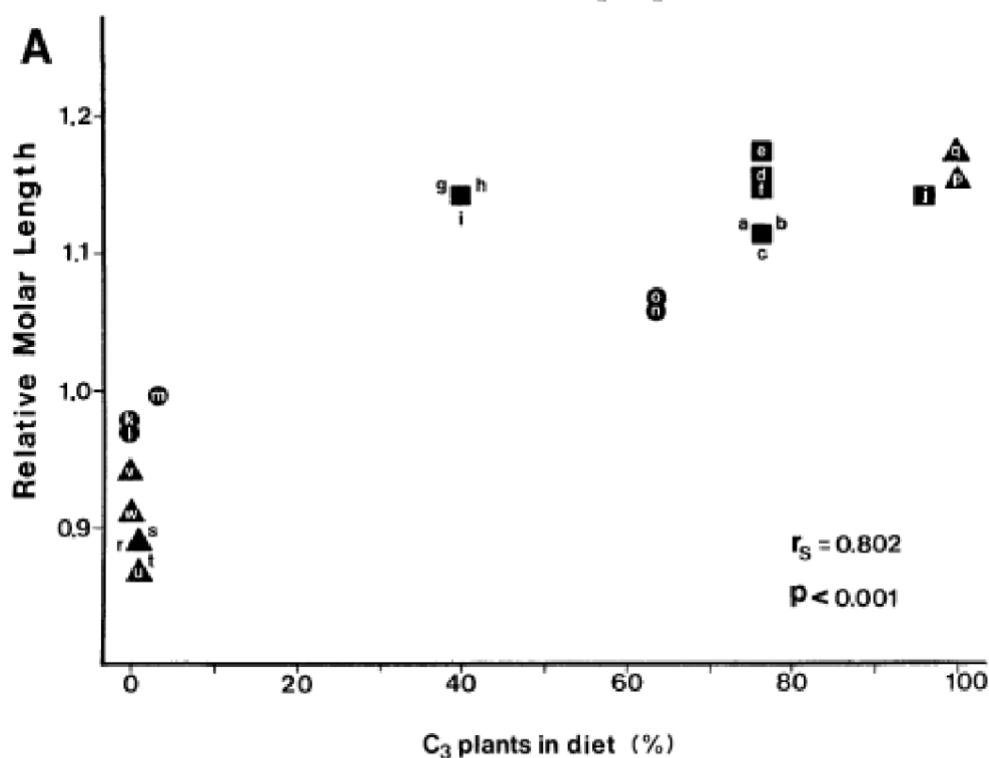
Certains microorganismes des tubes digestifs présentant une activité cellulase, il est probable que les différences d'activités cellulases soient à relier à des différences de nature des microorganismes d'une espèce à l'autre.

Cette question a été assez mal traitée en général

I.3.d Prise de nourriture et caractéristiques des mandibules.

Les plantes à métabolisme C3 et C4 présentent des caractéristiques anatomiques et nutritionnelles différentes. Des mandibules et le type de plantes consommées de différentes espèces de criquets vivant dans le désert sont étudiées. La longueur relative de la dent du processus molaire de la mandibule [= *partie basale de la mandibule du criquet*] est analysée en fonction du régime alimentaire de l'animal, en le caractérisant par le % de plantes de C3 (/C4).

Les lettres dans la figure ci-dessous désignent différentes populations, les ronds, triangles et carrés désignent trois familles de criquet : lettres a à f : espèce de criquet : *Melanoplus desultorius* ; g à i : *Melanoplus lakinus* ; j : *Dactylotum variegatum* ; k et l : *Arphia crassa* ; m : *Leprus cyaneus* ; n et o : *Trimerotropis pallidipennis* ; p et q : *Boottettix argentatus* ; r à u : *Opeia obscura* ; v et w : *Sybula fuscovitta*.



Indiquer une relation possible entre régime alimentaire et morphologie de la mandibule. Formuler une hypothèse explicative.

Réponse à la question I.3.d

Ce graphe indique qu'il existe une relation entre la taille des mandibules et le régime alimentaire.

Cette relation semble indépendante des familles.

Une hypothèse est que les caractéristiques anatomiques des plantes consommées exercent une pression de sélection sur la mandibule

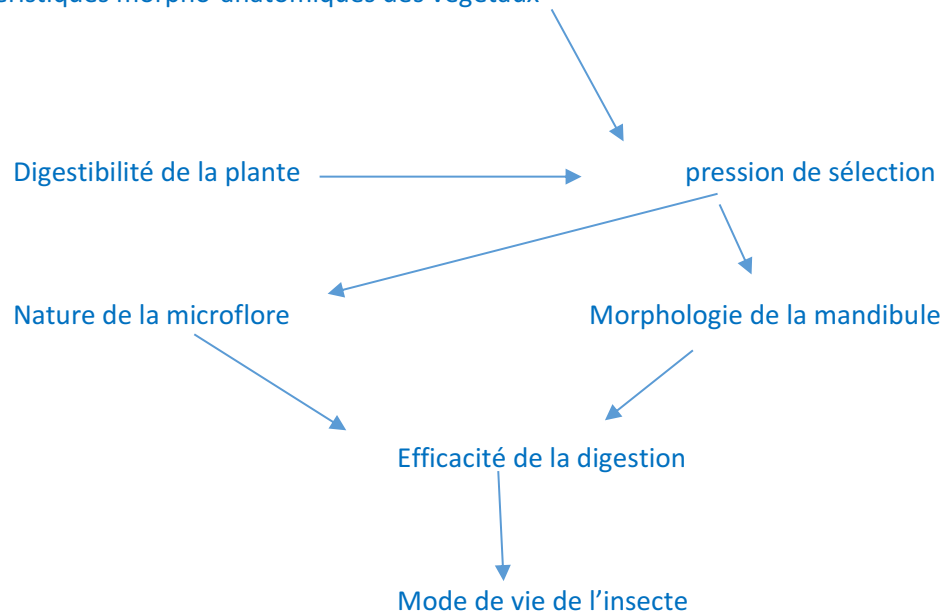
Cette question a été assez mal traitée en général

I.3.e. Bilan

A partir des différentes informations des questions 1.3, construire un schéma bilan récapitulant les relations entre les caractéristiques des végétaux, source de nourriture de l'insecte, et le mode de vie de l'insecte.

Réponse à la question I.3.e.

Caractéristiques morpho-anatomiques des végétaux



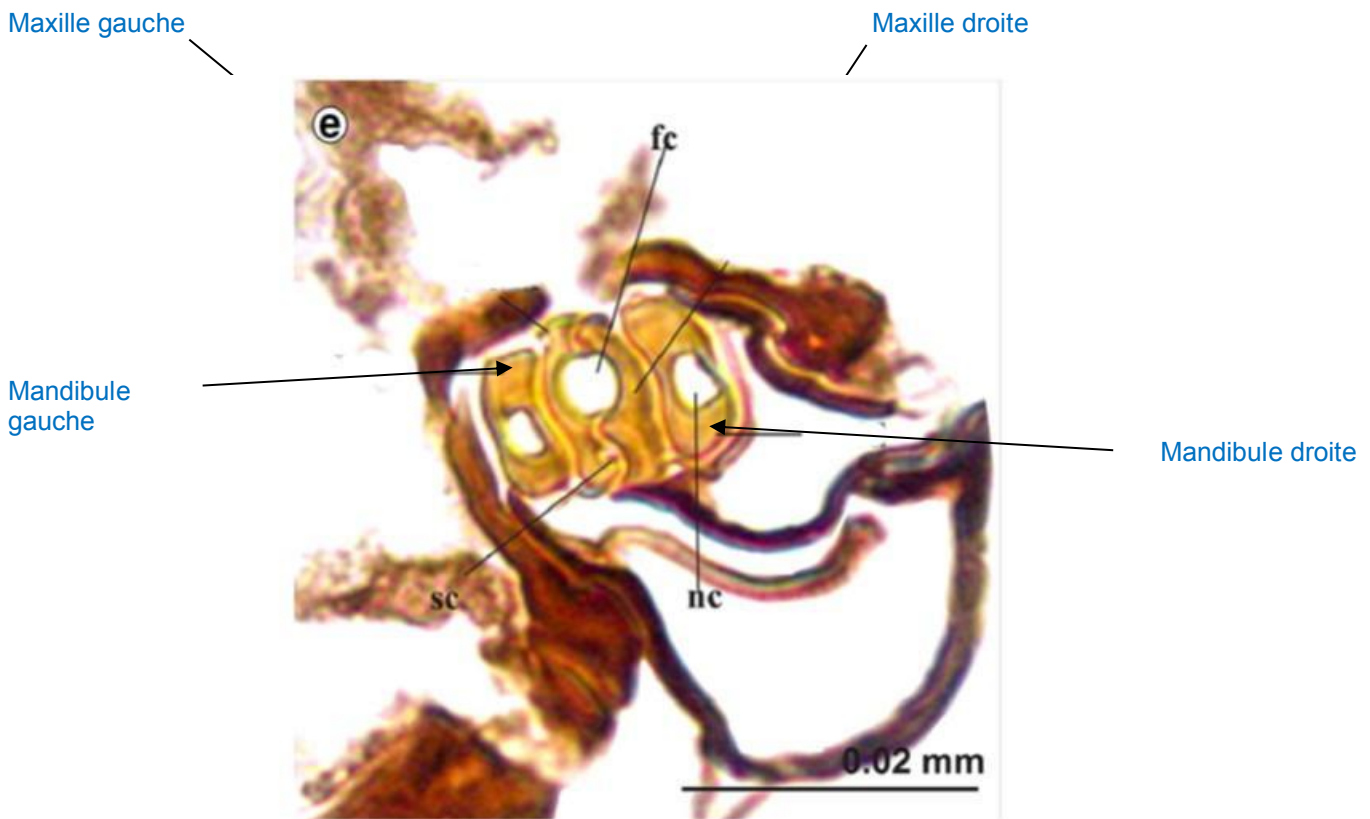
De nombreux candidats n'arrivent pas à faire un lien entre les parties pratiques et les différents documents proposés

I.4. Les pucerons : des insectes piqueurs de végétaux.

I.4.a. Les pièces buccales du puceron.

Chez ces insectes, les pièces buccales sont modifiées par rapport à celle du criquet, permettant aux pucerons de piquer dans certains tissus conducteurs de la plante, formant un rostre.

La photographie ci-dessous montre une coupe transversale dans le rostre d'un puceron de l'espèce *Stomaphis quercus*. Compléter les légendes indiquées.



D'après J. Brozek et al.

Un canal alimentaire (= fc) et un canal salivaire (sc) sont visibles sur cette photographie. Indiquer leur rôle dans la nutrition de cet insecte. Rappeler quel type de sève est consommée par les pucerons et ses caractéristiques ; quel peut-être le rôle de la salive injectée ?
[la légende nc indique le canal nerveux].

Réponse à la question I.1.4.a

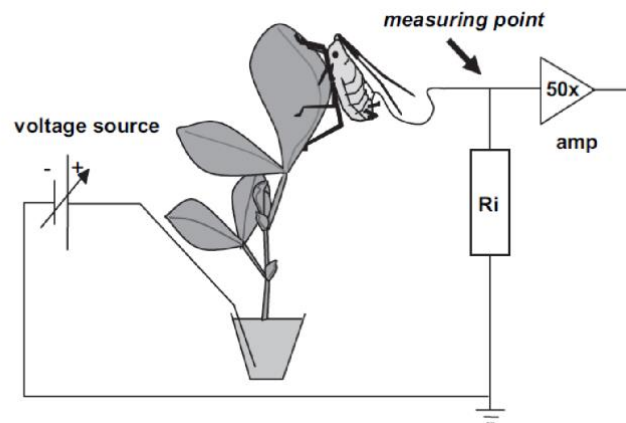
Le canal salivaire (sc) permet l'injection d'une salive anticoagulante, alors que le canal alimentaire (fc) permet d'aspirer la sève élaborée.

Le puceron pique dans le phloème pour consommer de la sève élaborée riche en sucre mais pauvre en protéines.

La salive injectée joue le rôle d'anticoagulant, permettant d'aspirer ensuite la sève.

I.4.b. Étude de l'activité alimentaire de l'insecte.

Des chercheurs ont mis au point la technique d'électro-pénétrographie (EPG) qui permet un enregistrement global de l'activité électrique de l'animal. Pour information, le montage utilisé est le suivant (pas de question sur ce schéma) :



On enregistre ainsi l'EPG pendant la pénétration du rostre



D'après E.M. Kimmins et al.

Le trait vertical indique 100 mV, le trait horizontal 1 minute.

Entre les deux petites flèches horizontales, un détail du signal VII est agrandi au-dessus de la figure. La flèche verticale indique la fin de la manipulation.

Le potentiel est positif lorsqu'il est vers le haut, une variation vers le bas indique une chute de potentiel.

Rappeler quelle est l'ordre de grandeur de la valeur du potentiel de membrane classique d'une cellule végétale vivante et interpréter ces chutes de potentiel.

Qu'indiquent les chutes de potentiel I à VI ?

A quoi correspond le signal VII, et commenter les petites variations entre les deux flèches horizontales.

Réponse à la question I.4.b.

Ordre de grandeur de la valeur du potentiel de membrane d'une cellule végétale

La valeur classique du potentiel de membrane d'une cellule végétale vivante se situe entre -100 et -200 mV.

Signification des chutes de potentiel I à IV

Les chutes de potentiel traduisent donc une diminution du potentiel, liée à la pénétration d'une cellule vivante.

Les chutes de potentiel I à VI correspondent à la traversée de cellules vivantes du parenchyme.

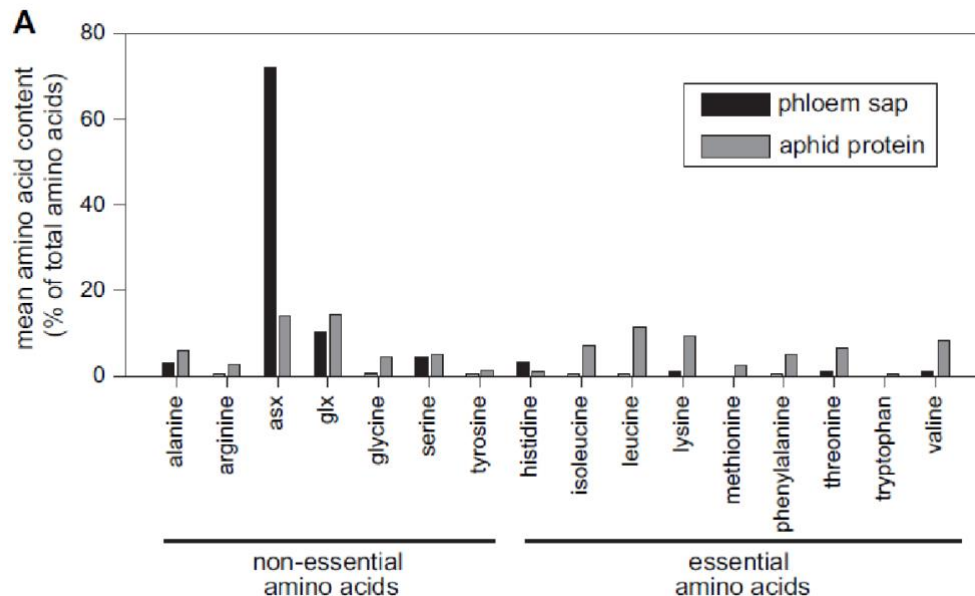
Signal VII et petites variations

Le signal VII correspond à l'activité du rostre lorsque l'insecte se situe dans le phloème.

Entre les deux flèches horizontales, on a de petites variations qui correspondent à la succion de la sève et l'injection de salive.

I.4.c. Nutrition de l'insecte et composition de la sève élaborée.

Ces insectes prélèvent de la sève. Il est possible de comparer la composition de la sève élaborée (phloem sap) à celle d'un de ces insectes (aphid protein).



D'après A.E. Douglas.

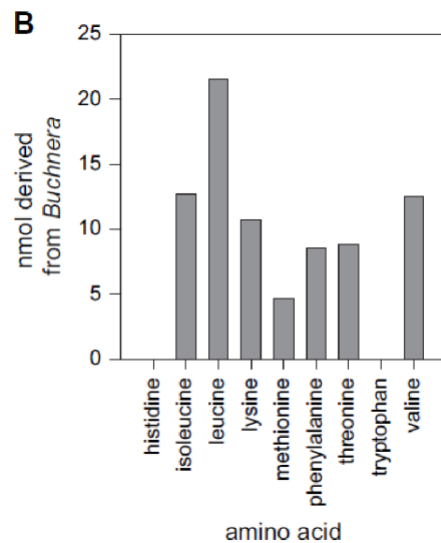
Rappeler la définition d'acides aminés essentiels et non essentiels. D'après cette analyse, quel est l'un des problèmes biologiques pour ces insectes mangeurs de sève ?

Réponse à la question I.4.c

Un acide aminé essentiel est un acide aminé qu'un être vivant ne sait pas synthétiser et doit trouver dans son alimentation. Les acides aminés non essentiels peuvent être synthétisés à partir d'autres acides aminés grâce à des transaminases.

La sève élaborée est riche en acides aminés non-essentiels mais pauvre en acides aminés essentiels : c'est une nourriture carencée.

Ces insectes ont dans leur tube digestif une bactérie symbiotique du genre *Buchnera* capable de synthétiser des acides aminés.



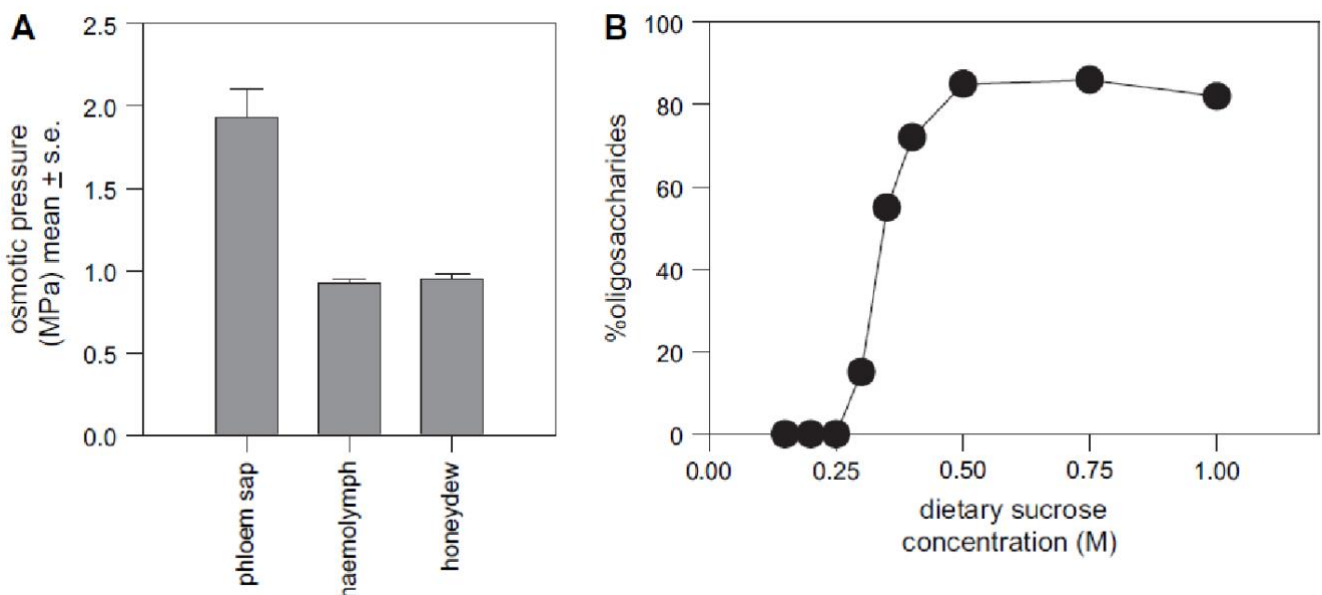
D'après A.E. Douglas.

En quoi cela représente-t-il une adaptation à la nutrition de sève (réponse courte) ?

Suite de la réponse à la question I.4.c

La bactérie symbiotique permet de fabriquer certains acides aminés essentiels et permettent ainsi de pallier à la carence.

Ces insectes rejettent une partie de l'excès de sucre sous forme de miellats (= honeydew). On mesure la pression osmotique dans la sève élaborée, dans l'hémolymphe et dans miellat (graphe A). On mesure également le % d'oligosaccharides dans le miellat (graphe B) en fonction de la concentration en saccharose dans la sève élaborée.



D'après A. E. Douglas.

Pourquoi une grande concentration en sucre représente une contrainte pour ces insectes ? Commenter brièvement ces deux figures. Formuler une hypothèse pour expliquer la pression osmotique du miellat.

Fin de la réponse à la question I.4.c

La forte concentration en sucre de la sève élaborée entraîne une pression osmotique plus élevée que celle de l'hémolymphe, ce qui représente une contrainte.

Graphique A : la concentration de sucre dans le miellat est identique à celle

Graphique B : plus la sève est riche en saccharose, plus il y a des oligosaccharides dans le miellat. Il y a donc transformation d'une partie du saccharose en oligosaccharide. On peut formuler l'hypothèse d'enzymes dans l'intestin qui permettent cette transformation (enzyme de type transglucosylase).

I.4.d. Des prélèvements également de sève brute.

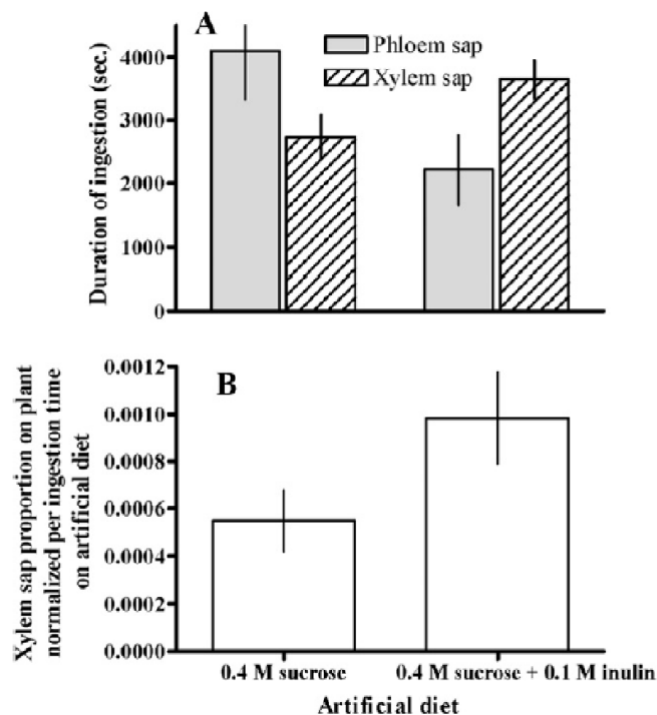
Ces insectes peuvent aussi prélever de la sève brute. Après avoir rappelé très simplement la différence de composition entre la sève brute et la sève élaborée, formuler une hypothèse quant à l'intérêt pour ces insectes de prélever de temps en temps de la sève brute.

Réponse à la question I.4.d.

La sève brute est pauvre en sucre et riche en ions, la sève élaborée est riche en sucre et plus pauvre en ions. La sève brute est moins concentrée que la sève élaborée.

Une hypothèse possible est que la consommation de sève brute permettrait de réponse au stress osmotique entraînée par la consommation de sève élaborée. Cela contribuerait à la régulation du potentiel osmotique.

Grace à la technique d'EPG, on peut distinguer les périodes de prélèvement de sève élaborée et de sève brute. On teste alors la durée de prélèvement de sève élaborée (Phloem sap) et de sève brute (Xylem sap) pour des pucerons recevant un régime artificiel contenant 0,4 M de saccharose ou 0,4 M de saccharose (= sucrose) et 0,1 M d'inuline. L'inuline est un polysaccharide qui provoque un supplément de pression osmotique de 10 mOsmL⁻¹. La pression osmotique provoquée par 0,4 M de saccharose est de 400 mOsmL⁻¹.



D'après J. Pompon et al.

Faire une analyse rapide de ces deux figures et conclure sur un intérêt possible pour ces insectes de faire ces prélèvements de sève brute.

Fin de la réponse à la question I.4.d.

Lors du régime artificiel où la pression osmotique est augmentée, le temps passé et la quantité de sève brute ingérée est supérieure au régime classique, ce qui conforte l'hypothèse ci-dessus que le prélèvement de sève brute est une adaptation au stress osmotique.

I.4.e. Réactions de la plante suite à une piqure par cet insecte.

On compare ici des feuilles de chou (*Brassica oleracea*) saines ou piquées pendant 13 jours par ces insectes, toutes les autres conditions étant identiques.

	Feuilles saines	Feuilles infectées
Masse sèche de chaque feuille (g)	7,61 +/- 0,12	5,24 +/- 0,83
Quantité de chlorophylle a (mg/g matière fraîche)	4,73 +/- 0,13	1,32 +/- 0,92
Composition ionique de la sève élaborée (mg / 100 g de masse sèche)		
Potassium (K)	2100 +/- 11,15	2480 +/- 5,80
Calcium (Ca)	1200 +/- 10,70	2300 +/- 2,30
Magnésium (Mg)	1680 +/- 11,80	580 +/- 2,15
Phosphore (P)	410 +/- 5,80	250 +/- 1,20
Composition en composés organiques de la sève élaborée (mg / g de matière fraîche)		
Total des sucres solubles	124,74 +/- 9,7	64,21 +/- 2,19
Acide ascorbique [antioxydant]	2,81 +/- 0,17	4,40 +/- 0,12
Composés phénoliques totaux	8,12 +/- 1,31	7,10 +/- 2,10
Activités d'enzymes antioxydantes (U / g de masse fraîche)		
Catalase	38,0 +/- 1,15	20 +/- 0,21
Ascorbate oxidase (APO)	6,42 +/- 0,55	2,91 +/- 0,12
Polyphenol oxidase (PO)	5,41 +/- 0,23	11,2 +/- 3,71

D'après H.I. Khattab.

Analyser et interpréter la réaction de la plante suite à une attaque par cet insecte.

Réponse à la question I.4.e

L'infection entraîne une diminution notable (-31 %) de la masse sèche et drastique de la chlorophylle (-72 %), qui traduit la maladie de la plante.

Si la quantité de potassium dans la sève élaborée augmente un peu, la quantité de calcium est presque doublée alors que celle de magnésium et de phosphore diminue sensiblement.

La quantité de sucre diminue de moitié, celle des phénols totaux de 7 %, mais celle d'acide ascorbique augmente de 50 %.

Si l'activité de la catalase et celle de la APO sont réduites de moitié, l'activité PO est plus que doublée.

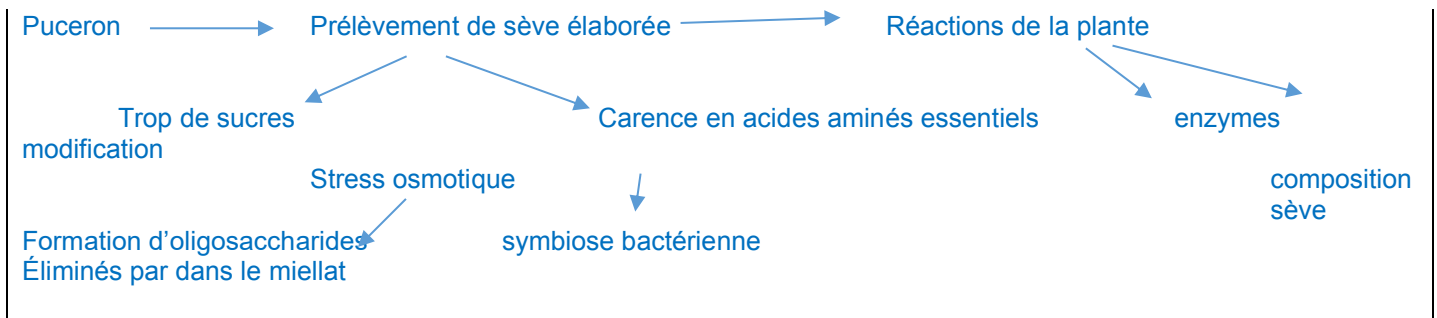
L'infection entraîne donc une réponse de la plante avec une modification sélective de la composition de la sève élaborée et une modification des activités enzymatiques.

Ceci traduit une adaptation physiologique de la plante, on peut parler de réponse immunitaire induite.

I.4.f. Bilan.

Faire un schéma bilan pour ces insectes mangeant de la sève.

Réponse à la question I.4.f.



Cette partie a été assez mal abordée, les candidats ayant du mal à faire un lien entre les différents documents

I.5. La galle du Hêtre.

I.5.a. Organisation de la galle.

Vous disposez d'une feuille de Hêtre (*Fagus sylvatica*) saine et d'une feuille avec une galle.
Comparer les deux feuilles puis réaliser une coupe longitudinale de la galle et en faire un schéma légendé.

Préciser par un texte court la notion de galle chez les végétaux. Quelle différence existe-t-il entre une galle et une domatie ? Est-il possible ici d'identifier l'organisme ayant provoqué cette galle ?

Appeler l'examineur (-trice) pour montrer votre présentation et comparer avec le schéma réalisé.

Réponse à la question I.5.1.

Une galle est une excroissance tumorale, produite ici par les cellules de la feuille, en réponse à une agression d'un animal, ici un insecte. C'est donc la piqûre de l'insecte (sous la cuticule) qui provoque le développement de la galle. Les domaties sont des structures végétales spécialement adaptées dans l'attraction des arthropodes et notamment des insectes, mais qui sont normalement produites en dehors d'une stimulation par piqûre.



La coupe dans la galle du Hêtre (*Mikiola fagi*) permettait de reconnaître une larve apode

Si la coupe a été en général bien faite, l'identification a été moins bien réussie

I.5.b. Effet de la lisière d'une forêt sur le développement des galles.

Une étude a été conduite sur la densité, la longueur et la masse des galles induite par *Mikiola fagi* sur le hêtre (*Fagus orientalis*) suivant la place des arbres. On suit ainsi les caractéristiques des galles en lisière de forêt (« Forest edge ») et à l'intérieur de la forêt (Forest interior). Analyser le document puis formuler une ou des hypothèses explicatives.

Table I.- Effect of forest edges on the density, length, and weight of galls (Mean±SEM) induced by *M. fagi* on *F. orientalis*.

	Forest interior	Forest edge
Density of gall	0.50±0.06 (n=323)	1.95±0.19 (n=232)
Length of gall	9.33±0.18 (n=102)	9.34±0.25 (n=91)
Weight of gall	0.22±0.01 (n=102)	0.22±0.01 (n=91)

D'après E. Akkuzu et al.

Réponse à la question I.5.b

En lisière, le nombre de galles est pratiquement 4 fois plus élevé que dans l'intérieur de la forêt alors que les dimensions des galles sont identiques.

Cela traduit une plus grande facilité d'infection en lisière qu'à l'intérieur de la forêt.

Hypothèses explicatives :

Effet biotique ou abiotique ?

Si effet abiotique : microclimat plus favorable à l'insecte en lisière de forêt ?

Si effet biotique : moins de compétition ?

Bilan de la partie I : elle comprenait de nombreuses manipulations classiques qui ont permis de bien faire la distinction entre différentes compétences des candidats

Partie II : insectes et pollinisation (durée conseillée : 2h30, 50 / 120)

II-1 Étude d'une Angiosperme en fleurs.

II.1.a. Analyse de l'inflorescence.

Indiquer le type de l'inflorescence de la fleur fournie. La réponse devra être accompagnée d'une brève justification.

Réponse à la question II.1.a.

L'inflorescence proposée est une grappe de verticilles de fleurs en épi.

Cette question a été globalement mal traitée, les candidats se bornant à un seul niveau d'analyse (les réponses étant en général soit grappe, soit épi) mais le caractère composé de l'inflorescence a été très rarement signalé. Beaucoup de candidats semblent manquer de culture botanique de base.

Donner un coût / bénéfice d'une inflorescence par rapport à une fleur unique (*réponse courte souhaitée*).

Suite de la réponse à la question II.1.a

Coût de construction (investissement reproducteur plus grand)

Bénéfice : probabilité de la visite d'un insecte plus grande, plus d'attractivité ; plus de graines produites

Cette partie de la réponse a été meilleure que la partie précédente ;

II.1.b. Dissection florale :

Réaliser la dissection florale de la fleur proposée dans le cadre ci-dessous. Il n'est pas demandé de diagramme floral mais on indiquera la formule florale.

Il est rappelé qu'il est conseillé d'utiliser plusieurs fleurs pour votre présentation.

Réponse à la question II.1.b : dissection florale

Formule florale : $(5S) + (5P) + (2+2 E) + (2C \text{ en deux loges})$

La dissection florale devait comporter une fleur complètement disséquée et disposée comme dans un diagramme floral et d'autres fleurs sur le côté pour montrer les différentes soudures. Comme cela était mentionné dans le texte, il fallait donc utiliser plusieurs fleurs, sans qu'un format particulier soit exigé. Le jury a valorisé toute dissection qui permettait, au-delà du nombre de pièces par verticilles et de leur position relative, de bien faire ressortir les soudures ainsi que la position de l'ovaire.



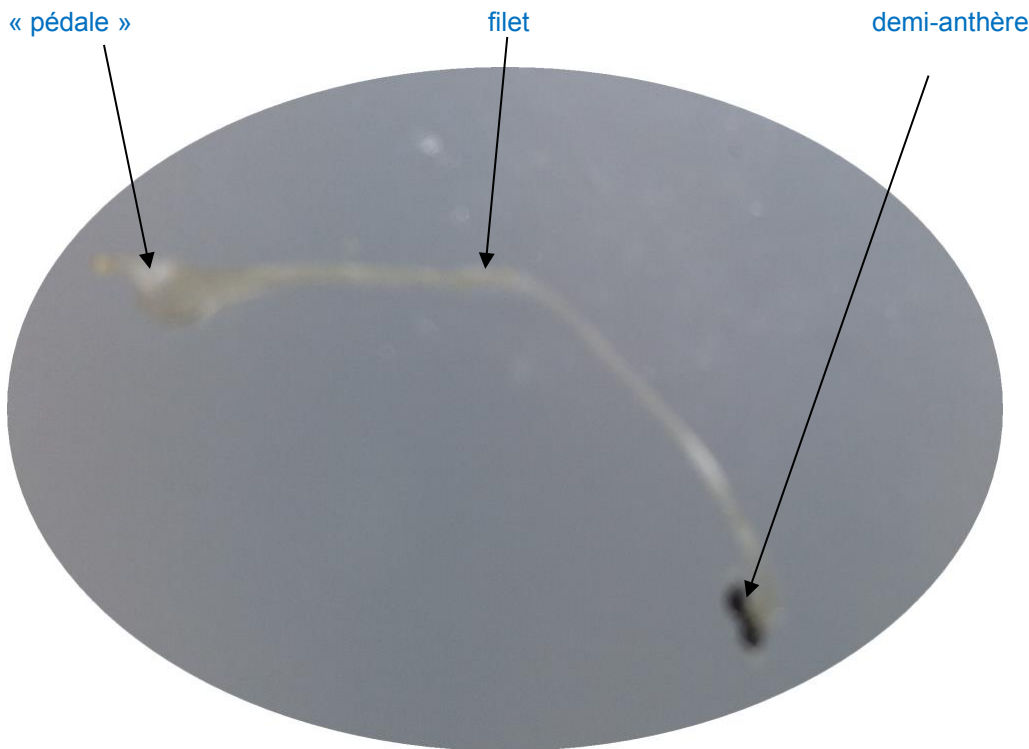
La réussite à cette partie a été très variable d'un candidat à l'autre

II.1.c. Étude de l'étamine

Sur une autre fleur, analyser une étamine sous la loupe binoculaire et réaliser un schéma d'observation.
Faire un commentaire sur l'adaptation des étamines vis-à-vis de la pollinisation.

Réponse à la question II.1.c.

Une particularité morphologique de l'étamine, facile à repérer, concerne la partie fertile qui ne comporte qu'une loge pollinique. Elle correspond donc à une 1/2 anthère d'une étamine modèle des Angiospermes. Cette particularité s'accompagne de modifications profondes qui affectent le connectif et le filet. L'autre demi-anthère sert de « pédale » permettant la bascule de l'étamine lors de la visite d'un insecte.



Les adaptations à l'entomogamie n'ont souvent pas été identifiées.

II.2. Extraction et étude des anthocyanes

Les anthocyanes sont des pigments végétaux intervenant dans la coloration des fleurs, des feuilles et des fruits. Comme il est difficile de se procurer des masses importantes de pétales, on modélise ici l'étude d'anthocyanes des pétales de fleurs en utilisant du chou rouge.

II.2.a1. Notion de modélisation

Qu'est-ce qu'un modèle en biologie ?

Réponse à la question II.2.a.1

Un modèle en biologie est un organisme étudié de manière approfondie pour comprendre un phénomène biologique particulier, en supposant que les résultats de ces expériences seront partiellement valables pour la connaissance d'autres organismes. Cela est possible parce que les principes biologiques fondamentaux comme les voies métaboliques, régulatrices, et développementales, et les gènes qui déterminent ces processus, sont proches dans un même groupe.

Ici, le chou rouge sert de modèle car il est facile de s'en procurer.

D'autres définitions de la notion de modèle pouvaient être proposées et elles ont été acceptées du moment qu'elles étaient cohérentes. Cette question a rarement été bien traitée, avec de grandes difficultés pour de nombreux candidats à formuler une réponse simple et claire

II.2.a.2. Validation du modèle

Réaliser un montage d'épiderme de chou rouge et un montage d'épiderme de pétale de fleur dans l'eau sucrée (à prendre sur la fleur colorée fournie).

Faire un schéma des deux épidermes obtenus. En quoi cela permet une validation du modèle ?

Appeler l'examineur (-trice) pour montrer votre présentation et comparer avec le schéma réalisé.

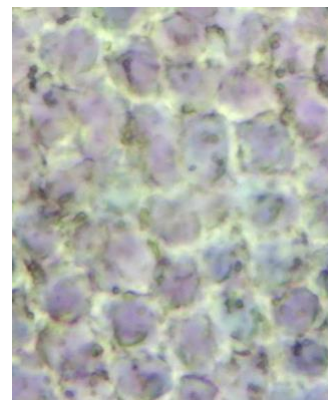
Réponse à la question II.2.a.2



Epiderme de chou rouge : stomate, noyau, vacuole

On constate dans les deux cas la coloration violette de la vacuole violette.

On peut donc faire l'hypothèse que des pigments ressemblants se trouvent dans les deux épidermes



Epiderme de pétale de la fleur colorée

Le montage des deux épidermes a été en général bien fait. L'observation n'a cependant pas toujours lieu au grossissement adéquat, ce qui ne permet pas de localiser correctement la pigmentation et a donné lieu à des interprétations parfois erronées. Là aussi le schéma des deux épidermes montre une observation souvent trop superficielle des préparations

II.2.a.3. Extraction des anthocyanes du chou rouge

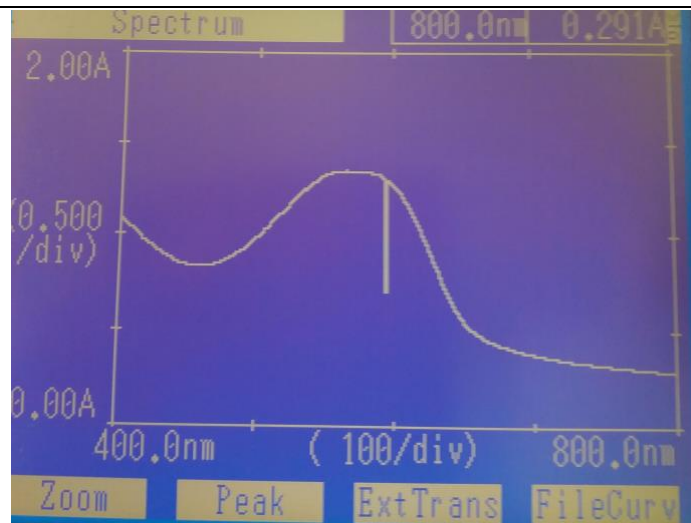
Réalisation d'une solution aqueuse d'anthocyane de chou rouge suivant le protocole suivant :

Vous disposez de 50 g de feuilles de chou rouge.

- Broyer les feuilles dans 100 ml d'eau distillée. Nous vous conseillons de broyer les feuilles pendant au moins 5 minutes.
- Filtrer (bêcher + entonnoir + filtre).
- A partir du filtrat, réaliser un spectre d'absorption avec le spectrophotomètre fourni. Indiquer le maximum d'absorption en nm
- Si l'appareil sature, indiquer l'initiative prise.

Tenir compte du tableau de passage pour le spectrophotomètre.

Appeler l'examineur (-trice) pour montrer le spectre obtenu.



L'extraction des anthocyanes n'a pas posé de problème aux candidats et la réalisation du spectre a été en général réussie, le protocole d'utilisation du spectrophotomètre était fourni.

Maximum d'absorption en nm

A pH neutre, le maximum d'absorption se situe autour de 585 nm.

Réponse la question « initiative à prendre si l'appareil sature »

Si l'appareil sature, il faut réaliser des dilutions. On peut par exemple diluer de moitié la solution.

II.2.b. Influence du pH sur la couleur des anthocyanes du chou rouge

Vous disposez d'une solution de HCl 1 M, de NaOH 1 M, d'eau distillée, de pots de verre, d'un portoir avec des tubes à essais, de deux pipettes de 1 ml (avec propipette) et d'une fiole jaugée de 10 ml et d'un rouleau de papier pH.

Manipulations avec gants et lunette de protection.

Mesurer le pH de votre solution aqueuse d'anthocyanes :

Son pH se situe autour de 6

On souhaite maintenant tester l'effet du pH sur la solution d'anthocyane obtenue.

En utilisant le matériel dont vous disposez, expliquez comment vous pouvez réaliser simplement une gamme de pH allant de 0 à 14 en précisant les volumes des solutions mélangées. Réaliser 9 ou 10 ml de solution de chaque pH.

Principe de réalisation de la gamme de pH :

pH 1 : 10 ml de solution 0,1 M HCl

pH 13 : 10 ml de solution 0,1 M NaOH

pH 2 à 6 : pour un pH N, on prend 1 ml de solution du pH pN-1 et on y ajoute 9 ml d'eau.

pH 8 à 12 : pour un pH N, on prend 1 ml de solution du pH pN+1 et on y ajoute 9 ml d'eau.

Les réponses à cette question ont été en général très mauvaises, certains candidats se contentant de dire « on dilue » sans expliquer le principe de la dilution à faire.

La réalisation pratique de la gamme de pH été également très mal faite, de nombreux candidats ne savent pas faire une dilution au dixième

Tester du pH sur la couleur des anthocyanes : pour cela, ajouter 1 ml de la solution d'anthocyanes préparée à solution préparée ci-dessus et indiquer les couleurs obtenues.



Réponse à organiser de la façon suivante : pH de X à Y : couleur Z.

Rouge pour des pH de 0 à 3,

Violet pour des pH de 4 à 6,

Bleu pour des pH de 7 à 8,

Vert pour des pH de 9 à 11,

Jaune pour des pH de 13 à 14.

Appeler l'examineur (-trice) pour montrer les colorations obtenues et la conformité avec la réponse.

Conclure sur l'effet du pH sur les anthocyanes.

Réponse à la question II.b.2

Les anthocyanes se comportent comme un indicateur coloré ; leur couleur dépendra du pH de la vacuole.

De nombreux candidats ont eu du mal à faire le lien entre la manipulation proposée et la réponse à cette question

II.2.c. Variations de couleurs de la fleur et signal aux pollinisateurs.

Sur cette photographie, on observe une fleur non fécondée et une fleur en cours de fanaison (Photo : J.F. Mauffrey).



Formulez une hypothèse pour expliquer l'origine de la variation de couleur entre les fleurs non fécondées et fanées.
Formuler une hypothèse sur la signification de ce signal.

En lien avec quelle autre attraction pour l'insecte cette variation de couleur pourrait-elle être liée ?

Réponse à la question II.2.c

La variation de couleur peut être liée à la dégradation de la vacuole qui met en contact les pigments vacuolaires avec le cytoplasme et donc entraîne un changement de pH qui modifie la couleur des anthocyanes.

Ceci peut être un signal pour l'insecte indiquant quelles sont les fleurs à visiter.

La disponibilité en nectar sera grande dans la fleur non fécondée et faible dans la fleur fécondée.

La première partie de la question a souvent été mal traitée, le lien entre la couleur, le pH vacuolaire et la sénescence des pétales n'étant pas expliqué. La seconde partie de la question a été en générale mieux traitée.

II.3. L'abeille et ses relations avec les plantes.

II.3.a. Les pièces buccales de l'abeille

Vous disposez d'une abeille : extraire ses pièces buccales et faire un schéma légendé.

Appeler l'examineur (-trice) pour montrer votre présentation et comparer avec le schéma réalisé.

Réponse à la question II.3.a

Les légendes attendues étaient le labium (langue), le palpe labial, la maxille et le palpe maxillaire, la mandibule et le labre

Certains candidats ont réalisé de très belles extractions des pièces buccales de l'abeille. Les schémas montrent là encore des difficultés à observer correctement les structures.

II.3.b. Pattes et transport du pollen.

Extraire une des pattes de la troisième paire et faire un schéma légendé de la patte.

Indiquer quelles sont les adaptations de cette patte à la pollinisation.

Appeler l'examineur (-trice) pour montrer votre présentation et le schéma réalisé

Réponse à la question II.3.b

Le jury attendait que la patte soit dessinée sur ses deux faces.

Les légendes attendues étaient le coxa, le fémur, le tibia, le peigne, la palette, la brosse.

L'adaptation des pattes à la pollinisation se fait par les brosses et le peigne qui permettent la récolte du pollen déposé sur le corps de l'insecte, et par l'encoche qui permet la fabrication de galette de pollen. Et de l'autre côté : la corbeille avec ses longues soies lipophiles

II.3.c Insectes et vision de la fleur.

II.3.c.1. Étude pratique de l'œil de trois hyménoptères.

Mesure des dimensions de l'œil que trois hyménoptères : abeille, guêpe, frelon.

Vous disposez de trois insectes : une abeille, une guêpe et un frelon. Sur chaque insecte, vous mesurez la longueur du segment thoracique, ainsi que le périmètre longitudinal et horizontal en suivant le schéma suivant :

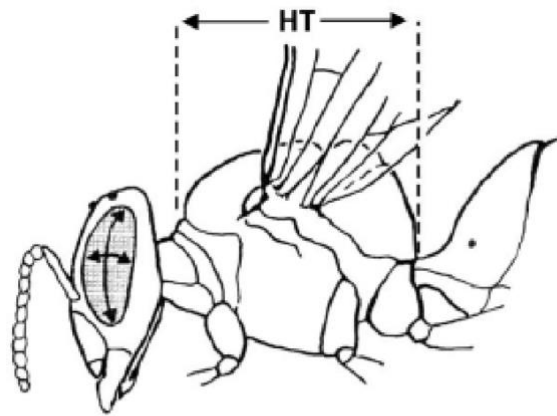


Fig. 1. Sketch of a bee showing how we measured head-thorax length (HT) and the longitudinal perimeter (L) and the horizontal perimeter (S) of the eyes.

Protocole de mesure :

- Mettre l'insecte sur le papier millimétré sous la loupe binoculaire.
- Faire une capture d'image
- Avec Mesurim, rechercher les dimensions demandées.

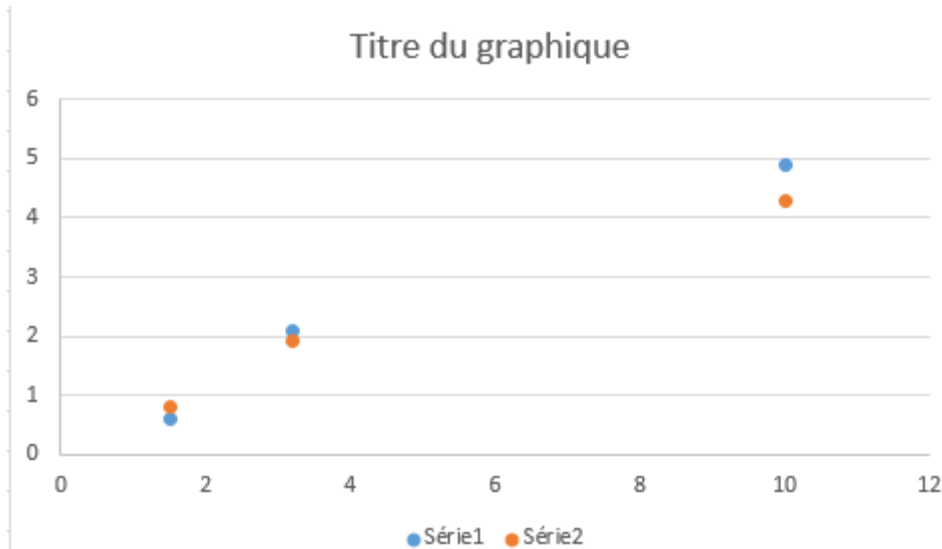
Attention, tenir compte du planning de passage pour la caméra pour la capture d'image et le logiciel Mesurim

Protocole Mesurim :

- Ouvrir l'image
- Menu Image zoom pour régler la taille
- Menu image définir échelle
- Enregistrer l'échelle
- Menu image mesuré
- Tracer la relation périmètre longitudinal (L) en fonction de la taille du thorax (HT) et périmètre horizontal (S) en fonction de HT et faire un bref commentaire sur cette relation.

Réponse à la question II.3.c.1.

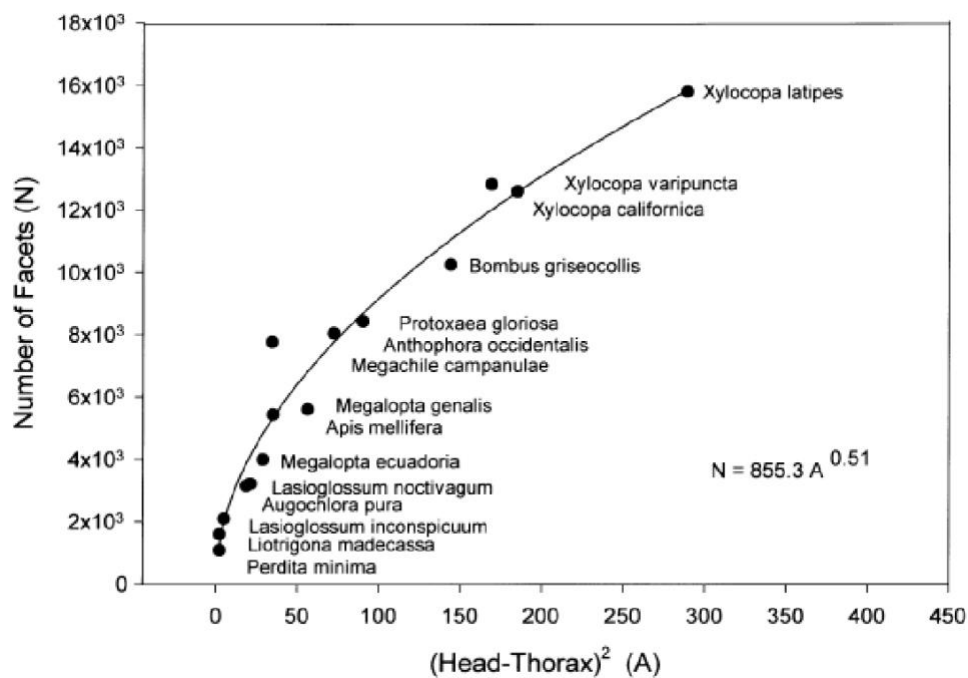
La mesure des dimensions demandées se faisait en prenant une photographie sous une loupe binoculaire. Les protocoles des deux logiciels utilisés étaient fournis et la seule difficulté était le positionnement des insectes sous la loupe binoculaire. Cette partie a en général été bien faite. Voici un exemple des deux courbes que l'on pouvait obtenir :



Bref commentaire

Commentaire : il existe une corrélation entre la taille de l'œil et la taille du thorax.

Il existe une relation entre le nombre d'ommatidies et le carré de la taille HT (en mm²), donnée dans la figure ci-dessous. Estimer le nombre d'ommatidie pour les trois insectes fournis.



Réponse à la question II.3.c.1 suite :

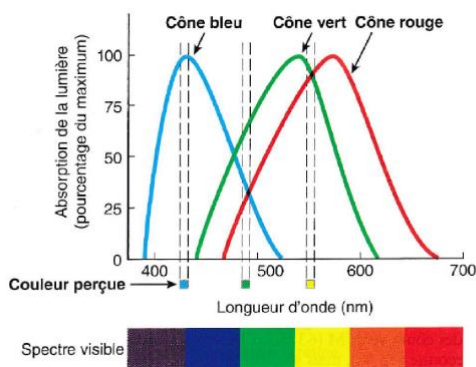
Abeille : autour de $2 \cdot 10^3$; guêpe : autour de $4 \cdot 10^3$ frelon : autour $8 \text{ à } 10 \cdot 10^3$.

Le jury a accepté toute réponse cohérente.

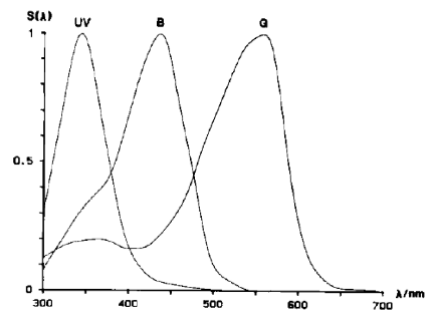
D'après Jander and Jander.

II.3.c.2. Vision des abeilles et couleurs des fleurs.

Différentes études ont permis de déterminer que les photorécepteurs dans l'œil humain et dans l'œil d'abeille sont différents.



Sensibilités des photorécepteurs des humains.
Source : Sherwood et al à gauche, Backhaus à droite



Sensibilité des photorécepteurs des insectes

Comparer brièvement les deux spectres.

Réponse à la question II.3.c.2.

Les pigments photorécepteurs ont une sensibilité différente pour l'œil humain et l'œil d'abeille, décalé vers le rouge pour les humains et vers les ultraviolets pour les abeilles : la perception des couleurs sera différente. Le rouge sera une couleur attractive pour les humains mais pas pour les abeilles, une fleur blanche pour les humains pourra être perçue différemment par les abeilles si cette fleur émet de l'ultra-violet.

Application à la pollinisation d'une Fabacées, le pois *Hardenbergia violacea*.

L'image c (à gauche) correspond à une transcription en noir et blanc pour la vision humaine alors que l'image d (à droite) correspond à une transcription en noir et blanc pour la vision incluant les ultra-violets de l'insecte.



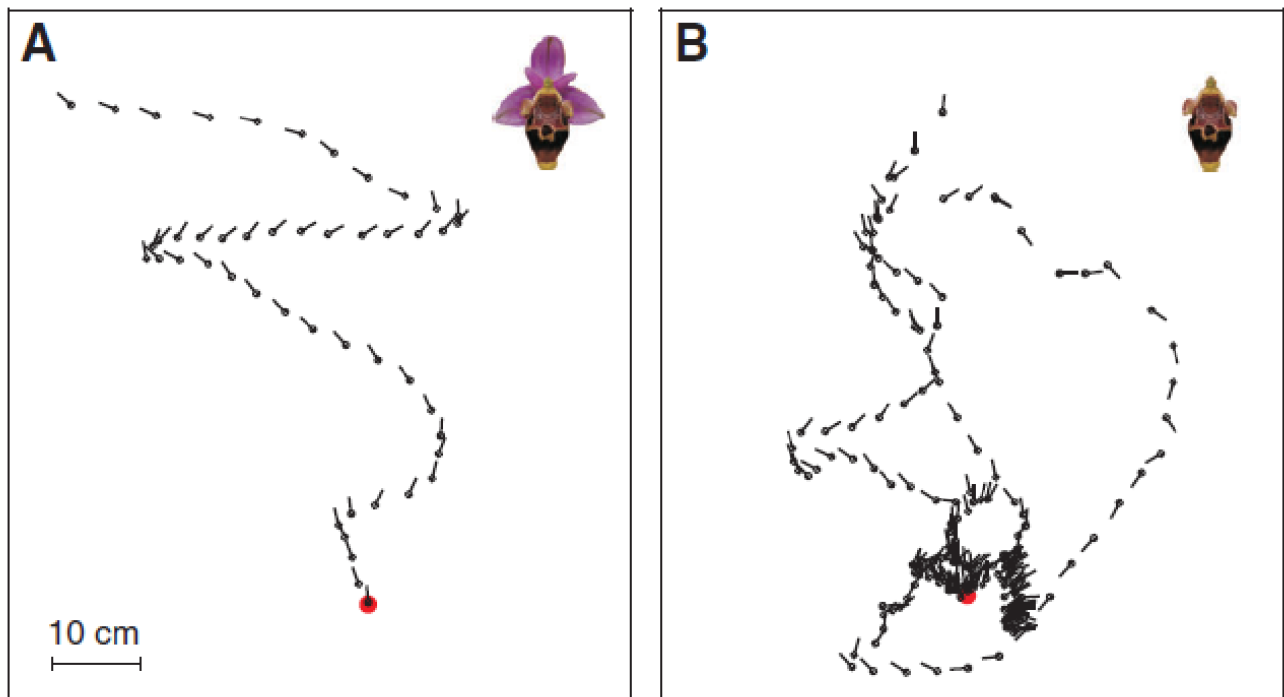
D'après J.O. Indosto et al.

Quel peut être la fonction des deux taches sombres visibles en UV pour l'insecte ?

Réponse à la question II.3.c.2 suite :

Cela peut servir de guide vers les nectaires producteurs de nectar.

On étudie maintenant la pollinisation d'une plante de la famille des Orchidées, *Ophrys heldreichii*. Les *Ophrys* ne produisent pas de nectar mais produisent des phéromones sexuelles proches de celles produites par des insectes femelles et sont pollinisées par des insectes mâles solitaires de l'espèce *Tetralonia berlandi* (Hyménoptères). Une caméra permet de filmer l'approche des insectes à proximité d'une fleur unique. Dans l'expérience A, la fleur est la fleur non modifiée. Dans l'expérience B, on utilise strictement la même fleur (qui produira les mêmes phéromones) mais dont on a enlevé une partie du périanthe (voir image). Dans cette expérience, la fleur est symbolisée par le rond rouge.



D'après M. Streinzer et al.

Tracer un demi-cercle de rayon environ trente centimètre de rayon et analyser la trajectoire d'approche à plus de trente centimètres et à moins de trente centimètres. Quelles peuvent être les conclusions ?

Réponse à la question II.3.c.2 suite :

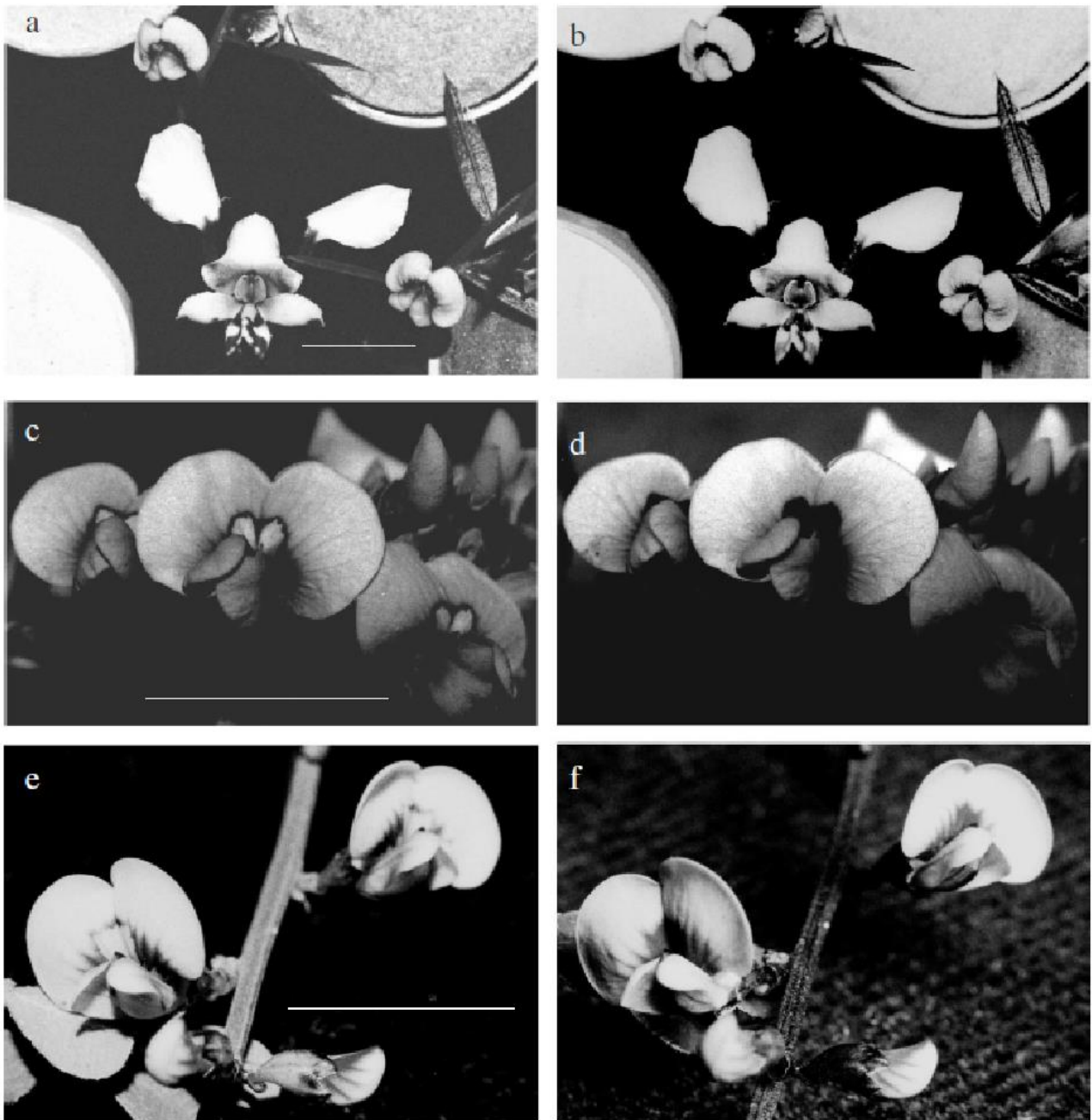
Il ne semble pas y avoir de différence d'approche pour des distances > 30 cm avec ou sans périanthe. En dessous de 30 cm, l'approche est beaucoup plus efficace dans le cas d'une fleur avec périanthe que dans le cas d'une fleur sans périanthe : la vision semble intervenir dans l'approche « finale » de la fleur à moins de 30 cm.

II.4 La pollinisation de *Diuris maculata* (Orchidaceae).

L'orchidée *Diuris maculata* est pollinisée par des insectes mâles de l'espèce *Trichocolletes venustus*. Ces insectes pollinisent également deux Fabacées, *Hardenbergia violacea* and *Daviesia ulicifolia*. Ces deux fabacées produisent du nectar mais l'orchidée *Diuris maculata* n'en produit pas.

On peut analyser l'image en noir et blanc avec une vision humaine (images de gauche) et avec une vision d'insectes (images de droite).

De haut en bas : a et b : *Diuris maculata* en bas de l'image et *Daviesia ulicifolia* en haut; c et d : *Hardenbergia violacea* ; e et f : *Daviesia ulicifolia*



D'après J.O. Indosto et al.

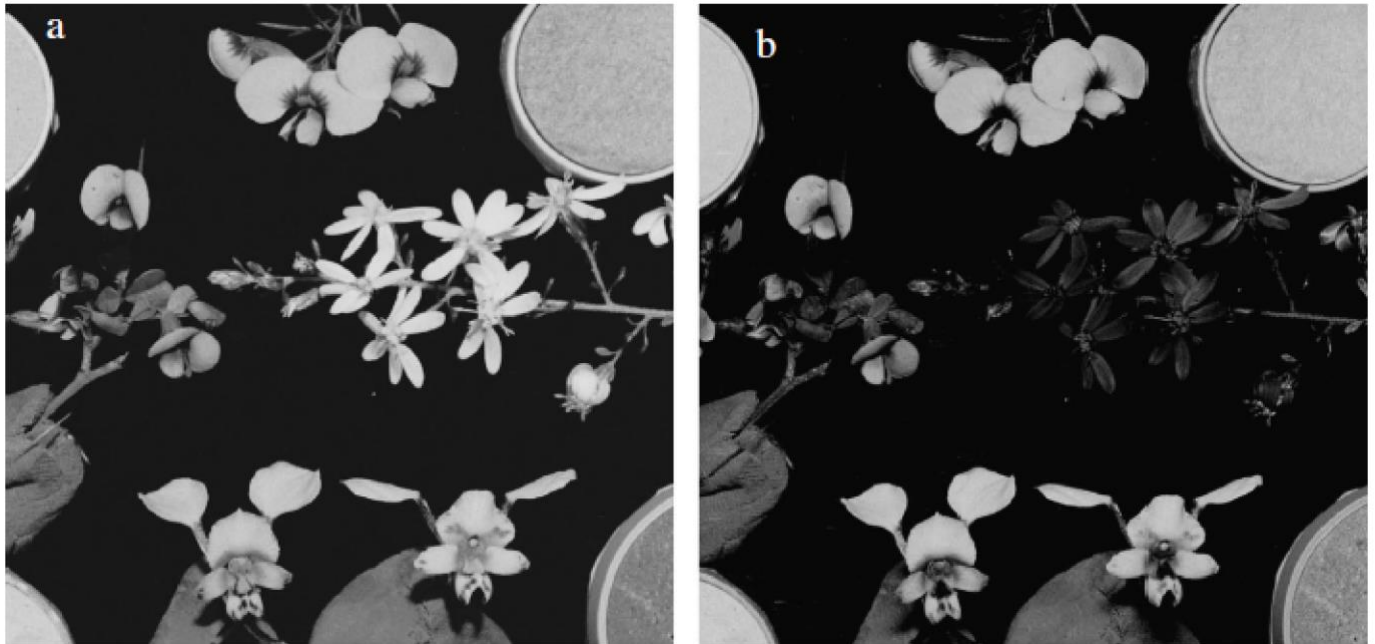
Les insectes *Trichocolletes venustus* pollinisent ces trois fleurs. L'orchidée *Diuris maculata* ne produisant pas de nectar à la différence des deux Fabacées, comment peut s'expliquer la pollinisation de cette orchidée par ces insectes ?

Réponse à la question II.4 :

Le nectar est attractif pour les insectes pollinisateurs, et les fleurs de *Diuris maculata* ressemblent aux fleurs des deux fabacées, elles ont le même signal attracteur, symbolisant les nectaires. Il s'agit donc d'un cas de « tromperie » des fleurs par les insectes.

Plusieurs autres Fabacées sont également pollinisées ces mêmes insectes, à la différence d'Astéracées.

Les mêmes photos (vision humaine à gauche, insecte à droite) sont prises pour différentes plantes : en haut au sommet, *Dillwynia retorta* (Fabacées), sur la gauche *Bossiaea obcordata* (Fabacées), en bas *Diuris maculata* (Orchidacées), à droite *Olearia sp.* (Astéracées).



D'après J.O. Indosto et al.

Quelle précision peut-on apporter à la réponse précédente ?

Fin de la réponse à la question II.4 :

Si pour l'œil humain ces fleurs présentent des ressemblances, les Astéracées apparaîtront très différentes des Fabacées et de l'orchidée, ce qui explique leur non pollinisation.

Le signal visuel est donc un signal important dans l'attractivité de la fleur.

II.5. Schéma bilan.

Faire un schéma bilan synthétique pour l'ensemble des informations de la partie II.

Réponse à la question II.5

Différents pigments dont les anthocyanes



Signal visuel d'attraction des fleurs



Vision par les insectes différents des humains

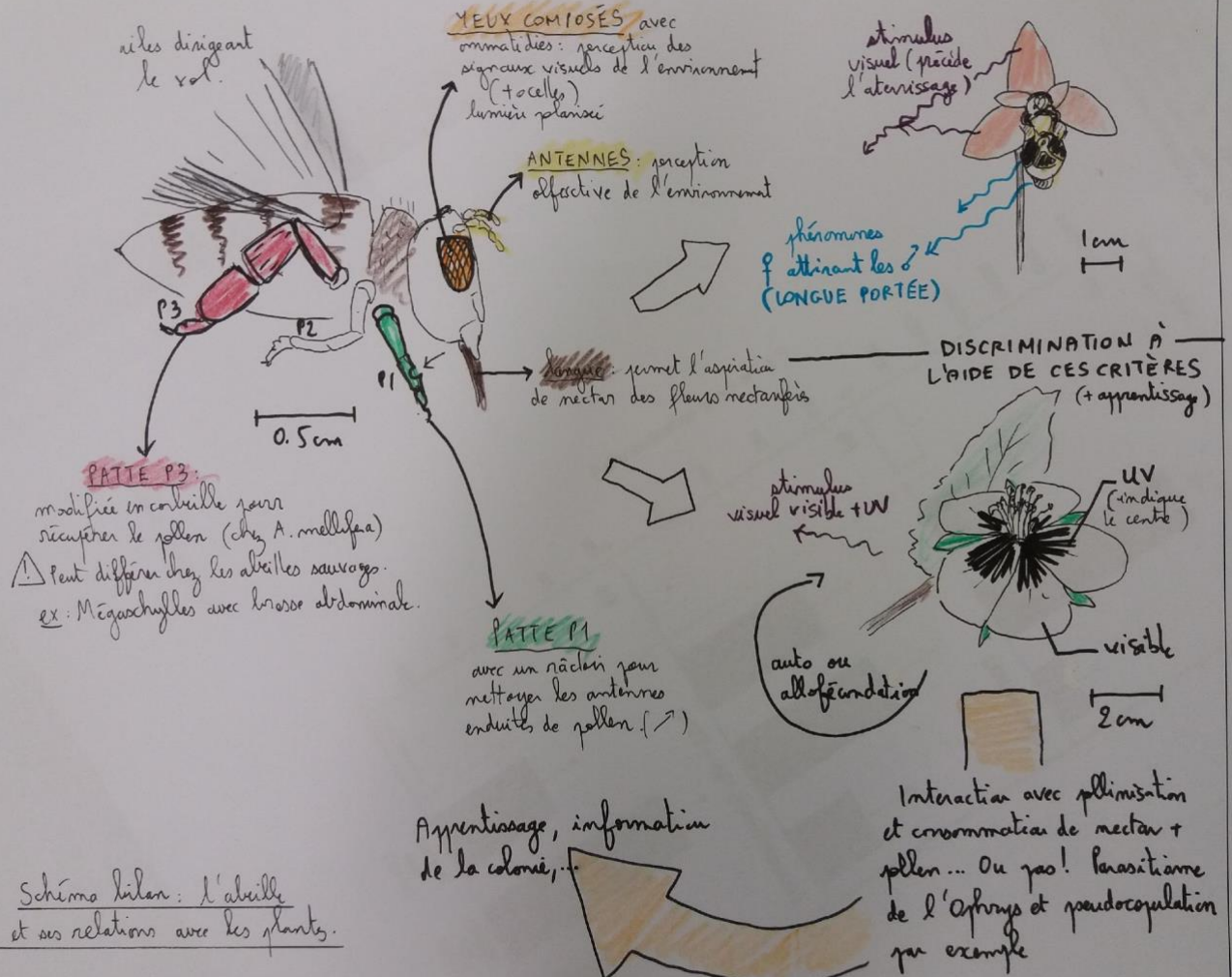


Attraction

Voici un exemple de schéma bilan réalisé par un candidat, de tels schémas sont valorisés par le jury :

Faire un schéma bilan synthétique pour l'ensemble des informations de la partie II.

Réponse à la question II.5



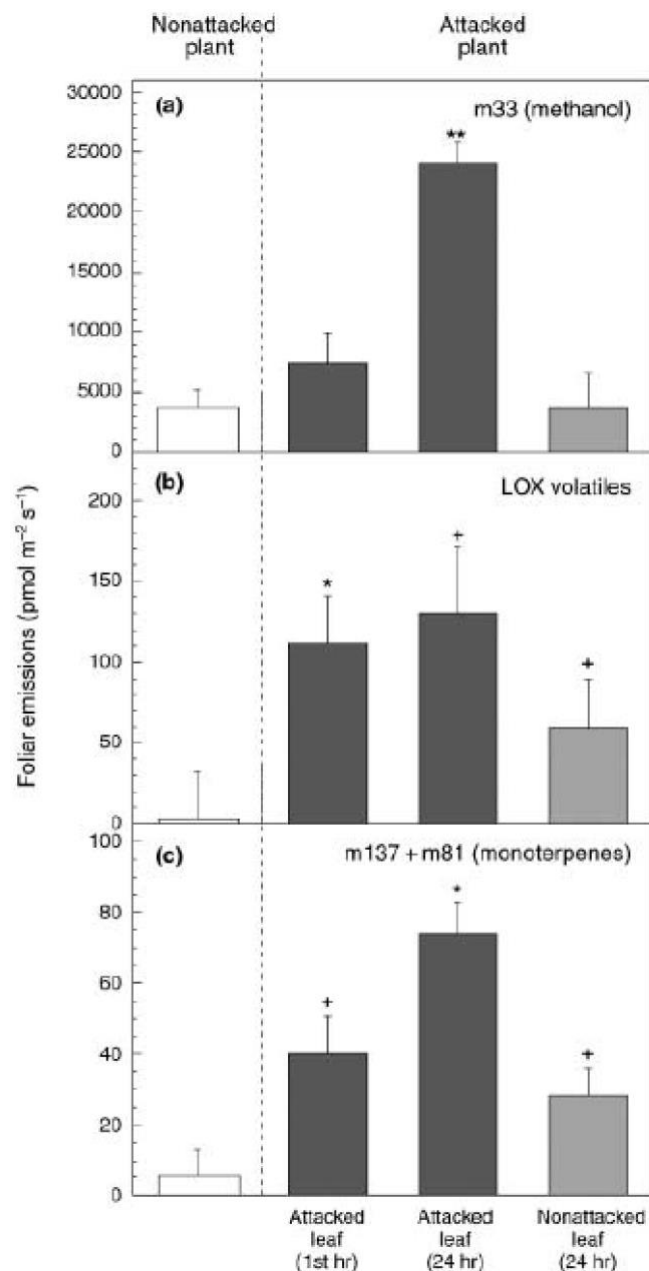
Bilan : la partie II a été plus mal abordée que la partie I, notamment la gamme de pH et son effet sur la couleur des anthocyanes. Pour les documents, les candidats décrivent trop sans conclure et sans faire de lien entre les documents.

Partie III : interactions chimiques plantes / insectes (durée conseillée : 0h30, 10 / 120)

3.1. Les émissions de composés volatils (VOC) par les plantes.

Les VOC désignent des composés chimiques volatils produits par différentes plantes.

On analyse par spectrométrie de masse (PTR-MS) les composés volatils émis par les feuilles d'une angiosperme (*Succisa pratensis*, une plante de la famille des Dispacacées), saines ou attaquées par une chenille du papillon *Euphydryas aurinia*, pour une plante saine (Non attacked plant), ou une plante attaquée par la chenille de ce papillon (Attacked plant), 1 heure après l'attaque, 24 heures après l'attaque, et par les feuilles non attaquées par la chenille de la même plante.



D'après J. Penuelas.

Les composés volatils analysés sont (a) méthanol, (b) hexenols, hexenals et hexenyl acétates, et (c) monoterpènes.
Test de student : + : $P < 0,10$; * : $P < 0,05$; ** : $P < 0,01$.

Analyser ce document. Comment qualifier cette production de composés volatils ?

Réponse à la question III.1

Il y a une émission de méthanol par les feuilles attaquées au bout de 24h significativement différente de la plante non attaquée, environ 5 fois plus grande. L'émission par les feuilles non attaquées de méthanol n'est pas significativement différentes des plantes témoins.

Pour les LOX volatiles, la feuille attaquée de cette plante a une émission significativement différente de la plante dès la première heure, environ 100 fois plus importante. Au bout de 24h, la feuille attaquée produit encore plus de LOX, mais les feuilles non attaquées de la même plante ont également une émission.

De même, les monoterpènes sont produits par la feuille attaquée mais aussi par les feuilles non attaquées. La feuille attaquée en produit deux fois plus.

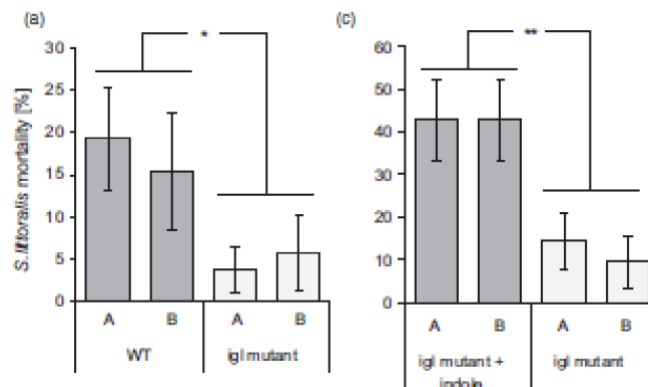
La production de composés volatils se faisant suite à une attaque, ceci est une réponse induite chez le végétal.

III.2 Effet direct des composés volatils.

Parmi les composés volatils émis, certains sont des molécules d'indoles. Ces molécules sont notamment émises suite à une attaque de chenille. L'étude présentée ici est réalisée chez le maïs (*Zea mays*). Il existe deux mutants différents qui ne produisent pas d'indole suite à une attaque de chenilles qui sont nommés ici igl mutant A et B. Le maïs sauvage WT (A ou B) produit normalement des molécules d'indole suite à une attaque de chenilles. Les plantes A et B, sauvages ou mutantes sont génétiquement différentes. On suit ici l'effet d'une attaque par la chenille de l'espèce *Spodoptera littoralis*. On compare la réaction des plantes sauvages WT aux mutants ne produisant pas d'indole.

III.2.a. Effet sur la mortalité des chenilles.

La mortalité des chenilles est mesurée 7 jours après le début de l'attaque (a) et en (c) ; on rajoute de l'indole aux mutants.



Les étoiles indiquent des différences statistiquement significatives.

Analyser et interpréter les documents a et c.

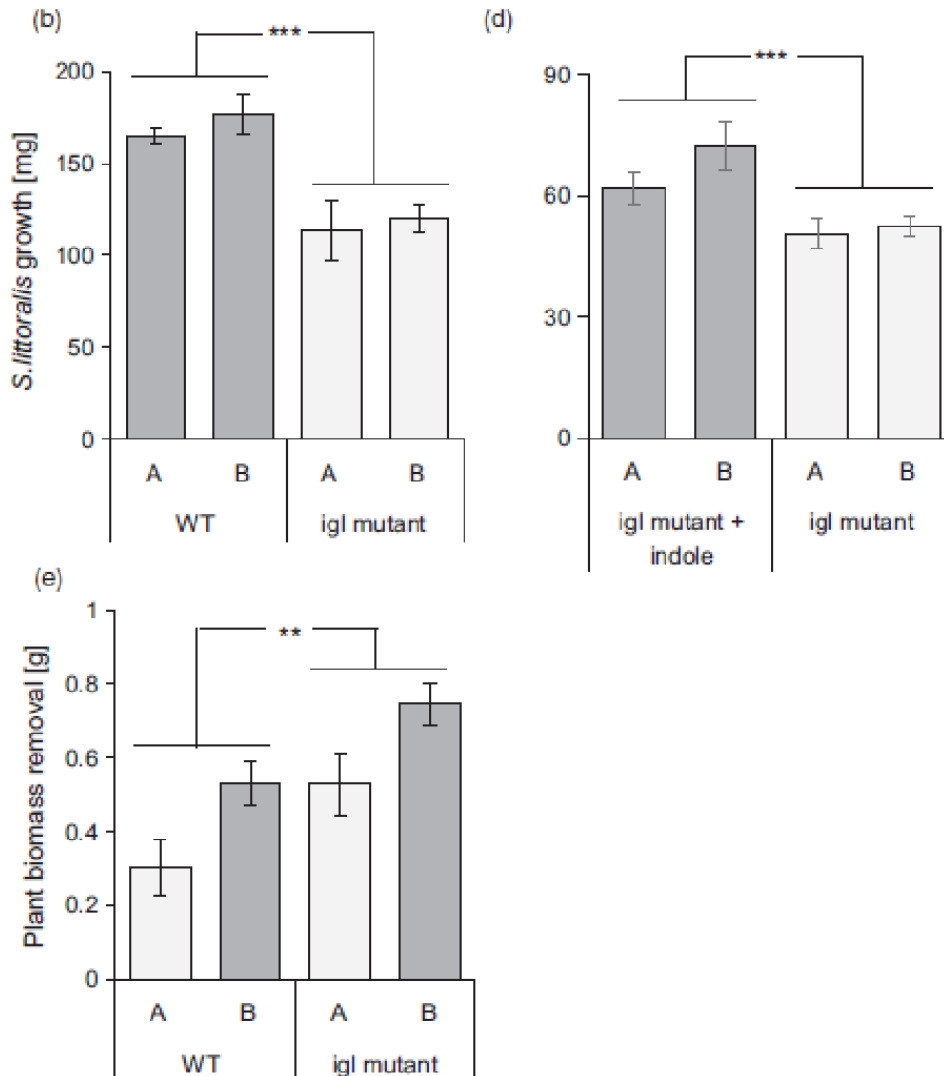
Réponse à la question III.2.a.

La mortalité des chenilles est 3 à 5 fois plus faible pour les plantes ne produisant pas d'indole (graphe a) et si on rajoute de l'indole aux mutants n'en produisant pas, la mortalité est multipliée par quatre. L'indole confère donc une protection de la plante en entraînant une mortalité accrue des chenilles.

L'indole a donc un effet bénéfique direct pour la plante, il participe à la défense des plantes.

III.2.b. Effet sur la croissance des chenilles et des plantes.

La croissance des chenilles (b et d), et la consommation des plantes par les chenilles (e) sont analysées.



D'après N. Veyrat et al.

Les étoiles indiquent des différences statistiquement significatives.

Analyser et interpréter ce document. Formuler une ou des hypothèses explicatives.

Réponse à la question III.2.b

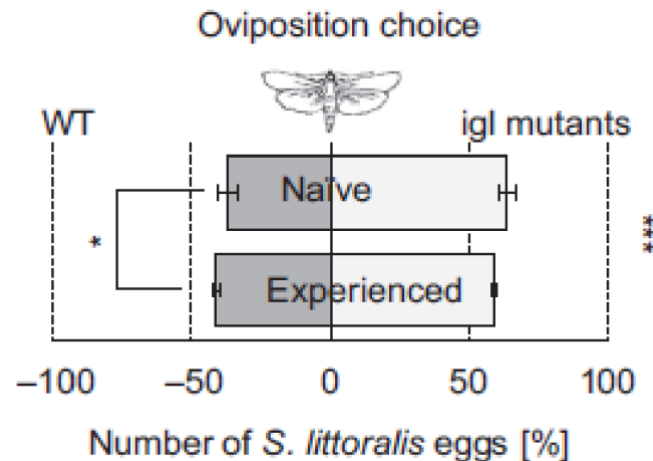
De façon surprenante, les chenilles survivantes sur des feuilles produisant de l'indole ont une masse plus importante que les chenilles se développant sur des feuilles sans indole (graphe b). De même, l'ajout d'indole aux mutants n'en produisant pas confirme la stimulation de la croissance des chenilles (graphe d).

Pourtant, les chenilles consomment moins les plantes produisant de l'indole que les plantes sans indole (graphe e).

Une hypothèse explicative pour expliquer la meilleure croissance des chenilles sur les plantes avec indole serait une meilleure digestion des insectes survivants, par modification de leur microbiote intestinal.

III.2.c. Effet sur le choix du dépôt de l'œuf par les femelles (oviposition).

Un test d'oviposition est réalisé en comptant le % d'œufs déposés par des femelles en cage sur des plantes sauvages (WT) ou mutantes.



D'après N. Veyrat et al.

Deux expériences sont faites séparément, la première avec des femelles issues de chenilles s'étant nourri sur les feuilles (Naïve) et la seconde sur des feuilles additionnées d'indole (Experienced). Analyser et interpréter ce document.

Réponse à la question III.2.c.

L'oviposition est plus forte sur les plantes ne produisant pas d'indole, ce qui confirme le rôle protecteur pour la plante.

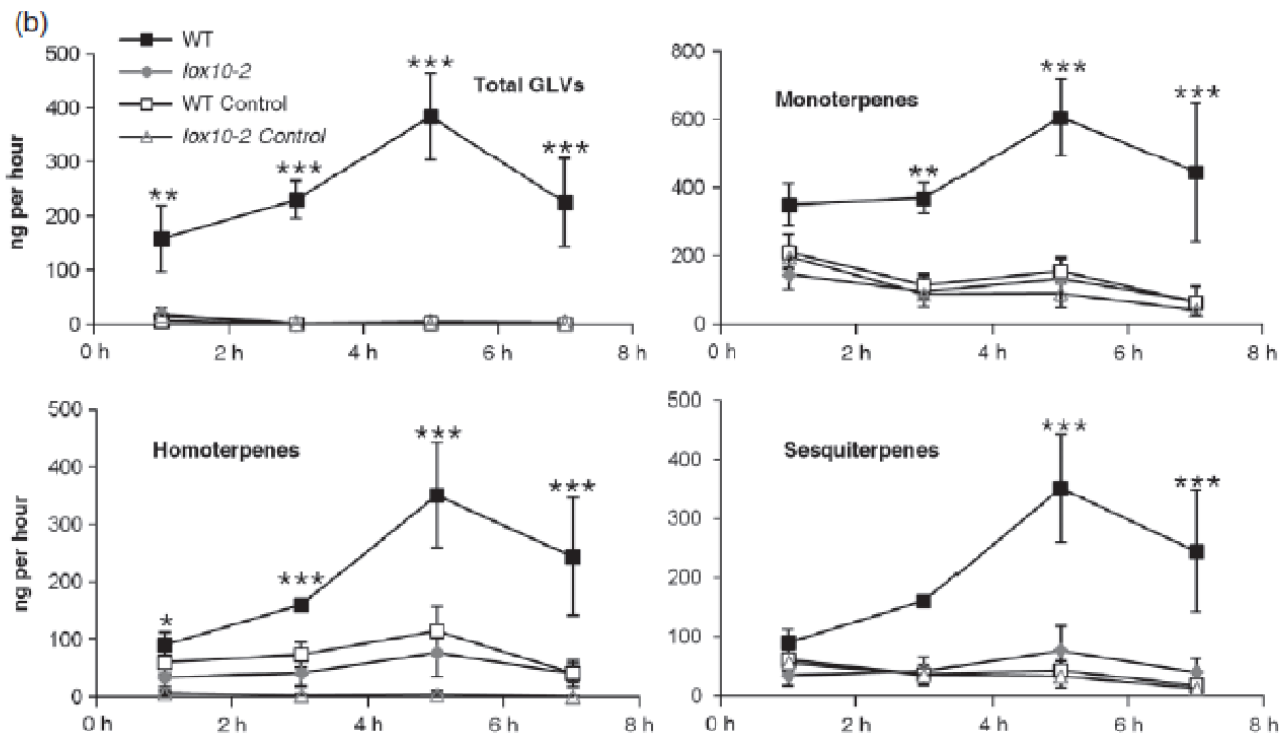
Si la femelle est issue d'une chenille nourrie avec des feuilles additionnées d'indole, les femelles choisissent un peu plus les plantes produisant de l'indole.

L'indole faisant partie des composés volatils, on peut penser qu'il agit comme signal répulsif pour la femelle.

III.3. Rôle de la lipoxygénase dans la production de certains VOc.

Il existe des mutants chez le maïs (*Zea mays*) qui ne produisent pas l'enzyme lipoxygénase ; un de ces mutants est le mutant *lox 10-2* chez qui cette enzyme est totalement absente.

On analyse ici l'émission de certains VOc, chez le maïs suite à une attaque de la chenille l'espèce *Spodoptera lexis* pour des maïs sauvages (WT) ou des mutants contaminés par ces chenilles ou non contaminés (« Control »).



Réponse à la question III.3

Il n'y a pas d'émission de VOC en l'absence d'attaque par les chenilles quel que soit la plante. Il y a émission de VOC pour la plante sauvage en cas d'attaque mais il n'en a pas chez le mutant *lox 10-2*. La production de VOC est donc dépendante de cette enzyme, qui est activée ou induite lors de l'attaque par un herbivore. Le maximum de la réponse se fait environ 5h après l'infestation.

III.4 Conclusion.

Faire une conclusion synthétique en quelques lignes, en remplaçant les composés volatils dans contexte évolutif.

Réponse à la question III.4

Suite à une attaque d'herbivore, certaines enzymes dont la lipogénase sont activées ou induites et la plante produit des composés volatils qui la protègent et qui entraînent un mauvais développement des herbivores.

Les plantes produisant des composés volatils présentent donc un avantage sélectif. C'est une adaptation des plantes vis-à-vis des herbivores.

La partie III a souvent été mal traitée par manque de temps

Partie IV : reconnaissance raisonnée de quelques espèces (durée conseillé : 0h30, 10 / 120)
--

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

Pour chaque insecte numéroté de 1 à 5, vous procéderez à l'identification de l'ordre, vous indiquerez un nom français et le type de relation entre l'insecte et la plante.

Pour les plantes numérotées de 6 à 10, vous indiquerez sans justification la famille, le genre et l'espèce, ainsi qu'une relation possible avec un insecte (question spécifique à chaque exemple).

Tableau pour les insectes :

Echantillon n°	Ordre	Nom commun	Relation possible plante / insecte
<i>Exemple</i>	<i>Orthoptères</i>	<i>Criquet commun</i>	<i>Phytophages, mangeur d'herbes (Poacées)</i>
1	Coléoptères	Larve de Hanneton	Mangeur de racine
2	Coléoptères	Scolyte + bois mangé	xylophage
3	Lépidoptères	Moro-sphinx adulte	Prélèvement de nectar
4	Diptères	Adulte + larve mouche mineuse	Adulte : liquide, Larve : parenchyme végétal
5	Hyménoptères	Fourmis sur nectaire extra floral	Sécrétion plante

Tableau pour les plantes :

Echantillon n°	Famille	Genre espèce	Relation possible avec un insecte : répondre à la question posée pour chaque exemple.
Exemple	Orchidacées	<i>Orchis mascula</i>	Ordre d'insecte pouvant polliniser cette plante : Hyménoptères.
6	Fagacées	<i>Quercus robur</i> (<i>Quercus pedunculata</i>)	Donner un exemple d'ordre d'insecte pouvant provoquer une galle : diptères
7	Brassicacées	<i>Sisymbrium irio</i>	Donner un exemple d'insecte pouvant attaquer cette plante (nom commun) : Piéride
8	Solanacées	<i>Solanum tuberosum</i>	Donner un exemple de ravageur : Doryphore
9	Poacées	<i>Triticum aestivum</i>	Donner un exemple d'insecte attaquant ses fruits : Charençon
10	Scrofulariacées ou Plantaginacées	<i>Linaria cymbalaria</i>	Donner les principaux ordres d'insectes pollinisateurs Hyménoptères, lépidoptères, diptères

Cette partie a été assez discriminante, certains candidats faisant preuve de très bonnes qualités naturalistes.

Beaucoup de candidats ont mal lu le libellé des colonnes et les exemples proposés sous les intitulés. Ils se sont ainsi bornés à citer une relation interspécifique décontextualisée qui n'était pas l'objet de l'exercice.

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

5.3.1 Présentation de l'épreuve

Le TP d'option C avait pour thème la géologie du Bassin parisien et de sa bordure vosgienne. L'épreuve était constituée de 3 parties indépendantes, dont les barèmes étaient indiqués (respectivement 5, 9 et 6 points), ce qui devait permettre aux candidats de proportionner leur investissement durant les six heures d'épreuve.

La première partie amenait les candidats à réaliser une coupe géologique à l'échelle de la couverture et du socle du Bassin parisien, puis une analyse structurale et géomorphologique et demandait l'analyse de cartes géophysiques (anomalies magnétiques et gravimétriques) centrées sur le Bassin parisien.

La deuxième partie, la plus longue, envisageait l'étude du Bassin parisien sous différentes approches (reconstitution d'environnements de dépôts et de paléoclimats, géochimie isotopique, pétrographie sédimentaire et géologie appliquée). Deux activités pratiques étaient intégrées : une analyse de lame mince d'une roche sédimentaire (grès à ciment carbonaté correspondant à un dépôt molassique miocène) et un dosage calcimétrique (utilisation du calcimètre de Bernard, le protocole était fourni).

La troisième partie, consacrée à l'étude des Vosges centrales et méridionales, permettait aux candidats de montrer leurs compétences en pétrologie métamorphique, en géologie structurale et en minéralogie.

Cette épreuve n'a pas pour seul objectif un contrôle des connaissances des candidats en Sciences de la Terre, elle permet également d'évaluer leur capacité d'analyse et de raisonnement scientifique. En effet, certains candidats font uniquement appel à leurs connaissances et négligent les documents fournis. Le jury rappelle que tous les documents proposés dans le sujet apportent des informations utiles et nécessaires à la résolution des questions. Les agrégatifs doivent être capables d'extraire les informations d'une carte géologique, d'une carte paléogéographique, d'une photographie d'affleurement. Le jury en a tenu compte dans sa notation.

Le jury est conscient de la longueur du sujet, et la réussite de cette épreuve nécessitait une efficacité certaine et une bonne gestion du temps (il a été surprenant de constater un excès de temps accordé par exemple à la seule réalisation de la coupe générale du Bassin parisien, alors que cet exercice ne constituait qu'un élément de la première partie, notée sur 5 points). Le jury encourage donc les candidats à bien répartir leur investissement en fonction des indications de barème fournies.

Quelques commentaires sur les exercices

Première partie :

Contexte structural, géomorphologique et géophysique du Bassin parisien

Si la géométrie de la couverture mésozoïque du Bassin parisien a été dans la grande majorité bien dessinée à partir des éléments fournis et des connaissances, la perception du socle (intrusion granitique, terrains cambro-dévonien, bassins carbonifère-permiens) et est mal connue et l'impact des failles a été peu pris en compte. La partie géomorphologie a fait apparaître un manque de connaissance et de vocabulaire lié au sujet pour la plupart des candidats. Les aspects géophysiques ont été abordés par la moitié des candidats. Si l'anomalie de Bouguer est généralement connue, le lien entre « anomalie négative et défaut de masse » est rarement justifié. Le traitement et les interprétations des anomalies magnétiques en milieu continental (issues ici de relevés aéromagnétiques) sont souvent confondues avec les données en milieu océanique (certains cherchant une symétrie des anomalies magnétiques). La confrontation des données gravimétriques et magnétiques n'a jamais été réussie.

Deuxième partie :

La couverture sédimentaire du Bassin parisien : paléoenvironnement, paléoclimats et ressources

NOM :

Prénom :

Salle :

L'interprétation des données paléoenvironnementales à partir des photos montre un manque de recul sur les données de terrain et l'emploi systématique à des notions trop théorisées (ex : notion abordées de cycles transgressifs/régressifs sur un affleurement qui matérialisait simplement des surfaces érosives ou des arrêts de sédimentation). La partie paléoclimat a été dans l'ensemble bien réalisée. En revanche l'étude pétrographique de la lame mince et des données pétrographiques pour les interprétations diagénétiques mettent en lumière des connaissances très limitées dans le domaine. La notion de modèle diagénétique semble inconnue. L'expérience au calcimètre de Bernard, pour la plupart réussie, a toutefois mis en évidence pour un certain nombre de candidat un manque de recul sur l'objectif globale de la manipulation et le suivi strict du protocole sans recherche de raisonnement en amont. Les connaissances en géothermie sont très variables mais l'intégration des documents a été dans l'ensemble peu prise en compte et mal synthétisée.

Troisième partie :

Etude structurale et pétrologique d'une bordure du Bassin parisien : les Vosges centrales et méridionales

Elle a été abordée par environ la moitié des candidats et les a visiblement déconcertés. Le report cartographique des foliations métamorphiques et leur interprétation semblent méconnus d'une majorité des candidats. La reconnaissance et l'interprétation d'une fabrique c-s sont rarement réussies et corrélées aux données cartographiques. L'exercice de minéralogie n'a été réussi que par deux candidats. Le principe de calcul d'une formule structurale semble inconnu de la majorité.

NOM :

Prénom :

Salle :

5.3.2 Sujet commenté

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2021

TRAVAUX PRATIQUES DE SPÉCIALITÉ DU SECTEUR C

Durée totale : 6 heures

Le Bassin parisien et sa bordure vosgienne

Les différentes parties sont indépendantes. Certaines nécessitent des manipulations, organisez-vous en conséquence.

Partie I : Contexte structural, géomorphologique et géophysique du Bassin parisien

page 2

Durée conseillée : 1h30 – barème : 5 points

Partie II : La couverture sédimentaire du Bassin parisien : paléoenvironnement, paléoclimats et ressources

(Prévoir 10 mn d'observations en salle et 10 mn d'expérience hors salle)

page 16

Durée conseillée : 2h45 – barème : 9 points

Partie III : Etude structurale et pétrologique d'une bordure du Bassin parisien : les Vosges centrales et méridionales

page 45

Durée conseillée : 1h45 – barème : 6 points

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

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

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

Vous devez rendre la totalité des feuilles du dossier

NOM :

Prénom :

Salle :

Partie I : Contexte structural, géomorphologique et géophysique du Bassin parisien

Le Bassin parisien est un bassin sédimentaire français en continuité avec le domaine anglais (bassin anglo-parisien) au NW via la Manche, bordé par des massifs cristallins et sédimentaires paléozoïques. La succession sédimentaire du Trias au Cénozoïque, qui forme le cœur du bassin, repose sur ces terrains paléozoïques. La carte de France au 1/1 000 000^{ème} permet d'avoir une vision d'ensemble de la géométrie et de la structure du bassin.

I-A La coupe géologique du Bassin parisien

Nous proposons ici de documenter le Bassin parisien à travers une coupe géologique Ouest-Est. Document à disposition : carte géologique de la France au 1/1 000 000^{ème} (partie nord) et sa légende. Le trait de coupe nécessaire à la réalisation de la question I-A-1 ainsi que les données relatives au tableau I-A-1 sont reportés sur le **document I-A-1**.

Question I-A-1 En vous appuyant sur les données de la carte géologique de la France au 1/1 000 000^{ème} et des données fournies (**Tab. I-A-1, document I-A-1**), proposez une coupe géologique Ouest-Est du Bassin parisien depuis la Normandie jusqu'à la plaine d'Alsace. Vous utiliserez le profil topographique fourni et le support A3 (**réponse I-A-1**) pour construire cette coupe (les traits verticaux et obliques correspondent à des failles supposées ou cartographiées).

	épaisseur min (m)**	épaisseur max (m)	AF1 : Pays d'Auge	LT : Yvelines	CB : Brie	S1 : Champagne	E1 : Plateau Lorrain	AF2 : Vosges	B1 : Plaine d'Alsace
Plio- Quaternaire	0	168	0	0	0	0	0	0	84
Oligocène – (Miocène)	0	1084	0	47	19	0	0	0	916
Paléocène- Eocène	0	187	0	75	150	0	0	0	56
Crétacé sup.	262 (0 m fossé Rhénan)	673	93	355	561	393	0	0	0
Crétacé inf.	0	430	9	140	318	243	0	0	0
Jurassique sup.	56	729	75	579	617	654	0	0	0
Jurassique moy.	131	393	168	243	252	355	0	0	224
Jurassique inf.	0	542	19	131	206	542	0	0	93
Trias sup.	0	393	0	0	206	467	65	0	93
Trias moy.	0	299	0	0	0	224	243	0	206
Trias inf.	0	336	0	0	0	0	336	168	224*
Permien	0	897	0	0	112	0	916*	299	0
Stéphanien	0	1495	0	0	0	0	131*	0	0
Namurien- Westphalien	0	542	0	0	0	0	0	0	0
Dévonien	0	>2000	0	0	0	785*	523*	2280*	0
Cambrien- Silurien	0	>1700	692*	0	766*				0
Précambrien	0	>2000	>1271*	>2112*	>411*				>150*

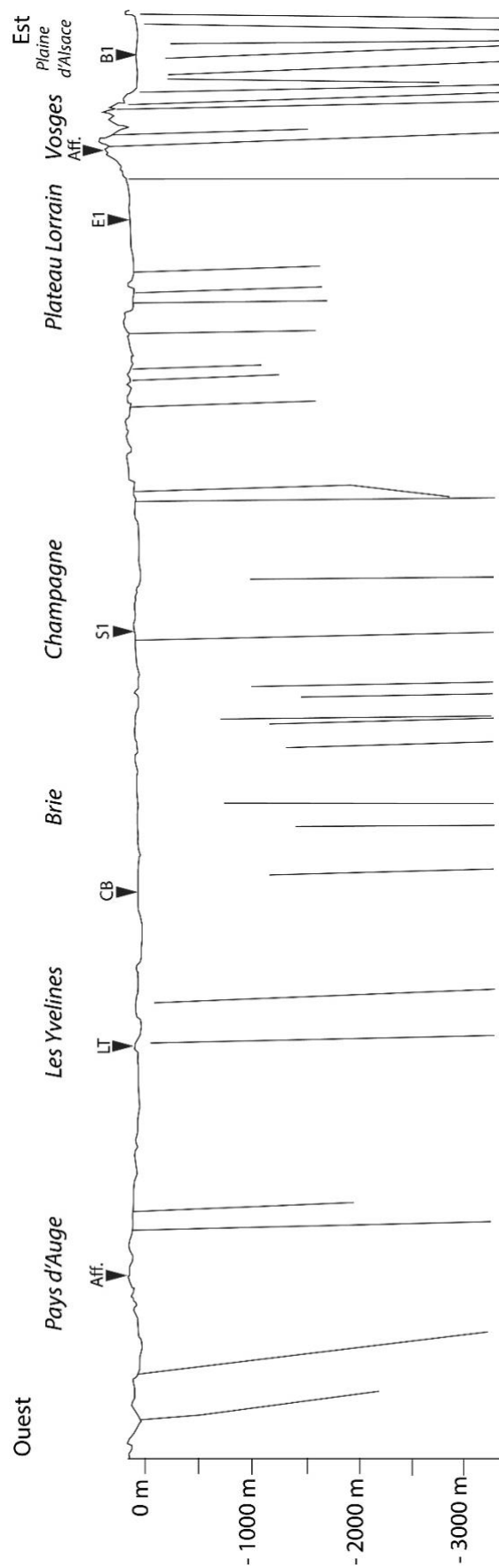
Tab. I-A-1 : Epaisseurs minimales et maximales en mètres des différentes unités stratigraphiques reconnues dans le Bassin parisien et épaisseurs traversées pour les différentes zones géographiques (pointées sur le **document I-A-1**). Ces données sont issues d'affleurements ou de sondages. AF1 : affleurement du Pays d'Auge, Normandie; LT : sondage La Troche, Yvelines ; CB : sondage de Croissy-Beaubourg, Brie ; S1 : sondage de Sommesous1 Champagne; E1 : sondage d'Embermenil1, Lorraine; AF2 : affleurement des Vosges ; B1 : sondage de Binnenweg1, plaine d'Alsace. *épaisseurs supposées ; **l'érosion actuelle du bassin n'est pas prise en compte.

NOM :

Prénom :

Salle :

Réponse I-A-1 (Utilisez le document au format A3)

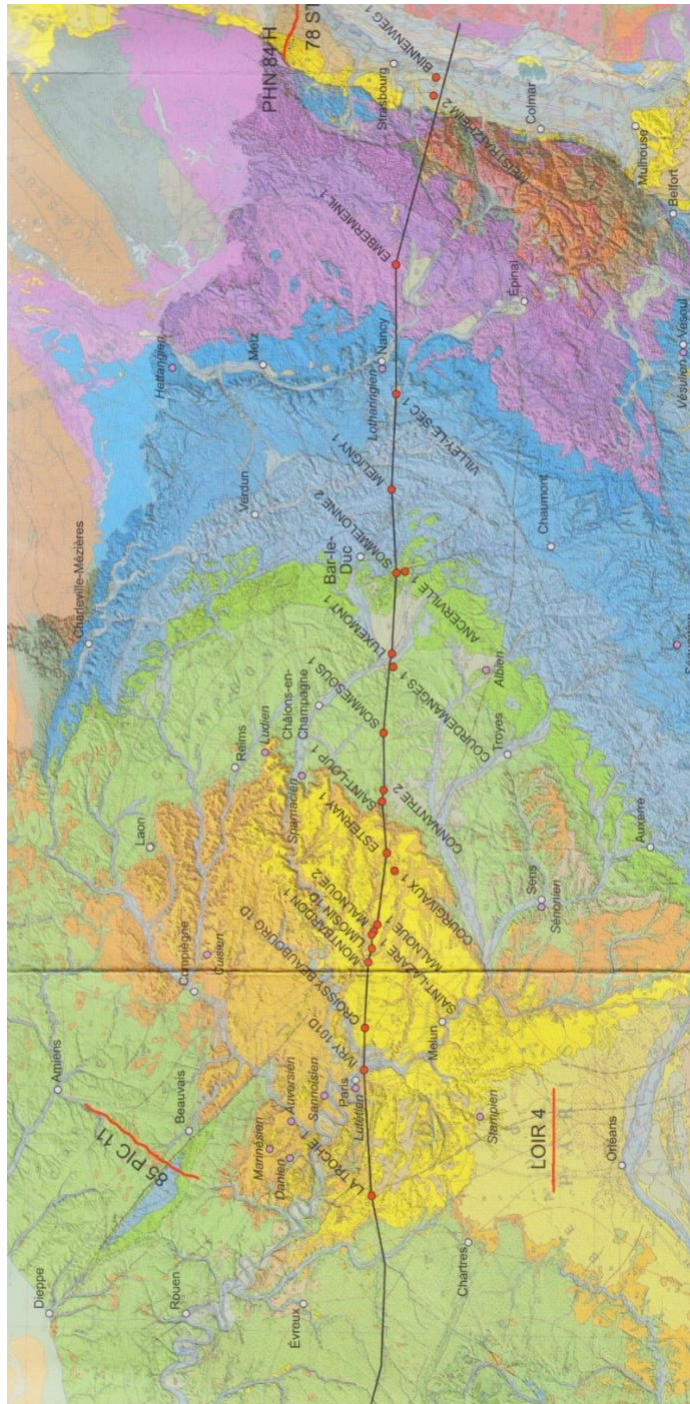


NOM :

Prénom :

Salle :

Document I-A-1 Tracé de la coupe et pointé des affleurements et sondages utilisés du **tableau I-A-1**. Ce document est à la même échelle que le profil (format A4) de la page 3.



Correction de la coupe Ouest-Est du Bassin parisien – Vosges

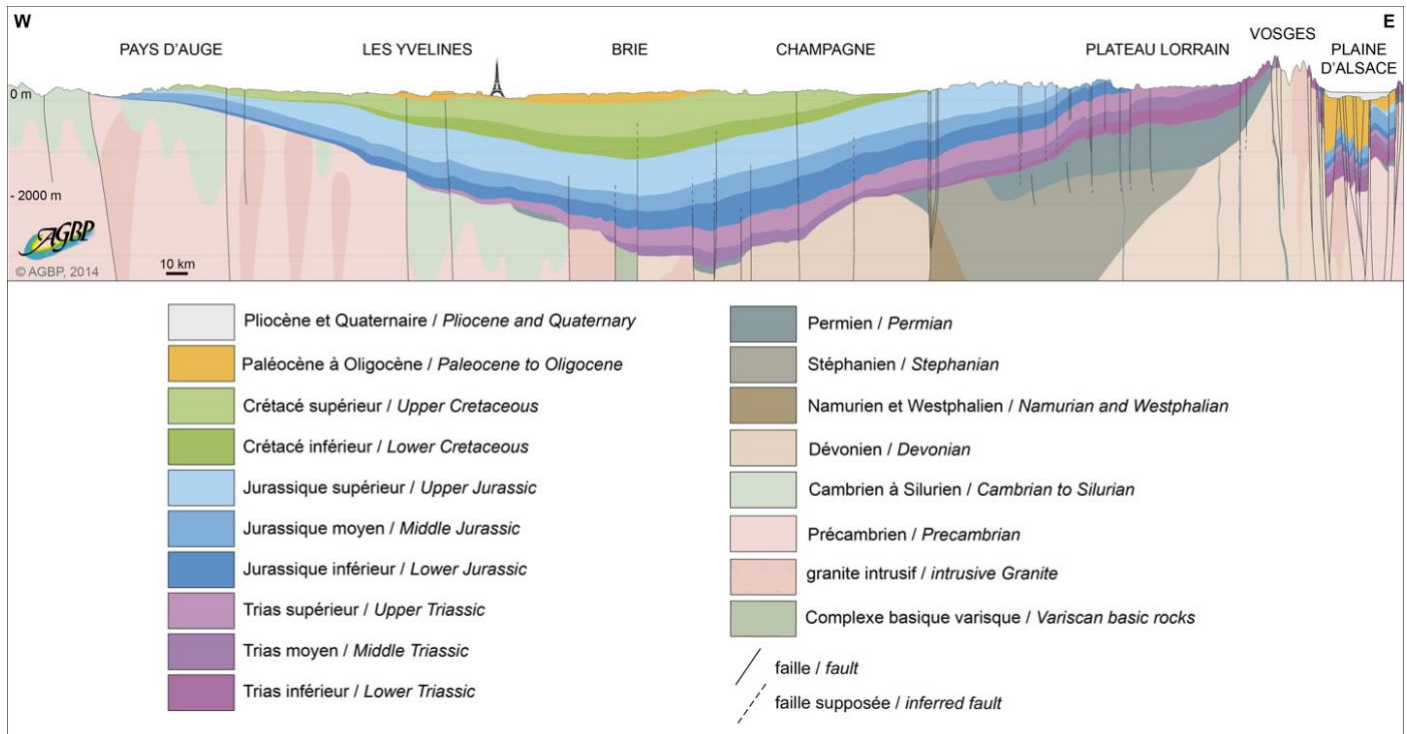


Fig.1

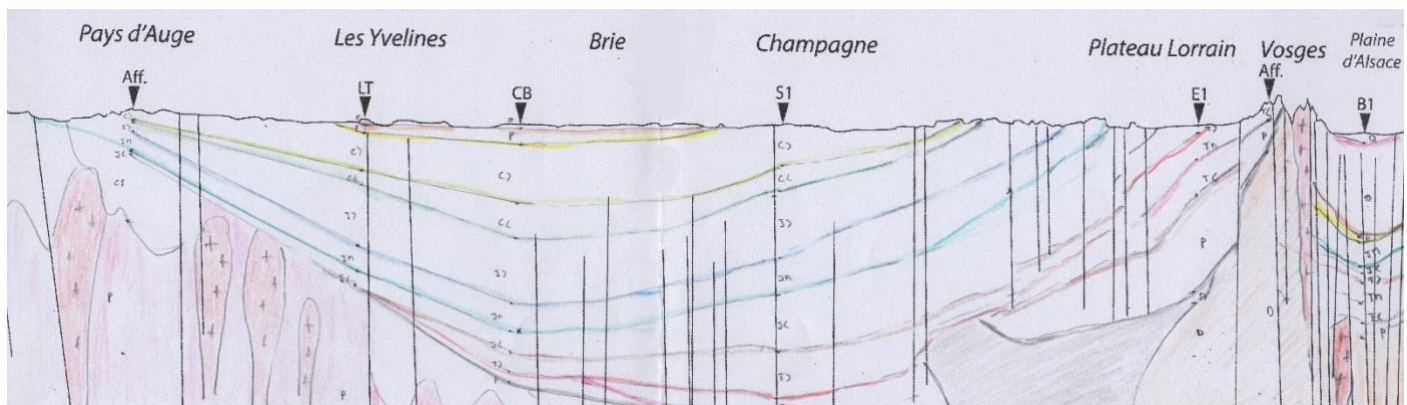


Fig.2

La coupe attendue est celle qu'il est possible de retrouver dans l'ouvrage « Le Bassin parisien un nouveau regard sur la géologie ». Bull. Inf. Géol. Bass. Paris. Mémoire hors-série n°9 (Fig.1). Néanmoins les informations fournies et le temps disponible ne permettaient pas d'aller dans le détail. La coupe simplifiée schématisée Fig.2 pourra servir d'exemple de correction. La construction de la coupe se base sur les épaisseurs du tableau, et les différents documents disponibles pour utiliser les bonnes échelles et replacer les limites cartographiques.

Afin d'obtenir l'intégralité des points liés à la question, devait être respecté à minima:

- la structure d'ensemble réaliste du Bassin parisien et des Vosges ;
 - la prise en compte des épaisseurs fournies et les points d'intersection des différentes unités cartographiques avec la surface avec l'aide de la carte géologique au 1/1000000 de la France et le document I-A-1 à l'échelle, qui positionnait les forages retenus listés sur le tableau I-A-1;
 - la prise en compte des failles dans l'ajustement du dessin;
 - les discordances angulaires de la couverture sur les terrains anté-triasiques. La géométrie des terrains anté-triasiques n'est en revanche pas considérée étant donné le manque d'information pour réaliser la construction ;
 - les intrusions granitiques bien que leurs géométries ne puissent être précisément dessinées,
- Le soin et la qualité du dessin sont également pris en compte dans la notation de l'exercice

NOM :

Prénom :

Salle :

Question I-A-2 Calculez une valeur approximative de pendage pour les parties ouest et est du bassin en expliquant vos calculs.

Réponse question I-A-2

Deux valeurs de pendages sont demandées, l'une représentative de l'Est du bassin et l'autre de l'Ouest, permettant de montrer que les pendages sont légèrement plus forts à l'Est.

En prenant par exemple la base du Jurassique moyen des forages LT et CB pour l'Ouest du bassin, il est possible de calculer :

$\tan^{-1} (224/65000) = 0,20^\circ$ (0,35%) avec 224 m la différence entre la base du Jm entre les 2 forages et 65 km la distance entre les 2 forages (cette distance peut être appréciée à partir de la carte géologique au 1/1000000^{ème})

En prenant par exemple la base du Jurassique moyen du forage S1 et la zone d'affleurement de la base du Jurassique moyen (vers Nancy) il est possible de la même façon de calculer :

$\tan^{-1} (580/148000) = 0,23^\circ$ (0,40%)

On voit donc que les pentes sont très faibles (nécessité de convertir les distances à partir de la carte au 1/1000000^{ème} la coupe présentant une forte exagération des hauteurs pour les besoins du dessin). La différence de pente et donc l'asymétrie du bassin est modérée et dépend de l'endroit où est faite la mesure ; par ailleurs les failles viennent modifier localement l'appréciation des pentes.

Question I-A-3 Vous proposerez ensuite, en vous appuyant sur la coupe géologique obtenue, la carte au 1/1 000 000^{ème} et sa légende, ainsi que votre réponse à la question I-A-2, un commentaire général sur la structure du Bassin parisien et les variations dans la géométrie de ses unités stratigraphiques.

Réponse question I-A-3

L'interprétation de la carte et de la coupe permet de dire que le Bassin parisien est un bassin intracratonique montrant une couverture sédimentaire mésozoïque et cénozoïque, en discordance sur les terrains antétriasiques qui forment le substrat. Cette couverture est plissée et faillée donnant à grande échelle la géométrie d'un synclinal légèrement dissymétrique. Des affleurements de granite à l'est du bassin (bordure vosgienne) ou au sud (Morvan) permettent de comprendre que le substrat sédimentaire et métamorphique paléozoïque est également impacté par des intrusions granitiques d'âge varisque.

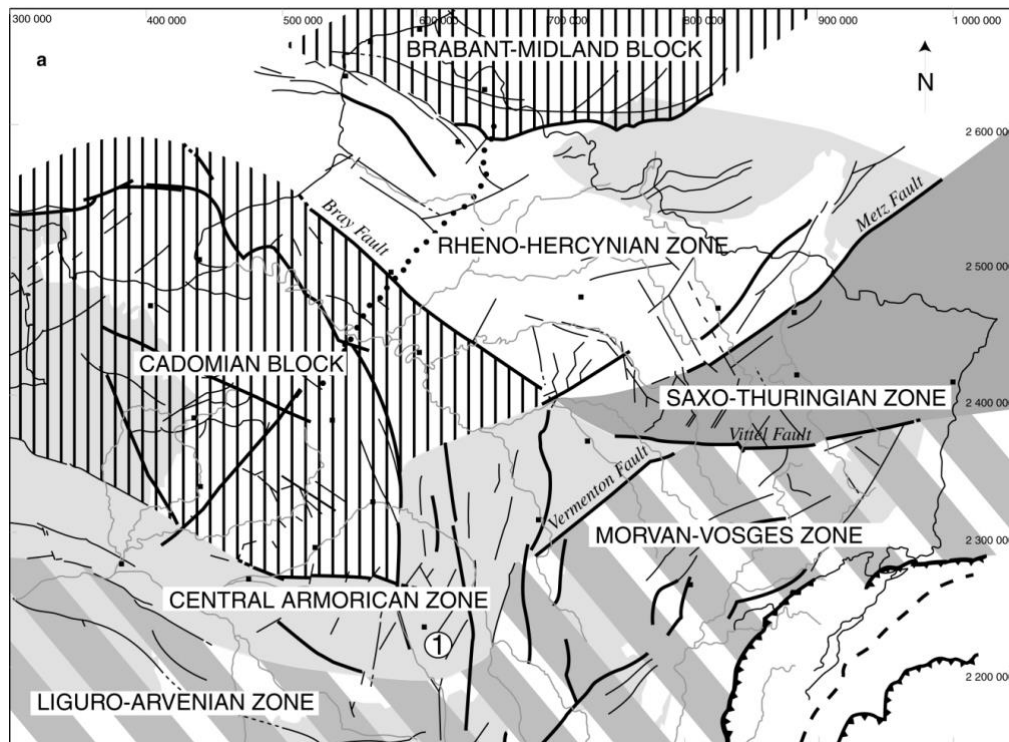
Le bassin est bordé par 4 massifs cadomiens et varisques : le massif armoricain à l'ouest, le massif Central à l'ouest, les Vosges à l'est et les Ardennes au Nord. Il est également bordé au SW par le seuil du Poitou et au SE par le seuil bourguignon.

Topographiquement l'Est du bassin est marqué par un système de cuestas lié à l'érosion et au réseau hydrographique laissant affleurer les contacts entre les limites du Mésozoïque (Trias, Jurassique, Crétacé). Cette exhumation des terrains à l'est du bassin est liée aux déformations crétacé et tertiaire. Cela contraste avec les surface planes du centre qui mettent à l'affleurement les dépôts du Cénozoïque et l'ouest qui permet de visualiser notamment la discordance des dépôts du Crétacé supérieur sur le Jurassique ou sur le socle du Massif Armoricain.

Les déformations observées du Méso-cénozoïque (plis et grands systèmes de failles), résultent de la combinaison de la subsidence thermique à long terme qui fait suite au rifting des bassins permo-triasiques sous-jacents et de phases tectoniques liés aux événements géodynamiques plus lointains comme l'ouverture atlantique, l'extension téthysienne ou la convergence Afrique-Eurasie qui remobilisent d'anciens accidents et déformations antérieures.

Quelques plis majeurs anticlinaux peuvent être observés et associés à des accidents majeurs comme l'anticlinal du Bray ou du Boulonnais-Artois.

Les grands systèmes de failles s'appuient sur des accidents majeurs varisques ou plus anciens : ex faille de l'Artois en lien avec la faille du midi qui sépare le bloc Brabançon de la zone Rhéno-hercynienne, faille du Bray qui sépare le bloc cadomien de la zone Rhéno-hercynienne, faille de Metz qui sépare la zone saxo-thuringienne de la zone Rhéno-hercynienne, faille de Vittel qui sépare la zone morvano-vosgienne et la zone saxo-thuringienne, conformément au schéma ci-dessous (Guillocheau et al 2020) qui reprend pro parte les données du cycle varisque disponible sur la carte 1/1000000^{ème}. 4 grandes directions de failles peuvent être observées : NO-SE : (f. Bray), N-S (f. Sennely, f. Loire), NE-SO (f. Luxembourg, f. Metz), E-O (f. Vittel).



Les déformations de la couverture post-paléozoïque sont donc largement héritées de la structuration du socle et s'appuient sur une structure complexe des bassins permo-triassiques (ex bassins sarro-lorrains) dont la géométrie est liée à une mise en place en système extensif syn à post-orogénique varisque. La coupe permet de comprendre que toutes les failles ne sont pas visibles en surface et souvent interprétées à partir des données de la sismique et des forages.

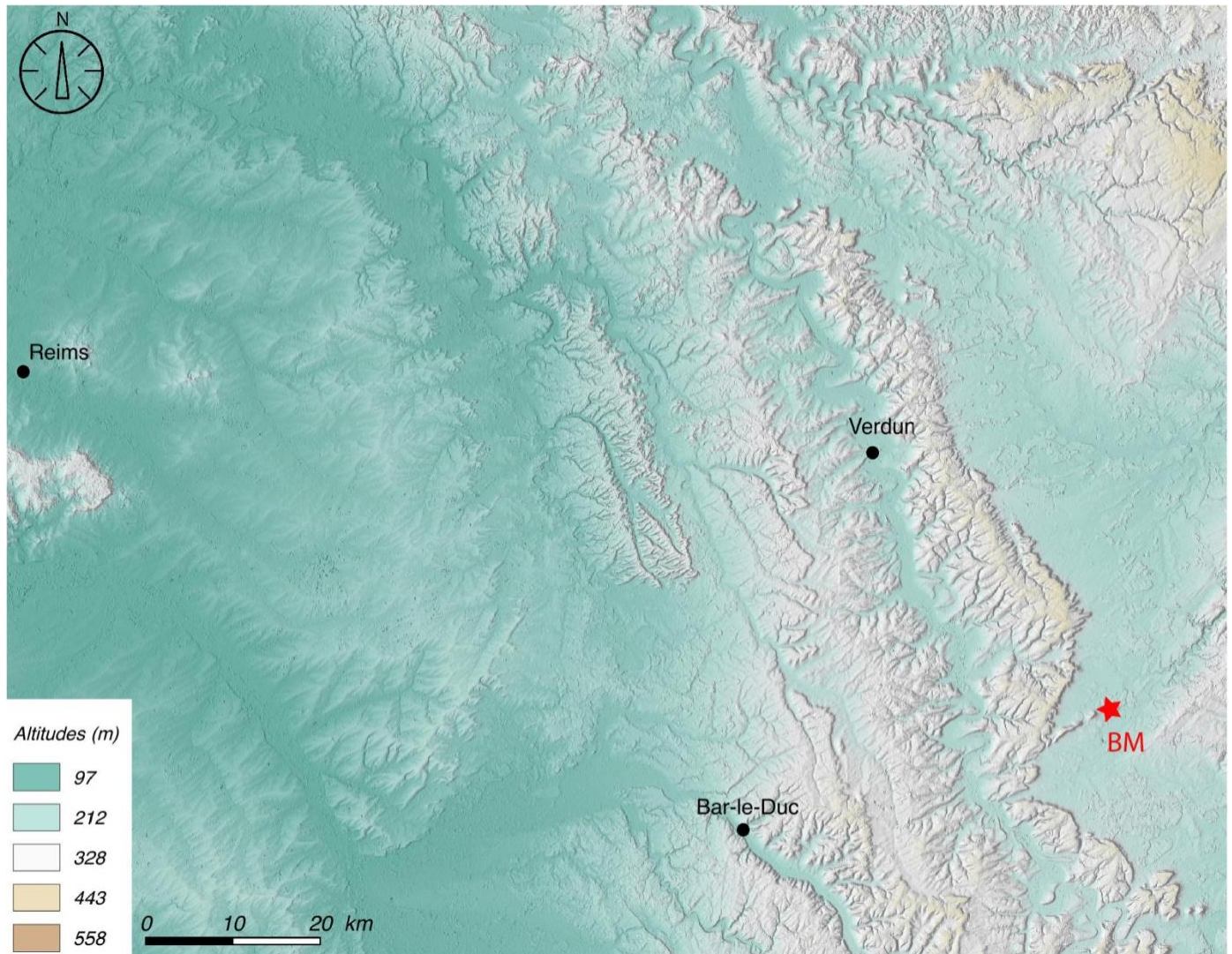
Les variations des géométries des unités géologiques du BP résultent donc des variations des zones de dépôt centre du bassin, de l'activité tectonique et de la paléogéographie pour les époques successives. Des discordances majeures sont également observées (limite Jurassique/Crétacé, Crétacé inférieur absent à l'ouest de la carte, fin Crétacé/Paléocène...) en lien avec les différentes phases tectoniques et contextes paléogéographiques.

NOM :

Prénom :

Salle :

I-B Géomorphologie de l'est du Bassin parisien



Document I-B-1 Carte MNT (modèle numérique de terrain) d'ombrage et d'altitude pour l'Est du Bassin parisien. (BM : localisation de prise de vue du document I-B-2).



Document I-B-2 Photographie prise en Meuse depuis le point BM vers le nord-ouest (document I-B-1).

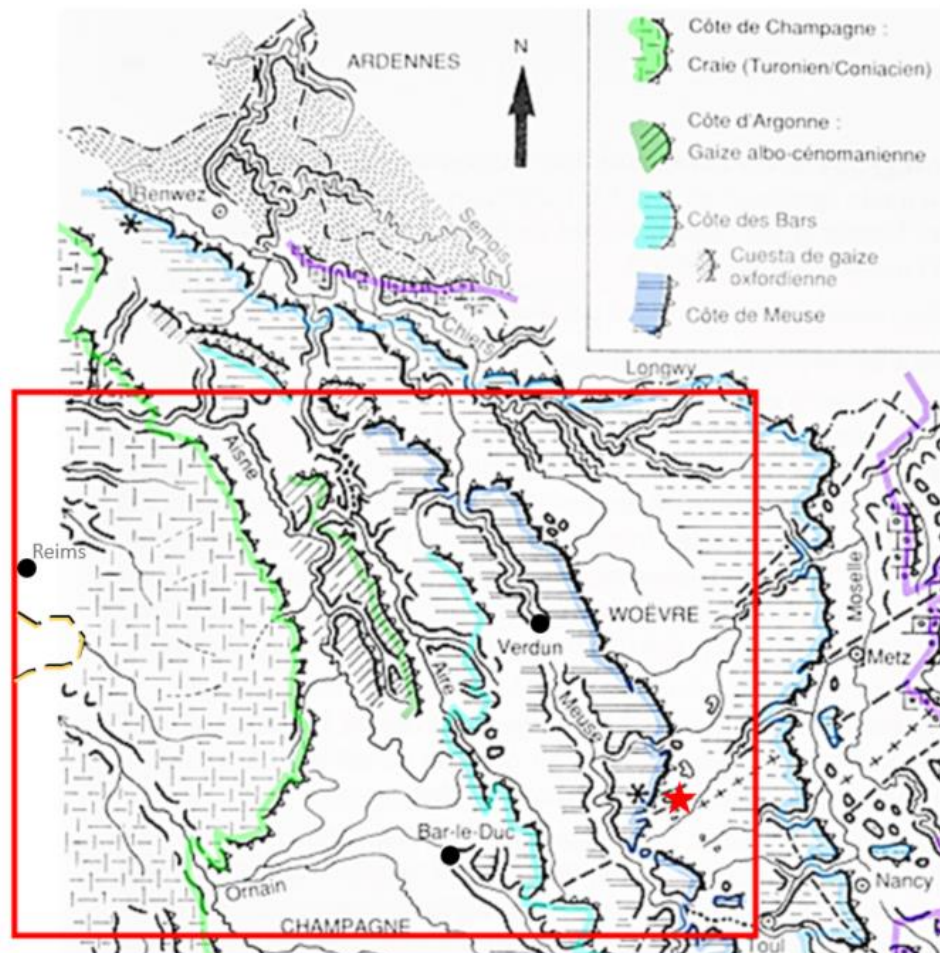
NOM :

Prénom :

Salle :

Question I-B-1 Réalisez à partir d'un calque (à coller dans l'encart ci-dessous) un schéma montrant les différentes structures morphologiques et hydrographiques dans l'Est du Bassin parisien à partir du MNT du **document I-B-1**. Ce schéma sera légendé et intégrera les données géologiques de la carte au 1/1 000 000^{ème}.

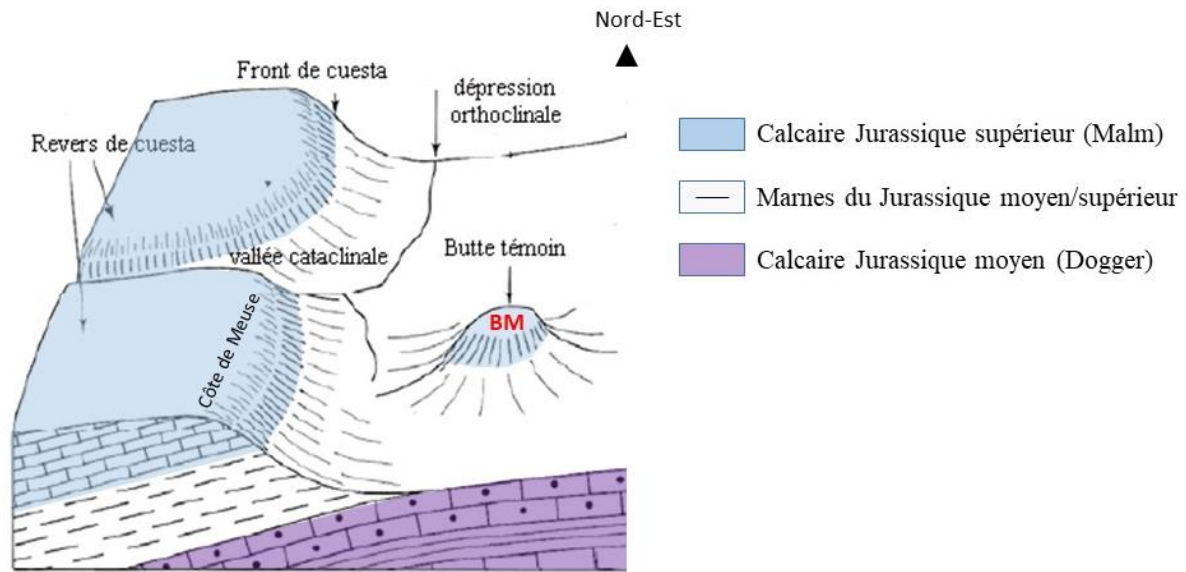
Réponse question I-B-1



Les différentes cuestas et leurs stratigraphies doivent apparaître avec d'ouest en est : 1) cuesta de la montagne de Reims (sable et argile de l'Eocène) ; 2) cuesta de la côte de Champagne (craie du Crétacé supérieur) ; 3) cuesta de la côte d'Argonne (gaize de la limite Crétacé inférieur-supérieur) ; 4) cuesta de la côte des Bars au nord de Bar-le-Duc (Calcaire du Barrois du Jurassique supérieur) ; 5) cuesta de la côte de Meuse au nord de Verdun (Calcaires du Jurassique moyen-supérieur). Le schéma doit aussi faire apparaître les principaux fleuves et affluents (Marne, Ornain, Aisne, Aire, Meuse, Chiers), et leurs relations avec les cuestas (cours d'eaux orthoclinaux, cataclinaux, anaclinaux). La nature des terrains traversés (Cénozoïque, Crétacé supérieur, Crétacé inférieur, Jurassique supérieur) doit apparaître sur ce schéma sous forme de grands ensembles en lien avec la mise en place des ressauts morphologiques que constituent les cuestas.

Question I-B-2 Réalisez un schéma interprétatif et légendé de la photographie de la Figure I-B-2.

Réponse question I-B-2



Le dessin du pendage est volontairement exagéré sur le schéma (pente < 0,5°) pour indiquer une structure monoclinale.

Question I-B-3 Faites un commentaire général sur la géomorphologie et l'hydrographie de l'est du Bassin parisien.

Réponse question I-B-3

L'est du Bassin parisien est caractérisé par une structuration en plateaux et cuesta c'est-à-dire de ressauts morphologiques correspondant aux couches les plus résistantes à l'érosion (calcaires ou formations silicifiées) tandis que les cours d'eau principaux érodent les couches les plus tendres comme les marnes et formations argileuses (ex : argiles du Gault) formant de vastes plaines (ex : plaine de la Woëvre). On distingue ainsi des surfaces structurales, c'est-à-dire des portions de la topographie superposées à la structure des limites de couches géologiques et des surfaces d'érosion où à l'inverse la topographie tronque les couches géologiques. Cette structuration est dépendante de la série sédimentaire essentiellement mésozoïque constituée d'alternance de calcaire et de marne ou de grès et sable pour le Trias et l'Eocène. Les cours d'eaux principaux sont orthoclinaux (longent les cuestas) et créent de larges dépressions accentuant les cuestas (fronts) et dégageant localement des buttes témoins (ex : point d'observation BM). Le soulèvement progressif du Bassin parisien lors des contraintes compressives du Cénozoïque et les variations climatiques quaternaires ont permis l'érosion des cuestas permettant l'installation de cours d'eau cataclinaux et anaclinaux (perpendiculaire au front des cuestas). Du point de vue hydrographique, l'évolution du relief au quaternaire se marque notamment par des phénomènes de capture (ex : capture de la Moselle). L'est du Bassin parisien est ainsi marqué par 7 fronts de cuesta principaux qui sont du centre du bassin aux Vosges : la cuesta de la Montagne de Reims, la cuesta de la côte champenoise, la cuesta de la côte d'Argonne, la cuesta de la côte des bars, la cuesta de la côte de Meuse, la cuesta de la côte de Moselle, la cuesta des grès intraliasiques et la cuesta de la côte de Lorraine triasique. Cette morphologie caractéristique liée à la différence lithologique des terrains de la couverture méso-cénozoïque et le réseau hydrographique sont localement à l'origine de processus karstiques. Les techniques spatiales permettent à travers les modèles numériques de terrain (doc. I-B-1) de voir à grande échelle les bassins hydrographiques et les éléments morphologiques du BP.

NOM :

Prénom :

Salle :

I-C Quelques propriétés du socle sous la couverture sédimentaire du Bassin parisien déduites de données magnétométriques et gravimétriques

Des relevés aéromagnétiques ont été effectués à l'aplomb du Bassin parisien en mesurant l'intensité du **champ magnétique total** toutes les secondes, le long des trajectoires de l'avion embarquant le magnétomètre (soit tous les 7 m environ).

La **carte de l'anomalie magnétique du Bassin parisien** et de ses bordures est fournie avec le **document I-C-1**. Elle résulte d'une synthèse établie à partir de nombreux relevés effectués entre 1950 et 2011.

*(Cette carte, ainsi que toutes celles concernant les questions « I.C » sont regroupées **pages 14 et 15**)*

Question I-C-1 Les anomalies magnétiques figurées sur le **document I-C-1** ont été obtenues par l'élimination des effets de certaines de ses composantes sur le champ magnétique total, et fournissent un accès à certaines propriétés de la croûte continentale. Quelles composantes du champ magnétique total a-t-on éliminées et comment a-t-on procédé pour ne conserver que les anomalies résultant des propriétés des matériaux crustaux ?

Réponse question I-C-1

Il est nécessaire, d'éliminer la composante externe (i) et le champ principal (ii), qui ne résultent pas des propriétés du socle

(i) La composante externe produit essentiellement des variations temporelles rapides du champ magnétique (diurnes). Pendant les vols, ces variations sont enregistrées sur une station fixe, au sol et sont considérées comme étant identiques à celles enregistrées dans l'avion. On retranche donc l'enregistrement au sol à l'enregistrement dans l'avion

(ii) Le champ principal est enregistré en continu dans des observatoires et est modélisé à l'échelle du globe. On dispose de modèles de référence (IGRF) sur lesquels on s'appuie pour retirer aux mesures du champ total la valeur de l'IGRF, à l'endroit et au moment de chaque mesure.

La carte d'anomalie magnétique restitue alors l'effet des roches de la partie supérieure de la croûte continentale (quelques kilomètres).

On applique aux données aéromagnétiques divers traitements mathématiques qui permettent d'accentuer certaines caractéristiques des matériaux crustaux (notamment le calcul de la dérivée verticale du champ magnétique, qui améliore la netteté du contour des anomalies et précise la localisation des corps ou le contact lithologique ou structural entre deux corps). Le **document I-C-2** fournit la carte de la dérivée verticale de l'anomalie magnétique.

NOM :

Prénom :

Salle :

Question I-C-2 Utilisez les **documents I-C-1 et I-C-2** pour décrire les anomalies magnétiques visibles au niveau du Bassin parisien puis formulez des hypothèses interprétatives. On vous précise la signification des unités utilisées : nT = nanoTesla (**document I-C-1**), nT/m = nanoTesla par mètre (**document I-C-2**).

Réponse question I-C-2

Les anomalies sont essentiellement linéaires, organisées en trois secteurs, chacun ayant une géométrie caractéristique
* au centre (2°E, de 50°N à 46.5°N), une anomalie fortement positive d'environ 400 km de long et de 30 à 80 km de large, est orientée NNW-SSE (N170). Cette bande constitue l'anomalie principale décelée sur le secteur (jusqu'à 875 nT et 0.7 nT/m), située au cœur du BP, au droit d'Orléans et Bourges.

Cette anomalie magnétique majeure (que nous noterons AMM par la suite) divise le Bassin parisien en deux parties distinctes : une partie ouest et une partie est.

* A l'Ouest : anomalies magnétiques positives de direction approximative N150 et des anomalies magnétiques négatives N110, en continuité avec celles décelées dans le Massif Armoricaire.

* A l'Est : anomalies magnétiques positives de direction approximative N150 (au Nord) et de direction N 45 (au Sud).

Interprétation : les documents fournis ne permettaient que des interprétations structurales. Les anomalies N110 sont en continuité avec les accidents tectoniques varisques du Sud du Massif Armoricaire et en seraient ainsi les prolongements. De la même façon, les accidents N45 seraient les prolongements d'accidents tectoniques affleurant dans la bordure Est du BP.

Cependant, la remarquable anomalie magnétique centrale a une épaisseur qui suggère qu'elle constitue un bloc géophysique à part entière, et elle sépare le socle du BP en deux secteurs, occidental et oriental, aux propriétés structurales singulières.

La carte du **document I-C-3** est celle des **anomalies de Bouguer** (en milligals), au niveau du Bassin parisien et de ses bordures. La **carte I-C-4** est celle de la dérivée première de l'anomalie de Bouguer. Ce traitement mathématique, comme pour les données magnétométriques, permet de mieux discriminer les contours des anomalies. En revanche, les bruits contenus dans le signal (gravimétrique ici) sont accentués.

Question I-C-3 A l'aide des **documents I-C-3, et I-C-4**, décrivez les anomalies de Bouguer au niveau du Bassin parisien et, en confrontant votre analyse aux résultats précédents (données aéromagnétiques), formulez des hypothèses interprétatives sur les anomalies observées.

Réponse question I-C-3

Dans le Bassin parisien, l'anomalie de Bouguer résulte de l'effet de la pile sédimentaire qui peut atteindre jusqu'à 3500 m d'épaisseur en son centre, et de celui des roches du substratum sous-jacent.

Doc I-C3 - La pile sédimentaire conduit à la valeur négative de l'anomalie généralisée au BP, à l'exception de sa portion Nord-Est (à partir de la faille de Bray). Cette faille affecte probablement le socle et entraîne probablement la remontée de matériaux crustaux denses.

NB : Les densités des terrains sédimentaires et leur épaisseur étant des données estimables, le retranchement de l'effet de la pile sédimentaire sur l'anomalie de Bouguer aurait permis d'accéder à une anomalie de Bouguer résiduelle, affectée plus précisément aux anomalies géophysiques intra-socle.

Doc I-C4 - La dérivation permet aux anomalies de se présenter comme des linéaments fins et peuvent coïncider avec des linéaments magnétiques préalablement interprétés comme étant des accidents tectoniques.

L'AMM N170 n'est pas décelable avec certitude sur les cartes gravimétriques. Au Nord, elle se superpose à une anomalie de Bouguer positive (donc un excès de masse), et au Sud, elle pourrait se superposer à une anomalie de Bouguer nulle (mais sa délimitation est très imprécise) : elle pourrait à cet endroit correspondre à un corps de densité assez élevée compensant le déficit de densité de la pile sédimentaire, mais cela reste très hypothétique avec les données disponibles.

De part et d'autre du secteur correspondant à l'anomalie magnétique majeure s'observent les anomalies de Bouguer positives linéaires, orientées N110 (à l'Ouest de l'AMM) et présentant une déflexion vers le Sud en s'approchant de l'AMM, et N80 (à l'Est de l'AMM).

Les grands accidents tectoniques repérés à l'aide des données aéromagnétiques se retrouvent sur les anomalies gravimétriques et permettent de proposer un modèle de distribution des grands accidents tectoniques dans le substratum du BP.

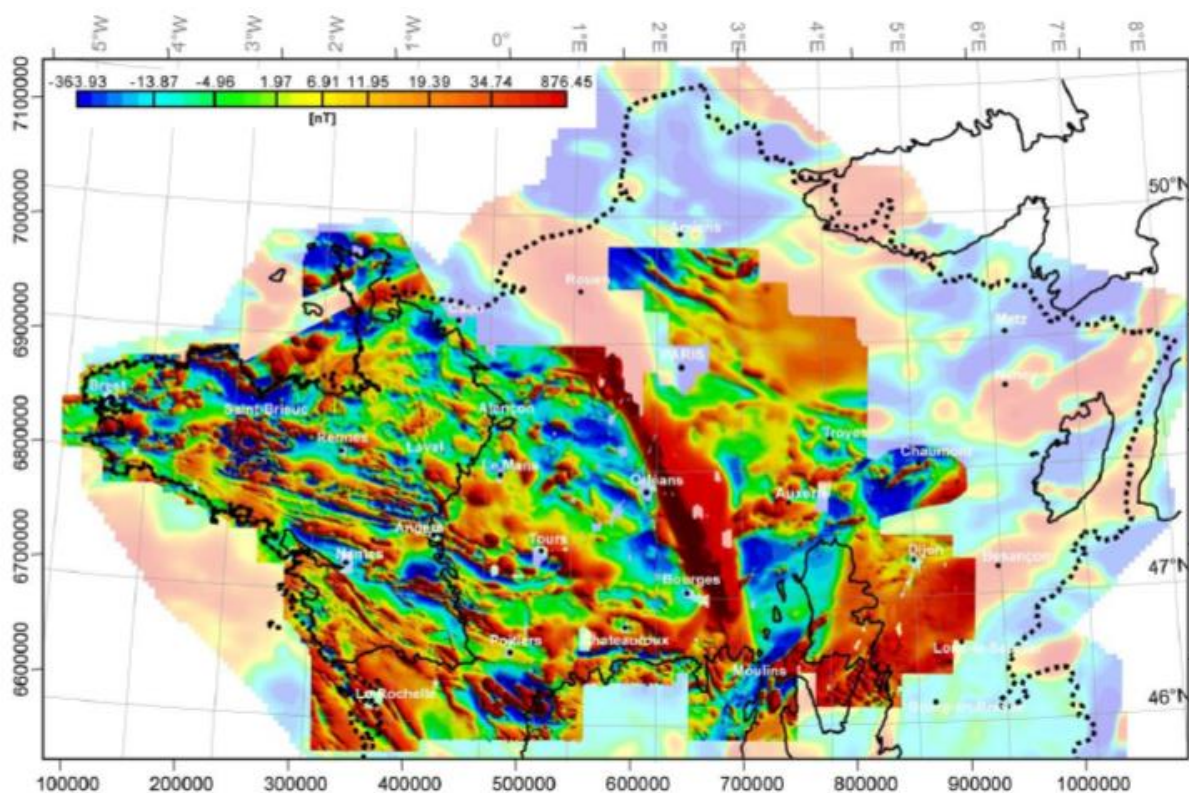
NOM :

Prénom :

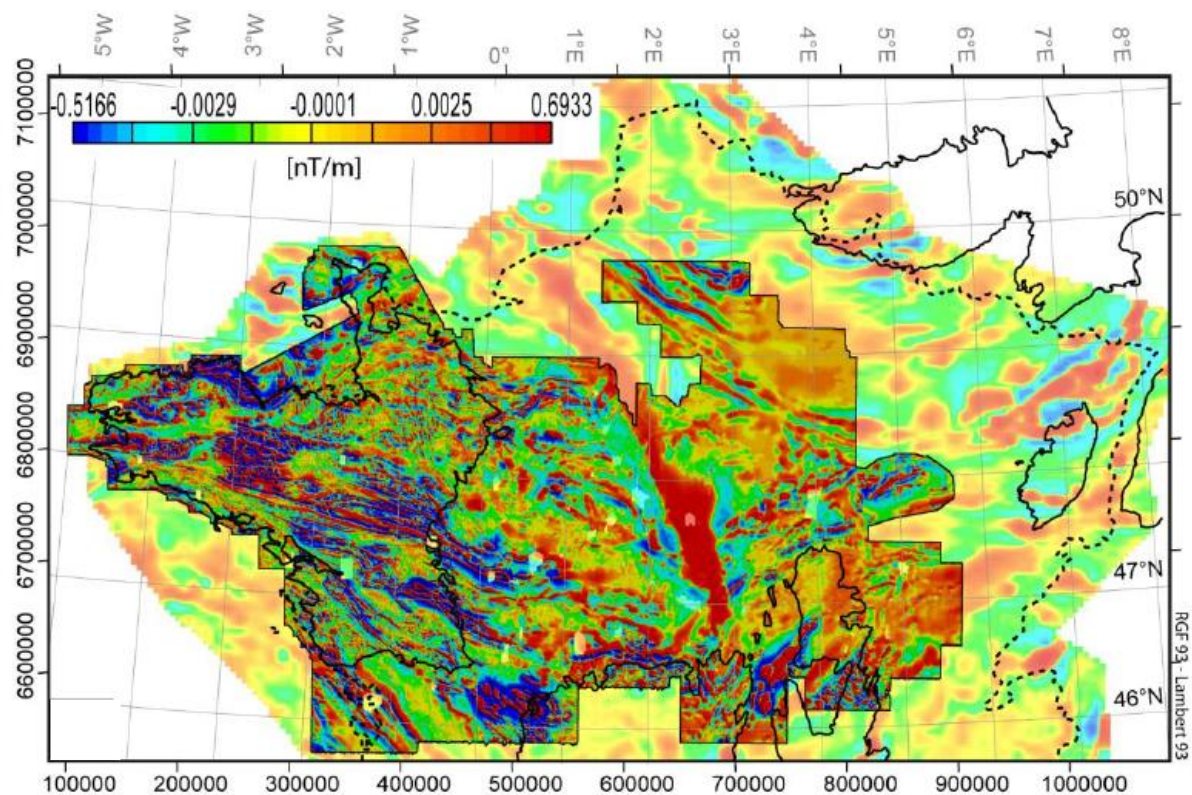
Salle :

Question I-C-4 En guise de conclusion, reportez les principales caractéristiques structurales du socle du Bassin parisien que l'on peut déduire de cette étude géophysique sur la carte ci-dessous. N'omettez pas de légender votre schéma structural.

Schéma structural d'après Baptiste , 2016.



Document I-C-1 Carte de l'anomalie magnétique de la moitié Nord de la France. En couleurs franches : synthèse des relevés aéromagnétiques à moyenne et haute résolution. En couleurs atténuées : relevé aéromagnétique général de la France (**Echelle : 1° de latitude = environ 110 km ; 1° de longitude à 48° de latitude = environ 75 km**).

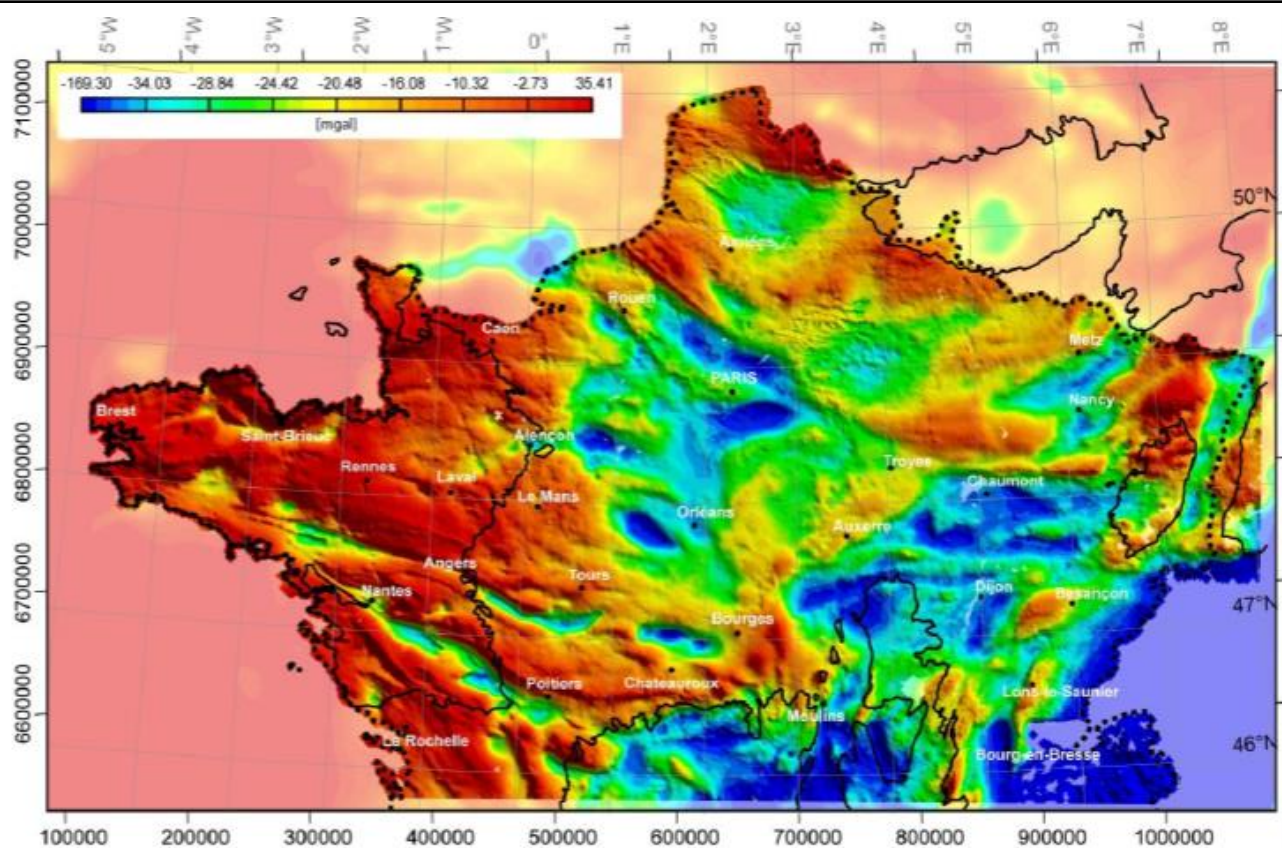


Document I-C-2 Carte du gradient vertical (dérivée selon l'axe vertical) de l'anomalie magnétique établie à partir des données de la carte précédente (même échelle que I-C-1).

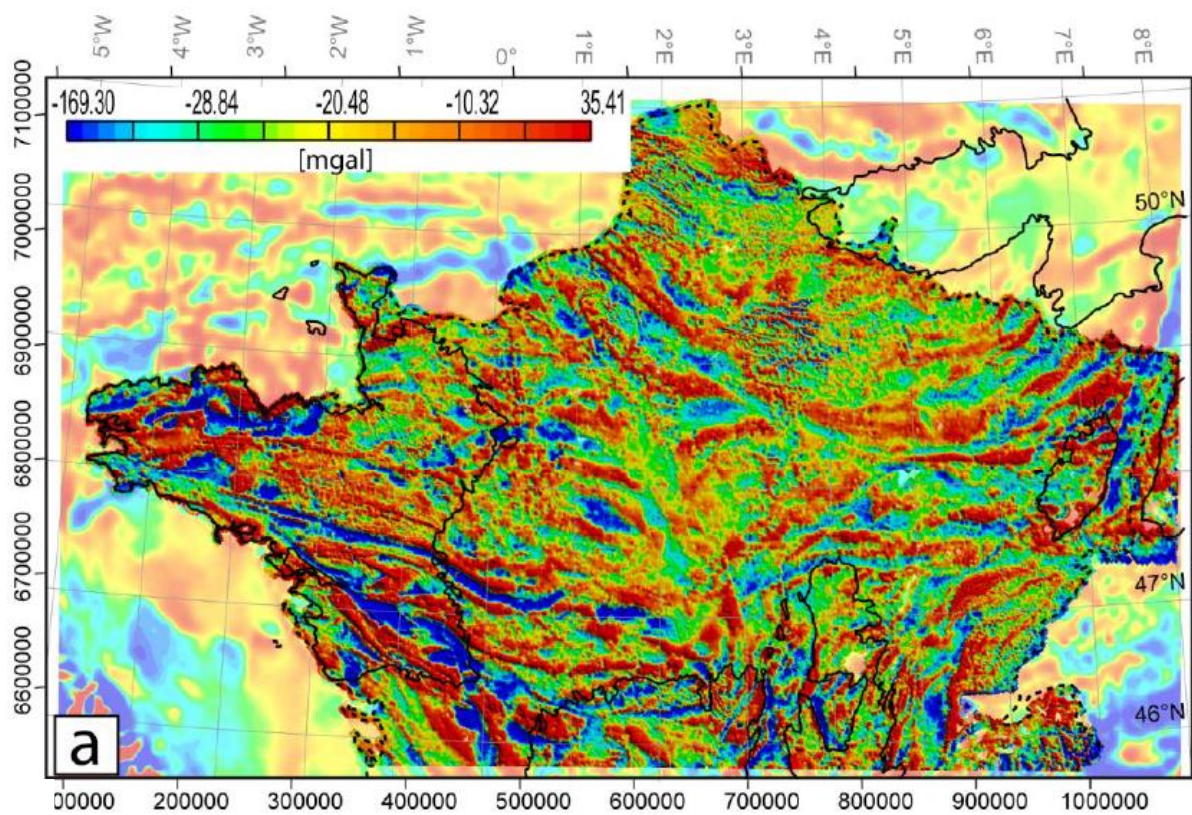
NOM :

Prénom :

Salle :



Document I-C-3 Carte de l'anomalie de Bouguer de la moitié Nord de la France (même échelle que I-C-1).



NOM :

Prénom :

Salle :

Document I-C-4 Carte de la dérivée première de l'anomalie de Bouguer de la moitié Nord de la France (même échelle que I-C-1).

NOM :

Prénom :

Salle :

Partie II : La couverture sédimentaire du Bassin parisien :
paléoenvironnements, paléoclimats et ressources

II-A Reconstitution d'environnements de dépôt

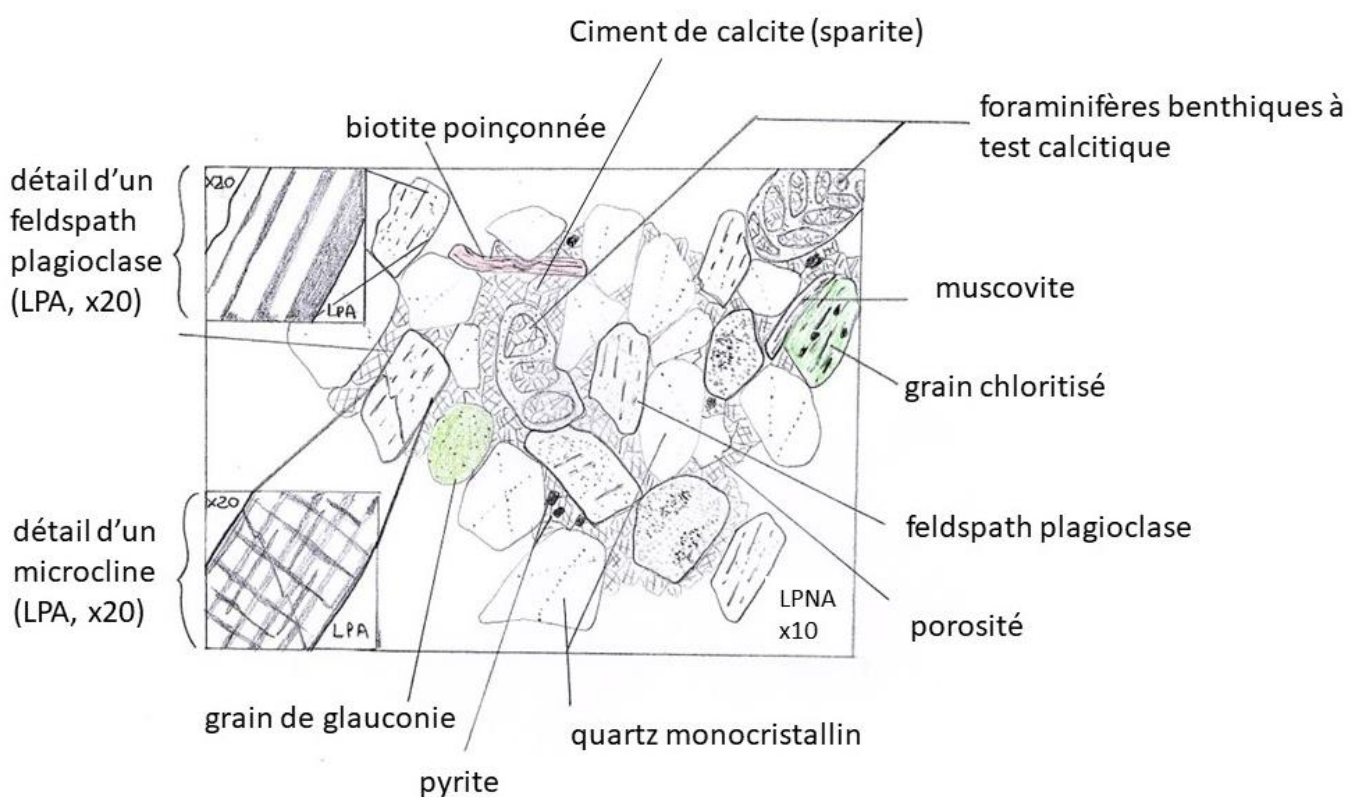
II-A-1 Etude pétrographique microscopique d'une roche sédimentaire (cette partie peut être traitée de façon indépendante et s'effectuera sur le poste de travail dédié en salle avec une **durée maximale d'observation de 10 mn**).

Question II-A-1 Réalisez le dessin de la lame mince fournie. Le dessin sera légendé de façon appropriée. Une approche à la fois **qualitative** et **quantitative** est souhaitable. Une échelle doit être proposée.

Une interprétation en termes d'environnement de dépôt est ensuite demandée.

Réponse question II-A-1

Dessin :



Interprétation :

Il s'agit d'une lame mince d'un grès à ciment carbonaté (calcite) de la taille des arénites. Les grains dominants sont les quartz (60%) suivi par les feldspaths qui se divisent en plagioclases (15%) et feldspaths potassique (microcline, 10%) et les fragments lithiques (micritiques et plutoniques, 10%). Des grains plus accessoires de biotite, chlorite muscovite et glauconie sont aisément reconnaissable. La forte proportion de feldspaths (>25%) permet de classer la roche sédimentaire en arkose à fragments lithiques selon la classification de Pettijohn. Cette lame montre des microorganismes clairement marins (foraminifères benthiques) associés à des fragments de bryozoaires et de lamellibranches. On trouve également des grains de glauconie qui attestent d'un environnement marin peu profond qui combinés aux éléments détritiques formant l'arénite permet de préciser l'environnement de dépôt (shoreface). Le grès est peu mature comme l'atteste la présence de nombreux grains peu résistants à l'altération chimique comme les

NOM :

Prénom :

Salle :

biotites ou encore les feldspaths plagioclases. Les grains de quartz sont subanguleux témoignant d'un transport modéré tandis que la présence de fragments lithiques carbonatés suggère des sources d'apport multiples (reprise de matériel sédimentaire et sources magmatiques). La diagenèse s'exprime par une cimentation carbonatée précoce sous forme de sparite et microsparite accompagné par des néoformations de pyrite et de glauconie. La compaction reste limitée comme le suggère les contacts par points et la présence de porosité bien que fortement réduite par le ciment calcitique.

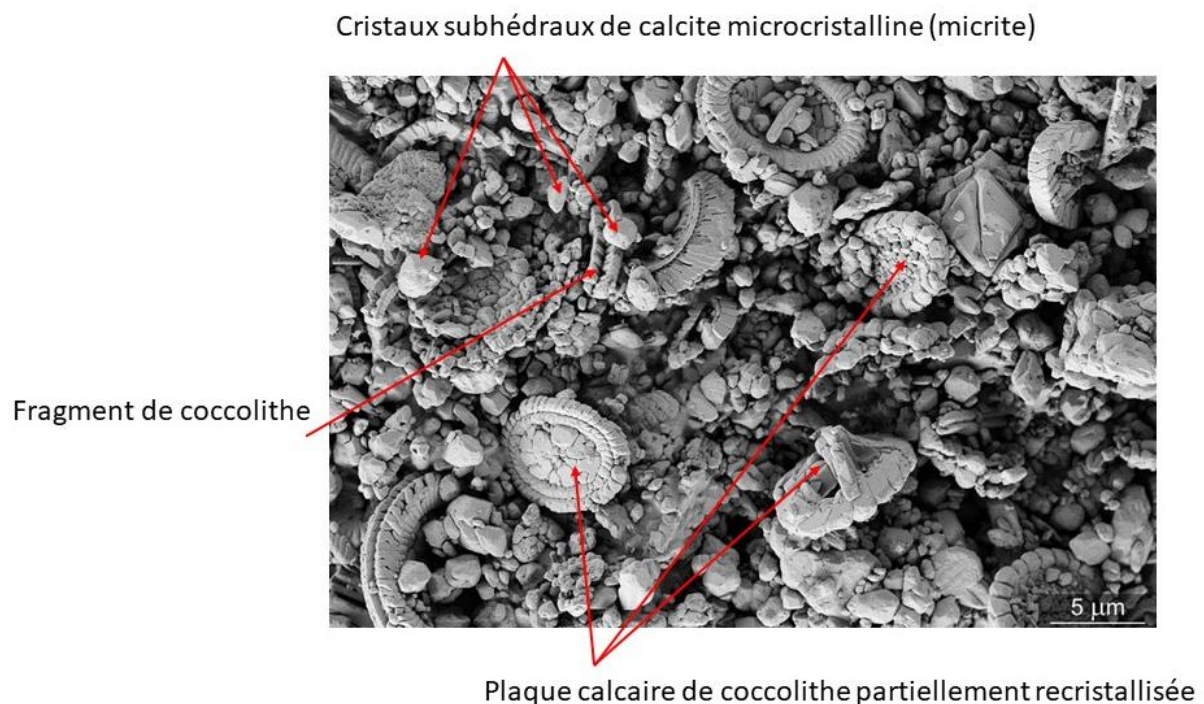
Les images des **documents II-A-2b** et **II-A-3** ont été réalisées à partir de roches sédimentaires identiques à celles de la photographie de terrain ci-dessous (**Document II-A-2a**), prise en Normandie sur la bordure ouest du Bassin parisien entre Fécamp et le Havre. Les analyses géochimiques indiquent que ces roches sont dominées à plus de 95% par du CaCO_3 .



Document II-A-2a Panorama de la falaise de la Porte d'Amont près d'Etretat (Lasseur 2009).

Question II-A-2 Légendez et interprétez l'image ci-dessous prise au Microscope Electronique à Balayage (MEB)

Réponse question II-A-2



Document II-A-2b

NOM :

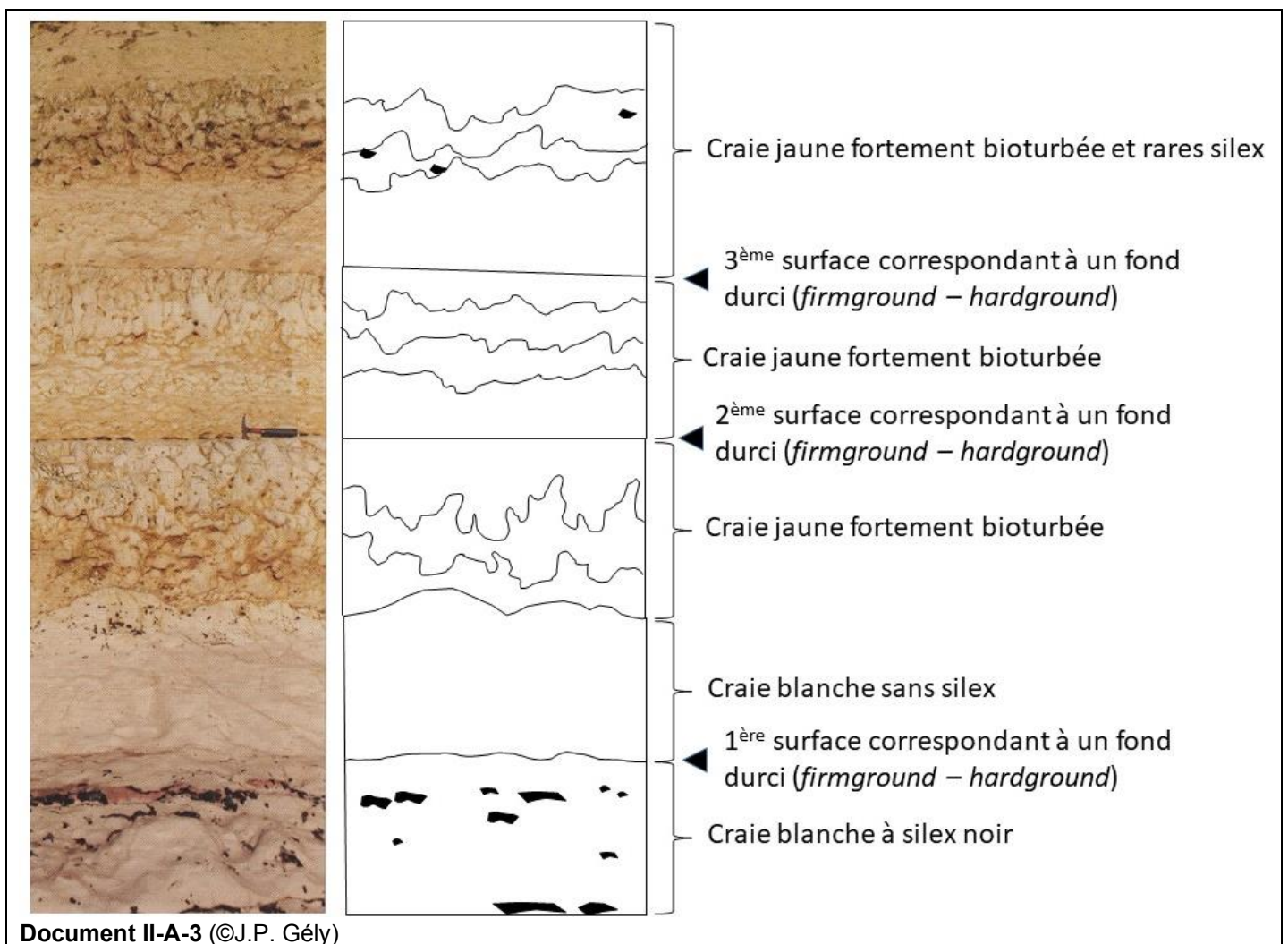
Prénom :

Salle :

Interprétation :

Il s'agit d'une vue prise au MEB montrant des coccolithes c'est-à-dire les parties externes minéralisées d'algues unicellulaires microscopiques calcaires qui vivent dans le plancton. Ces coccolithes sont entières ou cassées et partiellement recristallisées par de la micrite. Ces plaques forment des coccosphères mais se désagrègent à la mort de l'organisme formant une boue carbonatée. Les autres grains sont pour l'essentiel des cristaux de calcite microcristalline (micrite) anhédraux à subhédraux. Cette observation MEB est caractéristique de la craie.

Question II-A-3 Schématisez, légendez et interprétez (à droite du document) la photographie de terrain du **document II-A-3** (l'échelle est donnée par le marteau au milieu de la photographie).



NOM :

Prénom :

Salle :

Question II-A-4 Proposez un environnement de dépôt et les conditions de mise en place des sédiments observés sur les documents II-A-2a, II-A-2b et II-A-3.

Réponse question II-A-4

Les différents documents permettent de comprendre qu'il s'agit de dépôts de craie. Ces dépôts affleurent particulièrement bien dans l'ouest du BP sur les falaises normandes et datent du Crétacé supérieur (Cénomaniens à Maastrichtien ; doc II-A-2a).

La craie est constituée principalement par l'accumulation de plaques de coccolithes issues du démantèlement des coccosphères à la mort des algues qui les forment. Ces éléments sédimentent sur le fond marin et forment une boue carbonatée, mélangée aux autres particules carbonatées biogènes ou aux carbonates exportées. Une faible proportion de silice et de phyllosilicates (argiles) est également incorporée et donnera lieu après lithification au cours de la diagenèse précoce à la craie (doc II-A-2b).

L'environnement de dépôt caractéristique de la craie est par conséquent un domaine marin ouvert sur le large permettant la prolifération d'organismes planctoniques et notamment d'algues. Un domaine d'offshore inférieur peut donc être représentatif des dépôts classiques de craie blanche à silex. Les silex sont des concentrations de silice liées aux circulations de fluides au cours de la diagenèse précoce issues de la remobilisation de silice (opale A) d'organisme siliceux (éponges notamment). On voit nettement sur les affleurements à grande échelle (ex : Etretat) que les silex sont alignés sous forme de lits plus ou moins resserrés.

On comprend facilement à partir du document II-A-3 que la sédimentation carbonatée formant la craie n'est pas continue et homogène. La bioturbation y est nettement visible suggérant la présence d'organismes fouisseurs formant de gros terriers verticaux et horizontaux. Par ailleurs les surfaces durcies (hardground et firmground) attestent d'une sédimentation non continue (variation du taux de sédimentation et remobilisation du sédiment par les courants). Dans le détail la craie peut présenter des faciès variés (plus ou moins détritiques en se rapprochant du littoral, glauconieux...) et présente des figures sédimentaires montrant l'importance des processus courantologiques : figures de tempêtes, chenaux, courant de fond.... Les environnements d'offshore supérieur voire de shoreface peuvent donc être observés dans les dépôts de craie. Ces variations sont liées aux variations eustatiques et aux apports plus détritiques en lien avec les phases tectoniques du Crétacé supérieur.

NOM :

Prénom :

Salle :

Question II-A-5 A partir des **documents II-A-5 et II-A-6**, remplissez le tableau ci-dessous (**les numéros 1 à 8 sont communs au tableau, à la planche photo et à la légende de la carte paléogéographique**).

	Identification (faciès/fossile)	Environnements de dépôt
1 :	Craie blanche	Plateau continental, ouvert sur le large, offshore inférieur (absence de figures sédimentaires)
2 :	Craie jaune sableuse présentant des litages obliques (auges)	Facies de craie proximaux présentant un mélange de particules détritiques grossières, proche des terres émergées, figures de courant, shoreface
3 :	Hardground et surface bioturbée dans la craie	Le fond durci implique un arrêt de sédimentation dû aux courants (zone en bypass), offshore inférieur
4 :	Dépôt gréseux à grands litages obliques et surface érosive	Figures de courant de type mégaride 3D, shoreface proche du littoral avec courant important (ex dunes hydrauliques tidales)
5 :	Accumulation d'huîtres dans des sédiments argilo-silteux, les huîtres sont en position de vie et non cassées	Vasière à huîtres, milieu protégé lagunaire
6 :	Rudistes présentant les 2 valves	Barrière récifal à rudistes, organisme bioconstructeur au Crétacé supérieur formant des récifs dans des eaux peu profondes et bien oxygénées
7 :	Déformation dans des alternances de bancs calcaires et d'argiles riches en gypse	Milieu évaporitique, lagunaire
8 :	Calcaires pélagiques formant des bancs réguliers (inclinés par la tectonique)	Domaine pélagique (offshore inférieur) ouvert sur le large en direction de l'Océan alpin

NOM :

Prénom :

Salle :

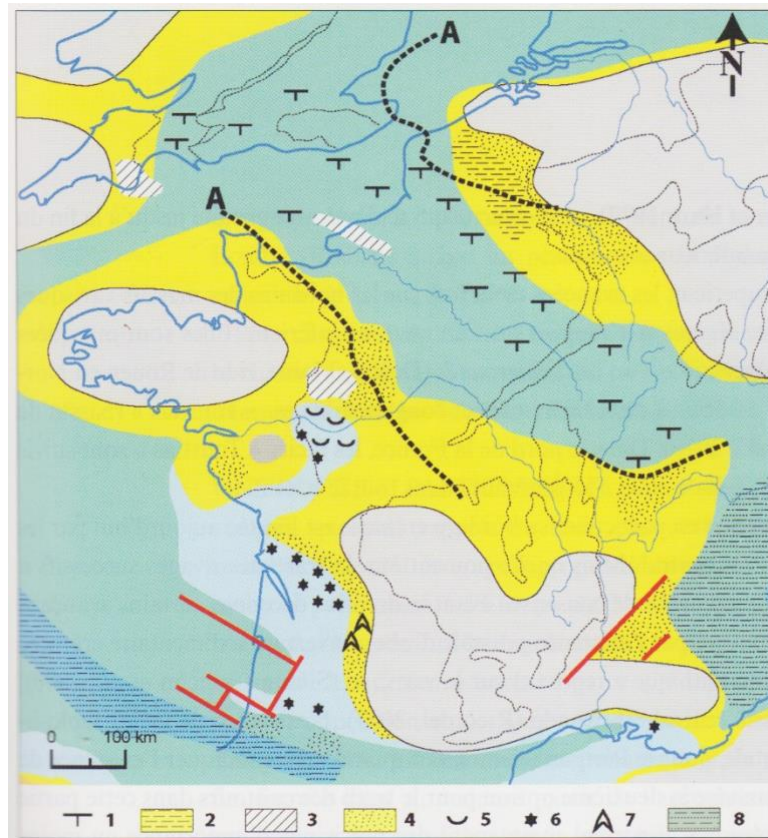


Document II-A-5 La photo 1 est une observation de détail de la photo du document II-A-2a ; les photographies 5 et 6 illustrent différents objets de taille centimétrique à pluri-centimétrique ; le redressement des couches de la photo 8 est d'ordre tectonique en lien avec la localisation dans le domaine alpin.

NOM :

Prénom :

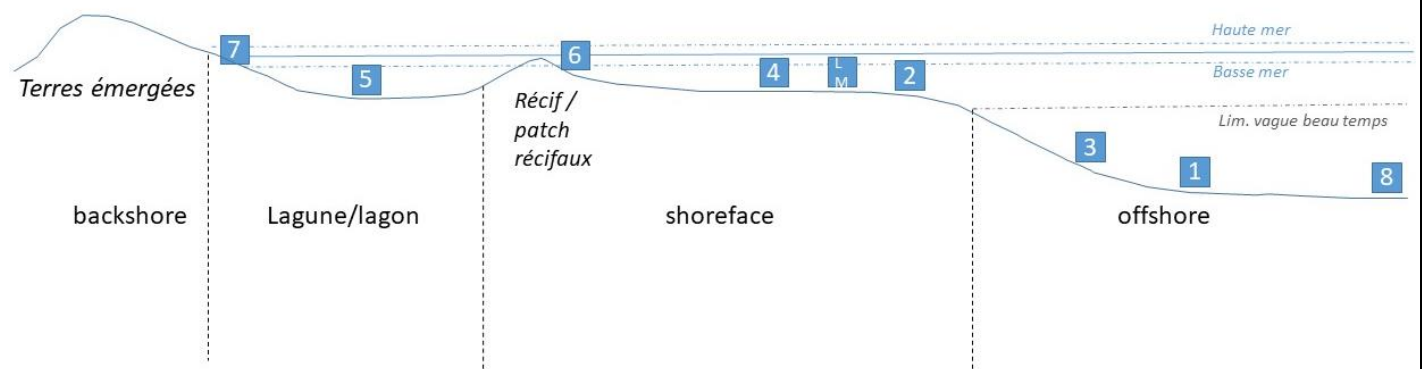
Salle :



Document II-A-6 Carte paléogéographique pour la France au Cénomaniens (Crétacé supérieur ; extrait de l'atlas des cartes péri-Téthys 2000). Les remplissages gris indiquent les aires continentales émergées.

Question II-A-6 Réalisez un profil de dépôt théorique où vous remplacez les différents environnements de dépôt identifiés du **document II-A-6**. Placez également l'environnement de dépôt correspondant à l'échantillon observé en lame mince (**question II-A-1**).

Réponse question II-A-6

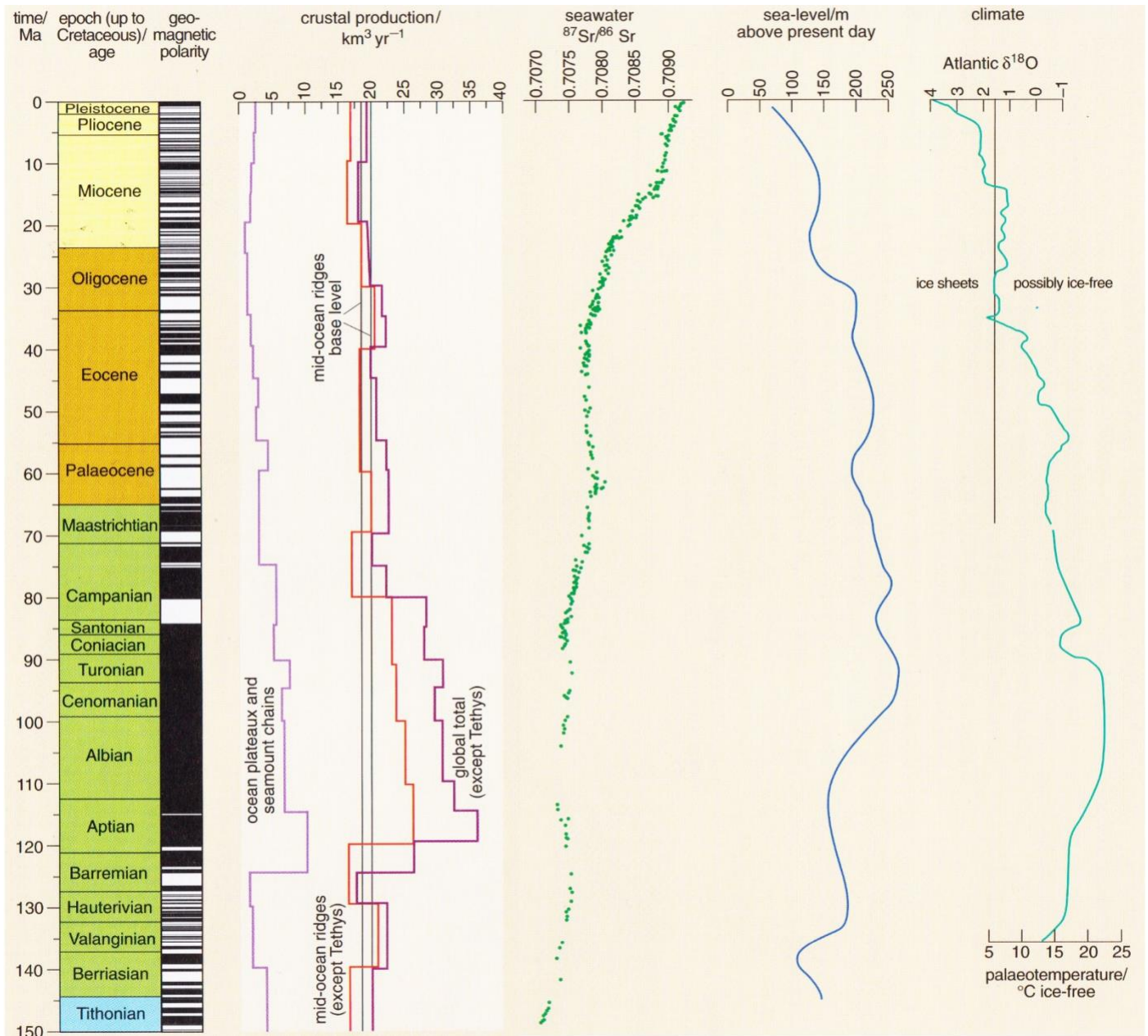


NOM :

Prénom :

Salle :

Question II-A-7 A partir des informations reportées sur le **document II-A-7** ci-dessous, expliquez quels étaient les facteurs de contrôles géodynamiques interne et externe de la sédimentation au cours du Crétacé supérieur dans le Bassin parisien.



Document II-A-7 Données stratigraphiques, géodynamiques, climatiques et eustatiques de la fin du Jurassique à nos jours (Crétacé inférieur = Berriasien à Albien ; Crétacé supérieur = Cénomanien à Maastrichtien ; Skelton et al., 2003).

NOM :

Prénom :

Salle :

Réponse question II-A-7

Le document montre que le Crétacé supérieur (Cénomanien – Maastrichtien), période de dépôt de la craie dans le bassin de Paris (mais également à une échelle plus globale), enregistre une production importante de croûte océanique (rides océaniques, plateaux et monts volcaniques). Celle-ci commence dès l'Aptien pour atteindre des flux de 30 à 35 km³/an et se poursuit pendant 40 Ma (Campanien). Cette activité témoigne d'une activité importante au niveau des dorsales océaniques (océans Pacifique et Indien notamment). Cela permet d'expliquer les valeurs particulièrement faibles du rapport ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr (0,7075) lié à l'activité hydrothermale et une érosion continentale plus faible. Il est possible de mettre en correspondance cette activité des dorsales océaniques avec le haut niveau marin enregistré qui culmine au Cénomanien et au Campanien (+200/niveau actuel), expliquant que l'on retrouve des dépôts de craie sur la croûte continentale dans plusieurs régions du globe et notamment dans le bassin de Paris. Bien que des phases régressives aient eu lieu au cours du Crétacé supérieur, le niveau marin était particulièrement haut du fait de l'augmentation du volume des dorsales océaniques et de l'absence de glace aux pôles. En effet les courbes de paléotempératures déduites de l'enregistrement des isotopes de l'oxygène dans les foraminifères planctoniques ou benthiques indiquent des températures des eaux crétacées élevées dès le Crétacé inférieur avec un pic au Turonien. Ces conditions climatiques (greenhouse) et de haut niveau marin permettant l'ennoiment des plateformes continentales étaient favorables à la production et prolifération d'organismes planctoniques comme les coccolithophoridae qui ont formé les dépôts de craie. A ces facteurs de contrôle globaux, s'ajoutent des facteurs de contrôle plus régionaux d'ordre géodynamique, comme l'ouverture du golfe de Gascogne (*Bay of Biscay*) dès le Crétacé inférieur et les phases pyrénéo-provençales en lien avec la convergence de la plaque africaine vers la plaque eurasiennne et les mouvements de la plaque ibérique au Crétacé supérieur.

Question II-A-8 Comment se traduisent géométriquement et cartographiquement ces conditions géodynamiques dans les dépôts sédimentaires formant la couverture du Bassin parisien. Vous vous appuyerez sur la carte géologique de la France au 1/1 000 000^{ème} et sur votre coupe géologique.

Réponse question II-A-8

Les dépôts du Crétacé supérieur se mettant en place lors de périodes de haut niveau marin viennent recouvrir en onlap les dépôts sous-jacents du Mésozoïque, du Paléozoïque et du socle métamorphique. Cartographiquement cela se traduit par des discordances stratigraphiques et/ou angulaire. Cela est particulièrement visible sur le Massif Armoricaïn (vers Angers) ou sur le Massif Ardennais (ouest de Charleville-Mézières) à partir de la carte au 1/1000000^{ème}. Les épaisseurs traversées sont importantes et diminuent vers l'ouest, avec un épaississement maximal (dépôt centre) au niveau de la Brie et Champagne (ép. >550m).

Les données de forages (épaisseurs de terrains traversés) montrent également que le Crétacé inférieur n'est pas présent partout ou n'est pas d'égale épaisseur (réduction de l'épaisseur vers l'ouest). Ces géométries variables sont imputables aux mouvements tectoniques notamment ceux de l'ouverture du Golfe de Gascogne qui se répercutent dans le Bassin parisien.

NOM :

Prénom :

Salle :

Question II-A-9 Sur la base d'observations sédimentologiques actuelles, un taux de sédimentation moyen d'environ 1mm/an peut être calculé pour former des dépôts de même nature que ceux du Crétacé supérieur du Bassin parisien. En vous basant sur les épaisseurs données dans le **tableau I-A-1** (et de votre coupe géologique) et des âges du **document II-A-7**, calculez un taux de sédimentation moyen pour le Crétacé supérieur du Bassin parisien. Confrontez le résultat obtenu avec la valeur actuelle fournie et expliquez les différences?

Réponse question II-A-9

Les épaisseurs vont de 262 m (minimum sans érosion de surface) dans l'ouest à 673 m dans la Brie. Connaissant la durée du Crétacé supérieur (document II-A-7), il est possible de calculer un taux de sédimentation moyen compris entre 0,01 et 0,02 mm/an

épaisseur min craie		épaisseur max craie		durée craie	
(m)	(mm)			Ma	années
262	262000	673	673000	35	35000000
Tx sed. (mm/an)	0,007485714		0,01922857		1
	0,01		0,02		

Les valeurs mesurées montrent que les taux de sédimentation pour le Crétacé supérieur sont 100 fois plus faibles que ceux qu'il est possible d'observer de façon expérimentale. Cela s'explique en partie par la compaction des dépôts et l'impact de la diagenèse lors de la transformation de la boue carbonatée en craie (épaisseur à multiplier par 2 en moyenne après décompaction pour une profondeur de 1000 mètres). L'autre paramètre majeur est la variabilité forte des taux de sédimentation qui peuvent être nuls ou très faibles (hardground) et l'impact des phénomènes courantologiques qui conditionnent les processus érosifs et de non dépôt.

II-B Etude des paléoclimats méso-cénozoïques

La couverture sédimentaire du Bassin parisien a été largement étudiée pour des reconstitutions paléoclimatiques, qui s'inscrivent dans la compréhension du contexte climatique plus large du domaine NW européen. Nous proposons ici d'aborder deux outils permettant d'étudier les paramètres climatiques, appliqués aux dépôts sédimentaires jurassiques du Bassin parisien.

II-B-1 Utilisation des isotopes de l'oxygène pour le calcul de paléotempératures

Les organismes marins calcifiés enregistrent les rapports isotopiques de l'oxygène de l'eau de mer dans laquelle ils évoluent. L'utilisation des valeurs isotopiques au cours du temps peut ainsi témoigner des fluctuations de températures de l'eau de mer, moyennant certaines conditions.

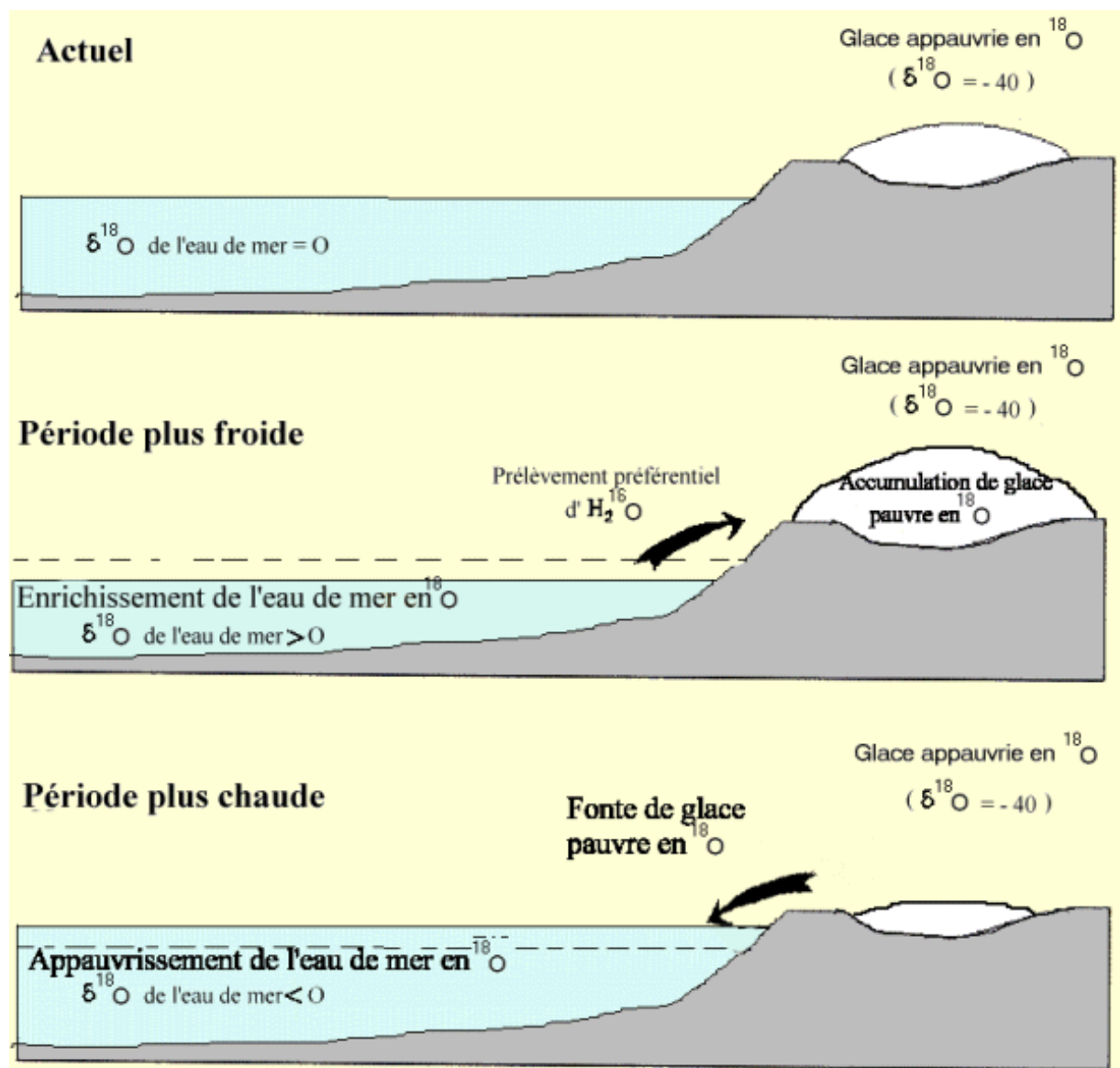
Question II-B-1 A partir de la notion de $\delta^{18}\text{O}$ qui vous est rappelé ci-dessous, expliquez à partir d'un schéma le principe d'utilisation des isotopes de l'oxygène pour les reconstitutions climatiques.

$$\delta^{18}\text{O} = \frac{([^{18}\text{O}/^{16}\text{O}]_{\text{éch}} - [^{18}\text{O}/^{16}\text{O}]_{\text{std}})}{[^{18}\text{O}/^{16}\text{O}]_{\text{std}}} \times 1000$$

Réponse question II-B-1

En période froide l'eau de mer est enrichie en ^{18}O et le $\delta^{18}\text{O}$ devient plus positif, les organismes à squelette calcaires en équilibre avec l'eau de mer auront également un $\delta^{18}\text{O}$ plus positif

A l'inverse en période plus chaude l'eau de mer est appauvrie en ^{18}O et le $\delta^{18}\text{O}$ devient plus négatif, les organismes à squelette calcaires en équilibre avec l'eau de mer auront également un $\delta^{18}\text{O}$ plus négatif



NOM :

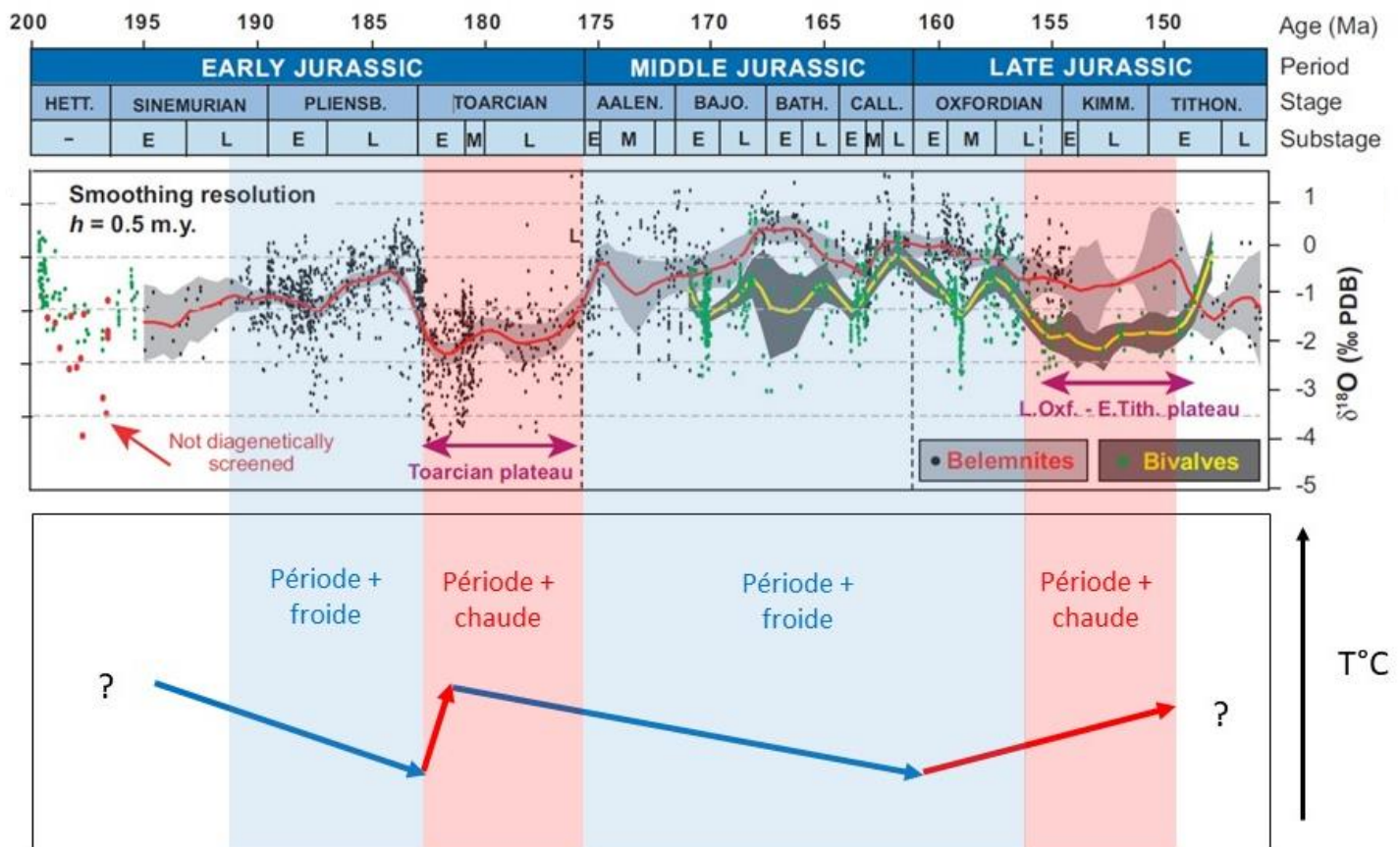
Prénom :

Salle :

Question II-B-2 Le document II-B-2 présente les fluctuations du $\delta^{18}\text{O}$ à partir d'un jeu de données de bélemnites et de bivalves au cours du Jurassique. En utilisant votre réponse de la question II-B-1, indiquez par un jeu de flèches ascendantes et descendantes sous la figure une interprétation des évolutions isotopiques en terme d'évolutions de température pour la période considérée.

Vous expliquerez ensuite dans la partie commentaire quels biais peuvent rentrer en ligne de compte dans l'interprétation des données isotopiques en terme de températures des eaux marines.

Document II-B-2 Evolution des données du $\delta^{18}\text{O}$ au cours du Jurassique (Dera et al., 2011)



Commentaires :

L'interprétation directe de la figure de synthèse pour le Jurassique permet de dégager des périodes successivement plus froide et plus chaude (remettant en cause l'idée d'un climat jurassique constant chaud et humide). On voit également des périodes d'accélération du réchauffement (Toarcien inf.) et des périodes plus contrastées (jurassique moyen). Enfin des périodes sont encore peu documentées ou contradictoires en fonction du jeu de données utilisé (début du Jurassique, fin du Jurassique).

Plusieurs biais peuvent rentrer en ligne de compte : préservation du signal isotopique primaire (qui peut être perdu au cours de la diagenèse), variation du $\delta^{18}\text{O}$ de l'eau de mer si des variations importantes du volume de glace aux pôles étaient avérées, impact de l'apport d'eau douce continental sur le signal de l'eau de mer, jeu de données utilisées (écologie des organismes, profondeur de vie, remaniement possible...).

NOM :

Prénom :

Salle :

Question II-B-3 Utilisez le jeu de données ci-dessous (**Tableau II-B-3**) pour calculer des paléotempératures pour l'intervalle Oxfordien-Kimméridgien et montrer l'évolution de ces températures au cours du temps en utilisant le graphique de la page 29. Ces données sont issues des formations sédimentaires carbonatées et marneuses affleurant à l'Est du Bassin parisien (Meuse). Vous vous reporterez au **document II-B-4** pour les données stratigraphiques et sédimentologiques. Selon la taille des huîtres plusieurs prélèvements et mesures isotopiques ont parfois été réalisés. On rappellera pour le calcul l'équation de fractionnement d'Anderson & Arthur (1983), en prenant une valeur de -1‰ pour le $\delta^{18}\text{O}_{\text{eau de mer}}$:

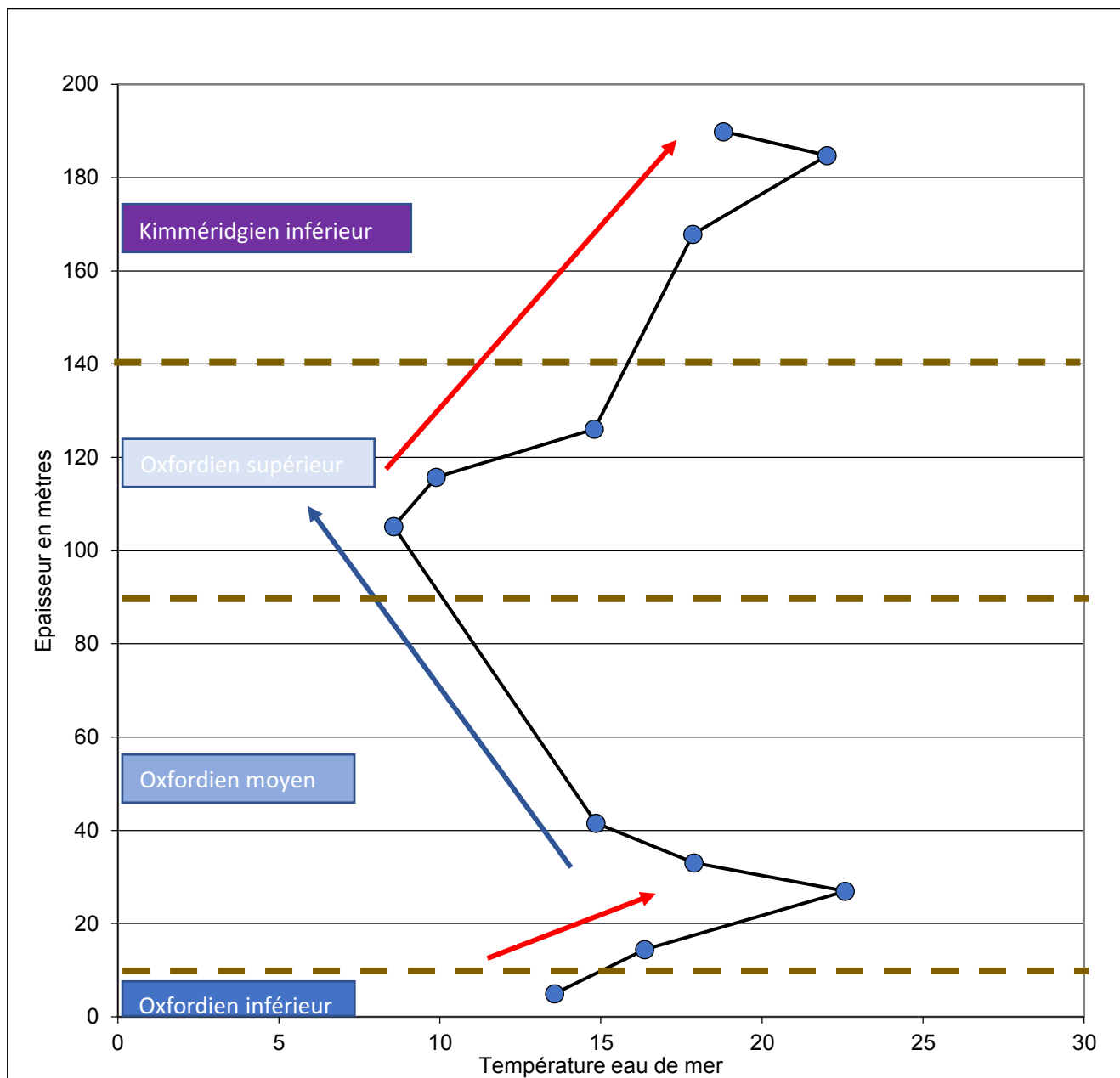
$$T^{\circ}\text{C} = 16 - 4,14 \times (\delta^{18}\text{O}_{\text{calcite}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{eau de mer}}) + 0,13 \times (\delta^{18}\text{O}_{\text{calcite}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{eau de mer}})^2$$

Vous calculerez les températures pour chaque huître correspondant aux moyennes des valeurs $\delta^{18}\text{O}$ V-PDB (cases grisées du tableau) qui serviront pour la construction du graphique.

environnement	faune	cote (m)	prélèvement	$\delta^{18}\text{O}$ ‰ V-PDB	Température
offshore sup.	huître	5	a	-0,08	13,6
offshore sup.	huître	5	b	-0,52	
offshore sup.	huître	5	c	-0,60	
offshore sup.	huître	14,5	a	-1,08	
offshore sup.	huître	14,5	b	-1,21	
offshore sup.	huître	14,5	c	-1,01	
offshore sup.	huître	14,5	d	-1,25	
offshore sup.	huître	14,5	e	-0,97	
offshore sup.	huître	14,5	f	-1,33	
offshore sup.	huître	14,5	g	-0,89	
offshore sup.	huître	14,5	h	-1,33	
offshore sup.	huître	14,5	i	-0,98	
offshore sup.	huître	14,5	j	-0,84	
offshore sup.	huître	14,5	k	-1,09	16,4
offshore sup.	huître	14,5	l	-1,10	
shoreface	huître	27	a	-2,74	22,6
shoreface	huître	27	b	-2,03	
shoreface	huître	27	c	-3,13	
shoreface	huître	27	d	-2,17	
shoreface	huître	33	a	-1,14	17,9
shoreface	huître	33	b	-1,86	
shoreface	huître	33	c	-1,35	
shoreface	huître	41,5	a	0,00	14,8
shoreface	huître	41,5	b	-0,92	
shoreface	huître	41,5	c	-1,38	
shoreface	huître	41,5	d	-0,22	
shoreface	huître	41,5	e	-1,03	
offshore sup.	huître	105	a	0,91	8,6
offshore sup.	huître	116	a	0,55	9,9
shoreface	huître	126	a	-0,71	14,8
shoreface	huître	168	a	-1,43	17,9
shoreface	huître	168	b	-1,40	
shoreface	huître	168	c	-1,51	
offshore sup.	huître	185	a	-2,65	22,0
offshore sup.	huître	185	b	-2,07	
offshore sup.	huître	185	c	-2,46	
offshore sup.	huître	190	a	-1,63	18,8
offshore sup.	huître	190	b	-1,53	
offshore sup.	huître	190	c	-1,83	

Tableau II-B-3 valeurs isotopiques pour la calcite de coquilles d'huîtres jurassiques de l'Est du Bassin parisien.

Réponse à la question II-B-3

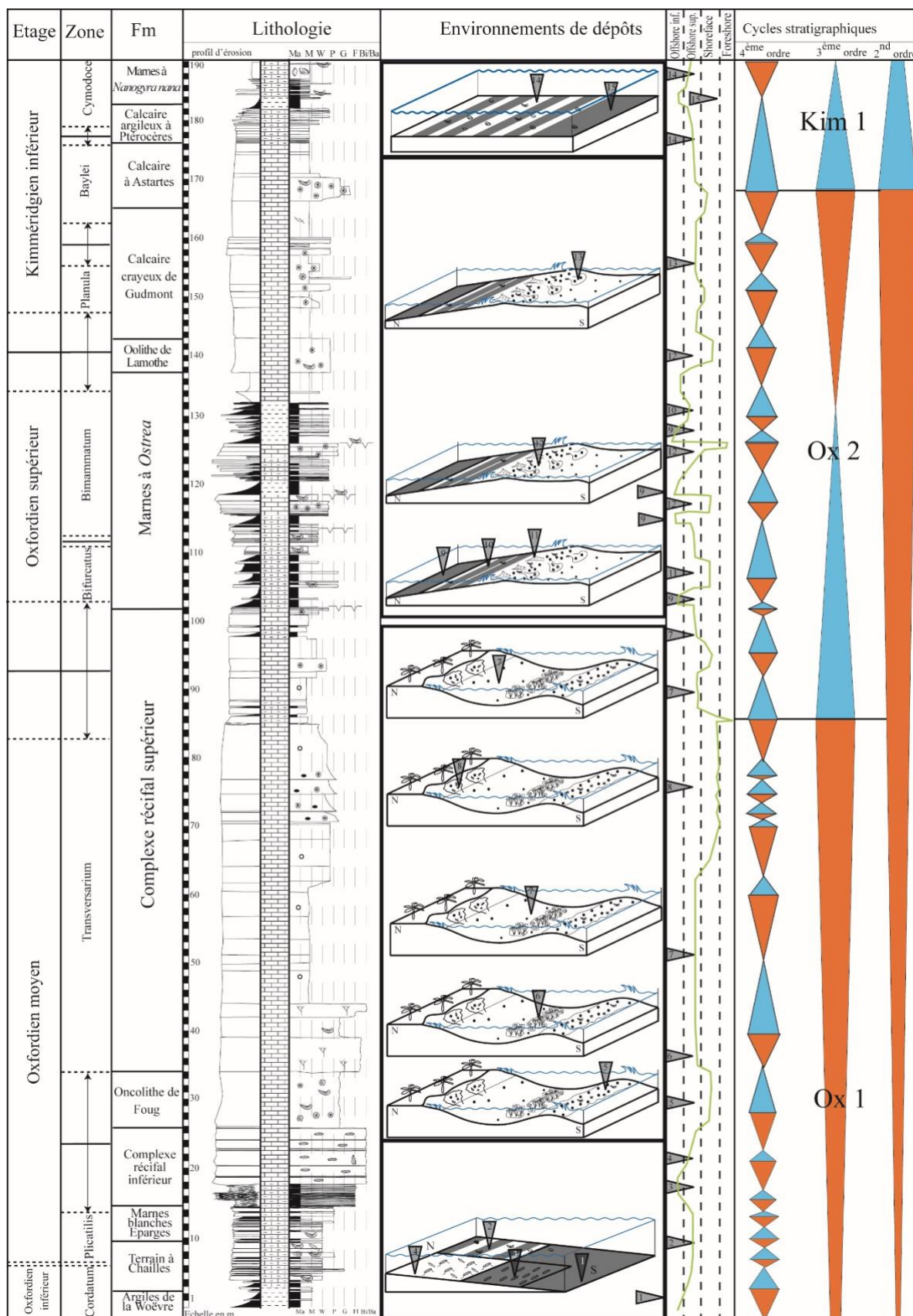


Document II-B-3

Commentez le jeu de données fourni et les résultats obtenus :

Le jeu de données n'est pas homogène puisque certaines valeurs de températures correspondent à une seule mesure isotopique sur une huître tandis que d'autres valeurs de température résultent d'une moyenne sur plusieurs points d'une même huître. Or il est possible de voir une certaine disparité des valeurs isotopiques au sein d'une même huître (variabilité intra-coquille).

Pour autant une tendance nette apparaît avec de haut en bas une augmentation des températures des eaux marines, jusqu'à 27 m, puis une diminution jusqu'à 105 m et une nouvelle augmentation jusqu'au sommet de l'intervalle.



Document II-B-4 Stratigraphie, lithologie et environnements de dépôts pour l'intervalle Oxfordien-Kimméridgien à l'Est du Bassin parisien (Brigaud et al., 2008).

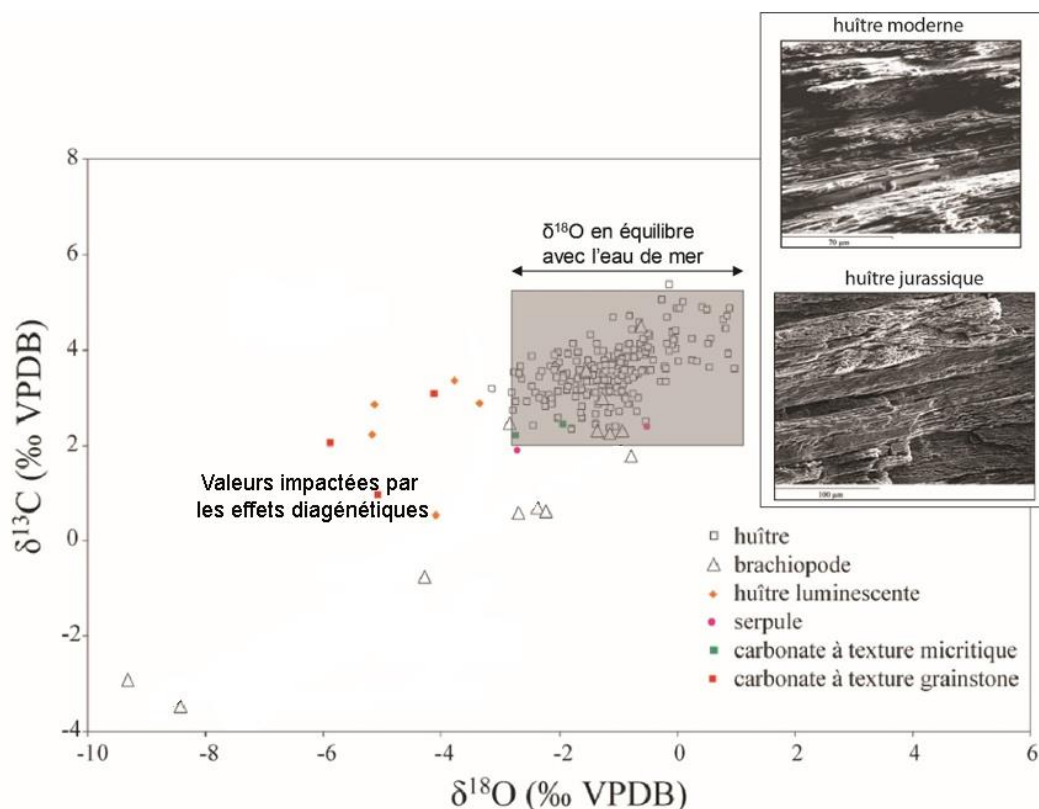
Question II-B-4 Quels pourraient être les impacts des environnements de dépôts (**Document II-B-4**) sur le signal sur la distribution des valeurs de températures obtenues ?

Réponse à la question II-B-4

Les huîtres sont des organismes fixés sur le fond marin, la température de l'eau de mer avec laquelle elles sont en équilibre est donc dépendante de la profondeur et donc des environnements de dépôts.

Il est ainsi normal d'avoir des températures d'eau de mer plus basses pour des bathymétries plus élevées (offshore supérieur) et à l'inverse des températures plus hautes pour les bathymétries les plus faibles (shoreface).

Cette logique n'est toutefois pas toujours vérifiable à partir du jeu de donnée notamment pour le haut de la coupe, ce qui implique que la variation de la tranche d'eau et des environnements de dépôts (variations eustatiques cf doc II-B-4) n'est pas le seul facteur responsable des variations de températures enregistrées dans les coquilles d'huîtres et que la température globale de l'eau de mer a également joué.



Document II-B-5 Impact des contributions de la diagenèse et des effets vitaux sur les données géochimiques ($\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{18}\text{O}$) de différents organismes calcifiés et carbonates de l'est du Bassin parisien (Brigaud et al., 2008).

NOM :

Prénom :

Salle :

Question II-B-5 En quoi la préservation du signal isotopique primaire peut jouer sur les reconstitutions de températures estimées ? Vous vous appuyerez sur le **Document II-B-5** pour répondre à la question.

Réponse à la question II-B-5

Les effets diagénétiques et les circulations de fluides peuvent altérer le signal isotopique primaire enregistré initialement par les coquilles d'organismes calcifiés. Une première vérification consiste à regarder l'état de préservation de la coquille par pétrographie au microscope optique, par cathodoluminescence ou au MEB pour déceler d'éventuelles recristallisations (document II-B-5).

La signature isotopique aura tendance à s'écarter des valeurs attendues et créer une disparité importante des valeurs. Généralement les valeurs isotopiques de l'oxygène tendent à diminuer avec l'augmentation des recristallisations et des échanges entre fluides et calcite au cours de la diagenèse. Dans le même temps les valeurs isotopiques du carbone diminuent également, dans ce cas les valeurs isotopiques ne sont plus en équilibre avec l'eau de mer (cf document II-B-5). Les corrélations fortes entre $d^{13}C$ et $d^{18}O$ peuvent traduire ce genre de phénomène. Ces processus d'altération du signal isotopique vont biaiser les calculs de températures de l'eau de mer notamment en augmentant artificiellement les valeurs de températures. Certains organismes (brachiopodes, serpules) sont plus sensibles aux effets diagénétiques en fonction de leur minéralogie et texture initiale, c'est également le cas des sédiments carbonatés (cf document II-B-5).

Question II-B-6 Reportez les limites d'étages et sous-étages fournies par le **document II-B-4** sur le graphique du **document II-B-3** et concluez quant aux évolutions climatiques pour le Jurassique supérieur dans le Bassin parisien à partir des données de bivalves ? Est-ce que ces données sont cohérentes avec la base de données utilisée par le **document II-B-2** ?

Réponse question II-B-6

Les données stratigraphiques (limites d'étage et sous-étages) peuvent être reportées à partir du document II-B-4 en utilisant les données métriques et les informations biostratigraphiques.

Un réchauffement des températures des eaux marines est visible entre l'Oxfordien inférieur et l'Oxfordien moyen suivi par une diminution des températures à l'Oxfordien supérieur et une nouvelle augmentation des températures au Kimméridgien inférieur.

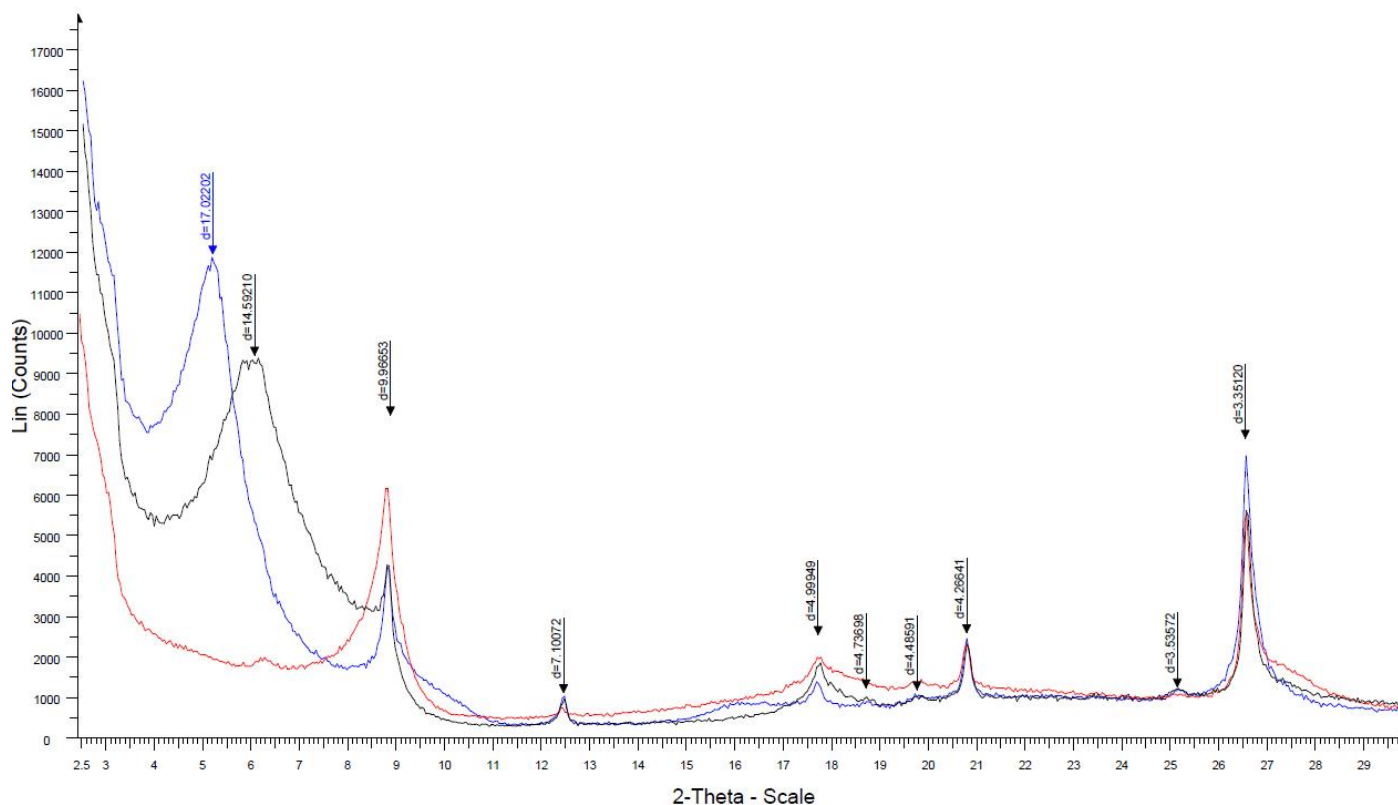
Si on compare ces interprétations aux données globales du document II-B-2 il est possible de voir une bonne correspondance avec les données issues du jeu de bivalves (il faut toutefois préciser qu'une variabilité importante des données d'huître est reportée sur cette synthèse et que les tendances correspondent à des courbes lissées avec une certaine marge d'erreur). La confrontation avec les données de bélemnites est plus complexe, là encore le jeu de donnée important permet de mesurer la grande variabilité des données, mais pour les bélemnites les courbes de tendances ne montrent pas de refroidissement à l'Oxfordien supérieur, seul le réchauffement sur le long terme (Callovien supérieur à Kimméridgien) est observé pour ce groupe fossile.

II-B-7 Utilisation des argiles comme témoin des conditions d'hydrolyse

Les assemblages de minéraux argileux peuvent être utilisés comme indicateur des conditions d'hydrolyse et de précipitations, la kaolinite minéral TO signant des conditions de forte hydrolyse (monosiallisation), la smectite ou l'illite,

minéraux TOT, signant des conditions de plus faible hydrolyse (bisiallisation), spécifiques des climats tempérés ou de climats semi-arides.

Question II-B-7 Interprétez le spectre ci-dessous et estimez approximativement les principaux minéraux argileux présents en vous aidant du tableau du document II-B-7.



Document II-B-6 Diffractogramme de la fraction argileuse (<2 μ m) d'un sédiment du jurassique supérieur (Oxfordien inférieur) de l'Est du Bassin parisien. (Courbe noire=conditions naturelles ; courbe bleue=conditions de saturation à l'éthylène-glycol ; courbe rouge=chauffage à 500°C). L'abscisse correspond aux valeurs 2θ , l'ordonnée à l'intensité (nombre de photons X comptabilisés par unité de temps), les valeurs d au-dessus des pics sont en Å.

NOM :

Prénom :

Salle :

Minéral	Traitement	Valeurs en Å des principales réflexions correspond aux minéraux argileux selon différents traitements			
		d(001)	d(002)	d(003)	d(004)
Kaolinite	N	7,1	3,58	2,33	
	EG	7,1	3,58	2,33	
	500	aucune	aucune	aucune	–
Illite	N	10	5	3,3	2,5
	EG	10	5	3,3	2,5
	500	10	5	3,3	2,5
Chlorite	N	14	7	4,7	3,52
	EG	14	7	4,7	3,52
	500	14	7	4,7	3,52
Smectite	N	14-15		5	
	EG	16-17	8,5	5,5	3,2
	500	10		5	
Vermiculite	N	14			
	EG	14	–	–	–
	500	10			

Document II-B-7 Tableau synthétique indiquant les valeurs de diffraction en Å pour les principaux pics de diffraction des principaux groupes de minéraux argileux (N=conditions naturelles ; EG=saturation éthylène-glycol ; 500=chauffage à 500°C).

Réponse question II-B-7

Le diffractogramme présente plusieurs pics de diffraction qui évoluent en fonction des différents traitements appliqués (saturation EG, chauffage à 500°C).

Le pic principal (intensité la plus forte) est à 14,5 Å, ce pic passe à 17 Å dans les conditions EG et disparaît au chauffage, le pic à 10 Å quant à lui augmente =>smectite

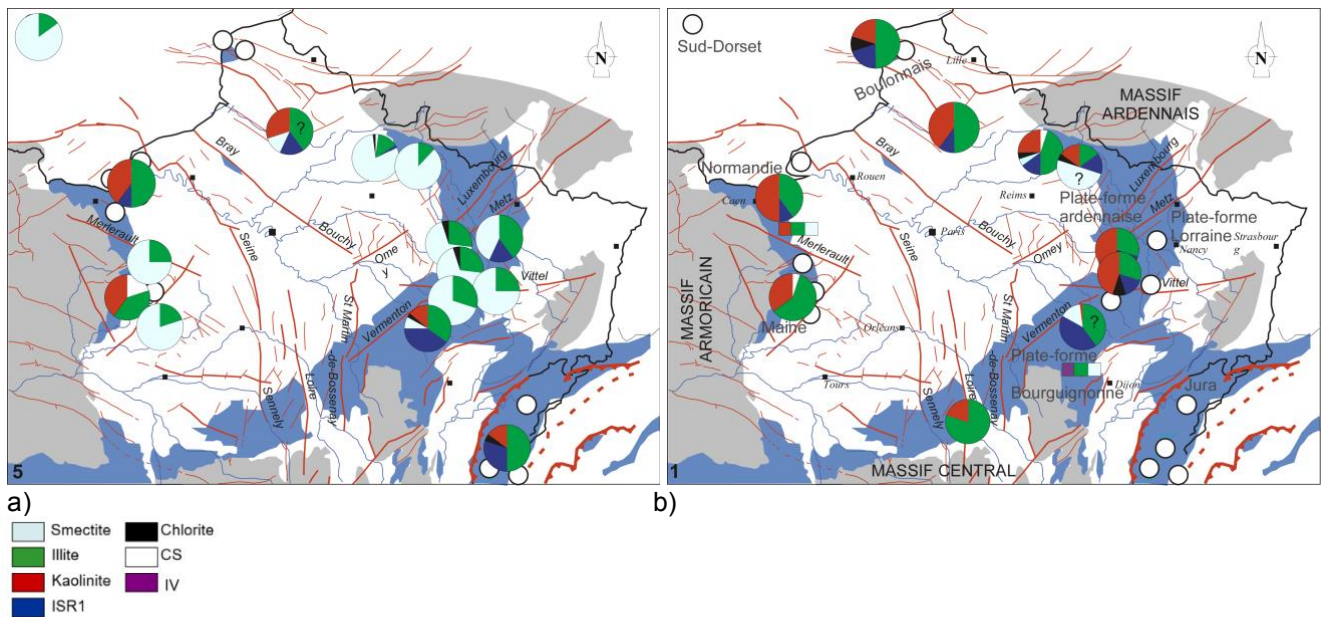
Un deuxième pic important se situe autour de 10 Å et se maintient dans les conditions EG et chauffage, il est associé aux pics à 5 Å et 3,35 Å (harmoniques 002 et 003) =>illite

Un pic à 7,1 Å indique qu'une autre phase est présente. Le pic autour de 14, 4,7 et 3,54 Å indique la présence de chlorite, des traces de kaolinite ne peuvent être exclues (pic à 7,1 et 3,5)

Le pic à 4,26 Å (associé au pic à 3,33 Å) est lié à la présence de quartz (les valeurs de cette phase minérale n'étaient pas précisées dans le tableau)

L'échantillon est donc dominé au niveau des minéraux argileux par de la smectite (~80%), de l'illite (~15%), et un mélange chlorite/kaolinite (~5%) si l'on se base sur les rapports d'intensité des pics principaux à l'EG (17, 10, 7).

Question II-B-8 Les cartes du **document II-B-8** montrent les proportions des minéraux argileux dans le Bassin parisien à la transition Jurassique moyen et supérieur. Proposez une explication de l'évolution des assemblages argileux au cours du temps en lien avec les questions précédentes II-B-1 à II-B-6 ?



Document II-B-8 Cartes de répartition des assemblages argileux au cours du Callovien supérieur/Oxfordien inférieur (a) et de l'Oxfordien moyen (b) dans le Bassin parisien (Pellenard 2003 ; ISR1=interstratifiés illite-smectite riches en illite, CS=interstratifiés chlorite-smectite, IV=interstratifiés illite-vermiculite).

Réponse question II-B-8

Les cartes montrent une évolution notable des assemblages argileux entre l'Oxfordien inférieur et l'Oxfordien moyen : les fortes proportions de smectites observées dans les différents secteurs du BP et sa périphérie (Normandie, Dorset anglais, est BP) sont remplacées à l'Oxfordien moyen par des assemblages plus riches en kaolinite et en interstratifiés IS R1.

Les smectites se forment dans les conditions climatiques où l'hydrolyse est moins poussée que pour la formation de kaolinite qui est caractéristique de lessivage intense en contexte tropical. L'évolution peut ainsi rendre compte d'une évolution climatique passant de climat plus sec (ou tempéré à semi-aride) à des climats plus hydrolysant donc plus humides.

La confrontation avec les données de paléotempératures de l'eau de mer (documents II-B-2 et II-B-3) indique que des climats plus chauds prévalaient pour l'Oxfordien moyen.

Il est donc possible de voir une évolution climatique en terme de température et d'humidité au début du Jurassique supérieur avec le passage d'un climat sec et froid (à tempéré) à la transition Callovien/Oxfordien à un climat plus chaud et hydrolysant à l'Oxfordien moyen (favorable à l'installation de récifs coralliens à l'Oxfordien moyen cf. document II-B-4).

Question II-B-9 Est-ce que des processus autres que climatiques pourraient être envisagés pour expliquer la variabilité des assemblages et leur évolution au cours du temps ?

NOM :

Prénom :

Salle :

Réponse question II-B-9

D'autres facteurs que ceux climatiques peuvent modifier les assemblages argileux des sédiments : diagenèse d'enfouissement, variation des sources d'approvisionnement, érosion plus active en lien avec l'activité tectonique... ces causes sont généralement localisées.

Des variations simultanées sur l'ensemble du bassin pourraient également s'expliquer par la variation du niveau marin dans le bassin. En effet la sédimentation différentielle des argiles s'exprime par un transport plus lointain des particules de smectites par rapport aux particules de kaolinite ou d'illite. Le passage d'un bas niveau marin à un haut niveau marin (transgression) se marque communément par un enrichissement en smectite au détriment de la kaolinite et de l'illite. L'évolution vers davantage de kaolinite à l'Oxfordien moyen pourrait donc signer une phase régressive d'où la nécessité de combiner plusieurs outils (isotopie, stratigraphie séquentielle) pour utiliser correctement les évolutions temporelles des argiles.

II-C Propriétés pétrophysiques et géologie appliquée

Les propriétés pétrophysiques des roches sédimentaires de la couverture du Bassin parisien sont de premières importances pour les applications en géologie que ce soit dans le domaine d'exploitation des géomatériaux, du stockage ou des secteurs de l'énergie. Ces propriétés sont liées d'une part aux sédiments d'origine, à leurs milieux de dépôts ainsi qu'à leur évolution au cours de la diagenèse.

II-C-1 Mesure des teneurs en carbonates

La mesure de la teneur en carbonate peut être approchée par calcimétrie à l'aide d'un calcimètre de Bernard. Le principe est de mesurer un volume de CO₂ dégazé dépendant de la teneur en carbonates d'un sédiment ou d'un sol réduit en poudre, en utilisant de l'acide chlorhydrique dilué (HCl 6N).

Question II-C-1 (expérience à réaliser à l'extérieur de la salle – une durée de 10 min est prévue pour l'expérience intégrant la prise en main du protocole et la mesure ; les calculs et la réflexion seront réalisés en salle).

NB : le protocole de dosage, fourni aux candidats, est indiqué en annexe, à l'issue de ce rapport.

Rappelez la réaction d'attaque produite entre l'acide chlorhydrique et un carbonate de calcium :



NOM :

Prénom :

Salle :

Vous mesurerez ensuite la teneur en calcite du sédiment fourni (préalablement réduit en poudre et pesé) issu des dépôts de la couverture du Bassin parisien. Pour rappel on donnera le principe et les formules suivantes permettant de réaliser la mesure :

S'il est en excès, l'acide chlorhydrique aura pour action sur une mole de CaCO_3 (100g/mol) de libérer une mole de CO_2 (22,4 l soit 22400 ml). Il convient toutefois d'appliquer une correction en fonction de la pression et de la température.

Ainsi on utilise :

$$M = \frac{1,1219 \times V}{273 + T} \quad \% \text{CaCO}_3 = \frac{M}{M_{\text{tot}}} \times 100$$

Avec V= volume mesuré en ml (ou cm^3) ; T = température ambiante (25°C); M_{tot} =masse de sédiment utilisé (ici 0,2g)

Réponse question II-C-1

Valeur mesurée (indiquez le calcul) :

V = 20 ml ; T = 25°C ; M_{tot} = 0,2g

$M = (1.1219 \times 20) / (273 + 25) = 0,075$

$\% \text{CaCO}_3 = 0.075 / 0,2 \times 100 = 38$ (valeurs attendues entre 35 et 40%)

Le reste du sédiment étant majoritairement constitué par des minéraux argileux donnez un nom au sédiment :

Il s'agit d'une marne : argile <33% CaCO_3 – marne (entre 33 et 66% CaCO_3) - calcaire >66% CaCO_3

Quelle(s) amélioration(s) du protocole permettrai(en)t de réduire l'imprécision de la mesure ?

Mesure précise de la température et de la pression ; pour s'en affranchir un échantillon étalon peut être utilisé (calcaire pur par exemple).

La marge d'erreur peut être réduite en répétant plusieurs fois la mesure (triplica) et en moyennant la valeur obtenue

II-C-2 Relation porosité-perméabilité et diagenèse dans le Bassin parisien

Les formations de grès triasiques du Bassin parisien ont été étudiées pour différents aspects de la géologie appliquée, en particulier à partir de forages réalisés dans le centre du Bassin parisien entre 2200 et 2500 mètres de profondeur.

Question II-C-2 A partir des observations pétrographiques du **document II-C-2** issues de ces grès triasiques :

Indiquez la nature de la phase minérale rouge observée par examen en cathodoluminescence :

Il s'agit de dolomite (carbonate magnésien ; Mn = luminescence rouge)

Donnez un nom précis aux grès observés :

Subarkose à ciment dolomitique (>5% feldspaths reconnaissables par leur forme allongé et altéré) pour A1 et matrice dolomitique recristallisée pour B1 et C1

Estimez de façon approximative en pourcentage la porosité pour les 3 échantillons (**Document II-C-2**) :

NOM :

Prénom :

Salle :

A : 25%

B : 5%

C : 10%

Comment pourrait-on quantifier plus précisément cette porosité ?

Après coloration de la porosité (par exemple bleu de méthylène), le traitement de l'image par outils informatique permet de mesurer les macro et mésoporosités. D'autres techniques existent comme la porosimétrie au mercure qui consiste à injecter du mercure après séchage et quantifier la proportion de vide rempli.

Proposez un modèle diagénétique unique pour les 3 échantillons :

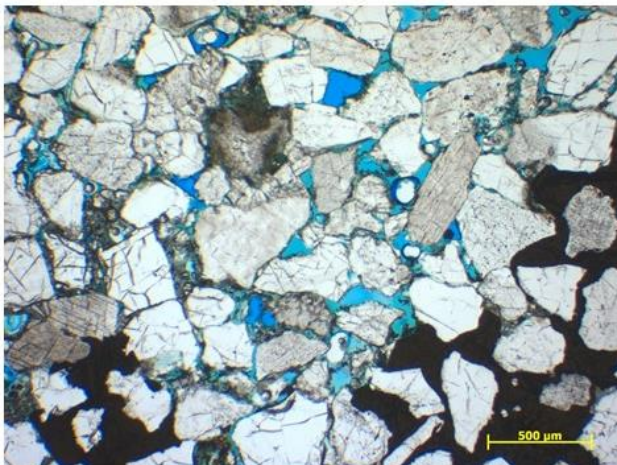
La principale phase minérale diagénétique est la présence de dolomite qui s'exprime sous forme de dolomicrite ou dolomicrosparite dans la matrice recristallisée (couleur rouge vif B2, C2) et de cristaux euhédraux de dolomite baroque de grande taille (200 μm) postérieurs (teinte rouge foncé C2). Une phase de ciment opaque (sidérite ?) apparaît également dans l'échantillon A. Des ciments siliceux sont également observables sur l'échantillon A (auréole de croissance syntaxique) mais l'irrégularité de ce ciment implique qu'il se soit mis en place antérieurement. Le modèle suivant peut être proposé :

Dépôts des grains détritiques sans matrice (A) ou dans une matrice carbonatée dolomitique (B, C) -> recristallisation de la matrice en dolomicrite et dolomicrosparite plus ou moins précocement (B, C) -> cimentation par phase opaque (A) -> cimentation tardive de dolomite baroque liée à des fluides > 60°C (essentiellement C) -> compaction significative en l'absence de cimentation carbonatée (contacts concavo-convexes du grès A)

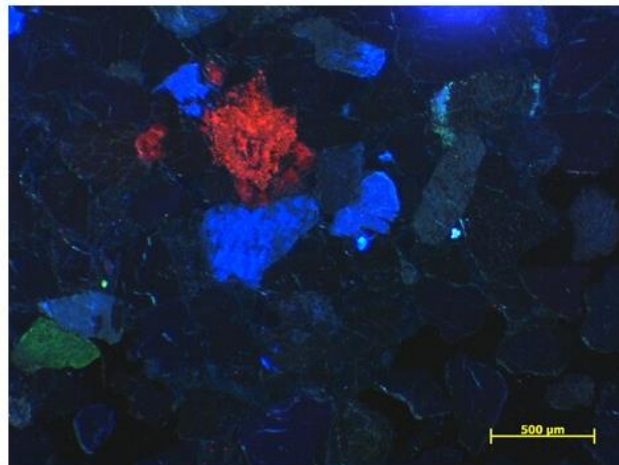
NOM :

Prénom :

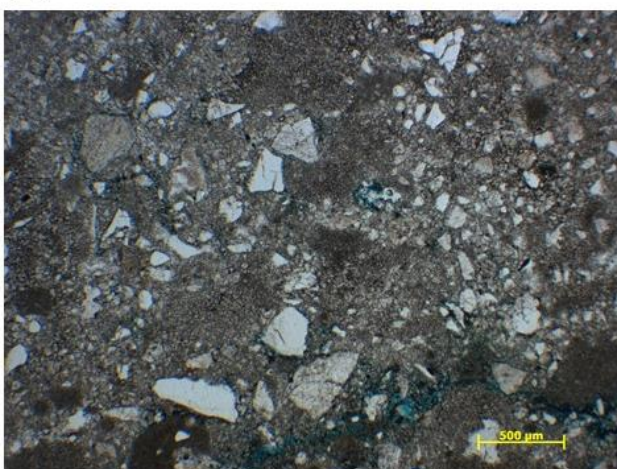
Salle :



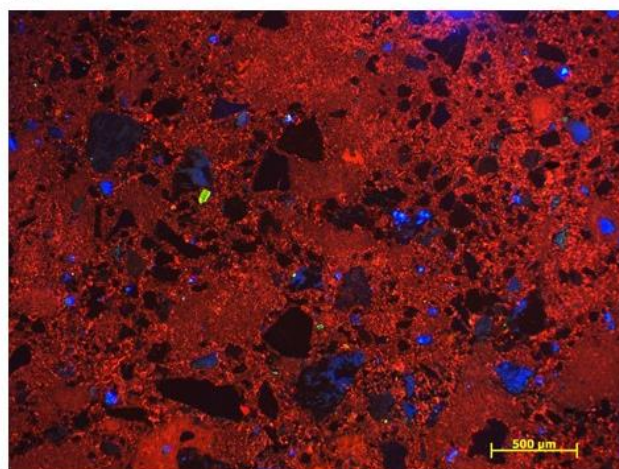
A1



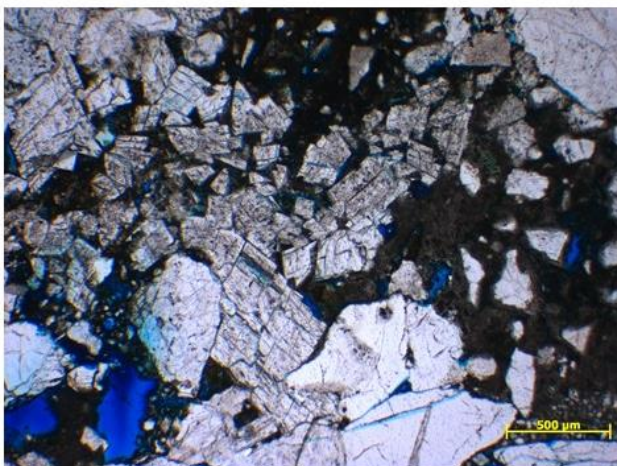
A2



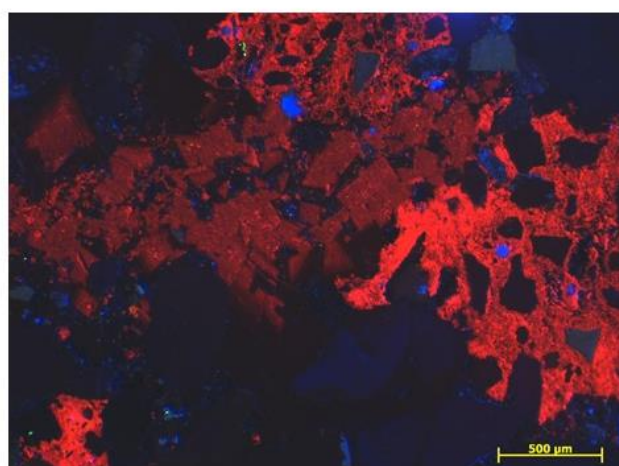
B1



B2

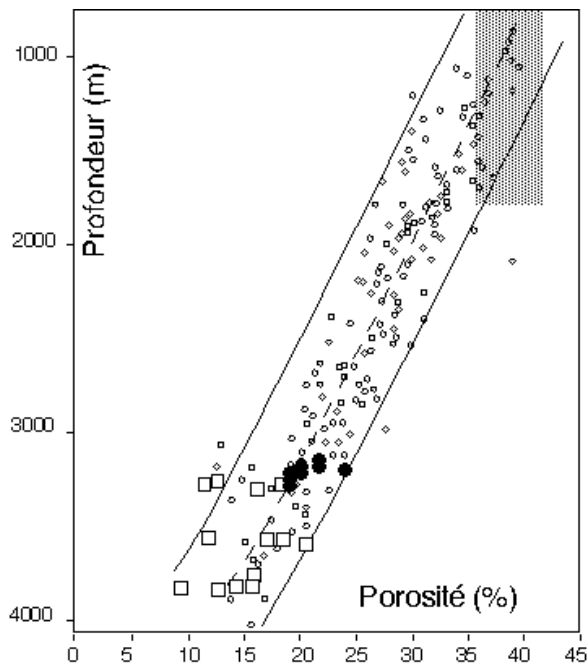


C1

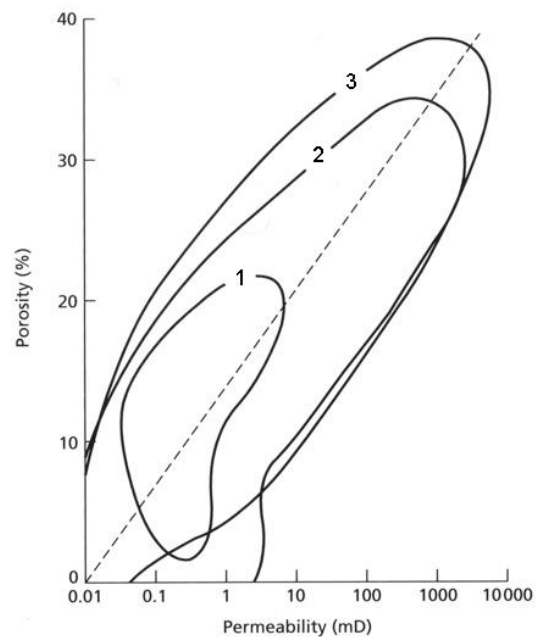


C2

Document II-C-2 Pétrographie de 3 échantillons de grès (A, B, C) issus d'une même formation du Trias inférieur du Bassin parisien ; observations en LPNA (A1, B1, C1) et en cathodoluminescence (A2, B2, C2). Les quartz et feldspaths apparaissent bleus ou verts en cathodoluminescence. La proportion de Mn, activateur de luminescence, donne une coloration jaune à noire pour la calcite, alors que la présence de Mg donne une couleur rouge. La porosité est colorée en bleu en LPNA suite à un traitement au bleu de méthylène.



A



B

Document II-C-3 Evolution de la porosité en profondeur pour différents grès pris dans différents contextes (A) ; relation porosité-perméabilité pour différents grès de référence mondiaux notés 1, 2, 3 (B).

Question II-C-3

Est-ce que les données du **document II-C-3** sont cohérentes avec les valeurs estimées de porosité en pétrographie? Donnez une explication :

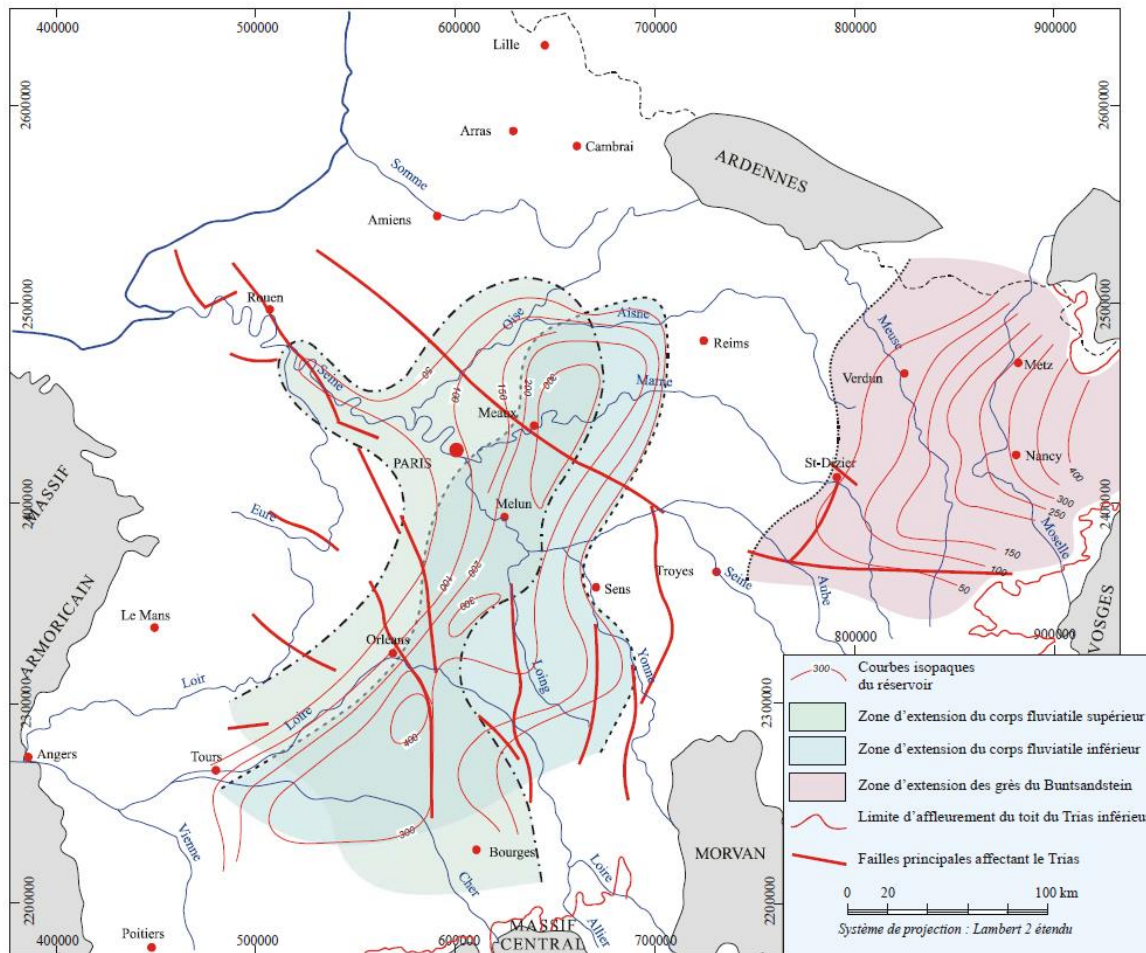
L'échantillon A non cimenté présente des valeurs de porosité conformes à celles attendues (25% autour de 2500m). Les échantillons B et C présentent une cimentation dolomitique qui résulte vraisemblablement de la transformation de la matrice originelle carbonatée et de phases dolomitiques plus tardives. Cela a contribué à diminuer drastiquement la porosité (5%).

Concluez sur les propriétés porosité-perméabilité des grès triasiques du Bassin parisien:

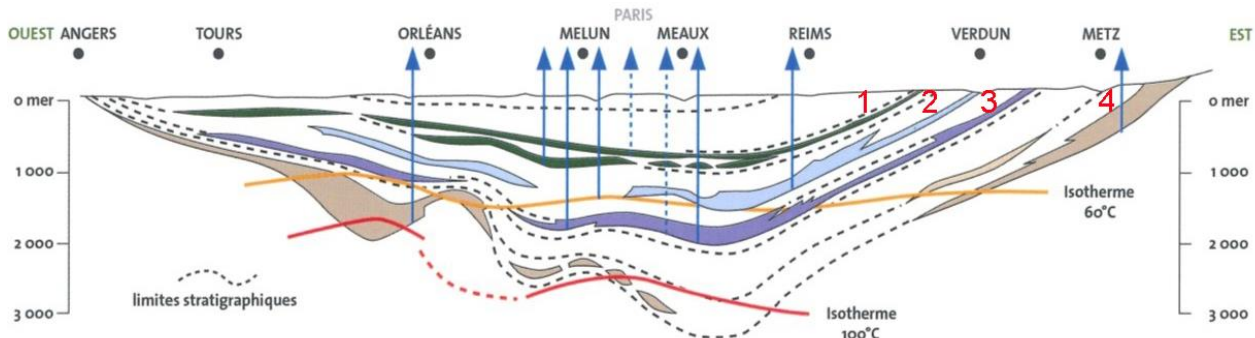
Les évolutions de porosité/perméabilité de Trias du Bassin parisien ne suivent pas les modèles classiquement utilisés pour les grès (document II-C-3). La porosité est affectée par des cimentations dolomitiques contrastées qui résultent de l'environnement de dépôt et des conditions de sédimentation initiaux (présence de boue carbonatée) et des migrations de fluides tardives au cours de la diagenèse d'enfouissement. Toutefois si la porosité est largement affectée pour les zones cimentées, la porosité résiduelle (macro et mésoporosité) permet à la roche de conserver des paramètres de perméabilité intéressant d'autant plus que les cimentations siliceuses ou argileuses restent faibles ou sont absentes lorsque la dolomite n'est pas présente (grès A).

II-C-4 Aquifères et géothermie dans le Bassin parisien

Utilisation des aquifères pour les applications en géothermie et détermination de quelques paramètres du potentiel géothermique pour le Trias du Bassin parisien. Les figures des **documents II-C-4 et II-C-5** donnent des informations sur différents réservoirs du Bassin parisien.



Document II-C-4 Carte d'extension et d'épaisseur des différents réservoirs du Trias dans le Bassin parisien (d'après Housse & Maguet 1976).



Document II-C-5 Coupe géologique du Bassin parisien montrant les différents réservoirs et aquifères et leurs géométries. Les isothermes sont reportées pour les applications en géothermie profonde (1 : sable de l'Albien, 2 : calcaire oolithique et récifal Oxfordien du « Lusitanien », 3 : calcaire oolithique et bioclastique du Dogger, 4 : grès du Trias, source BRGM).

NOM :

Prénom :

Salle :

Question II-C-4 A partir des documents fournis, comment pourriez-vous estimer le volume du réservoir triasique ?

Réponse question II-C-4

La carte du document II-C-4 donne l'extension géographique des 3 principaux réservoirs triasiques avec des courbes d'isopaque, un volume approché du réservoir triasique peut donc être estimé en sommant le volume des 2 principaux réservoirs (Grès du Buntsandstein et corps fluviatiles) dont les isopaques sont fournies : $l \times L \times e$

Une valeur minimale et maximale peut être calculée pour prendre en compte les variations d'épaisseur ou bien il est possible de prendre une épaisseur moyenne pour estimer grossièrement un volume approximatif (ex $100 \text{ km} \times 100 \text{ km} \times 200 \text{ m} = 2000 \text{ km}^3$ pour le réservoir des Grès du Buntsandstein).

Question II-C-5 Expliquez les variations de géométrie du réservoir triasique. Pourquoi de telles variations sont différentes pour les réservoirs carbonatés (Dogger, « Lusitanien ») ?

Réponse question II-C-5

Le réservoir triasique n'est pas homogène mais se compose de différents réservoirs (cf documents II-C-4 et II-C-5) d'âge différents (Buntsandstein à l'est en Lorraine à Keuper à l'ouest : corps fluviatile inférieur et supérieur). Les propriétés de ces réservoirs sont variables et sont conditionnées par les conditions et milieux de dépôts. Il s'agit principalement de grès avec intercalation d'intervalle argileux résultant d'une sédimentation sableuse et argileuse en contexte continental (milieux de dépôts fluviatiles, plaines alluviales, fluvio-deltaïque). Certaines formations (corps fluviatile inférieur et supérieur) du Keuper passent latéralement à des calcaires ce qui explique par exemple qu'on ne retrouve plus de réservoirs gréseux du même âge à l'est. De la même façon le réservoir du Buntsandstein constitue un prisme qui disparaît latéralement en direction du centre du BP. Les variations de géométrie « du » réservoir triasique sont donc imputables aux environnements des dépôts continentaux très variables latéralement, conditionnés par les géométries sous-jacentes (bassins permo-triasiques) et aux variations eustatiques. Les corps sableux du Trias sont rarement continus et connectés entre eux (intercalation de bancs argileux), ce n'est pas le cas pour les dépôts carbonatés marin du Dogger ou des calcaires oolithiques oxfordiens du Lusitanien qui évoluent moins rapidement latéralement de par la nature même des environnements de dépôts et du contexte sédimentaire marin et présenteront des propriétés pétrophysiques relativement homogènes.

Question II-C-6 Calculez le gradient géothermique à l'aplomb d'Orléans et de Reims. Quelles conclusions pouvez-vous faire ?

Réponse question II-C-6

Orléans : la base du réservoir triasique franchi l'isotherme 100° C à environ 2000m le gradient est de $50^\circ/\text{km}$

Reims : la base du réservoir triasique franchi l'isotherme 100° C à environ 3000m le gradient est de $33^\circ/\text{km}$

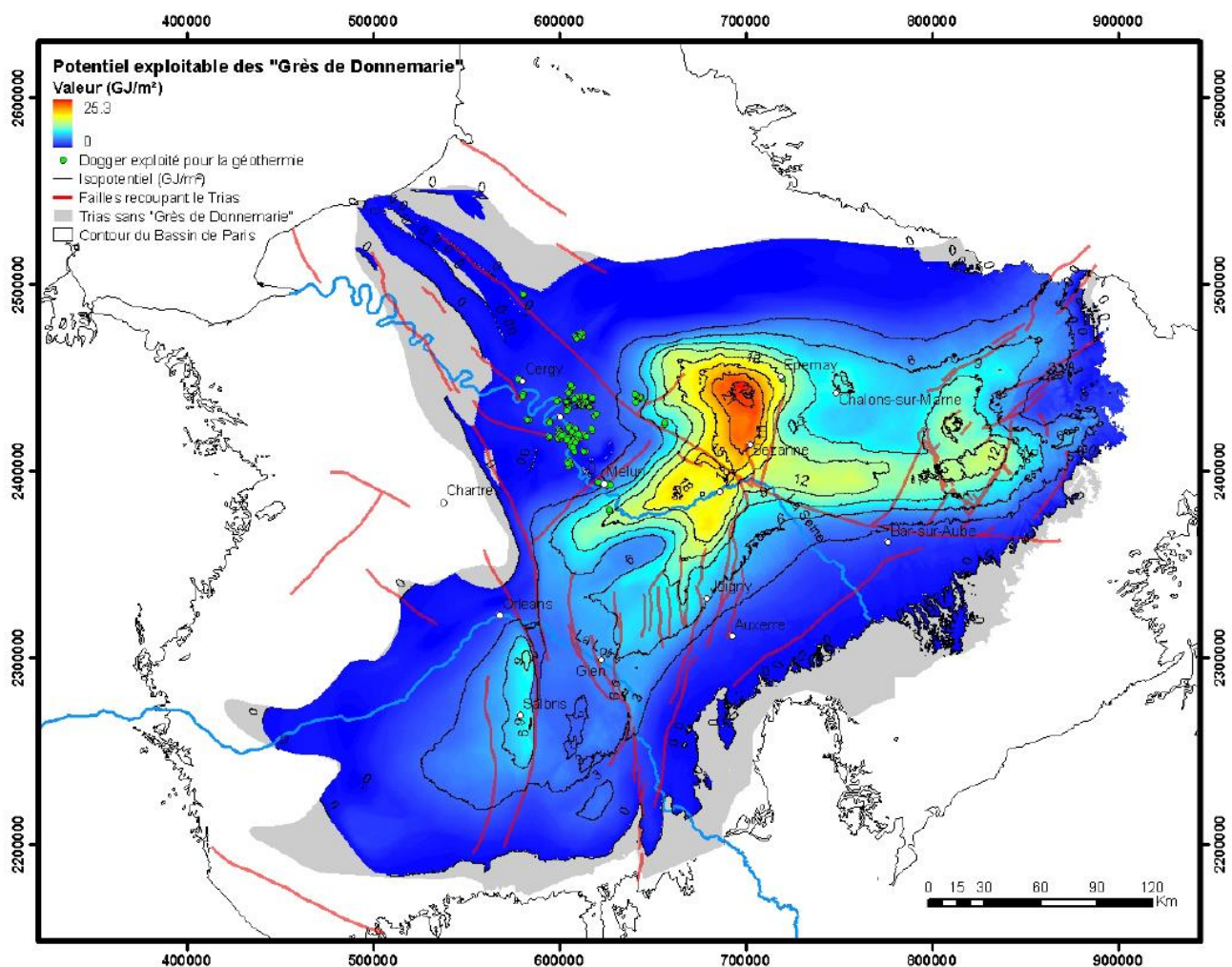
Le gradient géothermique normal d'une croûte continentale en surface est d'environ $30^\circ/\text{km}$ ce qui est le cas dans le bassin de Paris au niveau de Reims. Le gradient géothermique au droit d'Orléans est anormalement élevé ce qui montre la variabilité de ce gradient à l'échelle du BP et suggère ici un meilleur potentiel géothermique pour le réservoir triasique au niveau d'Orléans.

Question II-C-7 Rappelez quels sont les paramètres importants définissant le potentiel géothermique et commentez le document II-C-6.

Réponse question II-C-7

Le potentiel géothermique s'exprime en GJ/m^2 , il correspond à la chaleur exploitable des réservoirs incluant les données géométriques (profondeur, épaisseur du réservoir) et thermiques. Il dépend donc des caractéristiques de l'aquifère (architecture sédimentaire et structurale, nature de la roche, données pétrophysiques) mais également des technologies utilisées pour récupérer la chaleur (doublets, puit unique avec rejet en surface...) et résulte d'un calcul complexe.

La carte du document II-C-6 montre une grande variabilité du potentiel géothermique du réservoir des grès de Donnemarie qui montre les meilleures performances en Brie-Champagne (valeurs $>18 \text{ GJ/m}^2$) alors que les valeurs entre Melun Cergy et Pontoise, en dessous des aquifères du Dogger exploités pour la géothermie sont faibles ($<5 \text{ GJ/m}^2$). Cela s'explique par les relations intéressantes pour ce réservoir profondeurs – épaisseur – température en Brie-Champagne (Les épaisseurs de cette unité du Trias sont en effet importantes dans ce secteur couplé à des températures de 100° à $2500\text{-}3000 \text{ m}$).



Document II-C-6 Carte du potentiel géothermique des Grès de Donnemarie (Trias supérieur) souligné par des isopotentiels à un pas de 3 GJ/m^2 (source BRGM).

NOM :

Prénom :

Salle :

Question II-C-8 Actuellement les ressources géothermiques du centre du Bassin parisien sont essentiellement utilisées dans les réservoirs carbonatés du Jurassique. Concluez sur le potentiel géothermique futur des réservoirs triasiques du centre et de l'est du Bassin parisien?

Réponse question II-C-8

La géothermie à partir des réservoirs triasiques du BP pourrait être un complément intéressant à l'exploitation géothermale des réservoirs carbonatés comme l'indique l'exemple potentiel géothermique du réservoir des grès de Donnemarie (document II-C-6). Plusieurs limites peuvent cependant être discutées :

- hétérogénéités et multiplicité des réservoirs, il n'y a pas un réservoir mais des réservoirs gréseux (non connectés) du Trias (doc II-C-4)
- l'absence de continuité des réservoirs et leur modélisation plus complexe (doc II-5-C)
- des propriétés pétrophysiques (porosité/perméabilité) qui peuvent fortement varier (argilosité, cimentation/dissolution différentielle cf doc II-C-2)

NOM :

Prénom :

Salle :

Partie III : Etude pétrologique, structurale d'une bordure du Bassin parisien : les Vosges centrales et méridionales

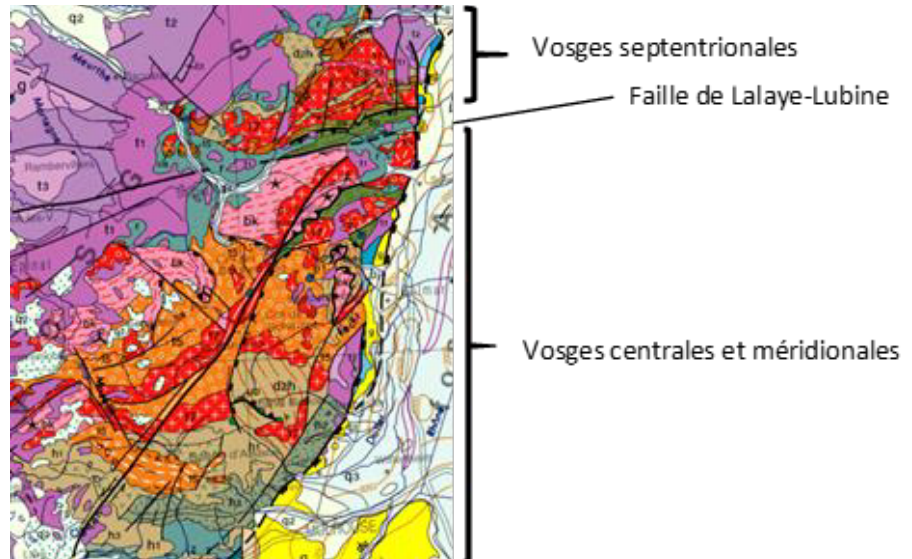
Le **document III-A** ci-dessous est un extrait de la carte géologique de la France au 1/1 000 000^{ème} centré sur les Vosges où sont délimités trois secteurs.

Le Massif des Vosges est divisé en deux parties par la faille de Lalaye-Lubine : les Vosges septentrionales et les Vosges centrales (métamorphiques et magmatiques) d'une part et méridionales (essentiellement sédimentaires), d'autre part.

Document III-A

Extrait de la carte géologique de France au millionième

Vous utiliserez la carte de France originale fournie et non cet extrait pour répondre à la question suivante



Question III-A - À partir de l'exploitation de la carte de France au 1/ 1 000 000^{ème} et de sa légende, reconstituez brèvement les principales étapes de l'histoire géologique des terrains anté-triasiques des **Vosges centrales et méridionales**.

Réponse question III-A

La question demandait le repérage des « principales étapes » de l'histoire géologique du secteur et la réponse devait montrer l'aptitude à exploiter la partie de la légende de la carte de France au millionième consacrée aux terrains métamorphiques et plutoniques et un esprit de synthèse (inutile et contre-productif de détailler à l'excès les interprétations).

(i) mise en place d'une série sédimentaire à la fin du précambrien et au Cambrien (« bk »)

(ii) érosion (en tout cas, lacune de sédimentation de l'Ordovicien « o » et du Silurien « s »)

(iii) dépôt d'une série sédimentaire au Dévonien et au Carbonifère

(iv) Métamorphisme/plutonisme/tectonique :

- au Sud, des terrains dévoniens et carbonifères « d2h », dans le faciès schistes verts, au mésovarisque

- au Nord-Ouest des Vosges centrales, des terrains briovériens et cambriens « bk » dans le faciès amphibolite, localement anatectique, au néovarisque.

Plutonisme : au Carbonifère, intrusions de granites en contexte de collision « 15 », « 17 ». Ces granites ne sont pas métamorphisés mais comme ils sont décrits comme étant des granitoïdes alumineux, ils seraient issus de la fusion de la croûte continentale, dans la continuité du métamorphisme (processus d'anatexie).

- Les événements varisques sont associés au développement d'accidents tectoniques, recouverts par les dépôts mésozoïques. Certains sont des chevauchements.

(v) érosion

(vi) dépôt d'une série sédimentaire mésozoïque (« t », « j ») – bordure du Bassin de Paris.

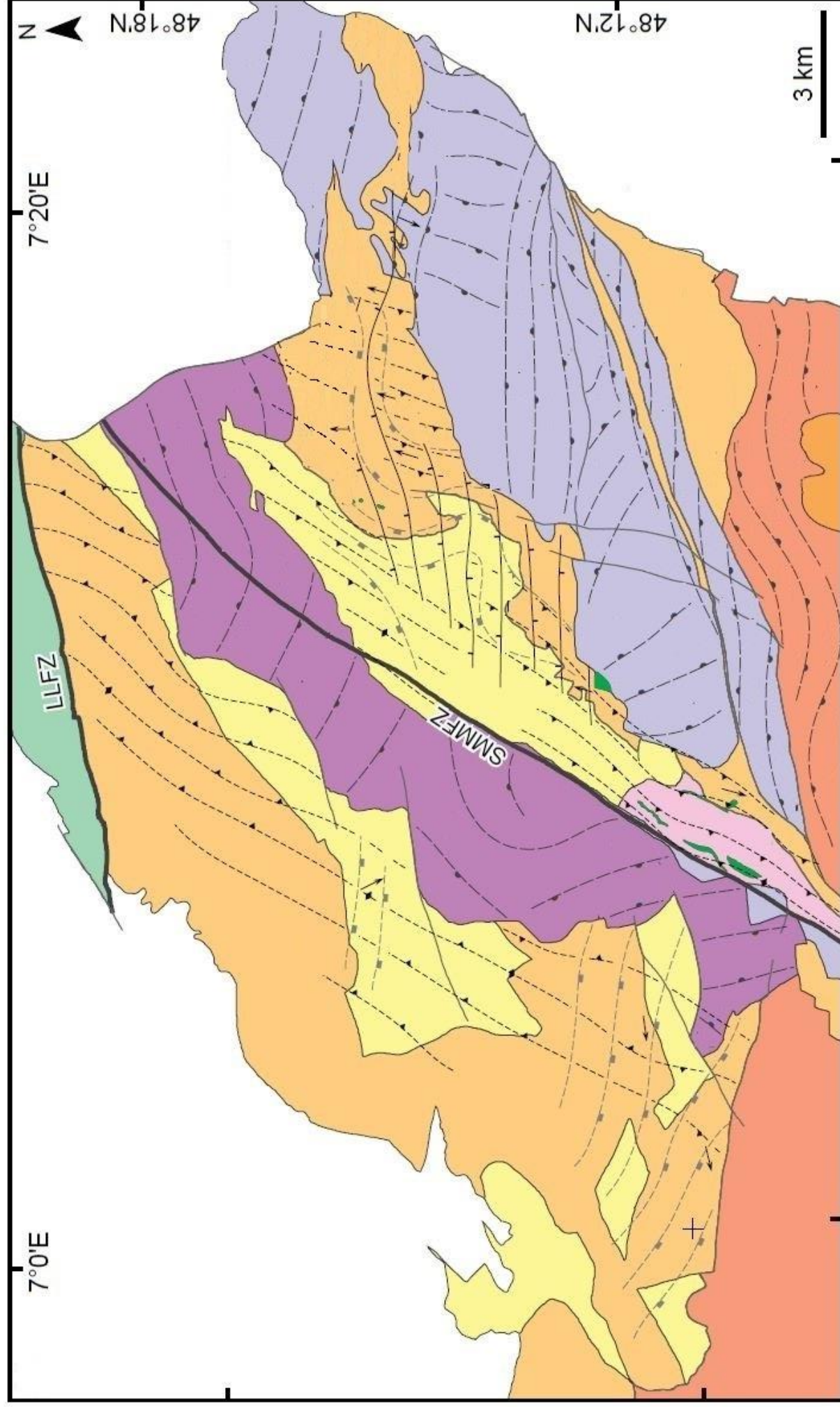
(vii) Jeu (rejeu ?) d'une faille de direction NNE-SSW, interprétée comme normale, en lien probablement avec le régime extensif responsable de la formation du fossé rhénan.

NOM :

Prénom : Salle :

III-B Données structurales sur les Vosges centrales

Le document III-B-1 est une carte structurale des Vosges centrales (d'après Skrzypek, 2011).



NOM :

Prénom :

Salle :

LÉGENDE

Lithologie

UNITES METAMORPHIQUES

unité des gneiss monotones

unité des gneiss variés

unité des granulites

roches ultramafiques

UNITES MAGMATIQUES

Granitoïde "Mg-K"

leucogranite

Structures

S1

S2

→ axe des plis P2

foliation magnétique

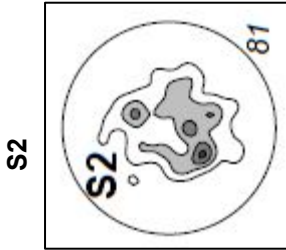
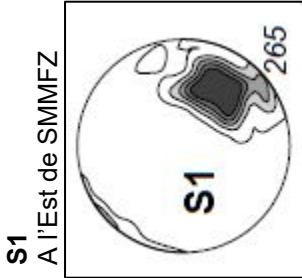
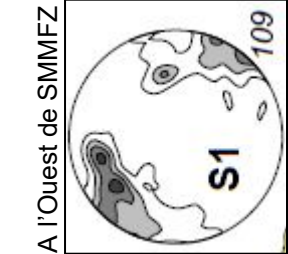
SMMFZ

= zone de fracture de Sainte Marie aux Mines (SMM)

LLFZ

= zone de fracture de Lalaye-Lubine (LL)

Projections stéréographiques des foliations S1 et S2 : il s'agit de projections équatoriales des normales aux plans de foliation avec le pôle de projection au zénith. Les nombres indiqués auprès des stéréogrammes sont les nombres de mesures effectuées.



NOM :

Prénom :

Salle :

Les **légendes structurales** font mention :

- d'une foliation **S1**, d'une foliation **S2** associée à des plis **P2**.
- de **foliations magnétiques**.

Question III-B-1 Réalisez ci-dessous un croquis légendé et commenté d'affleurement théorique où apparaissent les structures **S1**, **S2** et **P2**.

Réponse question III-B-1

CROQUIS LÉGENDE

On attendait un croquis théorique de la superposition de structures, classique dans un terrain métamorphique ayant subi la succession de plusieurs épisodes tectono-métamorphiques

SIGNIFICATION DES NOTATIONS « S1 », « S2 », « P2 »

« S1 » : plans de schistosité/foliation associés à un premier épisode tectono-métamorphique

« S2 » et « P2 » : schistosité/foliation associée à des plis, postérieurs au premier épisode tectono-métamorphique. Les plis « P2 » affectent donc la schistosité/foliation « S1 ».

Question III-B-2 A partir de l'analyse de la distribution spatiale des foliations S1 et S2 dans le document II-B-1, proposez une interprétation structurale du secteur cartographié. Comment l'apparition de la faille SMM peut s'intégrer dans l'histoire tectonique du secteur ?

Réponse question III-B-2

Analyse de la distribution spatiale des foliations S1 et S2

Les unités métamorphiques des Vosges Centrales montre la superposition de deux principales structures :

- la foliation S1 (la plus ancienne) se développe dans toutes les unités La direction est N-S à NE-SW, le pendage est subvertical –vers le NW dans la partie orientale de la carte et vers le SE dans la partie occidentale, ayant donc une structure en éventail d'Ouest en Est. Localement, la foliation subverticale supporte une linéation N-S (mais on ne nous indique ni le pendage ni la nature de cette linéation, que l'on supposera de nature minérale)
- La foliation S1 est localement plissée par une phase de déformation P2, associée au développement d'une fabrique planaire (foliation) S2 subhorizontale (direction W-E à l'Ouest et direction NE-SW à l'Est).

Intégration de la faille SMM dans l'histoire tectonique

La faille SMM de direction NE-SW sépare le socle des Vosges centrales en deux domaines distincts :

- la composante gneissique du socle est la même de part et d'autre de la faille (« gneiss variés », « gneiss monotones », « granulites »), tous affectés de la même façon par la foliation régionale S1. En revanche, l'empreinte tectonique due au 2^e épisode tectonique est contrastée (directions et intensités variables de S2 entre les domaines Ouest et Est)
- la composante granitique est en revanche contrastée dans les deux formations :granitiques , tant par leur nature (granites « Mg-K » à l'ouest, leucogranites à l'Est) que par leur structure (cf. réponse à la question suivante).

La faille SMM, recoupe toutes ces lithologies, donc est postérieure à l'ensemble de ces terrains. Elle ne semble pas affecter (à l'échelle de la carte) la fabrique des terrains donc on ne peut déterminer si elle s'est mise en place en contexte fragile ou ductile.

Question III-B-3 Expliquez ce que représente la notion de « **foliation magnétique** » et interprétez sa distribution spatiale dans les terrains concernés (document III-B-1).

NOM :

Prénom :

Salle :

Réponse question III-B-3

Les microfabriques planaires des roches plutoniques - fluidalités dues à l'écoulement du magma, ou foliations d'origine tectonique - ne sont pas aussi nettes que les foliations dans les terrains métamorphiques. Les mesures à l'œil nu, *in situ*, de l'orientation de ces fabriques est souvent impossible. La technique de l'anisotropie de la susceptibilité magnétique est la mieux adaptée pour déterminer ces anisotropies planaires à l'échelle régionale, appelées ici « foliations magnétiques ».

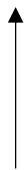
La méthode s'applique aussi aux roches métamorphiques, en complément de l'analyse microstructurale classique.

Les « foliations magnétiques » sont présentes de façon pénétrative dans les ensembles plutoniques (« granitoïdes Mg-K » et « leucogranites ») et plus localement dans les unités métamorphiques (« gneiss variés », « gneiss monotones »). Leur orientation n'est pas concordante avec la foliation régionale S1

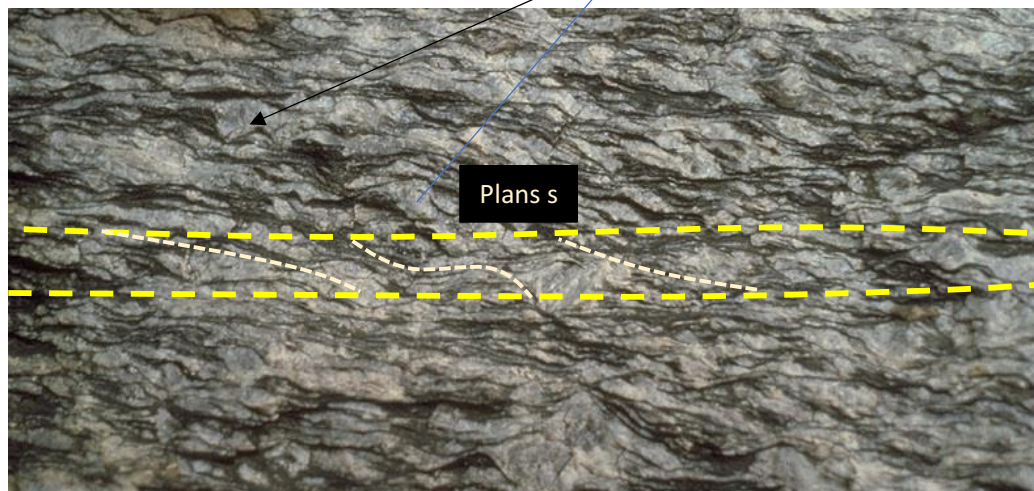
III-B-4 - Les gneiss au contact de la faille de Sainte Marie aux Mines présentent un aspect similaire à celui des gneiss photographiés ci-dessous (**document III-B-2**)

Décalquez les principales structures tectoniques visibles et **légendez-les** (calque fourni à la demande).
Décalquez les principales structures tectoniques visibles et **légendez-les** (calque fourni à la demande).

NW



Porphyroclastes ou cristaux antéfoliaux (feldspaths probablement)



Document III-B-2

Photographie d'affleurement présentant des structures similaires à celles présentes dans les gneiss au contact de la faille SMM.

Question III-B-4 En tenant compte de l'orientation du cliché précédent, et sachant que la photographie a été faite sur un plan horizontal, précisez les informations qu'apportent cette observation sur la **nature de la faille SMM**. En quoi cette réponse complète celle à la question III-B-2 ?

Réponse question III-B-4

NOM :

Prénom :

Salle :

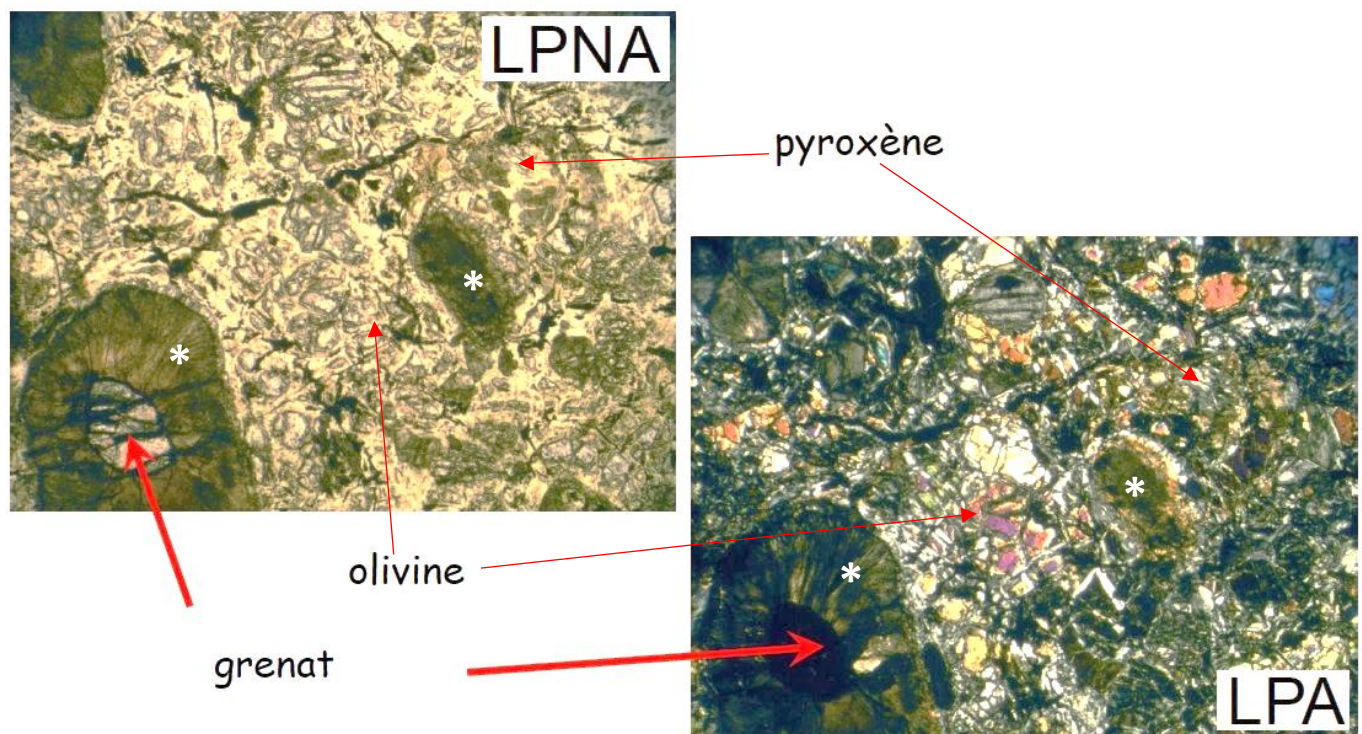
Les plans c-s indiquent un jeu décrochant sénestre.

Il est possible que cette empreinte tectonique soit liée au jeu de la faille SMM puisque l'orientation du cliché indique que les plans « c » pourraient être parallèles à l'accident, qui met en contact les granitoïdes Mg-K avec les gneiss. La faille serait donc ductile, et son activité décrochante sénestre n'aurait pas eu lieu en conditions de surface. La juxtaposition des unités se serait opérée dans le cadre de l'évolution tectonométamorphique de cette portion de croûte.

III-C – Étude pétrologique des gneiss granulitiques et de leurs enclaves

III-C-1 – Les roches en inclusion dans l'unité granulitique (d'après Delangle, *Terrae Genesis*)

Dans l'unité métamorphique des granulites (cf. **document III-B-1** pour son repérage) on a recensé 17 affleurements lenticulaires, à bords nets, métriques à kilométriques, d'une roche à texture grenue, dont une observation microscopique caractéristique est présentée dans le **document III-C-1a** ci-dessous.



Document III-C-1a – photographies de secteurs représentatifs d'une lame mince de roche en enclave dans l'unité granulitique. Les secteurs affectés d'un astérisque blanc * sont des assemblages kelyphitiques, indiscernables à cette échelle, d'orthopyroxènes, clinopyroxènes, amphiboles et spinelles.

Le reste de la composition minérale est constitué de serpentines et de carbonates.

Barre d'échelle : — 1 mm

NOM :

Prénom :

Salle :

Question III-C-1a A partir des informations précédentes, précisez la nature de la roche constituant les enclaves présentes dans l'unité granulitique.

Réponse question III-C-1a

Il s'agit d'une roche à texture grenue, contenant majoritairement olivine et pyroxène : il s'agit d'une péridotite. La péridotite est rétrotransformée en deux étapes :

- * couronnes de microcristaux de opx, cpx, amphiboles, spinelles
- * serpentines et carbonates (dans les microfractures et entre les autres cristaux)

Les compositions des minéraux visibles sur le **document III-C-1b** ont été mesurées à l'aide d'une microsonde électronique.

La composition en aluminium du cœur des orthopyroxènes constitue un géobaromètre et son utilisation a fourni une pression de l'ordre de :

- 6,1 GPa à partir de l'analyse du cœur des phénocristaux d'orthopyroxène
- 1,0 GPa à partir de l'analyse des orthopyroxènes présents dans les assemblages (*) du **document IV-C-1-b**

Connaissant cette pression, il est possible de calculer la température à l'aide d'un géothermomètre fondé sur la composition en calcium du cœur des orthopyroxènes.

Ce géothermomètre, établi par Brey et Köhler en 1990, est fondé sur la formule suivante :

$$T = \frac{6425 + 26,4 \times P}{-\ln(Ca^{opx}) + 1,843} \quad \text{avec } T \text{ en K et } P \text{ en GPa}$$

Ca^{opx} = quantité de cations Ca^{2+} dans la formule structurale de l'orthopyroxène analysé (calculée pour 6 oxygènes).

On vous fournit ci-dessous les analyses chimiques du cœur d'un phénocristal d'orthopyroxène et d'un orthopyroxène d'un assemblage *. Les analyses sont fournies en pourcentages pondéraux d'oxydes obtenus par microsonde électronique. Vous disposez également des masses molaires des atomes analysés.

NOM :

Prénom :

Salle :

Analyses chimiques en pourcentages pondéraux atomes analysés

	Orthopyroxène (cœur de phénocristal)	Orthopyroxène de l'assemblage *
SiO ₂	58,381	55,568
Al ₂ O ₃	0,229	3,977
Cr ₂ O ₃	0,100	0,350
FeO	5,682	6,646
MnO	0,128	0,128
MgO	35,279	34,555
CaO	1,090	0,340
total	100,889	101,564

Masses molaires des

	Masse molaire (en g.mol ⁻¹)
Si	28.086
Al	26.981
Cr	51.996
Fe	55.845
Mn	54.938
Mg	24.305
Ca	40.078
O	15.999

Question III-C-1-b – Après avoir justifié pourquoi la formule structurale d'un orthopyroxène est ramenée à 6 oxygènes, calculez la quantité de calcium dans les formules structurales des deux orthopyroxènes analysés.

Réponse question III-C-1b

JUSTIFICATION DU CALCUL DE LA FORMULE STRUCTURALE POUR 6 OXYGÈNES

L'orthopyroxène est un inosilicate : le polyèdre de coordination est un tétraèdre de 4 oxygènes centrés sur un atome de silicium, et deux oxygènes sur 4 sont pontants : la formule structurale du tétraèdre de base contient donc $2 + 2 \times 0.5$ oxygènes soit 3 oxygènes. L'excédent de charges négatives ($3 \times 2^- = 6^-$) est compensé par des cations.

Il est classique de considérer le motif structural comme étant constitué de deux tétraèdres adjacents : la formule est ainsi ramenée à 6 oxygènes.

ÉTAPES DU CALCUL DE LA QUANTITÉ DE CALCIUM DANS LES FORMULES STRUCTURALES DES DEUX ORTHOPYROXÈNES ANALYSÉS

Attention : tous les résultats intermédiaires seront présentés avec trois chiffres derrière la virgule.

Vous démontrerez que les quantités de calcium dans les formules structurales des deux orthopyroxènes sont égales à 0,039 (opx cœur) et 0,012 (opx *).

Si vous ne parvenez pas à obtenir ces résultats, utilisez-les pour aborder les questions suivantes.

Il suffit de diviser le pourcentage pondéral de chaque oxyde par sa masse molaire (qu'il faut donc calculer puisqu'on ne nous fournit que la masse molaire des atomes).

Dans le cas des oxydes de stœchiométrie différente de 1:1, il faut multiplier le résultat obtenu par un facteur correctif (ex : pour Al₂O₃, il faut multiplier le résultat par 2).

	Masse molaire de l'oxyde	Proportion atomique (cœur de l'opx)	Proportion atomique (opx des assemblages *)
SiO ₂	$28.086 + 2 \times 15.999 = 60.084$	$58.381/60.084 = 0.972$	$55.568/60.086 = 0.925$
Al ₂ O ₃	$2 \times 26.981 + 3 \times 15.999 = 101.959$	$2 \times 0.229/101.959 = 0.004$	$2 \times 3.977/101.959 = 0.078$
Cr ₂ O ₃	$2 \times 51.996 + 3 \times 15.999 = 151.989$	$2 \times 0.1/151.989 = 0.001$	$2 \times 0.35/151.989 = 0.004$
FeO	$55.845 + 15.999 = 71.844$	$5.682/71.844 = 0.079$	$6.646/71.844 = 0.092$
MnO	$54.938 + 15.999 = 70.937$	$0.128/70.937 = 0.002$	0,002
MgO	$24.305 + 15.999 = 40.304$	$35.279/40.304 = 0.875$	$34.555/40.304 = 0.857$
CaO	$40.078 + 15.999 = 56.077$	$1.090/56.077 = 0.019$	$0.34/56.077 = 0.006$

Chaque cation est associé à un certain nombre d'oxygènes, ce nombre étant donné par la formule de l'oxyde.

La proportion atomique de l'oxygène est donc, dans chacune des compositions :
cœur de l'opx :

NOM :

Prénom :

Salle :

$$0.972 \times 2 + 1.5 \times 0.004 + 1.5 \times 0.001 + 0.079 + 0.002 + 0.875 + 0.019 = 2.927$$

opx des symplectites:

$$0.925 \times 2 + 1.5 \times 0.078 + 1.5 \times 0.004 + 0.092 + 0.002 + 0.857 + 0.006 = 2.984$$

On retiendra donc, pour une formule structurale ramenée à 6 oxygènes :

- Teneur en Ca des cœurs des opx primaires : $0.019 \times 6/2.927 = 0.039$
- Teneur en Ca des opx des assemblages * : $0.006 \times 6/2.984 = 0.012$

Question III-C-1-c Déduisez de ces valeurs les températures de cristallisation du cœur des phénocristaux d'orthopyroxènes et celle des orthopyroxènes des assemblages * (températures exprimées en °C).

Réponse question III-C-1-c

Température estimée pour la cristallisation de l'orthopyroxène primaire

$$T = \frac{6425 + 26,4 \times 6,1}{-\ln 0,039 + 1,843} = 1294 \text{ K} \sim 1000^\circ\text{C}$$

Température estimée pour la cristallisation de l'orthopyroxène secondaire

$$T = \frac{6425 + 26,4 \times 1}{-\ln 0,012 + 1,843} = 1029 \text{ K} \sim 750^\circ\text{C}$$

Question III-C-1-d Quel type d'évolution tectono-métamorphique ont pu subir les enclaves étudiées ?

Réponse question III-C-1-d

La péridotite a subi une course rétrograde et est passée des conditions $1000^\circ\text{C} - 6.1 \text{ GPa}$ à $750^\circ\text{C} - 1 \text{ GPa}$.

III-C-2 Les roches de l'unité granulitique

L'unité granulitique est constituée de leptynites orthodérivées dont l'étude minéralogique a permis d'établir l'évolution métamorphique suivante :

- Un pic métamorphique à 800°C et $1,1 \text{ GPa}$
- Une rétrograde à 600°C et $0,5-0,3 \text{ GPa}$

Question III-C-2

Cette évolution des leptynites vous paraît-elle cohérente avec celle que vous avez reconstituée à partir de l'étude des roches qu'elles enclavent ? Justifiez votre réponse.

Vous illustrerez votre réponse par un diagramme P-T dans lequel vous indiquerez la position approximative des faciès métamorphiques, et tracerez l'évolution métamorphique des deux types rocheux étudiés.

Les leptynites et leurs enclaves ont subi des évolutions rétrogrades qui (si les valeurs retenues pour les pics métamorphiques sont représentatives) ne sont pas similaires.

Les cœurs des opx des péridotites ont enregistré les conditions mantelliques (1000°C – environ 180 km de profondeur) ; la rétrograde a enregistré une étape granulitique (750°C – 30 km) puis de bas degré (serpentinisation, carbonatation).

Les leptynites ont enregistré les conditions du faciès des granulites (800°C – 35 km) à celles du faciès des amphibolites .

La branche rétrograde du trajet P-T-t des péridotites n'est commune avec celle des leptynites que dans sa dernière étape. L'inclusion des péridotites dans les leptynites est probablement d'origine tectonique, liée à leur exhumation.

(scénario hypothétique, puisque l'on ne dispose pas de calages chronologiques de ces trajets P-T-t)

NOM :

Prénom :

Salle :

ANNEXE – protocole de dosage calcimétrique (fourni au candidat sur le poste de travail)

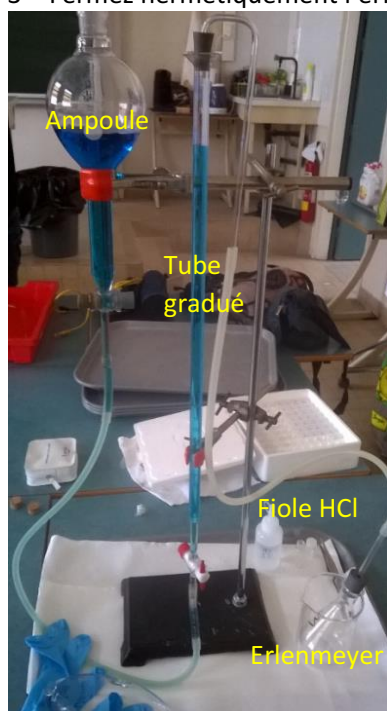
Protocole pour la calcimétrie (calcimètre de Bernard)

La manipulation doit se faire avec précaution pour ne pas casser la verrerie fragile !

Durée 10 mn (lecture du protocole et manipulation)

Dispositif (fig. A) : Ampoule de compensation, tube gradué, erlenmeyer et bécher, fiole HCl 6N, pince, poudre de roche dans pilulier en plastique, gants, lunette de protection

- 1 – Versez la poudre de roche (0,2 g) contenu dans le petit pilulier en plastique dans l'erenmeyer.
- 2 - Remplissez à moitié le petit tube en verre par de l'HCl 6N, puis déposez délicatement le tube en verre contenant l'acide à l'aide de la pince dans l'erenmeyer (pincer le bord du tube en tenant la pince à la verticale du tube). **Ne pas renverser l'acide sur la poudre à ce stade : gardez l'erenmeyer incliné pour que l'acide du tube en verre ne se déverse pas.**
- 3 – Fermez hermétiquement l'erenmeyer avec le bouchon du dispositif de calcimétrie (cf. fig B)



A



B



C

- 4 – Lire la valeur en mL sur le tube gradué : V_0
- 5 – Versez l'acide contenu dans le tube en verre sur la poudre, puis agitez avec précaution (ne pas taper l'erenmeyer contre le bord de la table ou le dispositif) et attendre 1 minute pour que la réaction soit complète (le niveau dans le tube gradué descend puis se stabilise). Reposez l'erenmeyer dans le bécher pour le stabiliser.
- 6 - Débranchez l'ampoule de compensation et alignez les niveaux de la solution saturée au bleu de méthylène entre l'ampoule et le tube gradué pour mettre à l'équilibre avec la pression atmosphérique (fig. C). Lire la valeur en mL : V_1
- 7 – Le volume utilisé dans la formule sera $V = V_1 - V_0$
- 8 – Remplacez l'ampoule de compensation et regagnez votre place en salle.

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2021

TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE OPTION DU SECTEUR A

CANDIDATS DES SECTEURS B ET C

Durée totale : 2 heures

Les globules rouges

Les 3 parties sont indépendantes. Certaines nécessitent des manipulations, prévoyez donc votre organisation en conséquence

Partie I : à l'échelle cellulaire	page 2
--	--------

Durée conseillée : 0h30– barème : 30/120

Partie II : à l'échelle moléculaire, étude d'une enzyme	page 5
--	--------

Durée conseillée : 0h20– barème : 20/120

Partie III : à l'échelle moléculaire, étude comparative de deux hémoglobines	page 8
---	--------

Durée conseillée : 1h10– barème : 70/120

Pour la partie III, vous disposerez des ordinateurs durant 30 minutes, selon le planning indiqué par l'examineur en début d'épreuve.

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 1 : à l'échelle cellulaire

Quelques caractéristiques des hématies

Lors d'une analyse sanguine l'hémogramme consigne diverses mesures à propos des hématies : nombre, volume, concentration en hémoglobine notamment.

Document d'appel : extrait d'un hémogramme chez un patient, avec valeurs de référence

HEMATOLOGIE (Sang total)			
		Valeurs de référence	Antérieurs
Numération-Formule Leucocytaire			
<i>Cytométrie, photométrie et impédancemétrie sur SYSMEX.</i>			
Hématies	5.34 tera/l	4.44 à 5.61	
Hémoglobine	15,1 g/dl	13,5 à 16,9	
Hématocrite	46,0 %	40,0 à 49,4	
V.G.M.	86 fl	81 à 95	
C.C.M.H.	32,8 %	32,4 à 35,0	
T.C.M.H.	28,3 pg	27,0 à 32,3	
Leucocytes	8.46 giga/l	3.91 à 10.90	
Polynucléaires neutrophiles	68.7% 5.81 giga/l	1.80 à 6.98	
Polynucléaires éosinophiles	3.8% 0.32 giga/l	0.03 à 0.59	
Polynucléaires basophiles	0.4% 0.03 giga/l	0.01 à 0.07	
Lymphocytes	20.6% 1.74 giga/l	1.26 à 3.35	
Monocytes	6.5% 0.55 giga/l	0.29 à 0.95	
Plaquettes	244 giga/l	166 à 308	15/07/08 268
<i>Impédancemétrie ou cytométrie sur SYSMEX</i>			

Les manipulations suivantes permettent de réaliser manuellement certaines mesures de l'hémogramme sur le sang d'animal fourni.

I- Numération

Matériel :

- tube SG contenant du sang de mammifère (mouton) additionné d'anticoagulant
- lame de Kova : cette lame de comptage comporte dix cupules garnies d'un quadrillage ; le volume de liquide piégé dans le quadrillage est 1 mm^3 ; le volume de liquide piégé dans l'une des 81 petites cases du quadrillage est d'environ $0,01 \text{ mm}^3$
- tube SΦ contenant du sérum physiologique
- 5 tubes à hémolyse
- pipettes P200 et P1000 et cônes

I-A Protocole :

- Étape 1 : obtenir un sang dilué dont les hématies peuvent être comptées. Pour cela, réaliser une observation d'une goutte de sang dans une cupule de la lame de Kova et décider d'un facteur de dilution. La dilution s'effectue avec le sérum physiologique dans les tubes à hémolyse. N'hésitez pas à rediluer si la première estimation n'était pas optimale.
- Écrire ici le facteur de dilution finalement retenu et les volumes mélangés pour l'obtenir :

Une dilution par un facteur 1000 était optimale pour réaliser le comptage dans de bonnes conditions ; une dilution en série, par exemple l'association de 3 dilutions par dix, permettait d'obtenir le facteur 1000 avec une précision suffisante.

Le jury a regretté qu'une proportion importante de candidats n'essaie pas cette manipulation, pourtant classique, pour préférer le travail sur papier.

A part quelques utilisations loufoques de lames de Kova, le sang est assez bien préparé par la majorité des candidats qui s'y sont essayés ; le comptage est alors réalisé efficacement.

- Étape 2 : dans une cupule emplie du sang dilué, effectuer 5 comptage sur 5 petites cases
- Noter ici les 5 valeurs obtenues :

Résultat des 5 comptages

Le jury rappelle que les candidats doivent appeler l'examineur lorsque cela est mentionné dans l'énoncé, pour évaluation directe. Certains candidats ont réalisé un travail qu'ils n'ont pas fait évaluer, ce qui constitue une perte de temps et de points dommageable.

Appeler l'examineur pour vérification de votre lame et l'adéquation entre celle-ci et votre comptage

I-B Concentration

Calculer la concentration d'hématies dans le sang fourni ; convertir la valeur dans l'unité classique d'un hémogramme (tétra ou 10^{12} par litre de sang)

Calcul de la concentration :

Le jury a accepté une fourchette de valeur autour de la numération effective du sang fourni et n'a pas pénalisé une seconde fois les dilutions ou les comptages approximatifs.

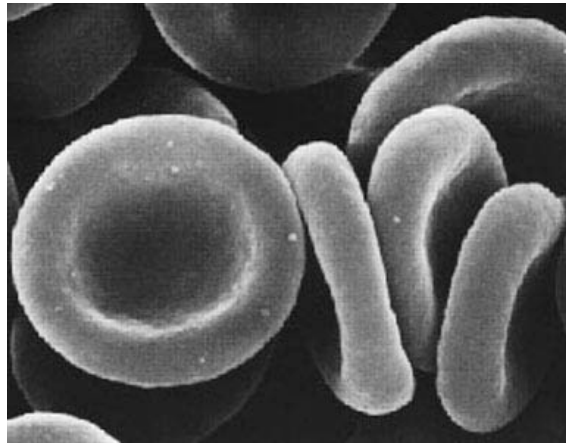
On s'attendait à compter 10 hématies par petite case de $0,01 \mu\text{L}$ lors d'une dilution par 1000, ce qui permet de remonter à la concentration de 10^{12} hématies par litre.

La conversion dans l'unité imposée donne 1 Téra d'hématies par L.

II- Volume cellulaire

II-A- Mesure

Sur la photographie suivante, réaliser les mesures nécessaires pour calculer le volume d'une hématie. Noter sur la photographie les mesures réalisées.



Grossissement : X 5 000

Document I : électronographie d'hématies

II-B- Estimation du volume

Estimer le volume d'une hématie ; convertir votre résultat dans l'unité classique d'un hémogramme (fL ou femtolitre soit 10^{-15} L)

Calcul pour estimer le volume :

Une estimation est par nature une approximation ; on pouvait en première intention modéliser l'hématie comme un cylindre.

L'estimation du volume se fait en deux temps :

- la mesure du rayon et de l'épaisseur de la cellule sur l'électronographie et leur conversion en tenant compte du grossissement de 5000. Le jury a été frappé par le nombre de candidats qui ne sait pas gérer l'information grossissement et a trouvé dans une copie une hématie de 7 litres sans aucun retour critique.

- le calcul du volume dans l'unité de son choix et la conversion finale en femtolitre ; 1 fL est égal à un μm^3 . Le jury a aidé les candidats qui ne comprenaient pas les réglages de la calculatrice et recommande de signaler rapidement tout souci technique.

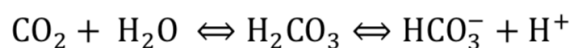
Rayon : 20 mm sur la photo, soit $20/5000 = 4 \mu\text{m}$

Épaisseur : 10 mm sur la photo soit $10/5000 = 2 \mu\text{m}$

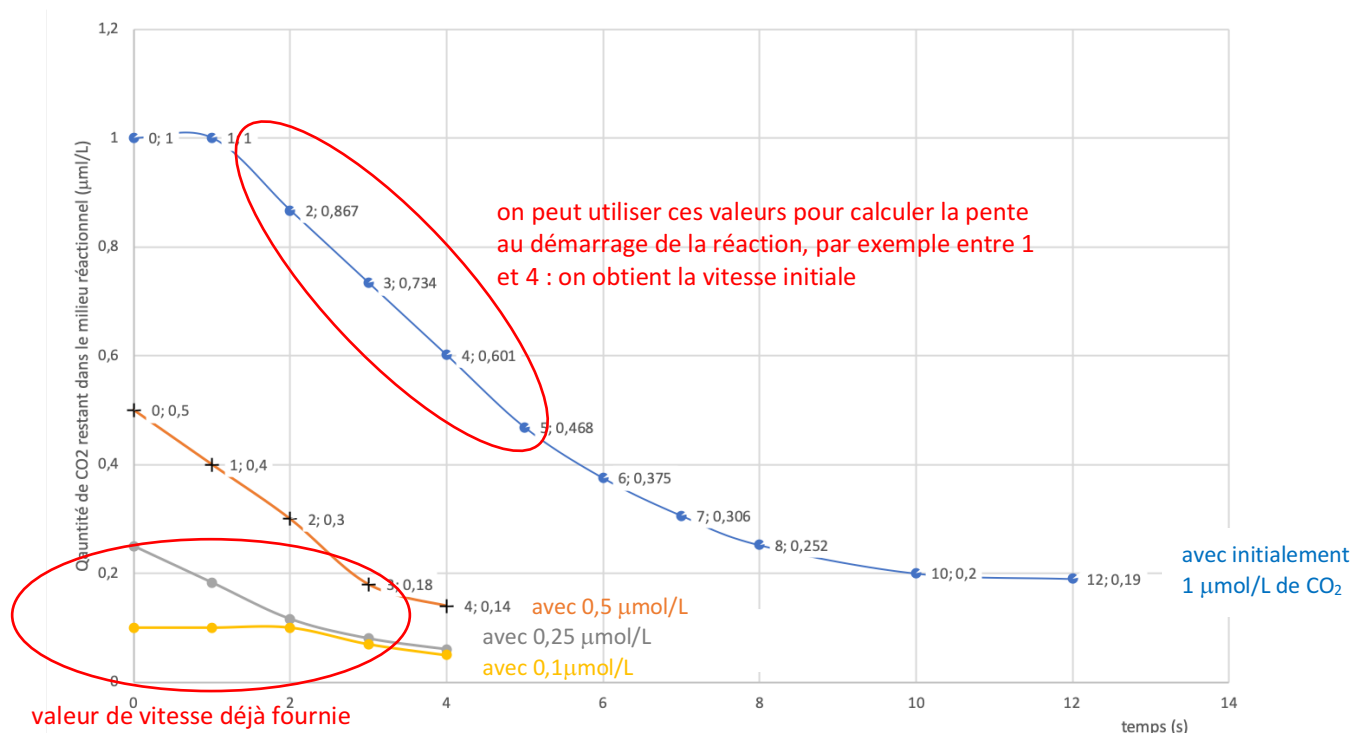
Volume : $4^2 \times \pi \times 2 = 100 \mu\text{m}^3 = 100\text{fL}$

Partie 2 : à l'échelle moléculaire, étude d'une enzyme des hématies, l'anhydrase carbonique

L'anhydrase carbonique est une enzyme du cytosol des hématies, qui catalyse la condensation de CO_2 et d'eau en H_2CO_3 , acide qui spontanément fournit des ions hydrogénocarbonates, selon l'équation :



On suit au cours du temps la quantité de CO_2 restant dans un mélange réactionnel fermé, comportant au départ 1 UA d'anhydrase carbonique et diverses quantités initiales en CO_2 .



*Document II : évolution de la quantité de CO_2 restant dans un mélange réactionnel fermé, pour différentes quantités initiales en CO_2 .
Les coordonnées de de certains points sont notées pour faciliter l'exploitation du graphique.*

I- Valeurs des vitesses initiales

A partir du graphique du document II, on peut estimer la vitesse initiale de la réaction : le calcul a déjà été fait pour deux valeurs ; estimer les deux vitesses initiales de la réaction enzymatique, manquant dans la colonne (2) du tableau réponse II.

L'expérience a été réitérée en présence de capsaïcine. La colonne (3) du tableau fournit les vitesses initiales moyennes de la réaction enzymatique réalisée avec 1 UA d'anhydrase carbonique, diverses quantités initiales de CO₂ et de la capsaïcine (1 µmol/L).

(1)	(2)	(3)
	A compléter par le candidat	
Quantité initiale de CO ₂ (µmol/L)	Vitesse initiale (µmol/s)	Vitesse initiale en présence de capsaïcine (µmol/s)
0,1	0,033	0,015
0,25	0,067	0,03
0,5	0,100	0,06
1	0,133	0,1

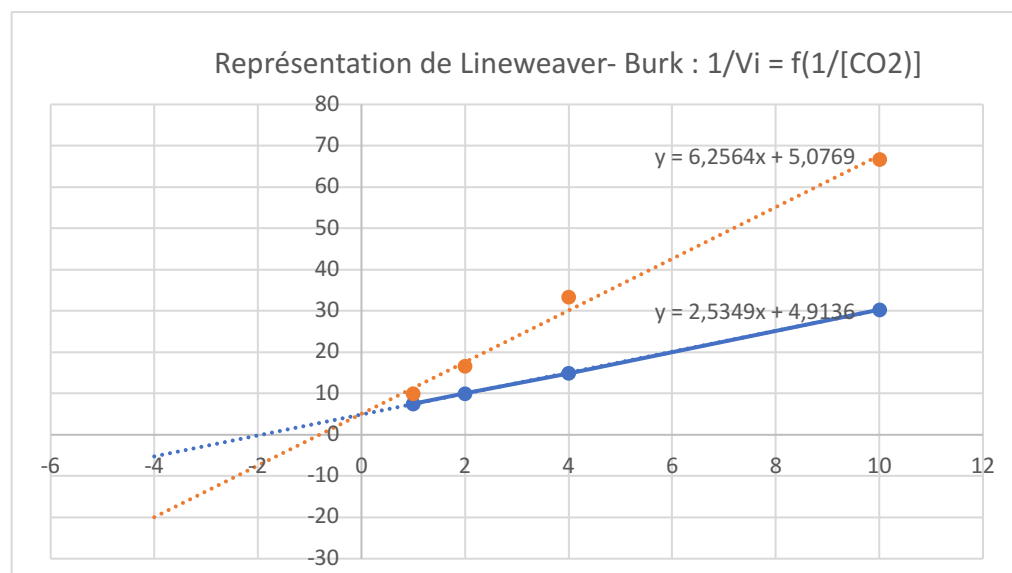
*Tableau réponse II : vitesses initiales de la réaction catalysée
par l'anhydrase carbonique, pour différentes concentrations initiales en CO₂*

II- Cinétique de l'anhydrase carbonique avec et sans capsaïcine

II-A- Construction d'un graphique

Construire un graphique permettant de déterminer les paramètres Km et Vmax de l'anhydrase carbonique, avec ou sans capsaïcine, en utilisant le papier millimétré fourni.

Seule une représentation en double inverse (Lineweaver et Burk) est pertinente pour identifier les paramètres Vmax et Km, d'autant que les valeurs du tableau ne plafonnent pas à Vmax. Nombre de graphes n'indiquait pas les légendes des axes ni les unités, nécessaires pour compléter l'échelle choisie.



Ordonnée à l'origine : $1/V_m$

Abscisse à l'origine : $-1/K_m$

Ne pas oublier de mentionner sur le graphique les points permettant de répondre à la question ni de rendre le papier millimétré.

Inscrire les estimations de Vmax et Km dans le tableau réponse III.

	Réponse à la question II-A	
	Km	Vmax
Sans capsaïcine	0,5 $\mu\text{mol/L}$	0,2 $\mu\text{mol/s}$
Avec capsaïcine	1,25 $\mu\text{mol/L}$	0,2 $\mu\text{mol/s}$

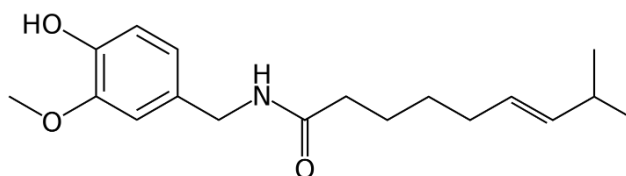
Tableau réponse III

Les réponses n'ont de sens qu'accompagnées d'une unité.

Un esprit critique aurait été le bienvenu lorsque les résultats inscrits n'étaient pas cohérents avec les données du tableau.

II-B- Interprétation de l'effet de la capsaïcine

La capsaïcine est un alcaloïde extrait du piment. Sa formule est la suivante :



Document III : formule développée de la capsaïcine

En utilisant cette donnée moléculaire et les valeurs calculées en question II-A, expliciter l'effet de la capsaïcine sur l'anhydrase carbonique.

Réponse à la question II-B

Le tableau révèle que dans les conditions avec et sans capsaïcine l'enzyme a la même Vmax mais des Km différents. Cela caractérise le fonctionnement d'un inhibiteur compétitif.

La formule de l'inhibiteur révèle un groupement cétone qui pourrait être confondu avec le CO₂ : cette ressemblance confirme le statut de compétiteur. Toutefois sa grande taille le différencie du substrat, ce qui conduit à une certaine prudence dans l'interprétation.

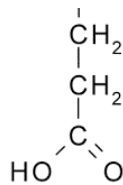
Il est regrettable que certains candidats ne connaissent pas les noms des groupements chimiques.

Une réponse brute de type « c'est un inhibiteur compétitif » n'a pas de sens si elle n'est pas justifiée. Certains, dont le tracé des droites était imprécis au niveau de 1/Vmax, ont su discuter en prenant en compte cette imprécision. Cette attitude critique a été valorisée.

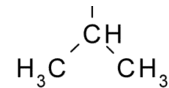
Partie 3 : A l'échelle moléculaire,
étude comparative de deux hémoglobines

L'hémoglobine extraite des hématies est une protéine à structure quaternaire formée par l'association de deux chaînes α de 142 acides aminés et de deux chaînes β de 147 acides aminés. On nomme HbA l'hémoglobine saine.

L'hémoglobine HbS, provoquant l'anémie falciforme, est caractérisée par une unique substitution dans la chaîne β : l'acide glutamique attendu en position 6 est remplacé dans HbS par une valine.



acide glutamique



valine

Document IV : formule développée de la chaîne latérale de deux acides aminés

I- Électrophorèse des hémoglobines HbA et HbS

On réalise trois électrophorèses des hémoglobines HbA et HbS dans trois conditions différentes :

- électrophorèse E1 en conditions dénaturantes dans le tampon SDS-page
- électrophorèse E2 en conditions non dénaturantes en tampon acide
- électrophorèse E3 en conditions non dénaturantes en tampon basique

Pour les trois électrophorèses on a fait migrer en piste (1) de l'hémoglobine HbA purifiée et en piste (2) l'hémoglobine HbS ; sur l'électrophorèse E1 la piste (3) comporte un lot de protéines de taille connue. Pour les trois électrophorèses la migration est suivie d'une révélation avec un colorant spécifique des protéines.

Les photos des trois électrophorèses sont en page 10.

I-A – Interprétation des électrophorèses

- noter directement sur les photos des gels le nom des protéines de chaque bande des pistes (1) et (2) des 3 électrophorèses (au choix HbA, HbS, chaîne α de HbA, chaîne β de HbA, chaîne α de HbS, chaîne β de HbS)

Les informations de l'introduction de cet exercice permettent de répondre à la question : on rappelle en effet que l'hémoglobine possède une structure quaternaire, qui n'est conservée qu'en conditions non dénaturantes ; on donne également la taille des sous-unités, ce qui permet de repérer que les chaînes β sont un peu plus lourdes que les chaînes α .

- concernant les pistes (1), justifier la présence d'une bande sur E2 et E3 mais de deux bandes sur E1

Sur E1 : conditions dénaturantes => destruction des liaisons faibles inter- et intra-chaines => les différentes sous-unités α et β migrent séparément.

Sur E2 et E3 : conditions natives => les sous-unités restent regroupées en structure quaternaire

- concernant E1, justifier le fait que les bandes des pistes (1) et (2) soient au même niveau

En conditions dénaturantes la distance de migration ne dépend que du poids moléculaire. Les deux hémoglobines possèdent la même sous-unité α et des sous-unités β de même longueur : les chaînes a et les chaînes b des deux hémoglobines parcourent alors la même distance sur le gel.

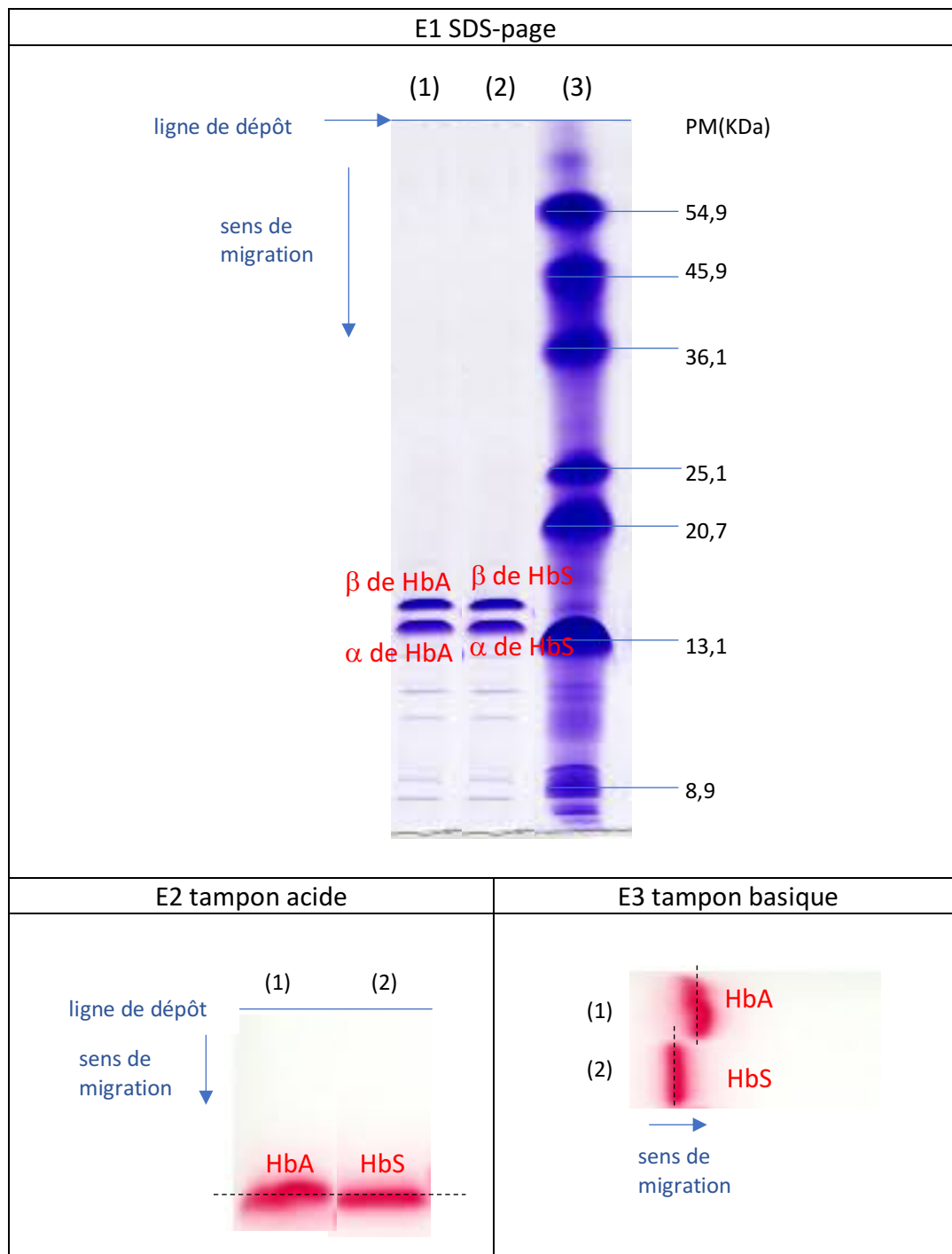
- concernant E2, justifier le fait que les bandes des pistes (1) et (2) soient au même niveau

En conditions natives la distance de migration dépend du poids moléculaire, de la conformation et de la charge globale de la protéine. Les deux hémoglobines ne diffèrent que par un acide aminé de la chaîne β : en tampon acide la valine et l'acide glutamique ne présentent pas de charge si bien que la charge des deux hémoglobines est identique. Aucun des trois critères (poids moléculaire, conformation, charge) ne permet alors de distinguer les deux hémoglobines qui migrent au même endroit.

- concernant E3, justifier le fait que les bandes des pistes (1) et (2) ne soient pas au même niveau sur le gel

En conditions natives la distance de migration dépend du poids moléculaire, de la conformation et de la charge globale de la protéine. Les deux hémoglobines ne diffèrent que par un acide aminé de la chaîne β : en tampon basique la valine est neutre mais l'acide glutamique présente une charge négative, si bien que la charge des deux hémoglobines est différente. L'hémoglobine HbA dotée d'une charge supplémentaire se déplace plus vite dans un champ électrique, la masse et la conformation de la protéine étant égales par ailleurs.

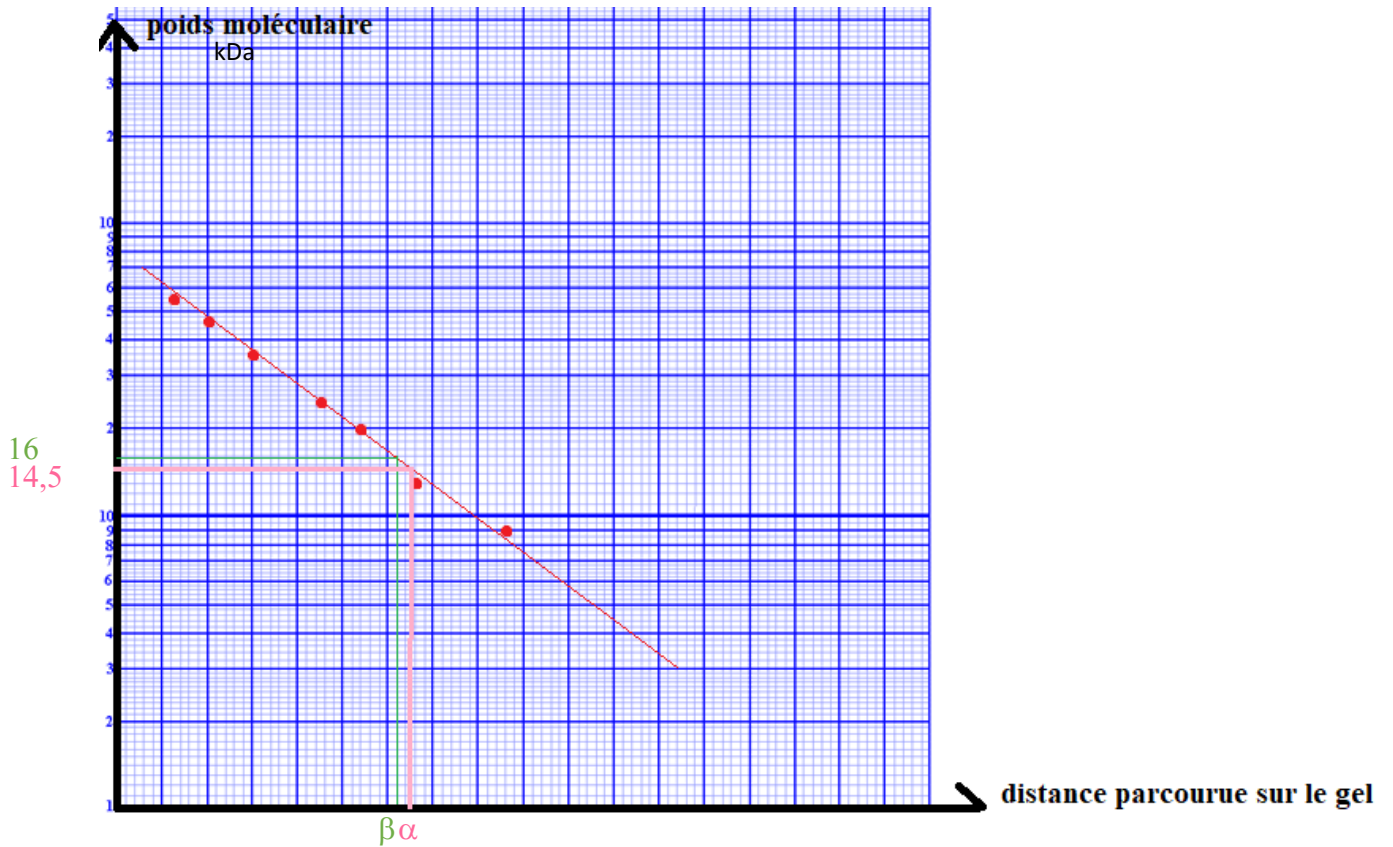
Cet exercice nécessitait une réponse rédigée, claire et construite. Les candidats doivent veiller à proposer des réponses structurées avec un vocabulaire précis. Beaucoup de candidats ne rédigent que des réponses vagues reprenant seulement les termes de l'énoncé et paraphrasent celui-ci.



Document V : électrophorèse de HbA (en piste 1) et HbS (en piste 2) dans 3 conditions

I-B Exploitation quantitative de l'électrophorèse E1

I-B-1- En utilisant la colonne (3) construire sur l'extrait de papier semi-log ci-dessous une courbe étalon exprimant le poids moléculaire en fonction de la distance parcourue sur le gel



I-B-2- Utiliser cette courbe pour déterminer la taille des protéines de la piste (1) ; veiller à laisser une trace de la méthode appliquée sur le graphique

Réponse à la question I-B-2

Par lecture graphique on obtient un poids moléculaire de 16 kDa pour la chaîne β et de 14,5 kDa pour la chaîne α.

II- Structure tridimensionnelle des hémoglobines HbA et HbS

Matériel :

- logiciel Rastop et fiche technique
- 3 fichiers des structures protéiques :
 - De l'hémoglobine normale (HbA)
 - De l'hémoglobine drépanocytaire (HbS)
 - De deux hémoglobines HbS polymérisées

Remarque : Dans Rastop, les chaînes de globine β sont en rouge et rose (chain D, B, F, H), les chaînes de globine α sont en bleu et vert (chain A, C, E, G), l'hème (HEM) est en bâtonnets, l'atome de fer (FE) est en jaune.

Chaque candidat a eu accès aux ordinateurs durant 30 minutes, ce qui est supérieur à la durée nécessaire pour réaliser l'exercice. Le jury rappelle que ce mode de fonctionnement peut se reproduire dès lors que du matériel en quantité faible, comme les ordinateurs, vient contraindre l'organisation. Le planning fourni en début d'épreuve doit être intégré à l'organisation de chacun.

Quelques ordinateurs sont malheureusement tombés en panne durant l'épreuve. Tous les candidats qui ont signalé un dysfonctionnement ont été accompagnés et leur évaluation de l'exercice a tenu compte de cette situation déplorable.

II-A Caractérisation de la mutation

Localiser le ou les acides aminés mutés sur la protéine HbS, le (les) faire apparaître en jaune. Localiser de même leur(s) équivalent sur HbA.

Localiser sur les mêmes chaînes protéiques l'histidine proximale His92 et l'histidine distale His63.

Appeler l'examineur pour vérification de vos modèles.

Le jury a constaté que plusieurs candidats avaient commencé un travail sur Rastop mais n'avaient rien montré à l'examineur. Un résultat même partiel ou inabouti peut être proposé à l'évaluation et est préférable à l'absence de résultat.

II-B Structure tridimensionnelle

Réaliser les mesures ci-dessous et noter les résultats de vos mesures (Vous choisirez judicieusement une des chaînes de globine pour faire toutes vos mesures)

	HbA	HbS
Angle entre le fer et les atomes d'azote de l'hème	158° à 162° selon la chaîne considérée	133° à 146° selon la chaîne considérée
Distance minimale entre le fer et l'azote de l'histidine 63	4,1 Å à 4,4 Å selon la chaîne considérée	3,9 Å à 4,7 Å selon la chaîne considérée

Distance minimale entre le fer et l'azote de l'histidine 92	2 Å à 2,2 Å	1,9 Å à 2,1 Å
---	-------------	---------------

Tableau réponse IV

II-C- Agrégation des chaines β

Localiser le (les) acide(s) aminé(s) muté(s) dans le polymère HbS-HbS et les colorer en jaune.

Sachant qu'une liaison faible a une taille de 0,4 nm maximum, déterminer alors quels acides aminés peuvent interagir avec les acides aminés mutés et être impliqués dans la liaison entre HbS et HbS

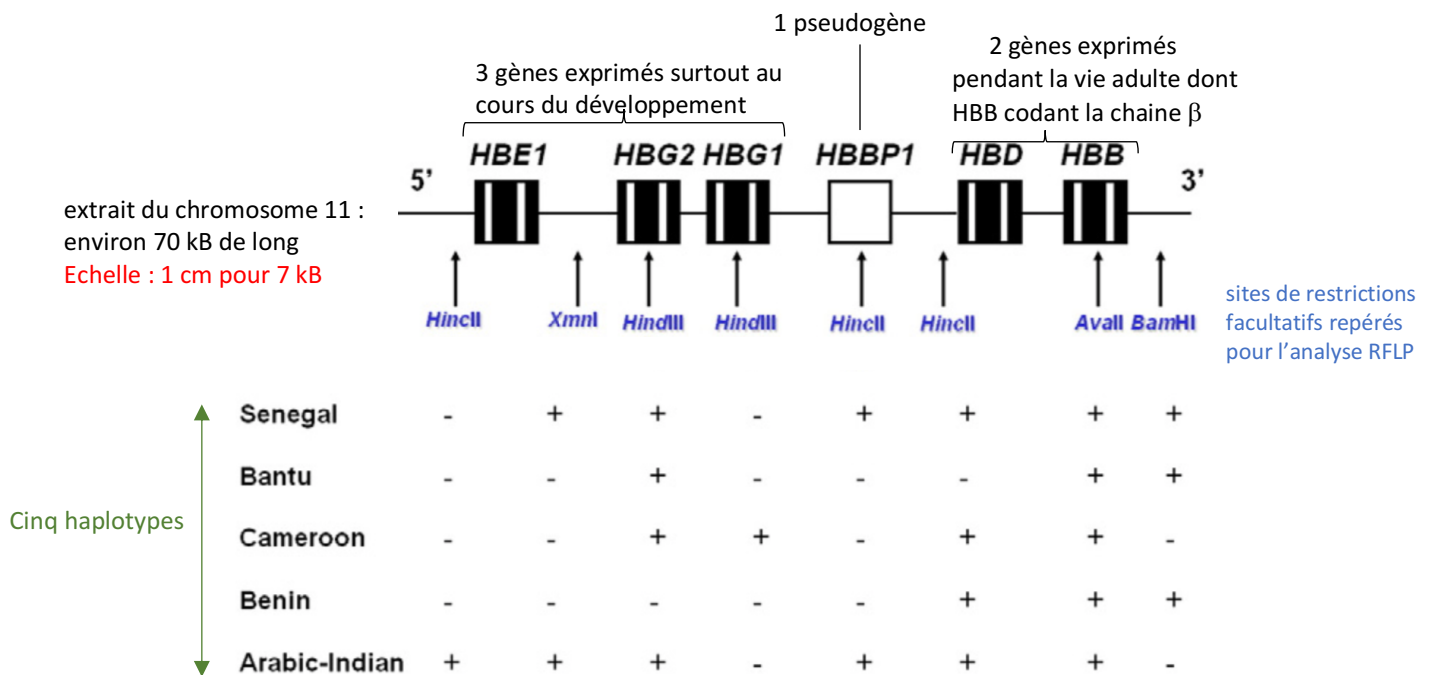
Réponse à la question II-C :

Il est possible de mettre en évidence dans le logiciel, tous les acides aminés à une distance maximale de 4 Å d'un acide aminé déterminé (fonction « select within »). On détermine alors que 3 acides aminés peuvent être impliqués dans l'interaction : alanine 70, phénylalanine 85 et Leucine 88.

III- Répartition dans la population de l'allèle HbS

Chez l'homme, le gène codant pour la chaîne β de l'hémoglobine se situe sur le chromosome 11, au sein d'un groupe de gènes et pseudogènes de séquence proche.

Lorsque l'allèle HbS est présent, ce groupe de gènes peut être analysé par RFLP (« restriction fragment length polymorphism »), ce qui a permis de décrire cinq haplotypes différant par le nombre de sites de restriction présents.



Document VI : présence (+) ou absence (-) des sites de restriction dans le groupe de gènes incluant le gène HBB de la chaîne β de l'hémoglobine ; ce gène est porteur de la mutation HbS

III- A Comparaison des cinq haplotypes

Prévoir, pour chaque haplotype, l'effet d'une digestion du fragment de 70 kb schématisé ci-dessus, par l'enzyme *HincII* : nombre de fragments de restriction, taille approximative des fragments... Répondre dans un tableau que vous aurez conçu.

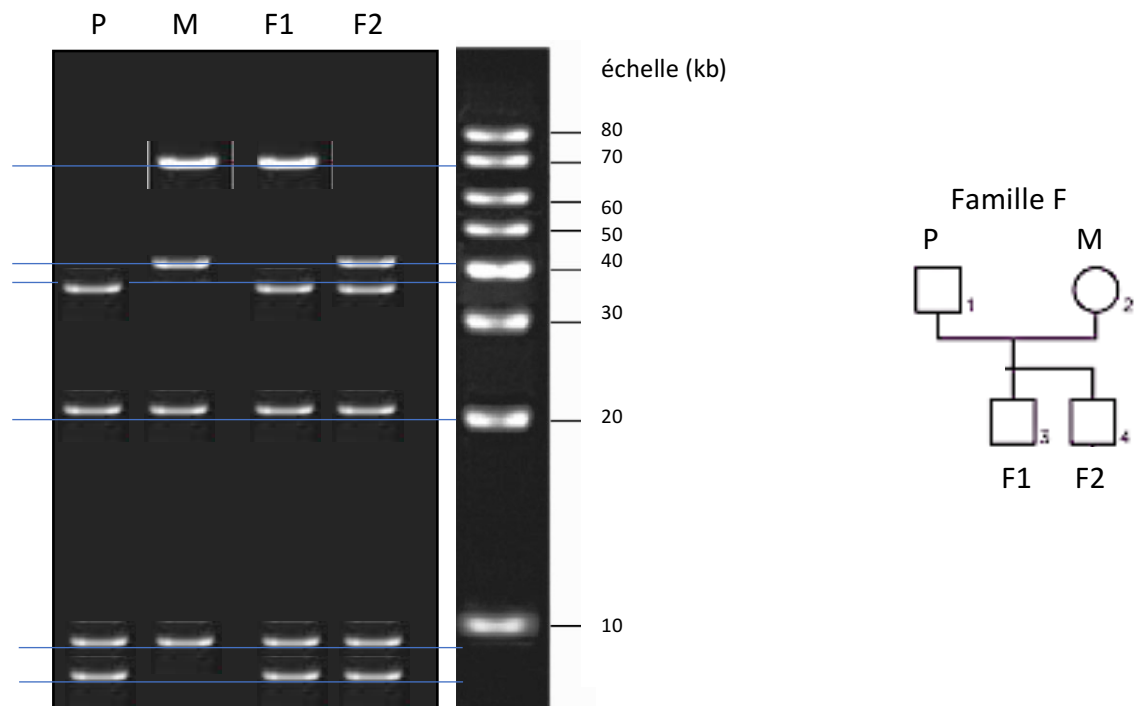
Tableau réponse

haplotype	Nombre de fragments	Taille des fragments (kb)
Senegal	3	42-7-21
Bantu	1	70
Cameroon	2	49-21
Benin	2	49-21
Arabic-Indian	4	5-37-7-21

Effet de la digestion par *HincII*

III-B Cas de la famille F

Une analyse génétique de plusieurs membres d'une même famille, tous atteints de drépanocytose, est réalisée : le fragment de 70kb, préalablement extrait du chromosome 11, est soumis à l'action de l'enzyme HincII ; les fragments de restriction sont mis à migrer sur un gel d'agarose puis révélés à la lumière UV.



Document VII : électrophorèse des fragments de restriction obtenus par l'enzyme HincII pour les 4 membres de la famille F.

Les colonnes P, M, F1 et F2 correspondent aux quatre personnes de l'arbre généalogique de la famille F. La colonne « échelle » comporte des ADN de tailles échelonnées de 10 kb en 10 kb.

III-B-1 Dédurre de l'analyse des gels les haplotypes présents chez les 4 personnes de cette famille

Réponse à la question III-B-1

Si le tableau de la question précédente a relativement bien été construit par les candidats, son utilisation pour lire l'électrophorèse fournie a été plus délicate : des erreurs dans le relevé des tailles des fragments sur le gel, des erreurs d'identification des haplotypes et l'oubli de la condition diploïde de l'homme sont les erreurs les plus fréquentes. Une justification brève était nécessaire.

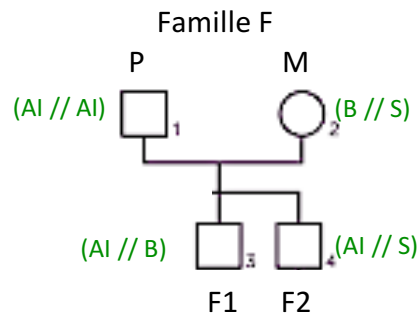
L'analyse du fragment de 70kb chez le père révèle son morcellement en 4 fragments par l'enzyme HincII : la taille des quatre fragments est environ de 37, 21, 7 et 5 kb. Cela permet d'identifier chez le père l'haplotype Arabico-Indien. Une seule haplotype est présent : le père est homozygote. Son génotype comporte deux exemplaires du gène HbS dans un contexte Arabico-Indien.

L'analyse du fragment de 70kb chez la mère révèle 4 fragments de 70, 42, 21 et 7 kb. Le triplet 42-21-7 permet d'identifier l'haplotype Sénégal tandis que le fragment de 70 kb correspond à l'haplotype Bantu. La mère est donc hétérozygote : elle possède deux allèles HbS dans deux environnements géniques différents.

En raisonnant de même on obtient des génotypes hétérozygotes pour les enfants : F1 associe les haplotypes Arabico-Indien et Bantu ; F2 associe les haplotypes Arabico-Indien et Sénégal.

III-B-2 Déterminer les génotypes et en proposer une écriture sur l'arbre généalogique réécrit ici.

Réponse à la question II-B-2



Cette question invitait simplement les candidats à transcrire de façon conventionnelle les génotypes établis précédemment, sans oublier que tous présentent une version mutée HbS du gène de la chaîne β de l'hémoglobine.

Dans la population indienne, l'haplotype « arabic-indian » est majoritaire : cet haplotype est corrélé à une forme bénigne de la drépanocytose. À l'inverse l'haplotype « bantou » est corrélé à une forme sévère. Or la séquence codante de l'allèle HbS est exactement la même pour les cinq haplotypes.

III-B-3- Proposer une hypothèse pouvant expliquer cette différence de gravité de la maladie.

Réponse à la question III-B-3

Si la séquence codante est identique mais que l'effet phénotypique est différent, on peut raisonnablement penser que les séquences de régulation associées au gène et souvent situées à distance sont différentes.

Plus précisément, dans l'haplotype Arabico-indien associé à une forme bénigne, le gène de la chaîne β pourrait être moins exprimé que dans le contexte Bantou : ce manque de protéine pourrait alors être compensé par la production de davantage de chaîne δ .

SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS
CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2021

TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE OPTION DU SECTEUR B

CANDIDATS DES SECTEURS A ET C

Durée totale : 2 heures

Insectes et plantes

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

Partie I : Étude d'un organisme animal

page 2

Durée conseillée : 65 min– barème : 10/20

Partie II : Étude d'un organisme végétal

page 6

Durée conseillée : 55 min– barème : 10/20

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 : Étude d'un organisme animal (échantillon 1)

I-A Étude morphologique de l'échantillon entier

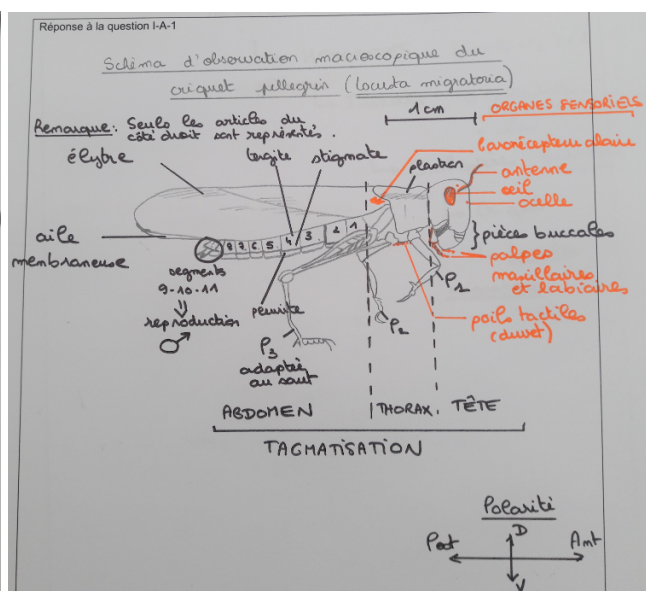
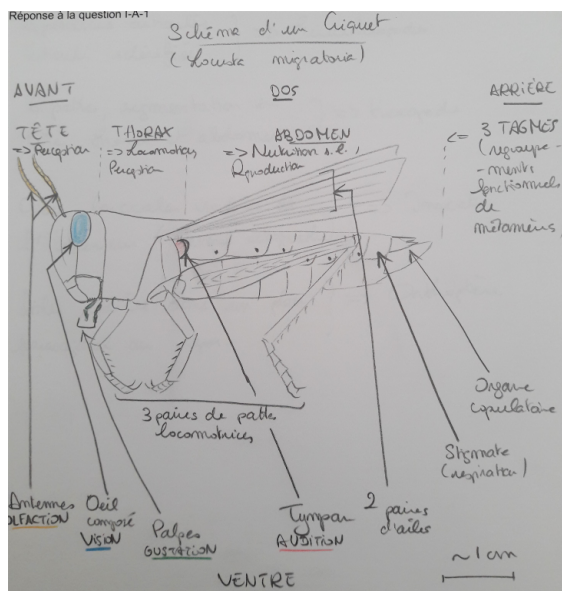
I-A-1 Réalisez un schéma de l'échantillon en entier permettant de mettre en évidence sa tagmose. Légendez de la façon la plus complète possible. Par un code couleur, identifiez les organes sensoriels visibles de l'animal.

Réponse à la question I-A-1

Un schéma soigné, orienté, complété d'une échelle et d'un titre informatif était attendu.

Le jury tient à féliciter les candidats pour leur schéma souvent de très grande qualité, convenablement légendé. L'identification des structures sensorielles a été plus variable. Il est néanmoins regrettable que des impondérables comme le titre, l'échelle et l'orientation soient trop souvent absents.

Ci-dessous, deux exemples de ce qu'il était possible de faire. Certains candidats ont aussi fait plusieurs schémas, par exemple, un de l'organisme entier et un de la tête en gros plan pour mieux mettre en évidence des organes sensoriels. Ce type d'effort a été valorisé.



I-A-2 En vous appuyant sur des caractères visibles, que vous indiquerez, replacez l'échantillon dans la phylogénie des métazoaires.

Réponse à la question I-A-2

Symétrie bilatérale => **bilatérien**

Présence de cuticule => Ecdysozoaire

Corps segmenté + Exosquelette + Appendices paires (griffes) => Panarthropode

Exosquelette rigide articulé + Appendices articulés + ommatidies => **Euarthropode**

Mandibules => Mandibulate

3 paires de pattes => **Hexapode**

Ectognathe => **Insecte**

(Dicondylien)

Ailes => Ptérygote

Ailes rabattues à plat sur le dos => Néoptère

Tête orthognathe + pattes sauteuses + tibia à épines + ailes en toit => **Orthoptère**

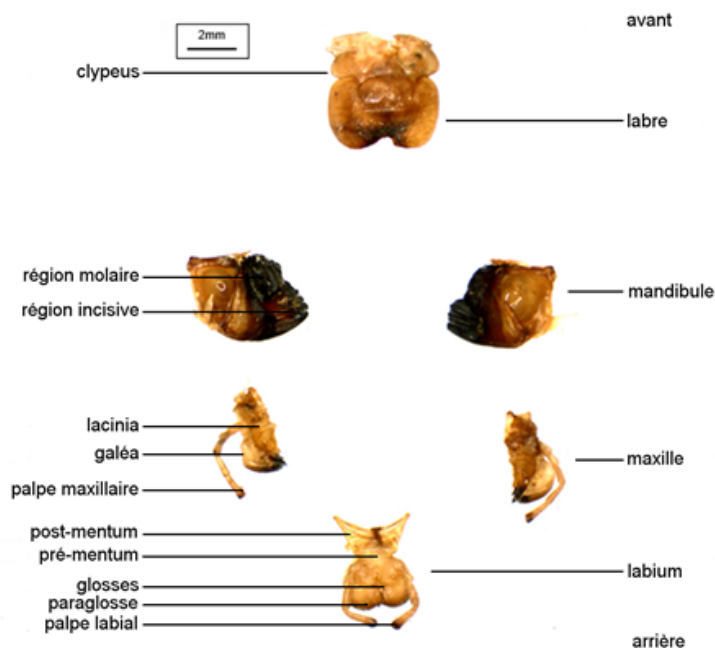
Antennes courtes + tarière + tympan sur abdomen => Caélifère

L'identification du criquet ne présentait pas de grandes difficultés. L'identification argumentée sur la base de caractères visibles a été moins réussie, les candidats récitant souvent la phylogénie par cœur sans répondre à la question dont la réponse devait s'appuyer sur des caractères visibles avec une démarche déductive.

I-B : Etude des pièces buccales

I-B-1 Isolez et nommez chacune des pièces buccales de l'échantillon et présentez votre dissection terminée à un examineur.

Le jury attendait la présentation soignée et ordonnée du labium, des 2 maxilles, des 2 mandibules et du labre.



I-B-2 Précisez le rôle de chaque pièce buccale dans la prise de nourriture.

Réponse à la question I-B-2

Labium : gustation

Maxille : découpage, gustation

Mandibule : découpage, broyage

Labre : découpage

I-B-3 Quelle hypothèse pouvez-vous faire sur le type de régime alimentaire de l'échantillon ? Justifiez.

Réponse à la question I-B-3

Les différentes parties coupantes et broyeuses des pièces buccales mises en évidence suggèrent une consommation d'aliments solides, qu'ils soient d'origine végétale ou animale.

Cette question simple s'est révélée très discriminante, trop peu de candidats justifiant correctement leur réponse en adoptant une démarche déductive s'appuyant sur l'observation.

I-B-4 A partir des différentes lames mises à disposition à un poste dédié dans la salle, remplissez le tableau suivant.

Réponse à la question I-B-4

Identification	Type de pièces buccales	Régime alimentaire
Lépidoptère	Lécheur (suceur maxillaire)	nectarivore
Diptère mouche	Lécheur	Jus fruit, viande (omnivore)
Diptère moustique	Piqueur suceur	sang, sève
Larve d'odonate	Broyeur	carnivore
Hyménoptère (abeille)	Broyeur - lécheur	omnivore

Cette question reposant sur l'observation et la culture naturaliste a été très discriminante. Pour exemple, la tête d'abeille a été identifiée comme fourmi, larve de dytique ou encore tique. D'autre part, des confusions entre « type de pièces buccales » et « régime alimentaire » ont trop souvent été observées. Ainsi, il a parfois été mentionné « régime alimentaire broyeur » ou « pièces buccales brouteuses ».

I-C Dissection de l'échantillon 1

Procédez à une dissection permettant de présenter l'anatomie de l'échantillon. Sur votre dissection, vous placerez les étiquettes numérotées appropriées parmi celles mises à votre disposition.

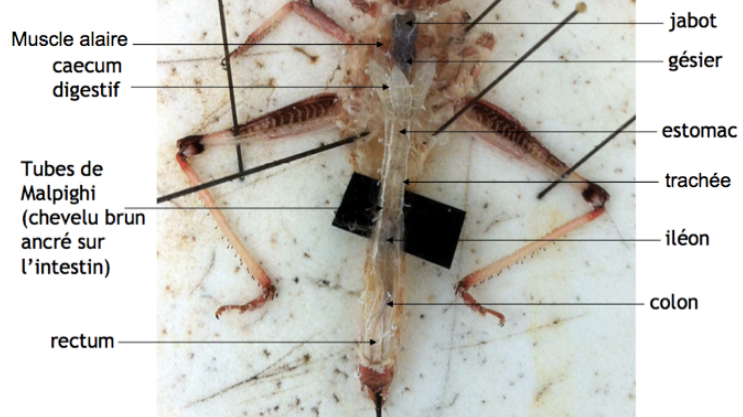
Appelez l'examineur

Étiquettes disponibles : 1 : **caecas gastriques**, 2 : poumon, 3 : **gonade mâle**, 4 : **gonade femelle**, 5 : **trachée**, 6 : cœur, 7 : **muscle**, 8 : **tubes de Malpighi**, 9 : **estomac**.

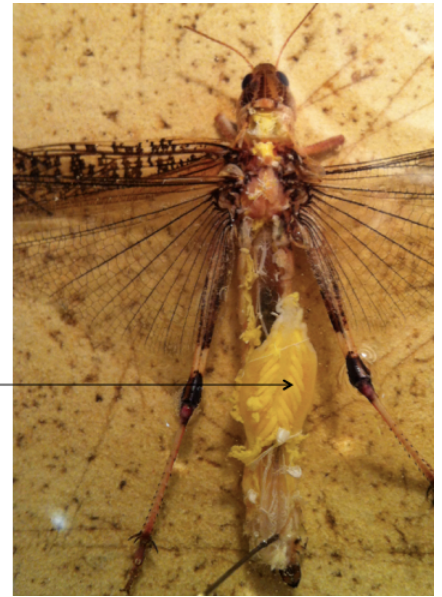
Le jury ne demandait pas de schéma de la dissection, mais une manipulation soignée et présentée sous l'eau, voire sous la loupe binoculaire afin que les différents organes soient facilement visibles.

Les étiquettes ont souvent été posées de façon très approximative, et avec des erreurs grossières. Par exemple, l'étiquette « poumon » a été positionnée plusieurs fois sur le criquet. Ci-dessous, deux exemples de dissection montrant notamment les structures à étiqueter.

Œsophage non visible



Appareil génital
Femelle ovaire



Partie II : Étude d'un organisme végétal (Échantillon 2)

II-A Étude du rameau entier (échantillon 2)

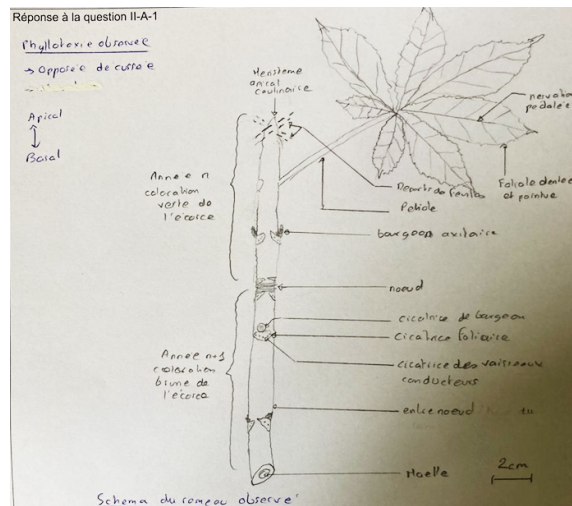
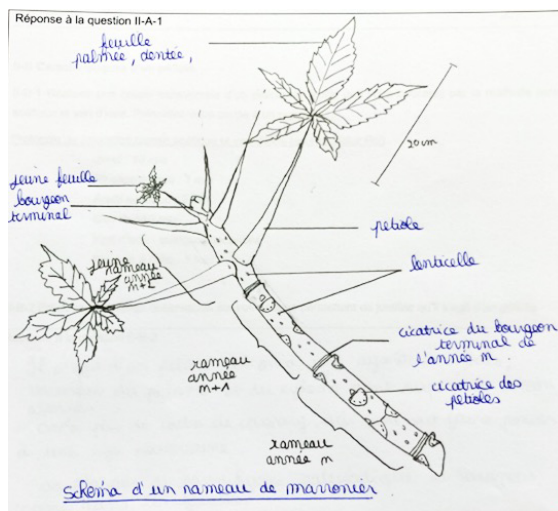
II-A-1 Réalisez un schéma légendé du rameau entier en précisant le type de phyllotaxie observée.

Un schéma soigné, orienté, complété d'une échelle et d'un titre informatif était attendu.

Le jury tient à féliciter une fois encore les candidats pour leurs schémas souvent de qualité, et convenablement légendé. Le jury déplore juste le fait qu'il y ait eu confusion entre phytomère et unité de végétation ce qui a conduit souvent à des erreurs de datation de l'âge du rameau.

Ci-dessous, deux exemples de schémas possibles.

Réponse à la question II-A-1



II-A-2 Donnez l'âge du rameau en justifiant votre réponse.

Réponse à la question II-A-2

L'échantillon possède trois unités de végétation donc le rameau a trois ans.

II-A-3 Identifiez l'échantillon, en précisant le genre et l'espèce.

Réponse à la question II-A-3

Aesculus hippocastanum

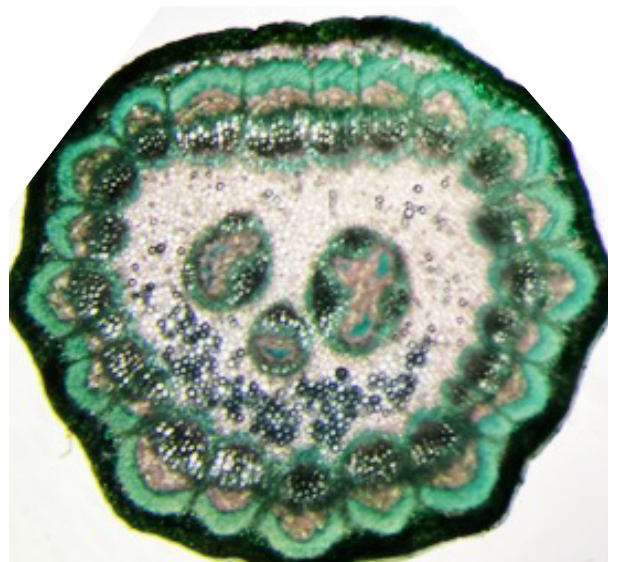
II-B Caractéristiques d'un pétiole

L'exercice de coupe histologique de pétiole a été particulièrement bien réussi. Les coupes étaient en majorité fines et de qualité. Certains candidats se sont mis en difficulté en réalisant des coupes dans de « gros » pétioles. Il est conseillé aux candidats de multiplier le nombre de coupes ce qui permet la sélection des plus fines, des moins biseautées, des mieux colorées et offre plus de possibilités d'identification tissulaire

Le jury n'attendait pas de schéma de la coupe réalisée.

Exemples de coupes réalisées pendant l'épreuve :

II-B-1 Réalisez une coupe transversale d'un pétiole de feuille que vous colorerez par la méthode carmin acétique et vert d'iode. Présentez votre coupe à un examineur.



Protocole de coloration carmin acétique et vert d'iode (source Didier Pol)

Javel : 10 min

Rinçage à l'eau : 1 min

Acide acétique : 2 min

Carmin : 10 min

Vert d'iode : quelques secondes

Rinçage à l'eau : 1 m

II-B-2 Précisez les critères observables sur votre coupe permettant de justifier qu'il s'agit d'un pétiole.

Une diagnose argumentée devait être réalisée ici.

Réponse à la question II-B-2

Organe à symétrie bilatérale → **pétiole ou feuille**

Présence de stomates et tissus de soutien de type sclérenchyme → **organe aérien**

XI et PI superposés → **caractère de tige**

Organe de forme cylindrique → **pétiole**

II-C Structure d'un bourgeon

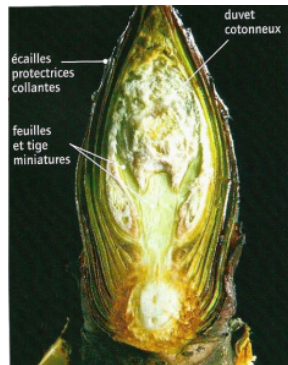
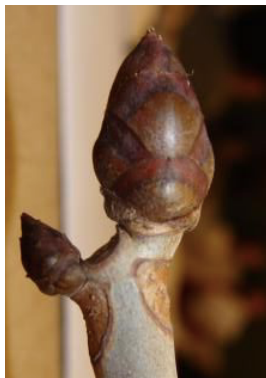
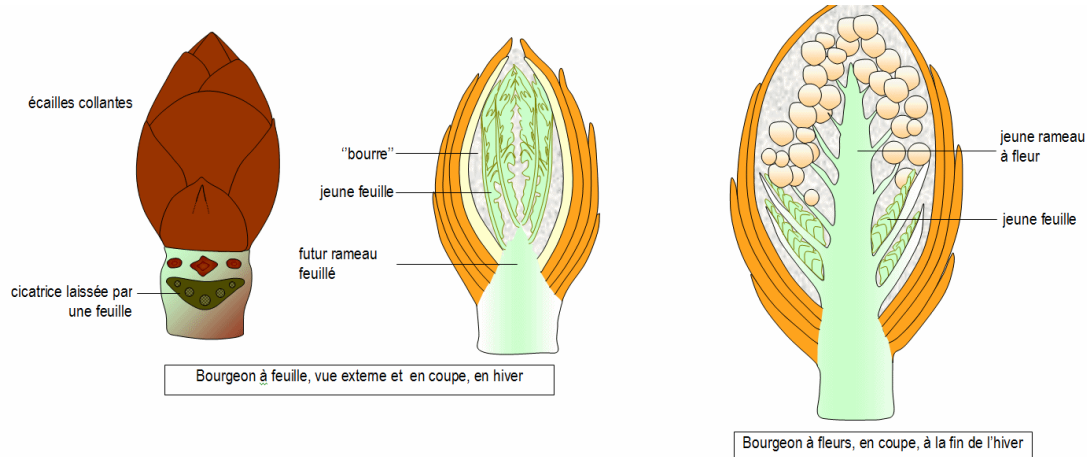
Coupez le bourgeon en deux et réalisez un schéma d'interprétation légendé de la coupe. Vous préciserez s'il s'agit d'un bourgeon floral ou végétatif. Présentez votre coupe à un **examineur**.

Le jury attendait plutôt une coupe longitudinale afin de montrer la tige embryonnaire, les jeunes feuilles et/ou le jeune rameau à fleurs. La manipulation était simple et a été globalement bien réussie ainsi que le schéma d'interprétation. Néanmoins, parmi les candidats ayant réalisé cet exercice, le jury déplore le fait que le vocabulaire utilisé soit imprécis et qu'il persiste des confusions dans la reconnaissance du type de bourgeon.

Réponse à la question II-C

Bourgeon de marronnier végétatif et inflorescentiel

D'après http://www.svt.ac-aix-marseille.fr/ancien_site/outils/bourgeon/observ.htm



II-D Observation des feuilles

II-D-1 Les feuilles présentent des taches, appelées mines. Ci-dessous, en précisant sur quels critères observables vous vous appuyez, identifiez le plus précisément possible l'agent responsable des mines. Présentez l'agent identifié à un examineur.

La mise en œuvre de la démarche d'observation et de déduction permettant d'identifier l'animal et de le replacer dans la phylogénie des métazoaires a trop souvent posé problème.

Réponse à la question II-D-1

Symétrie bilatérale => **bilatérien**

Présence de cuticule => **Ecdysozoaire**

Corps segmenté + Exosquelette + Appendices paires (griffes) => **Panarthropode**

Exosquelette rigide articulé + Appendices articulés + ommatidies => **Euarthropode**

Mandibules => **Mandibulate**

3 paires de pattes => **Hexapode**

Ectognathe => **Insecte**

(Dicondylien)

Larve différente de l'adulte => **Holométabole**

Larve polypode => **Lépidoptère**

II-D-2 D'après vos connaissances, donnez l'identification précise de cet agent (nom + taxon).

Réponse à la question II-D-2

Cameraria ohridella (lépidoptère hétérocère)

II-D-3 Quel type de relation interspécifique est ici observé ? Justifiez.

Le jury attendait que cette relation interspécifique soit justifiée en terme de fitness.

Réponse à la question II-D-3

Parasitisme : relation bénéfique à la mineuse (protection, nourriture → fitness augmentée) et néfaste à la plante (perte surface photosynthétique → diminution fitness).

II-D-4 Proposez un protocole expérimental permettant d'étudier les conséquences des mines sur l'arbre. Vous préciserez bien le type de mesures effectuées et les résultats attendus.

Réponse à la question II-D-4

Quelques exemples de conséquences des effets des mines sur les arbres et différentes mesures associées à réaliser :

- Effet des mines sur la reproduction des marronniers : mesure de la quantité et du poids des fruits et des graines
- Effet des mines sur l'activité photosynthétique : mesure de la fluorescence de la chlorophylle

- Effet des mines sur le flux hydrique : mesure de la conductance foliaire, du potentiel hydrique, analyse anatomiques des nervures mineures des feuilles minées

II-D-5 Proposez des moyens de lutte potentiels contre les mines. Expliquez brièvement leur principe.

Réponse à la question II-D-5

Différents moyens de lutte contre les mines :

- Pièges à phéromones
- Prédateur
- Parasitoïde
- Insecticide
- Ramassage et destruction des feuilles

NOM :

Prénom :

Salle :

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2021

TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE OPTION DU SECTEUR C

CANDIDATS DES SECTEURS A ET B

Durée totale : 2 heures

Titre :

Géologie des terrains paléozoïques, partie Nord de la France

Les 3 parties du TP, traitent de différents aspects de la géologie des terrains du Paléozoïque de la partie Nord de la carte géologique de la France au 10⁻⁶.

Les études porteront, plus particulièrement, sur les terrains paléozoïques qui affleurent dans le massif de l'Ardenne et qui se poursuivent à l'Ouest sous des terrains plus récents.

Partie I : Cadre structural du massif de l'Ardenne

Durée conseillée : 30 minutes – barème : 15/60

Partie II : Zoom sur des éléments de la géologie du Carbonifère

Durée conseillée : 50 minutes – barème : 25/60

Partie III : Zoom sur des éléments de la géologie du Dévonien

Durée conseillée : 30 minutes (10 mn d'observation sur les postes 1 et 2) – barème : 15/60

Partie IV : Conclusion : Durée conseillée : 10 minutes – barème : 5/60

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

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

Vous devez rendre la totalité des feuilles du dossier

NOM :

Prénom :

Salle :

NOM :

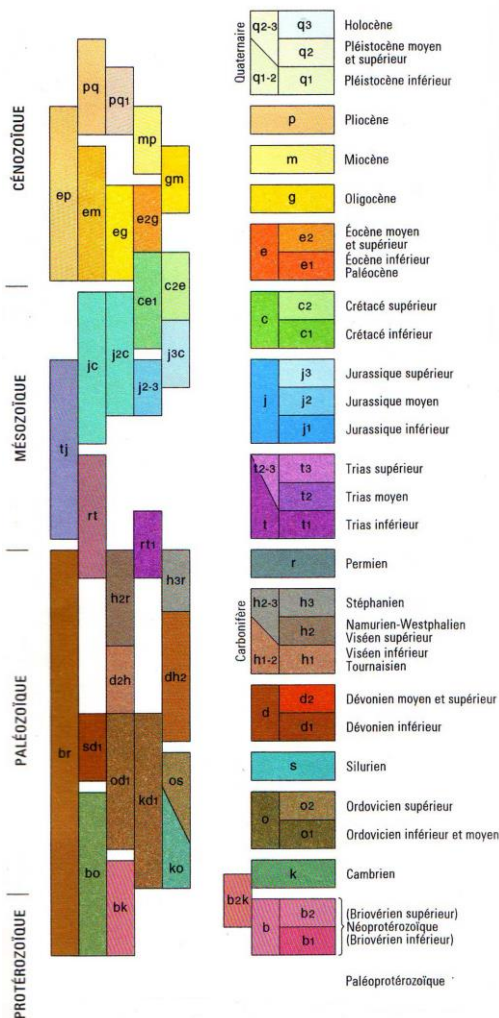
Prénom :

Salle :

Partie I : Cadre structural du massif de l'Ardenne



Localisation du secteur d'étude

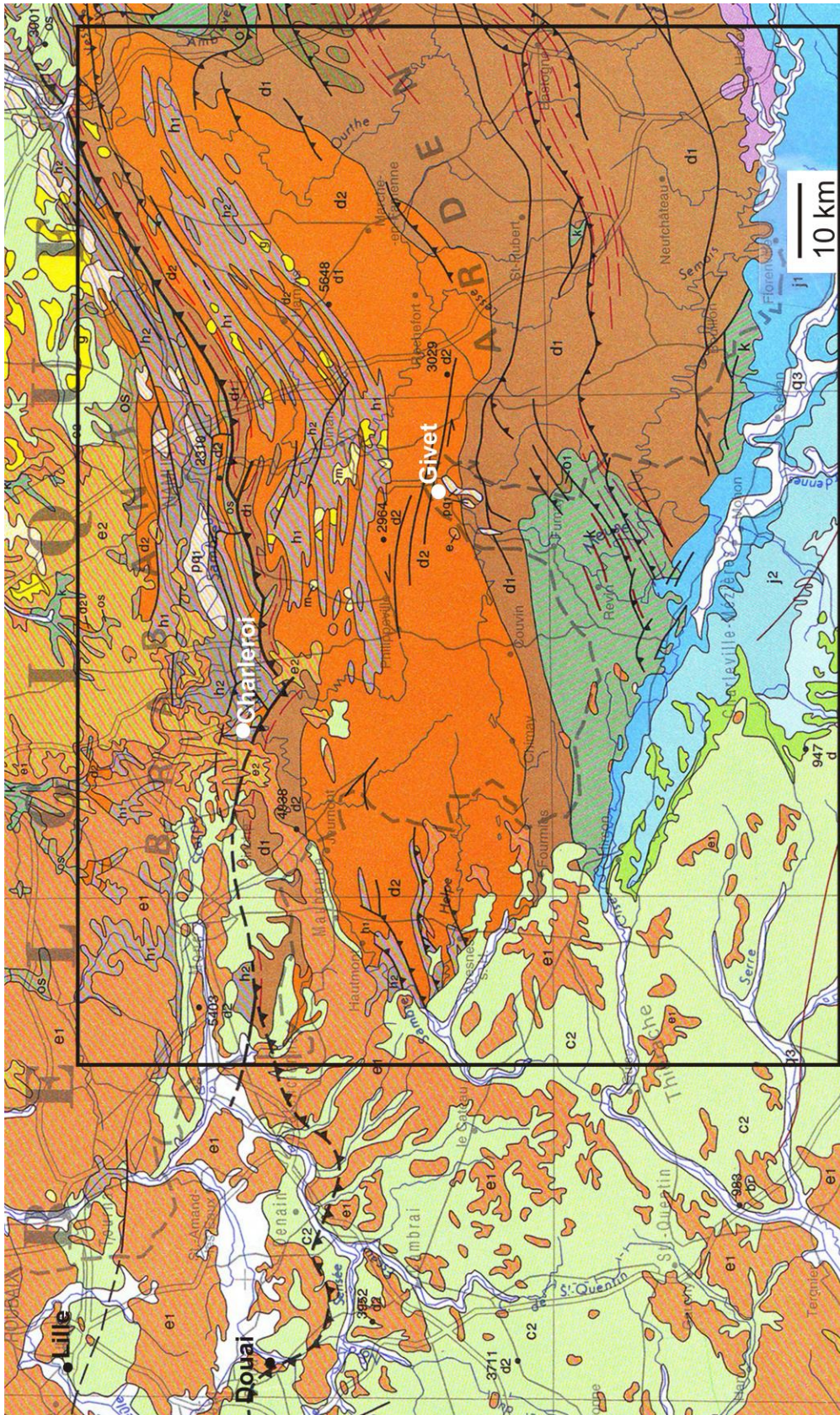


Document 1 : Extraits de la légende de la carte géologique de la France au 10⁻⁶

NOM :

Prénom :

Salle :



Document 2 : Extrait de la carte géologique de la France au 10^{-6}

NOM :

Prénom :

Salle :

Question I-A :

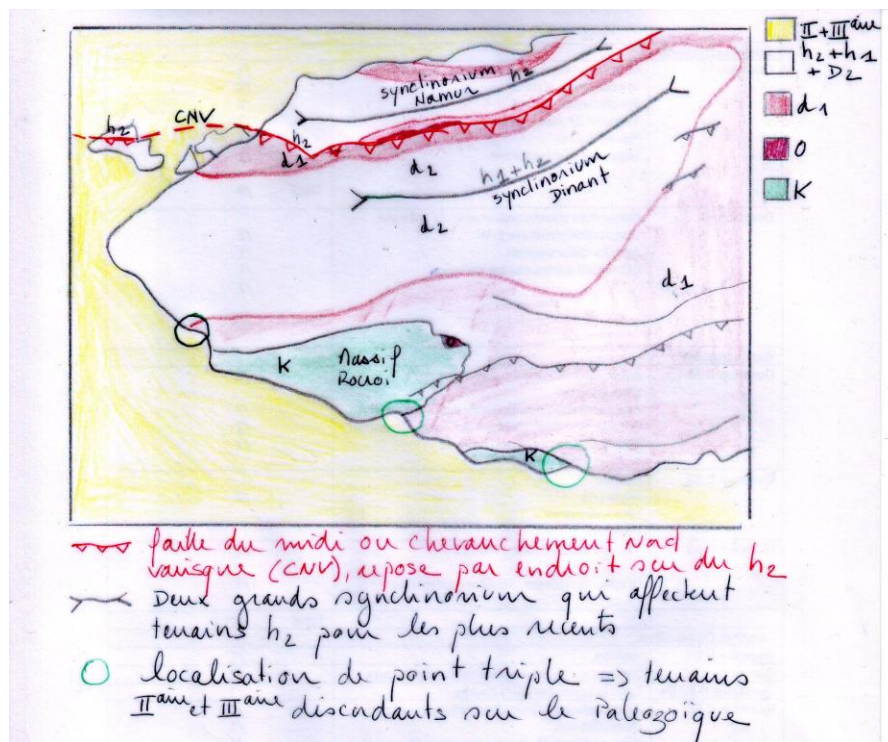
Sur le **papier calque**, faites un schéma structural, que vous légenderez, à l'échelle, du secteur encadré du **Document 2**.

Question I-B :

A partir de l'analyse des données de votre schéma structural, vous rattacherez les terrains paléozoïques de l'Ardenne à un des grands ensembles structuraux de la France, en justifiant votre réponse à l'aide des éléments cartographiques à votre disposition.

Réponse à la question I-B

Exemple d'un schéma structural d'une copie :



NOM :

Prénom :

Salle :

Le schéma structural devait au moins mettre en évidence :

-La faille du midi ou chevauchement nord varisque, ainsi que sa vergence

(Chevauchement de l'allochtone ardennais vers le Nord, sur le brabançon)

-Les synclinalorium de Dinant et de Namur

-Les discordances des terrains du BP sur le Paléozoïque, (ainsi que le Dévonien discordant sur les terrains Ordovicien et cambrien du Massif de Rocroi)

Commentaire :

Un schéma structural ne doit pas être un simple calque de la carte géologique et sa légende ne doit pas se restreindre à l'âge des terrains, ce qui a été fait par une grande majorité des candidats.

L'analyse du schéma structural devait permettre de rattacher les terrains Paléozoïques de l'Ardenne à un grand ensemble structural français :

On pouvait voir de nombreux marqueurs structuraux d'une chaîne de collision (avant pays), voir leur orientation globalement E-W, et montrer que le chevauchement et les plis affectent des terrains du Carbonifère. Ces différents éléments permettaient de rattacher ces terrains à la chaîne varisque.

Commentaire :

Globalement les candidats ont rattaché ces terrains à la chaîne varisque, mais pratiquement sans jamais argumenter. Très peu de candidats ont parlé de l'âge des déformations.

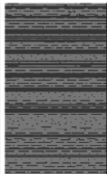
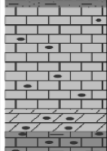
NOM :

Prénom :

Salle :

Partie II : Des éléments de la géologie du Carbonifère

Le Carbonifère du bassin franco-belge présente des lithologies variables comme on peut le voir dans le document 3 ci-dessous :

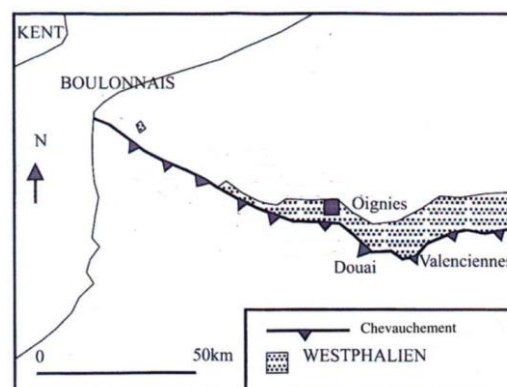
Système, étage			Lithologie		
CARBONIFÈRE	Carbonifère sup.	Westphalien		Shales et grès Charbon	
		Namurien		Shales et grès Charbon <i>Phanites</i>	
	Carbonifère inf. (Dinantien)	Viséen			Calcaire
		Tournaisien			Dolomie Calcaire
		Famennien Frasnien Givétien			<i>Base détritique</i> Calcaire et shales
DEVONIEN					

Document 3 : Ages et lithologies des terrains dans le secteur de Mons-Charleroi (localisation **Document 2**)

Le bassin houiller franco-belge a été exploité jusque dans les années 90 pour son **charbon westphalien** en tant que ressource énergétique.

Question II-A : Quelques caractéristiques du Westphalien (Carbonifère supérieur), dans le bassin houiller franco-belge

L'étude qui suit, porte sur des données du Westphalien dans le secteur français du bassin (région de Oignies, localisation **Document 4**) :



Document 4 : Localisation du Westphalien (**côte – 300m**) dans le bassin houiller (côté français)

Dans cette région de Oignies plusieurs forages ont permis d'étudier les dépôts westphaliens qui sont constitués d'une succession de séquences de dépôts, **ici sur 800m** et qui par analyse spectrale montrent une cyclicité de l'ordre de **100 Ka**.

Question II-A1 : Analyse d'une séquence de dépôt

NOM :

Prénom :

Salle :

. De 4 à 22m, la première succession est strato- et granocroissante. On y observe d'abord des fossiles marins, puis des bioturbations de milieu estuarien et des lingules. C'est donc un cortège régressif qui se termine par une surface d'érosion.

. De 22m à la veine de charbon, cette deuxième succession débute par un grès qui remanie des fragments ligneux, et montre une décroissance du grain, avec des figures sédimentaires : on passe de grandes stratifications obliques à des petites rides, ces éléments traduisent une diminution du courant et le comblement progressif d'un chenal.

Puis on passe à un faciès sablo- puis silto-argileux, avec au sommet des dépôts, des traces de racines. On trouve également des nodules de sidérite et de pyrite.

Ces différents éléments traduisent une montée du niveau marin avec une évolution vers des dépôts de plaine d'inondation (débordement du chenal dans la plaine deltaïque), avec un milieu réducteur, marécageux, continental, favorable à la préservation de la matière organique.

La transgression se poursuit et permet le dépôt des argiles, avec un maximum transgressif enregistré par les faunes marines.

Commentaire :

Beaucoup de candidats n'utilisent pas les données des faciès sédimentaires pour trouver l'évolution des environnements de dépôt. Le découpage séquentiel n'a pratiquement jamais été effectué.

NOM :

Prénom :


Salle :


Question II-A2 :


Légende du **Document 5A**, à compléter pour les fossiles c, j et les deux fossiles n.

Réponses à la question II-A2

A : argile Si : silt Sa : sable G : graviers : Charbon in situ

 ^a : *Productus*

 ^b : *Pecten*

 ^c :



Organisme c fossile




Organisme c actuel


Détermination
organisme c :


Lingule


Brachiopode

 ^d : Rides de courant

 ^e : Litage oblique

 ^f : Slump et faille syn-sédimentaire

 ^g : *Planolites* sp. (bioturbation en milieu estuarien)

 ^h : Bioturbation marine

 ⁱ : Trace de racine

NOM :

Prénom :

Salle :



Fossile j à déterminer (taille réelle de la photo 8 cm) :

Stigmaria (ou racine)

☉ k : Nodules de sidérite, pyrite



l : Fragments ligneux remaniés

••• m : Gravier remaniés



n : Fragments de fossiles, deux exemples à déterminer



Fossile n :

Lépidodendron

(tige ou rameau avec des cicatrices en écusson, traces d'insertion des feuilles)

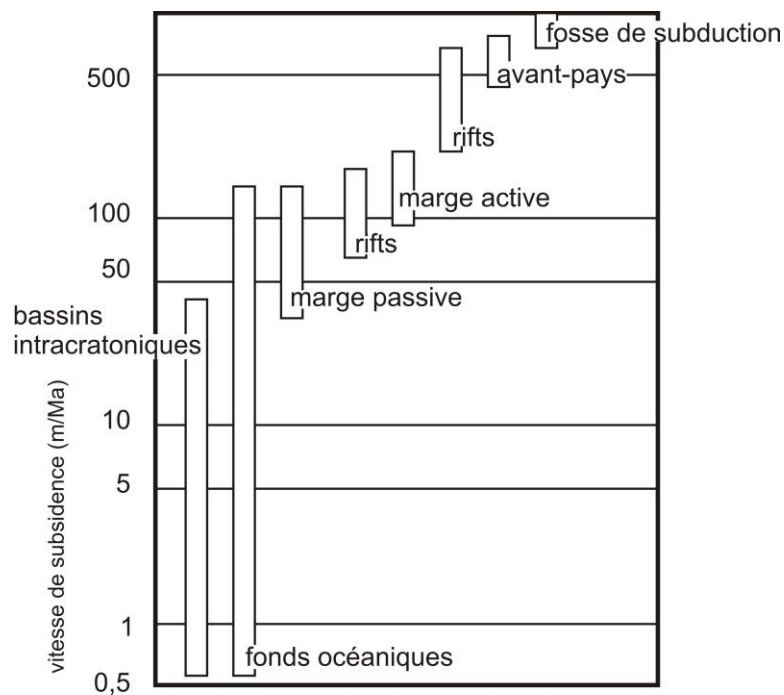


Fossile n :

Fougère

Document 5 B : Légende du **Document 5A**, à compléter.

Commentaire : On constate ici une méconnaissance des fossiles de la part des candidats, qu'on retrouvera dans des questions suivantes.



Proust, modifié d'après Masse 1981

Document 6 : Lien entre la vitesse de subsidence et la nature du bassin.

NOM :

Prénom :

Salle :

Questions II-A3 :

En prenant en compte les informations fournies :

- Calculez le taux de sédimentation dans le secteur de Oignies.
- Expliquez l'origine de la subsidence dans ce bassin. Argumentez votre réponse à partir de votre étude structurale de la première partie.

Réponses aux questions II-A3

Taux de sédimentation :

A calculer à partir des données présentes dans l'énoncé :

800 m de dépôts et 1 cyclothème représente 50 m, on a donc 16 cyclothèmes.

1 cyclothème / 100 000 ans, on a donc 16 séquences de dépôts pour 1,6 Ma

Taux de sédimentation : **$800 / 1,6 = 500\text{m} / \text{Ma}$**

A l'aide du document 6, on pouvait voir que ce taux était compatible avec un bassin de type rift ou d'avant pays.

Origine de la subsidence et justification à partir de l'analyse structurale de la première partie.

En prenant en compte le schéma structural, on pouvait voir que le secteur de Oignies se trouve à l'avant du grand chevauchement nord varisque. Il s'agit donc d'un bassin d'avant pays, avec une subsidence liée au comportement visco-élastique de la lithosphère.

Commentaire :

De nombreux candidats n'ont pas calculé le taux de sédimentation avec toutes les données, et sont souvent arrivés à l'idée que ce bassin était un bassin de marge active ou un rift.

On pouvait également avoir un regard critique sur cette valeur calculée du taux de sédimentation, ce qui n'a jamais été fait.

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

Question II-B : Le Carbonifère, son exploitation actuelle comme réservoir géothermique

Si le Carbonifère a été exploité pour son charbon, aujourd'hui différents projets géothermiques exploitant l'aquifère des **calcaires carbonifères** ont vu le jour (cf. **Document 3** pour les lithologies du Carbonifère).

C'est le cas du projet Biotopé à Lille (localisation **Document 1**).

Ce projet de géothermie assisté par pompe à chaleur sur nappe a vu le jour pour chauffer ou rafraîchir un bâtiment de 32 000m².

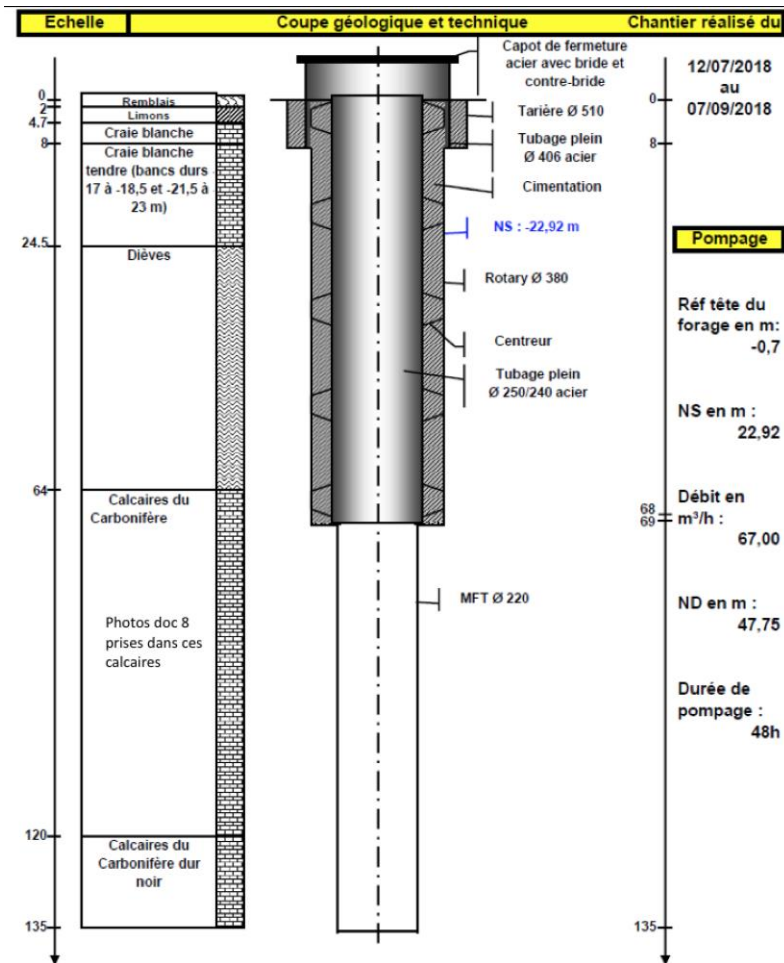
Actuellement deux aquifères sont exploités pour ce projet : celui de la craie du Crétacé (profondeur du toit : - 9m) et celui des **calcaires carbonifères** (profondeur du toit : - 62m).

On va s'intéresser plus particulièrement à l'aquifère du Carbonifère visible sur le forage ci-dessous :

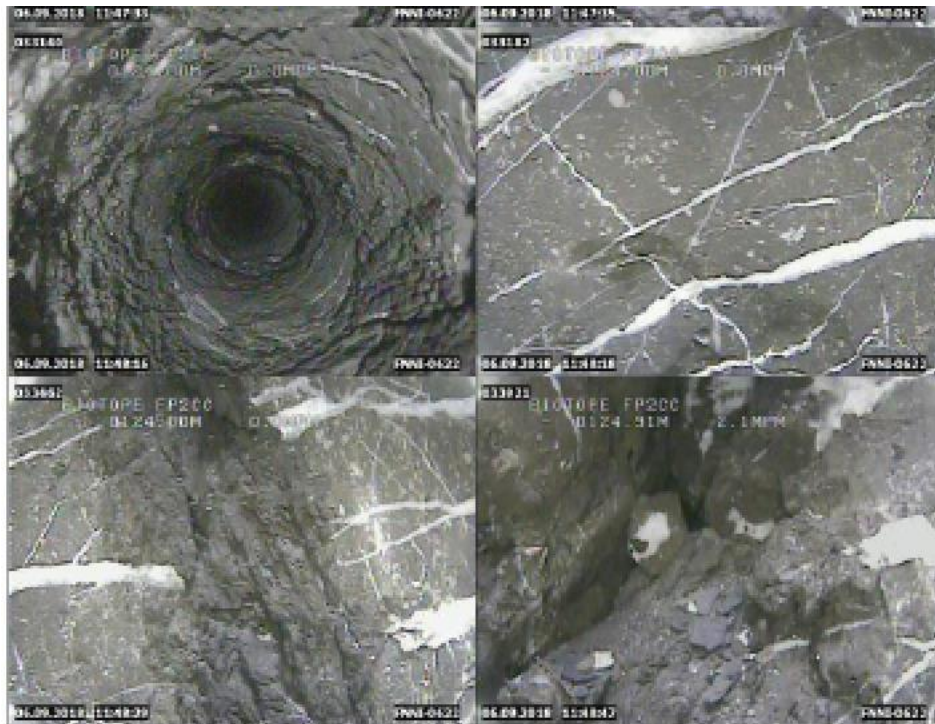
NOM :

Prénom :

Salle :



Document 7 : Forage de pompage réalisé dans les calcaires carbonifères (Document provenant du bureau d'études EGEE).

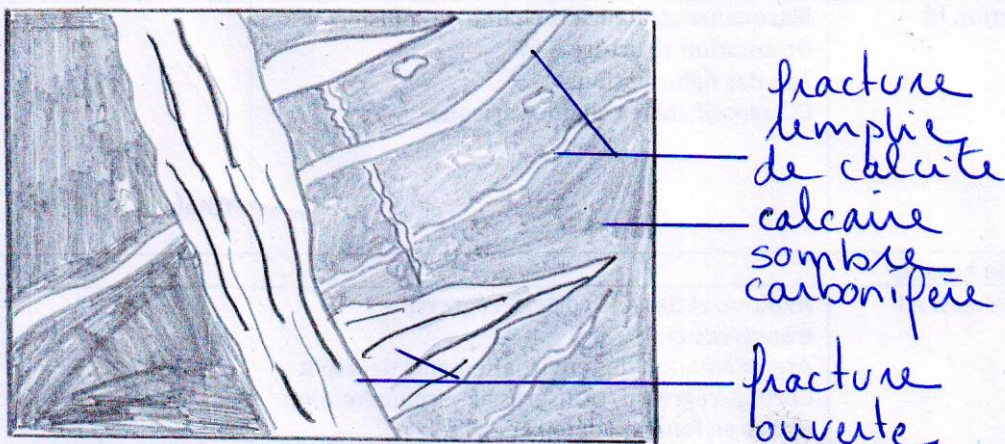


Document 8 : Photos des calcaires carbonifères par diagraphie caméra le long du forage, la première photo en haut à gauche est une photo du forage, les 3 autres de droite et en bas à gauche sont des photos de la paroi (Document provenant du bureau d'études EGEE).

Question II-B1 : Caractéristiques des calcaires à partir des observations par diagraphie caméra.

A partir du **Document 8**, faites un schéma synthétique et légendé, de ce qu'on peut observer au niveau des calcaires carbonifères par diagraphie caméra.

Réponse à la question II-B1



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

--

Question II-B2 :

D'après vos observations, à quoi peut être liée la perméabilité de l'aquifère des calcaires carbonifères ?

Réponse à la question II-B2 Perméabilité de fracture

Afin de voir si le projet géothermique est viable, différents tests sont effectués, et notamment des tests de pompages d'essais par paliers avec des débits croissants.

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

Un premier test de pompage est ainsi effectué, et un second après acidification (pratique qui consiste à introduire plusieurs tonnes d'acide chlorhydrique dans le forage).

On peut ainsi quantifier et suivre l'évolution de différents paramètres, dont le rabattement de la nappe.

Premier test de pompage	Estimation du rabattement de la nappe (S) : $S = 1,9 \cdot 10^{-1} Q + 6,57 \cdot 10^{-3} Q^2$ (avec Q = débit)
Deuxième test de pompage après acidification	Estimation du rabattement de la nappe (S) : $S = 1,4 \cdot 10^{-1} Q + 2,35 \cdot 10^{-3} Q^2$

Document 9 : Détermination de l'équation de rabattement de la nappe pour les deux tests.

Question II-B3 :

Pour les deux tests, calculez le rabattement de la nappe pour des débits croissants.

Réponse à la question II-B3		
	Valeurs du rabattement de la nappe pour le premier test	Valeurs du rabattement après acidification
Q = 10 m ³ /h	2,5	1,6
Q = 20 m ³ /h	6,4	3,7
Q = 30 m ³ /h	11,6	6,3
Q = 40 m ³ /h	18,2	9,3
Q = 50 m ³ /h	25,9	12,8
Q = 60 m ³ /h	35	16,8

Question II-B4 :

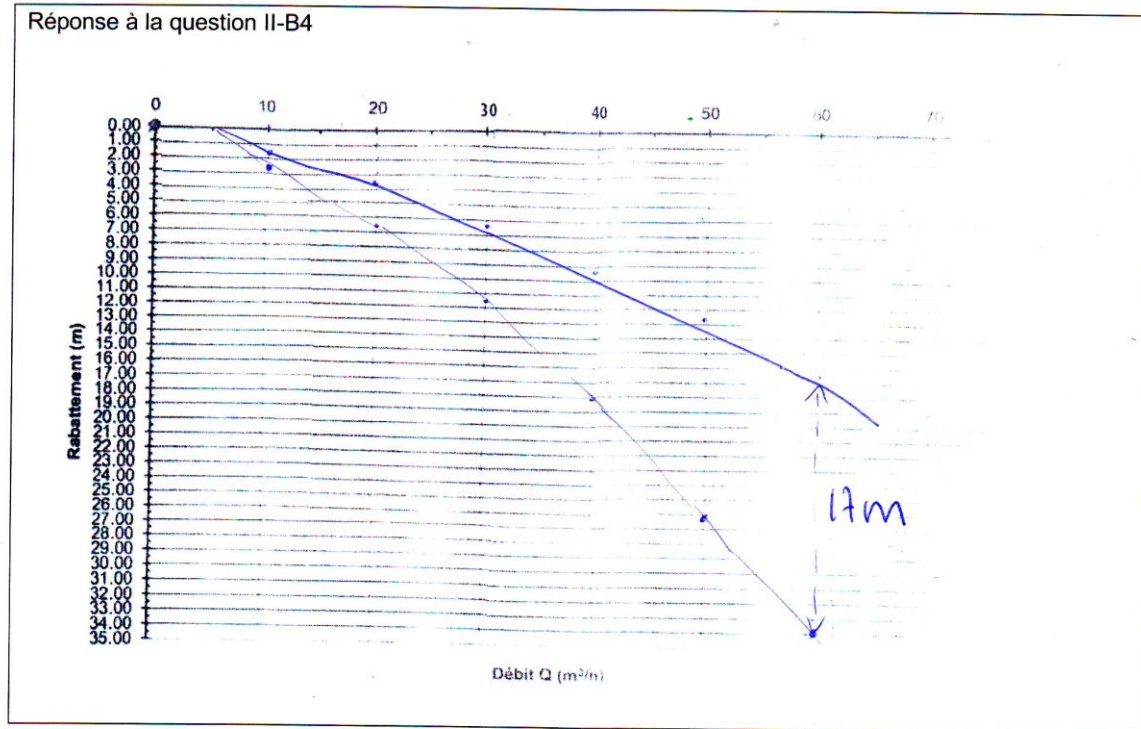
A partir des résultats de la question II-B3, construisez les courbes de rabattement pour les deux tests.

Réponse à la question II-B4

Question II-B4 :

A partir des résultats de la question II-B3, construisez les courbes de rabattement pour les deux tests.

Réponse à la question II-B4

**Question II-B5 :**

A partir des données précédentes : équations, courbes, quel est le rôle de l'acidification sur **les propriétés** de l'aquifère et quels objets géologiques seront préférentiellement affectés ?

Réponse à la question II-B5

L'acidification va entraîner une diminution du rabattement de la nappe. Ceci peut s'expliquer par une amélioration de la perméabilité de l'aquifère avec l'acidification. En effet, celle-ci va faciliter l'écoulement de l'eau en dissolvant la calcite et en agrandissant les fractures.

NOM :

Prénom :

Salle :

Question II-B6 :

Ecrire la réaction chimique qui se produit avec l'acidification de l'aquifère.

Réponse à la question II-B6



Commentaire :

Globalement, cette partie a bien été traitée par les candidats, à part l'écriture de l'équation...

NOM :

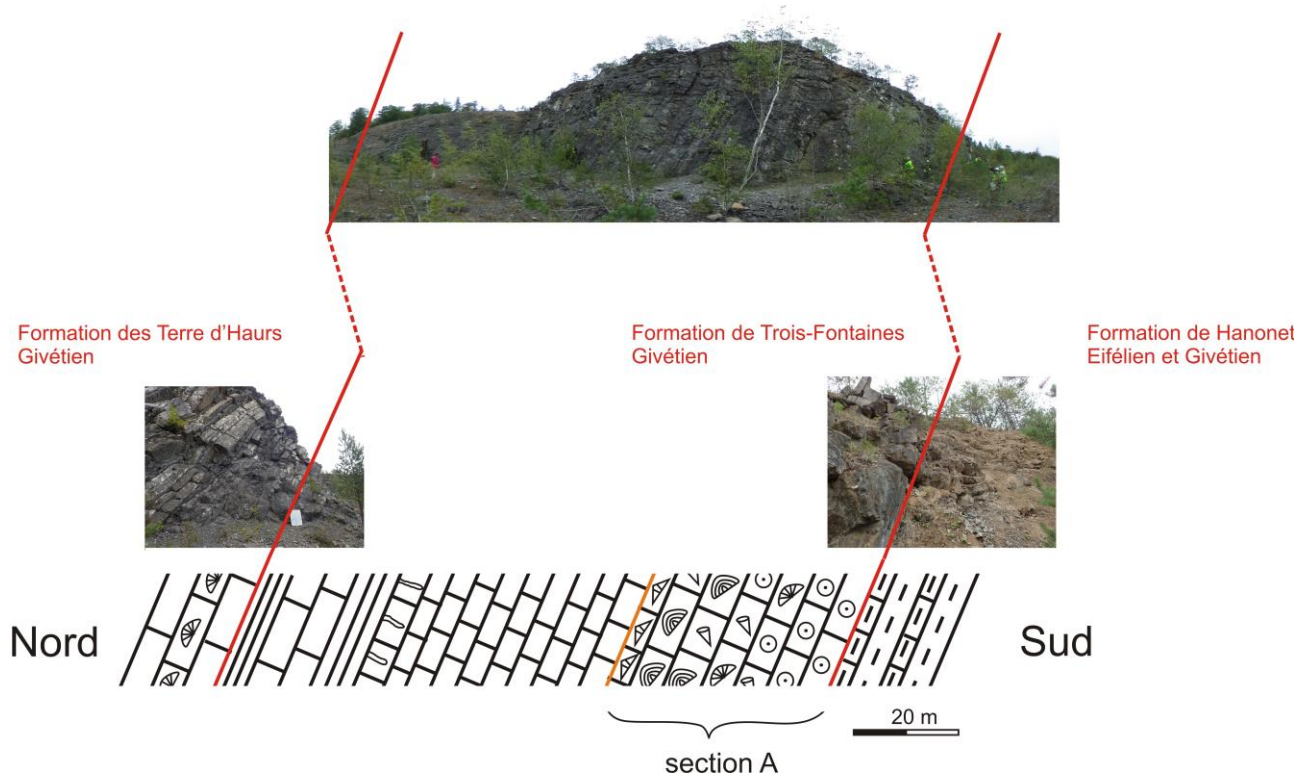
Prénom :

Salle :

Partie III :

Des éléments de la géologie du Dévonien d'Ardenne (Formation de trois Fontaines, Givétien)

Une coupe, illustrée ci-dessous, a été étudiée dans le secteur de Givet (localisation **Document 2**).



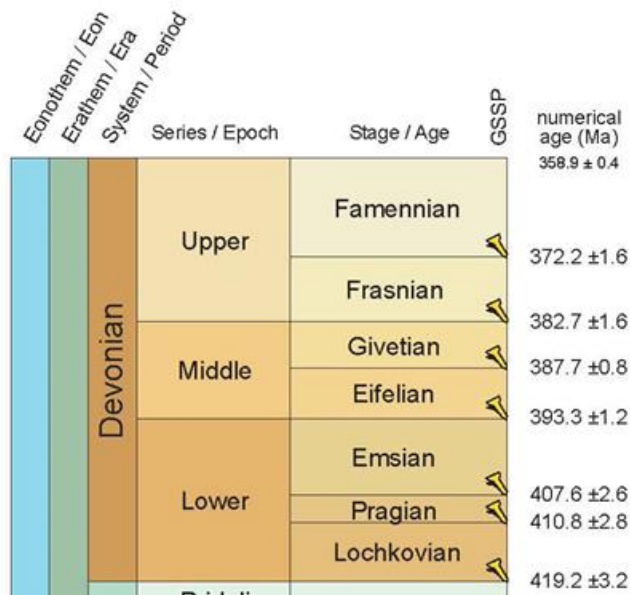
Document 10 : Photos de la coupe du secteur de Givet (succession de trois formations depuis la fin de l'Eifélien au Givétien, Dévonien moyen) et dessin d'interprétation. Légende détaillée sur le document 11.

NOM :

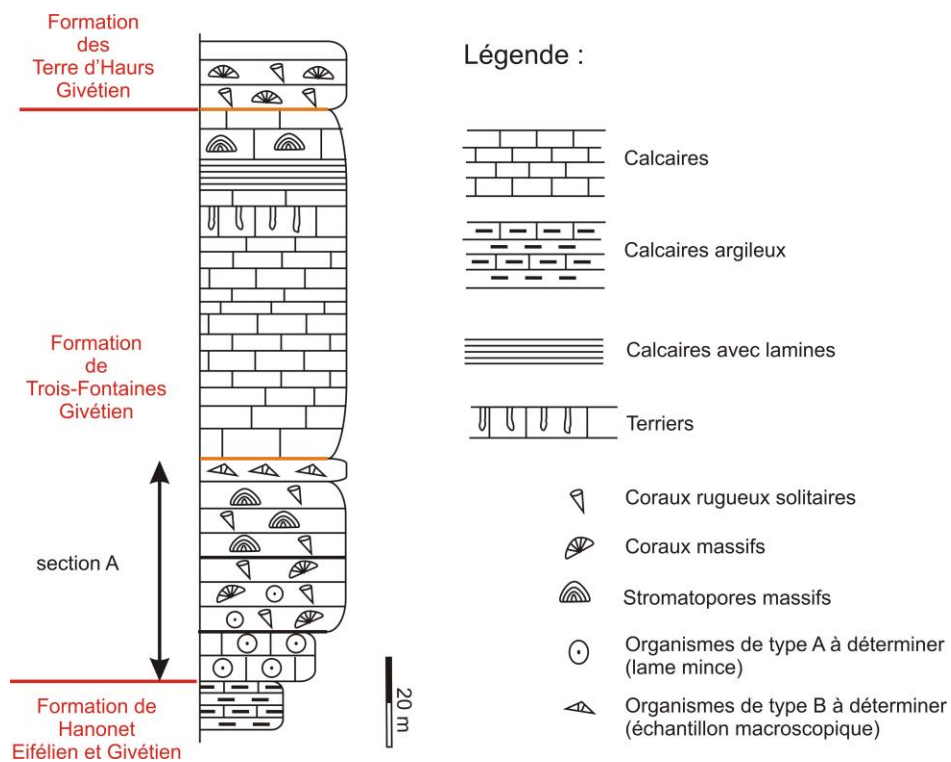
Prénom :

Salle :

(A)



(B)



Documents 11 : (A) Extrait de l'échelle stratigraphique et (B) Log stratigraphique de la Formation de Trois Fontaines et sa légende détaillée.

NOM :

Prénom :

Salle :

On s'intéresse plus particulièrement à la **section A** de la Formation de Trois Fontaines (voir **documents 10-11**).

Questions III-A : Identifications d'éléments appartenant à la section A de la formation de Trois Fontaines

Pour les questions III-A2 et III-A3, vous serez appelé et vous aurez 10 mn pour étudier une lame mince et un échantillon macroscopique (Postes 1 et 2).

Question III-A1 :

Décrivez les structures sédimentaires présentes sur la photo ci-dessous, dans le faciès calcaire de la base de la Formation de Trois Fontaines représentée sur le **Document 11**

Faire un dessin d'interprétation de ce faciès calcaire.



Document 12 : Facies calcaire rencontré à la base de la Formation de Trois Fontaines dans la coupe étudiée dans le secteur de Givet. (Présence des organismes de type A à étudier en lame mince au poste 1)

NOM :

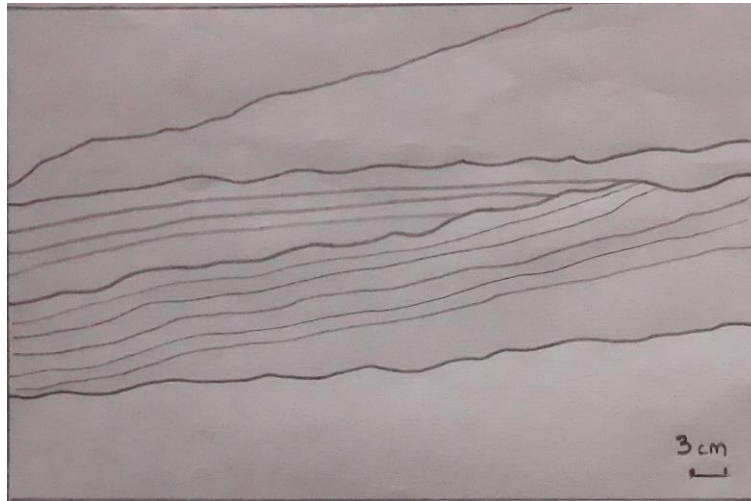
Prénom :

Salle :

Réponse à la question III-A1

Dessin des structures sédimentaires observées à l'affleurement et interprétation sédimentologique

Exemple de dessin :



Le dessin devait au moins mettre en évidence :

- bancs en biseau
- un litage oblique
- amplitude centimétrique
- intersections des lamines à faible angle
- une échelle.

Interprétation : il s'agit d'HCS (Hummocky cross stratification). Ces structures sont des rides associées à des structures primaires de dépôt, témoignant d'un environnement de tempête.

Commentaire :

Très peu de candidats ont mis en évidence ces structures.

NOM :

Prénom :

Salle :

Question III-A2 :

Lame mince poste 1 : Analysez et déterminez les organismes de type A (**document 10**) présents au sein du faciès calcaire du **Document 12** et nommez la roche dans la classification de Dunham.

Réponse à la question III-A2

Nature des organismes A de la base de la Formation de Trois Fontaines. Dessinez une partie de la lame-mince et donnez des critères d'identification pour ces organismes.

Exemple de dessins :



Le dessin devait au moins mettre en évidence :

- des éléments montrant des grains jointifs
- des éléments à structures polygonales ou sphériques (en section transversale), avec un liant à petits cristaux
- des éléments à caractère monocristallin observé en LPA
- une échelle

Interprétation : la forme et le caractère monocristallin des éléments suggèrent des articles de crinoïdes. Les éléments polygonaux sont des plaques de crinoïdes, les éléments sphériques sont des ossicules de crinoïdes avec un trou central (= canal central). Il s'agit d'une biosparite ou calcaire à entroques, d'un grainstone dans la classification de Dunham dont l'accumulation se fait dans la zone des vagues de tempêtes.

Commentaire :

Si les candidats ont pu observer des éléments montrant des grains jointifs, trop peu ont mis en évidence ces structures, trop peu ont réalisé un dessin d'observation.

NOM :

Prénom :

Salle :

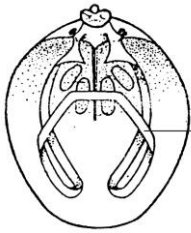
Question III-A3 :

Etude d'un échantillon macroscopique au poste 2 :

Détermination de l'organisme de type B du **document 12** et indiquez ses fonctions trophiques.

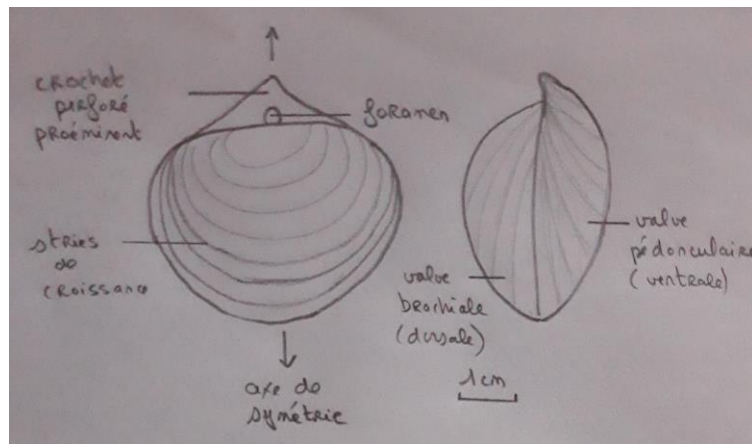
Réponse à la question III-A3

La figure ci-dessous correspond à la partie interne de l'organisme que vous devez dessiner, légender et déterminer



Appareil brachial en forme de
boucles

Exemple de dessin :



Le dessin devait au moins mettre en évidence :

- 2 valves jointives, plan de symétrie passant par le milieu des 2 valves, un crochet perforé, foramen

Interprétation : il s'agit d'un brachiopode (Lophophorate). L'appareil brachial en forme de boucles allongées (bandelettes calcaires) se rencontre chez les Térébratulida. La grande taille et la coquille épaisse est caractéristique des *Stringocephalus* du Givétien).

Commentaire : Très souvent les candidats ont confondu brachiopodes et lamellibranches. Trop peu ont réalisé un dessin d'observation.

Vous indiquerez les fonctions trophiques de ces organismes de type B :

Ces organismes sont marins, filtreurs.

Commentaire : malgré la confusion entre lamellibranche et brachiopode, de nombreux candidats ont mentionnés les fonctions trophiques

NOM :

Prénom :

Salle :

Question III-B : *Environnement de dépôt*

Question III-B1 :

En vous aidant des **documents 10 à 11**, des faunes et des structures sédimentaires observées, quels enseignements sur l'environnement de dépôt et les conditions hydrodynamiques du milieu peut-on tirer de l'analyse de la section A du Dévonien ?

Réponse à la question III-B1

En nous appuyant sur la section A, et les dessins d'observation, l'environnement de dépôt est marin et se situe sur une plateforme carbonatée. Il y a la présence d'organismes bioconstructeurs (coraux, stromatopores). Le climat de l'époque était propice aux développements de ces organismes : il était chaud. De plus, dans la section A, nous pouvons observer 3 stades :

Stade 1 avec des entroques. Il s'agit du calcaire crinoïdique précédemment défini.

Stade 2 avec des coraux massifs, des rugueux solitaires et quelques entroques.

Stade 3 avec des stromatopores massifs, coraux massifs et rugueux solitaires.

Ces 3 stades témoignent de l'installation d'un récif :

Stade 1 : mise en place du substrat,

Stade 2 : mise en place d'une communauté pionnière s'installant sur un substrat dur (calcaire crinoïdique),

Stade 3 : phase de développement avec une diversification des organismes bioconstructeurs.

La section A suggère un niveau marin relatif constant avec un développement rapide des organismes constructeurs permettant au récif d'atteindre la zone d'action des vagues de beau temps et la surface de l'eau.

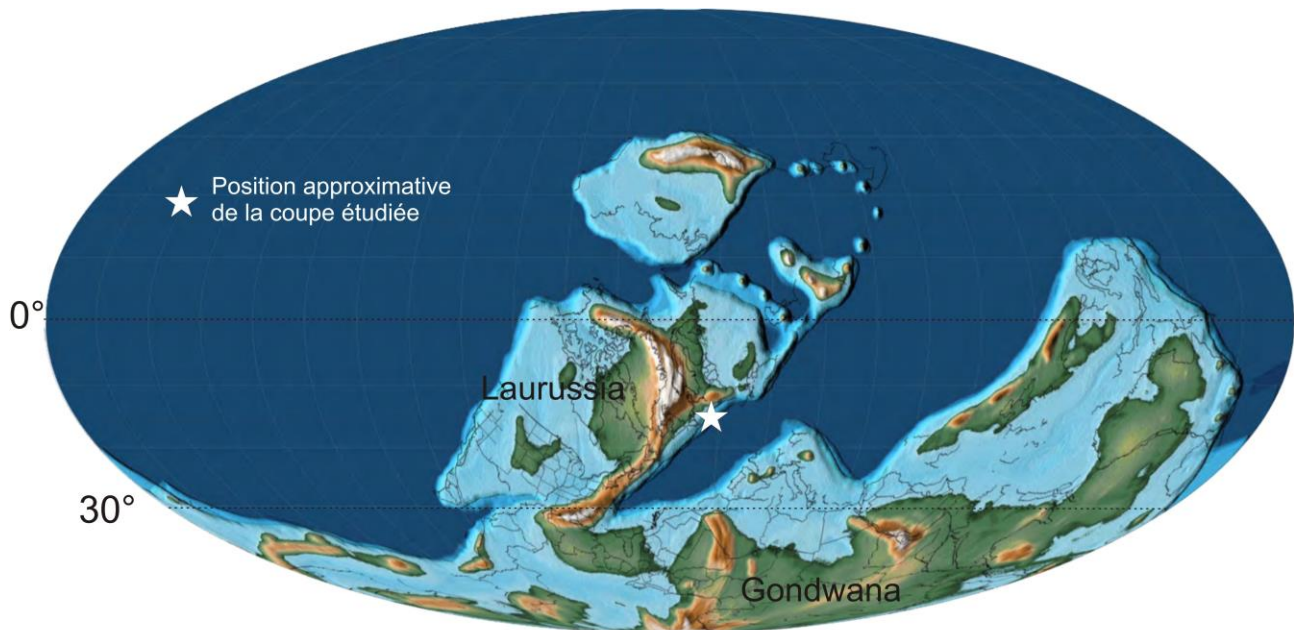
La surface d'émersion est représentée ici par un niveau constitué uniquement des gros brachiopodes : les Stringocephales. Il s'agit d'un *Beach Rock*.

Commentaire : Si les organismes constructeurs et la plateforme carbonatée ont été repérés par quelques candidats, trop peu ont mis en évidence cette phase d'installation d'un récif au cours du temps lors de cette période.

NOM :

Prénom :

Salle :



Document 13 : Reconstitution paléogéographique du Dévonien moyen.

Question III-B2 :

En considérant la position approximative de la section A étudiée et vos interprétations en terme d'environnement de dépôt, la reconstitution proposée sur le **document 13** est-elle en adéquation avec vos déductions et à quel domaine paléogéographique a-t-on à faire ?

Réponse à la question III-B2

La section étudiée est située le long de la marge sud-est de la Laurussia, au nord de l'océan Rhéno-Hercynien, à une latitude de 25°S. Ceci confirme le climat chaud et les faciès proximaux.

Nous sommes en présence d'un bassin peu profond situé le long de la marge sud-est de la Laurussia.

Commentaires : Les candidats ont été trop peu nombreux ont situé la section en terme de latitude, un peu plus pour situer le domaine paléogéographique.

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

La coupe étudiée dans le secteur de Givet (localisation **Document 2**) appartient à une série continue du Givétien représentant une puissance d'environ 490 m.

Question III-C :

A partir de ces données et du **document 10A**, calculez le taux de sédimentation donné en m/Ma pour le Givétien.

En vous servant des **Documents 6 et 13**, la sédimentation du Dévonien est-elle associée au même type de bassin que les séquences observées pour le Westphalien (comparez et argumentez) ?

Réponse à la question III-C

Taux de sédimentation :

D'après la figure 11B, le Givétien est daté de -387.7Ma à -382.7Ma, soit une durée de 5Ma.

D'après les données, la série continue du Givétien représente une puissance d'environ 490 m.

Donc 5Ma pour 490m soit 1Ma pour 98m (i.e., $490/5 \times 1 = 98$).

Nous avons donc un taux de sédimentation de 98m/Ma.

Commentaires : Ce taux de sédimentation a souvent été obtenu par les candidats sans préciser le détail des calculs.

Nature du bassin associé à la sédimentation du Dévonien :

Ces valeurs correspondent à des valeurs de marge passive.

Commentaires : les candidats ayant obtenu le bon taux de sédimentation n'ont pas eu de difficulté pour argumenter en faveur d'une marge passive.

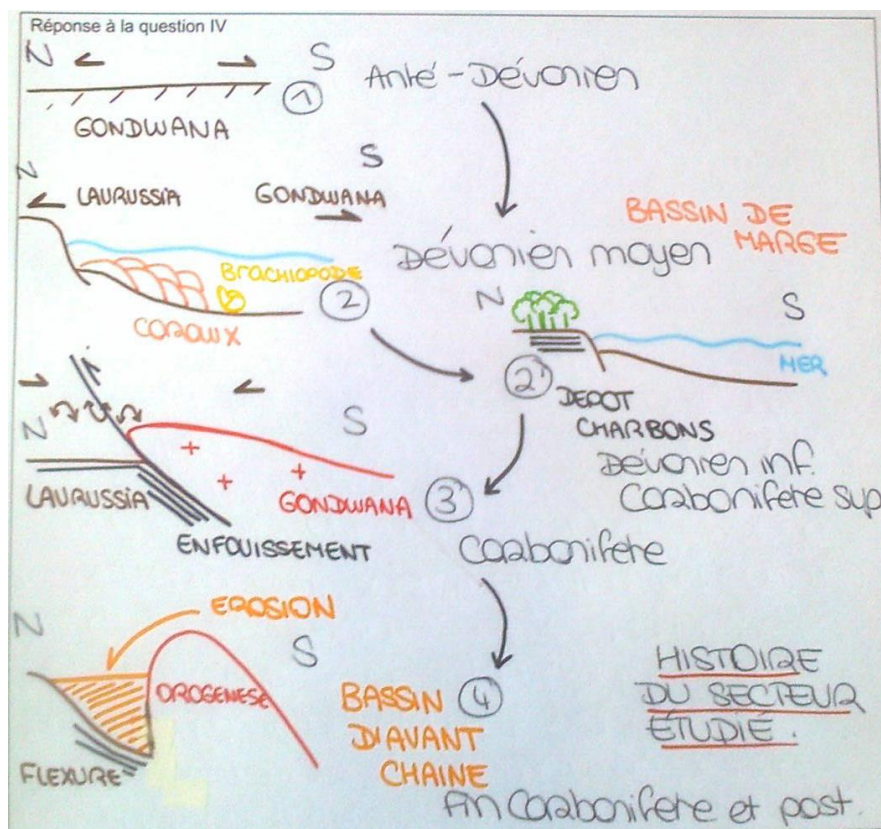
Partie IV : Conclusion

Question IV :

En vous appuyant sur l'analyse des données des parties I, II et III, reconstituez l'histoire du secteur géologique (à l'aide de schéma si besoin) étudié engendré par le contexte géodynamique au Paléozoïque moyen/supérieur, en identifiant les principaux événements depuis le Dévonien moyen jusqu'au Carbonifère.

Réponse à la question IV

Exemple d'un schéma bilan d'une copie :



La conclusion devait au moins préciser :

- le nom de l'orogénèse impliquée (cycle orogénique varisque)
- l'âge des événements au Dévonien et au Carbonifère
- replacer les événements dans un cycle de Wilson

Un bonus était accordé sur des précisions et l'histoire de la chaîne varisque.

Commentaire : La conclusion a rarement été traitée