



**MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION
NATIONALE
ET DE LA JEUNESSE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Rapport du jury

Concours : Agrégation externe

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

Session 2022

Rapport de jury présenté par : Cécile ROBIN – Présidente de jury
Maître de conférences des universités

Rapport de jury

Agrégation de SV-STU

Session 2022

1. Présentation du concours

- 1.1. ORGANISATION ET MODALITES DU CONCOURS
 - 1.1.1 Épreuves écrites d'admissibilité
 - 1.1.2 Épreuves d'admission
- 1.2. LE DEROULEMENT DU CONCOURS 2022
 - 1.2.1 Le calendrier
 - 1.2.2 Le déroulement pratique des épreuves d'admission du concours

2. Quelques éléments statistiques

- 2.1. DE LA CANDIDATURE À L'ADMISSION
 - 2.1.1. Les candidats par secteurs
 - 2.1.2 Les candidats par sexe
 - 2.1.3 Âges des candidats
 - 2.1.4. Les candidats par statuts et/ou professions aux différentes étapes du concours
 - 2.1.5. Répartition géographique des candidats
 - 2.1.6. L'évolution du concours sur le long terme
- 2.2. QUELQUES DONNEES STATISTIQUES CONCERNANT L'ECRIT
 - 2.2.1. Épreuve écrite de secteur A
 - 2.2.2. Épreuve écrite de secteur B
 - 2.2.3. Épreuve écrite de secteur C
- 2.3. QUELQUES DONNEES STATISTIQUES CONCERNANT LES EPREUVES PRATIQUES
- 2.4. QUELQUES DONNEES STATISTIQUES CONCERNANT LES EPREUVES D'ADMISSIBILITE ET D'ADMISSION POUR LES CANDIDATS ADMISSIBLES

3. Programme du concours

4. Épreuves écrites

- 4.1. ÉPREUVE ECRITE DU SECTEUR A
 - 4.1.1. Le sujet proposé
 - 4.1.2. Commentaires généraux sur l'épreuve
- 4.2. ÉPREUVE ECRITE DU SECTEUR B
 - 4.2.1. Le sujet proposé
 - 4.2.2. Commentaires généraux sur la compréhension et le traitement du sujet
 - 4.2.4. Éléments de référence pour l'évaluation des copies

- 4.3. ÉPREUVE ECRITE DU SECTEUR C
 - 4.3.1. Le sujet proposé
 - 4.3.2. Commentaires généraux sur l'épreuve et grille de notation

5. Les épreuves pratiques

- 5.1 ÉPREUVE DE TRAVAUX PRATIQUES DE SPECIALITE DU SECTEUR A : SUJET ET COMMENTAIRES
- 5.2 ÉPREUVE DE TRAVAUX PRATIQUES DE SPECIALITE DU SECTEUR B : SUJET ET COMMENTAIRES
- 5.3 ÉPREUVE DE TRAVAUX PRATIQUES DE SPECIALITE DU SECTEUR C : SUJET ET COMMENTAIRES
- 5.4 ÉPREUVE DE TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE-OPTION DU SECTEUR A : SUJET ET COMMENTAIRES
- 5.5 ÉPREUVE DE TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE-OPTION DU SECTEUR B : SUJET ET COMMENTAIRES
- 5.6 ÉPREUVE DE TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE-OPTION DU SECTEUR C : SUJET ET COMMENTAIRES

6. Les Épreuves Orales

- 6.1. LA LEÇON D'OPTION
 - 6.1.1. Déroulement de l'épreuve de spécialité
 - 6.1.2. Constats et conseils
 - 6.1.3. Commentaires particuliers concernant les leçons d'option A
 - 6.1.4. Commentaires particuliers concernant les leçons d'option B
 - 6.1.5. Commentaires particuliers concernant les leçons d'option C
 - 6.1.6. Liste des leçons d'option de la session 2022
- 6.2. LA LEÇON DE CONTRE-OPTION
 - 6.2.1. Déroulement de l'épreuve
 - 6.2.2. Constats et conseils
 - 6.2.3. Quelques particularités propres à chaque secteur
 - 6.2.4. Sujets des leçons de contre-option

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 détaillés ci-dessous.

Les modalités d'organisation du concours découlent de **l'arrêté du 28 décembre 2009 fixant les modalités des concours de l'agrégation.**

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. Un programme de spécialité peut être éventuellement précisé pour un secteur : pour le secteur concerné, il porte alors sur des connaissances de niveau Master.

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 du secteur choisi, au choix A, B ou C (durée : six heures maximum ; coefficient 3).

2° Épreuve de travaux pratiques portant sur les programmes de connaissances générales correspondant aux secteurs n'ayant pas fait l'objet de la première épreuve d'admission (durée : quatre heures maximum ; coefficient 2).

3° Épreuve orale portant sur le programme du secteur choisi par le candidat, lors de l'inscription, pour la première épreuve d'admission. 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 des deux autres secteurs hors le secteur choisi par le candidat. 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 des 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 des questions scientifiques d'actualité se rapportant aux secteurs A et B pour les candidats ayant choisi, lors de l'inscription, le secteur C pour la première épreuve d'admission.

- Durée de la préparation : quatre heures.
- Durée de l'épreuve : une heure et dix minutes maximum, [présentation orale et pratique : quarante minutes maximum ; entretien : trente minutes maximum], coefficient 4.

Ces modalités sont résumées dans le tableau 1

	Durée	Coefficients	Nombre de points
1. Épreuves écrites d'admissibilité			
1.1. Épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur A	5h	2	40
1.2. Épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur B	5h	2	40
1.3. Épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur C	5h	2	40
Total des épreuves écrites			120
2. Épreuves d'admission			
2.1 Épreuves de travaux pratiques			
2.1.1 Épreuve d'option (secteur A, B ou C suivant le choix du candidat)	6h	3	60
2.1.2 Épreuve de contre-option (portant sur le programme général des deux autres secteurs)	4h	2	40
Total des épreuves pratiques			100
2.2 Épreuve orales			
2.2.1 Épreuve d'option (secteur A, B ou C suivant le choix du candidat)	4h + 50 min.+ 30 min.	5	100
2.2.2 Épreuve de contre-option portant sur le programme général des deux autres secteurs	4h + 40 min.+ 30 min	4	80
Total des épreuves orales			180
Total général		20	400

Tableau 1. Les modalités du concours

1.2.LE DEROULEMENT DU CONCOURS 2022

1.1.1. Le calendrier.

Admissibilité : épreuves écrites

- lundi 7 Mars 2022 : épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur A
- mardi 8 Mars 2022 : épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur B
- mercredi 9 Mars 2022 : épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur C

Les résultats de l'admissibilité ont été publiés le 27 avril 2022.

Admission : épreuves pratiques

- Vendredi 3 juin 2022 : accueil des candidats des secteurs A, B et C.
- samedi 4 juin 2022 : travaux pratiques portant sur le programme de spécialité (secteur A, ou B, ou C)
- dimanche 5 juin 2022 : travaux pratiques portant sur le programme général des deux autres secteurs.

Admission : épreuves orales

- du dimanche 19 juin 2022 au jeudi 30 juin 2022.

Les résultats de l'admission ont été publiés le vendredi 1 juillet 2022.

1.2.2 Le déroulement pratique des épreuves d'admission du concours

Les questions administratives à toutes les étapes du concours ont été réglées avec l'aide très efficace des personnes des services de la DGRH. 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) de la Faculté des Sciences et Ingénierie de Sorbonne Université 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. Des 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 des personnels de Sorbonne Université, équipe à laquelle se sont joints un professeur de chaire supérieure au lycée St Louis, deux professeurs agrégés des lycées Pierre Gilles de Gennes de Paris et Gustave Eiffel de Gagny et de 16 personnels de laboratoires travaillant dans le secteur des Sciences de la vie et de la Terre dans différents lycées de la France métropolitaine.

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) pour les épreuves de travaux pratiques. 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.

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	919	
Candidats présents : Écrit secteur A	457	49,7 % des inscrits
Écrit secteur B	457	49,7 %
Écrit secteur C	450	49 %
Candidats présents aux 3 écrits	445	48,42 % des inscrits
Candidats admissibles	146	15,9 % des inscrits 32,8 % des présents aux 3 écrits
Secteur A	40	27,4 % des admissibles
Secteur B	65	44,5 %
Secteur C	41	28,1%
Candidats admis	65	44,8 % des admissibles 14,5 % des présents aux 3 écrits 7,1 % des inscrits
Secteur A	19	29,2 % des admis
Secteur B	31	47,7 %
Secteur C	15	23,1 %
Candidats sur liste complémentaire	4	2,7 % des admissibles
Secteur A	3	4,6 % des admis
Secteur B	1	1,5 %
Secteur C	0	0 %

La totalité des postes mis au concours (65) a été pourvue. 4 candidats sont inscrits sur liste complémentaire.

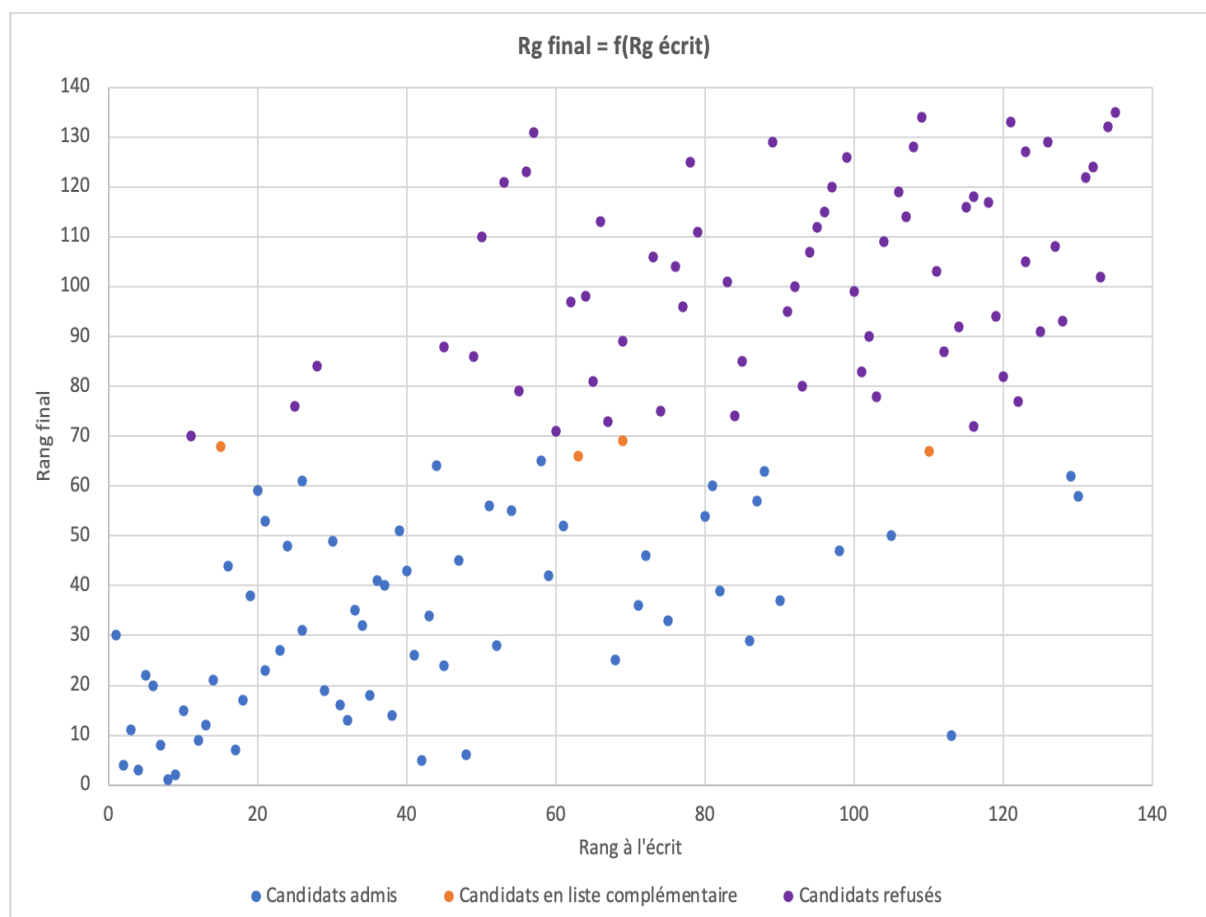
Tout au long du concours l'égalité de traitement des candidats selon les secteurs a été assurée par des harmonisations adaptées aux différentes épreuves, reposant sur les modalités d'évaluation ainsi que de la qualité des prestations et non pas sur la recherche d'une répartition proportionnelle au nombre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

Pour cette session, la barre d'admissibilité est de 7,81/20. La moyenne des candidats qui ont présenté les trois épreuves écrites est de 6,39/20 et celle des admissibles est de 9,93/20. 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 8,11 et celle des candidats admis de 9,64. La barre d'admission a été de 7,88/20.

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 enseignants. 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. Deux candidats placés au-delà de la 120^e place à l'écrit ont été admis et un candidat termine le concours à la 10^e place alors qu'il était au-delà de la 110^e place à l'issue des écrits.



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.

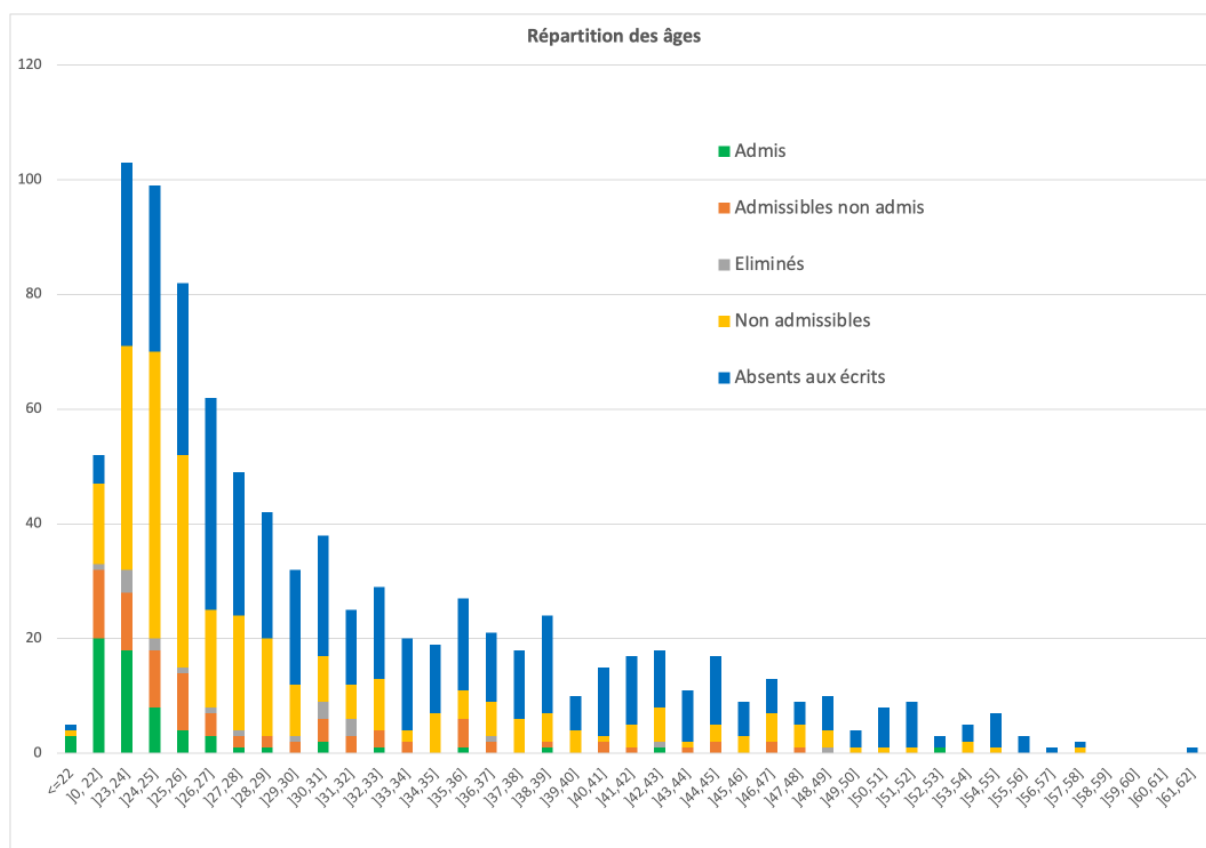
2.1.2. Les candidats par sexe

Répartition	Inscrits	Présents	Admissibles	Admis
♀	575 soit 62,6 %	290 soit 65,2 %	97 soit 66,44 %	39 soit 60 %
♂	344 soit 37,4 %	155 soit 34,8 %	49 soit 33,56 %	26 soit 40 %

La répartition des candidats par sexe est nettement en faveur des femmes pour les admissibles, conformément au ratio des inscrits. Cette répartition se maintient globalement tout au long du concours.

2.1.3. 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 le montrent les histogrammes ci-dessous qui reprennent la distribution des âges en fonction des inscrits, des candidats éliminés (non présents aux trois épreuves écrites), des candidats admissibles et des candidats 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, comme cette année encore, de voir des professeurs certifiés venir passer et réussir le concours de l'agrégation externe.



2.1.4. Les candidats par statuts et/ou professions aux différentes étapes du concours :

PROFESSION	Inscrits	%	Présents	% de présent dans la profession	Admissibles	% dans la profession	Admis	% dans la profession et parmi les admissibles
ADJOINT D'ENSEIGNEMENT	1	0,11%	0	0,00%				
AG NON TIT FONCT TERRITORIALE	2	0,22%	0	0,00%				
AG NON TITULAIRE FONCT PUBLIQ	5	0,54%	0	0,00%				

AGRICULTEURS	1	0,11%	0	0,00%				
ASSISTANT D'EDUCATION	24	2,61%	11	45,83%		0,00%		
CADRES SECT PRIVE CONV COLLECT	13	1,41%	0	0,00%				
CERTIFIE	370	40,26%	150	40,54%	43	11,62%	4	9%
CONTRACT ENSEIGNANT SUPERIEUR	2	0,22%	0	0,00%				
CONTRACT MEN ADM OU TECHNIQUE	1	0,11%	1	100,00%	1	100,00%		0%
CONTRACTUEL 2ND DEGRE	80	8,71%	32	40,00%		0,00%		
ELEVE D'UNE ENS	13	1,41%	12	92,31%	11	84,62%	10	91%
ENS.STAGIAIRE 2E DEG. COL/LYC	60	6,53%	37	61,67%	10	16,67%	5	50%
ENSEIG NON TIT ETAB SCOL.ETR	2	0,22%	1	50,00%		0,00%		
ENSEIGNANT DU SUPERIEUR	4	0,44%	2	50,00%	1	25,00%	1	100%
ETUD.HORS ESPE (PREPA CNED)	6	0,65%	2	33,33%		0,00%		
ETUD.HORS ESPE (PREPA MO.UNIV)	91	9,90%	84	92,31%	60	65,93%	38	63%
ETUD.HORS ESPE (SANS PREPA)	10	1,09%	6	60,00%	3	30,00%	1	33%
ETUDIANT EN ESPE EN 1ERE ANNEE	3	0,33%	3	100,00%	1	33,33%	1	100%
ETUDIANT EN ESPE EN 2EME ANNEE	68	7,40%	43	63,24%	7	10,29%	1	14%
FONCT STAGI FONCT HOSPITAL	1	0,11%	0	0,00%				
FONCT STAGI FONCT TERRITORIALE	1	0,11%	0	0,00%				
FONCT STAGIAIRE FONCT PUBLIQUE	6	0,65%	4	66,67%	1	16,67%	0	0%
FORMATEURS DANS SECTEUR PRIVE	5	0,54%	1	20,00%		0,00%		
MAITRE AUXILIAIRE	11	1,20%	6	54,55%		0,00%		
MAITRE CONTR.ET AGREE REM TIT	5	0,54%	2	40,00%		0,00%		
MAITRE D'INTERNAT	1	0,11%	1	100,00%		0,00%		
MAITRE DELEGUE	2	0,22%	1	50,00%		0,00%		
PERS ENSEIG NON TIT FONCT PUB	3	0,33%	1	33,33%		0,00%		
PERS ENSEIG TIT FONCT PUBLIQUE	28	3,05%	14	50,00%	5	17,86%	1	20%
PERS FONCT TERRITORIALE	5	0,54%	1	20,00%		0,00%		
PERS FONCTION PUBLIQUE	2	0,22%	1	50,00%		0,00%		
PLP	8	0,87%	1	12,50%		0,00%		
PROFESSEUR ASSOCIE 2ND DEGRE	3	0,33%	0	0,00%				
PROFESSEUR ECOLES	6	0,65%	1	16,67%		0,00%		
PROFESSIONS LIBERALES	6	0,65%	0	0,00%				
SALARIES SECTEUR INDUSTRIEL	3	0,33%	0	0,00%				
SALARIES SECTEUR TERTIAIRE	12	1,31%	3	25,00%		0,00%		
SANS EMPLOI	49	5,33%	21	42,86%	2	4,08%	2	100%
VACATAIRE APPRENTISSAGE (CFA)	1	0,11%	0	0,00%				
VACATAIRE DU 2ND DEGRE	5	0,54%	3	60,00%	1	20,00%	1	100%
	919		445		146		65	

Lecture du tableau : la deuxième colonne (en bleu) donne le % de répartition des différentes professions des inscrits ; la 4^e colonne (en jaune) donne le % de candidats présents au sein de la profession ; la 6^e colonne (en magenta) donne le % d'admis au sein de la profession, par exemple parmi les vacataires du 2nd degré 20 % sont admissibles (1 sur 5) ; enfin la dernière colonne (en vert) donne le % d'admis par profession par rapport au nombre d'admissibles, par exemple 100 % des vacataires du second degré admissibles sont admis (1 sur 1).

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 : 41 sont étudiants, soit 63 % (masters disciplinaires hors ESPE ou année de préparation à l'agrégation) ; 10 sont élèves à l'ENS, soit 15 %, et 8 sont jeunes certifiés ou certifiés stagiaires, soit 12,3 %.

Il est intéressant de constater que des certifiés sont admissibles. Ce constat est en totale adéquation avec l'analyse sur les années de naissances des lauréats. 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.

2.1.5. Répartition géographique des candidats :

Académie	Inscrits	%	Présent	% de présent de l'académie	Admissibles	% d'admissibles parmi les présents de l'académie	Admis	% d'admis parmi les admissibles de l'académie
AIX-MARSEILLE	33	3,59%	18	54,55%	13	72,22%	7	54%
AMIENS	27	2,94%	11	40,74%	3	27,27%		
BESANCON	17	1,85%	11	64,71%	3	27,27%		
BORDEAUX	37	4,03%	25	67,57%	12	48,00%	7	58%
CAEN	17	1,85%	9	52,94%		0,00%		
CLERMONT-FERRAND	10	1,09%	3	30,00%	1	33,33%	1	100%
CORSE	2	0,22%	0	0,00%				
CRETEIL-PARIS-VERSAIL.	232	25,24%	97	41,81%	37	38,14%	12	32%
DIJON	11	1,20%	2	18,18%		0,00%		
GRENOBLE	34	3,70%	17	50,00%	8	47,06%	1	13%
GUADELOUPE	28	3,05%	11	39,29%	1	9,09%		
GUYANE	4	0,44%	0	0,00%				
LA REUNION	10	1,09%	3	30,00%		0,00%		
LILLE	56	6,09%	27	48,21%	1	3,70%	1	100%
LIMOGES	6	0,65%	4	66,67%		0,00%		
LYON	44	4,79%	32	72,73%	22	68,75%	19	86%
MARTINIQUE	11	1,20%	3	27,27%		0,00%		
MAYOTTE	4	0,44%	1	25,00%		0,00%		
MONTPELLIER	40	4,35%	21	52,50%	9	42,86%	3	33%
NANCY-METZ	21	2,29%	12	57,14%	2	16,67%		
NANTES	35	3,81%	10	28,57%	1	10,00%		
NICE	19	2,07%	11	57,89%	4	36,36%	1	25%
NOUVELLE CALEDONIE	5	0,54%	0	0,00%				
ORLEANS-TOURS	27	2,94%	9	33,33%	1	11,11%		
POITIERS	21	2,29%	14	66,67%	2	14,29%	1	50%
POLYNESIE FRANCAISE	3	0,33%	1	33,33%		0,00%		
REIMS	15	1,63%	8	53,33%	2	25,00%		
RENNES	51	5,55%	30	58,82%	8	26,67%	3	38%
ROUEN	25	2,72%	13	52,00%	2	15,38%	1	50%
STRASBOURG	42	4,57%	27	64,29%	13	48,15%	8	62%
TOULOUSE	32	3,48%	15	46,88%	1	6,67%		
	919		445		146		65	

Lecture du tableau : la deuxième colonne (en bleu) donne le % de répartition des inscrits dans les académies ; la 4^e colonne (en jaune) donne le % de candidats dans chaque académie par rapport au nombre d'inscrits dans l'académie ; la 6^e colonne (en magenta) donne le % d'admis par rapport au nombre de candidats présents aux écrits dans l'académie ; enfin la dernière colonne (en vert) donne le % d'admis par académie par rapport au nombre d'admissible de l'académie.

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, 21 ont des candidats admissibles et seules 13 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.

2.1.6. L'évolution du concours sur le long terme

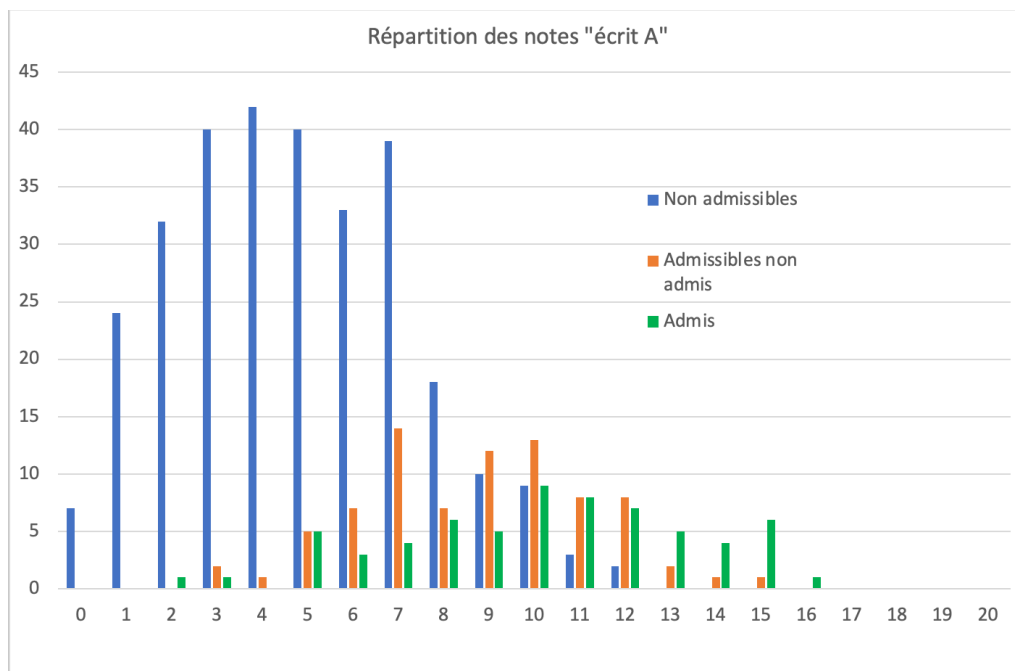
année	nombre de postes mis au concours	nombre d'inscrits	nombre de présents	nombre d'admissibles	nombre d'admis	liste complémentaire
1993	154	1439	819	233	148	Non
1994	154	1581	950	241	154	Non
1995	154	1770	1034	242	142	Non
1996	154	2041	1252	245	154	Non
1997	130	2273	1473	245	130	Non
1998	150	2416	1413	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
2022	65	919	445	146	65	4

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.

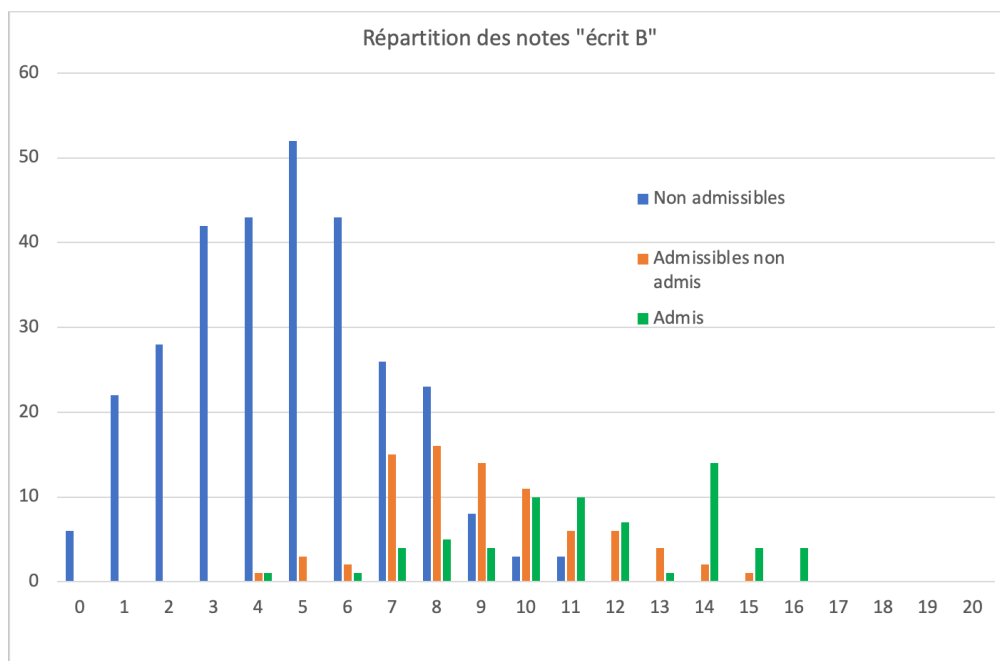
2.2.1. Épreuve écrite de secteur A

Histogramme des notes de l'épreuve écrite de secteur A pour les candidats non admissibles, les candidats admissibles non admis et les candidats admis



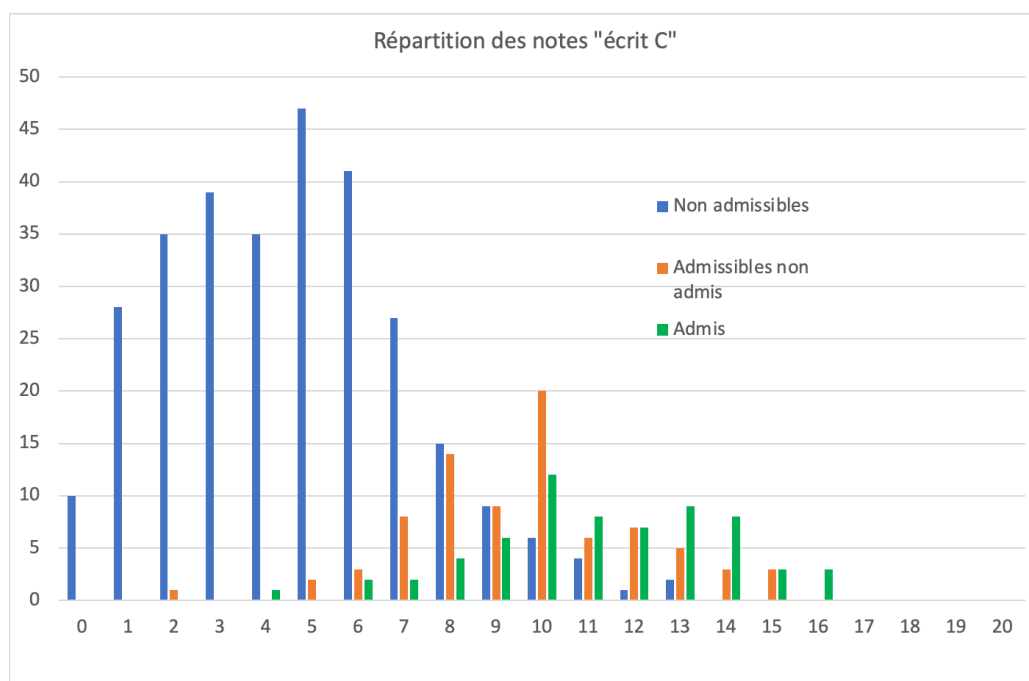
2.2.2. Épreuve écrite de secteur B

Histogramme des notes de l'épreuve écrite de secteur B pour les candidats non admissibles, les candidats admissibles non admis et les candidats admis



2.2.3. Épreuve écrite de secteur C

Histogramme des notes de l'épreuve écrite de secteur C pour les candidats non admissibles, les candidats admissibles non admis et les candidats admis



2.3. Quelques données statistiques concernant les épreuves pratiques

	A	B	C	a	b	c
Moyenne	8,00	7,99	8,01	8,01	8	8
Écart type	1,75	1,91	1,65	1,88	1,97	1,64
Médiane	7,94	7,89	8,02	6,28	7,41	7,92

Max	13,1	11,63	10,77	13,63	13	11,62
Min	4,5	4,41	4,8	4,03	3,6	4,22

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 d'admissibilité et d'admission pour les candidats admissibles

	Spécialité des candidats admissibles			Ensemble des candidats admissibles
	A	B	C	
Moyenne générale par secteur candidat écrit	9,93	10,10	9,84	9,98
Moyenne pour l'écrit « A »	9,89	9,08	9,03	9,29
Moyenne pour l'écrit « B »	9,80	11,04	9,40	10,25
Moyenne pour l'écrit « C »	10,09	10,19	11,08	10,41
Moyenne TP Option	8,00	8,00	8,01	8,00
Moyenne TP contre option	7,79	8,15	7,66	7,92
Moyenne Oral Option	6,59	6,96	6,03	6,60
Moyenne Oral contre option	7,99	7,25	6,33	7,20

3. Programme du concours

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 (depuis la session 2018) être rédigés en langue anglaise.

4. Épreuves écrites

Remarque : un travail de cohérence et de coordination des grands principes de notation a été mené dans le cadre des 3 sujets d'écrit.

4.1. Épreuve écrite du secteur A :

4.1.1. Le sujet proposé :

La variabilité génétique au sein d'un individu eucaryote : des mécanismes moléculaires aux conséquences physiologiques.

4.1.2. Commentaires généraux sur l'épreuve

Analyse du sujet

Les termes du sujet, classiques dans les programmes du secondaire, ont peut-être conduit à une impression de facilité qui s'est trop souvent manifestée par un défaut d'analyse du sujet réellement proposé. Les mots-clés du sujet, ainsi insuffisamment définis par la majorité des candidats, ont rarement mené à la production d'une problématique cohérente en lien avec le sujet attendu.

La « variabilité génétique » est définie comme la variabilité de l'information génétique, c'est à dire la variabilité entre séquences dans la molécule d'ADN. La variabilité était à prendre au sens large : elle pouvait être qualitative (séquences nucléotidiques différentes) ou quantitative (quantité d'ADN différente). Les variations d'expression et l'épigénétique étaient donc à exclure du sujet.

« Au sein d'un individu » impose de limiter sa réflexion à un seul et même individu mais n'exclut pas de regarder cet individu à plusieurs moments de sa vie. Dès lors, la « variabilité » correspond aux différences d'information génétique entre les différentes cellules d'un individu eucaryote pluricellulaire, ou pour une même cellule mais à des moments différents de la vie de l'individu, unicellulaire notamment. Toute notion de générations successives, d'évolution d'espèces, de diversité des génomes dans une population ou de mutation concernant l'ensemble des cellules d'un individu ne faisait donc pas partie du sujet.

L'individu peut être défini de différentes manières. C'est un être vivant distinct et délimité dans l'espace qui ne peut être divisé sans être détruit. Il existe une définition génétique de l'individu qui le présente comme un organisme ayant une unité génétique. Si cette définition pouvait être utilisée dans l'introduction, elle devait être questionnée dans la problématique car c'est bien une réflexion sur cette définition qui est demandée dans ce sujet.

Le sujet restreignait l'étude aux individus eucaryotes mais en aucun cas aux pluricellulaires. Les eucaryotes unicellulaires (levures, protozoaires) étaient des exemples pertinents pour de nombreux mécanismes ou conséquences.

La précision « des mécanismes moléculaires aux conséquences physiologiques » incitait les candidats à présenter les mécanismes responsables de la variabilité génétique à l'échelle moléculaire, échelle et niveau de détail qui ont rarement été abordés par les candidats. La notion de « mécanisme moléculaire » est un terme générique ne faisant référence à aucun mécanisme en particulier mais spécifiant l'échelle à laquelle doivent être données les explications. « Les mécanismes moléculaires de la cellule », terme lu dans plusieurs copies, n'a donc aucun sens.

Les conséquences physiologiques de la variabilité à l'échelle des cellules, des organes voire de l'individu ne devaient pas être envisagées à l'échelle des populations. Il ne s'agissait d'ailleurs pas que de parler des conséquences pathologiques.

En résumé, le but du sujet était donc d'ouvrir une réflexion et de nuancer le fait que toutes les cellules d'un individu possèderaient la même information génétique. Si ce fait a été très souvent énoncé dans la plupart des introductions, il n'a été que très rarement compris qu'il devait être remis en question dans le développement. Il a trop souvent servi de prétexte à une problématique visant à expliquer le contrôle de l'expression génétique et ce, malgré une bonne définition de « variabilité génétique » par ailleurs. Il semble que les candidats se sont « enfermés » dans l'idée d'un sujet classique qu'ils ont pu avoir l'habitude de traiter sans s'ouvrir au sens réel des termes du sujet.

L'introduction

L'introduction doit permettre au candidat de contextualiser le sujet et d'en analyser les termes pour aboutir à une problématique logique, sous la forme de questionnement ou non, et d'explicitier le fil directeur de la composition en lien avec la problématique énoncée. 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. La définition des principaux termes du sujet a été trop souvent négligée, et seul le terme d'eucaryote a été défini dans la majorité des cas. C'était pourtant loin d'être le plus important du sujet... Une bonne définition des termes du sujet aurait permis d'éviter un grand nombre de hors-sujet. 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 et résoudre la problématique.

Le développement : construire une réponse

La composition doit s'organiser en plusieurs parties qui permettent 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 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 qui seront reliés entre eux par des transitions logiques.

Remarques sur les notions attendues et le niveau de connaissances

Finalement assez peu de candidats ont pensé à décrire les mécanismes *empêchant* la variabilité de l'information génétique. La structure de l'ADN ne présentait d'intérêt que dans l'objectif de montrer sa stabilité. Le jury est surpris de constater que tous les candidats ne maîtrisent pas le type de liaison atomique contribuant à cette structure. Si un certain nombre de candidats citent les mécanismes de réparation de l'ADN, beaucoup s'arrêtent aux sigles sans donner leur signification et sans expliciter ce dont il s'agit.

Les mutations ponctuelles font partie des sujets les mieux exposés par les candidats, bien que les causes évoquées soient rarement les mécanismes internes à l'organisme. D'autres lésions très courantes de l'ADN, comme des cassures, ne sont presque jamais présentées.

La très grande majorité des candidats semble ignorer les mécanismes des différentes recombinaisons, et même le crossing-over, qui est évoqué dans la moitié des copies, n'est pas présenté à l'échelle moléculaire.

Concernant les conséquences de la variabilité génétique, les seules abordées correctement par un grand nombre de candidats sont les modifications qualitatives de l'expression génétique. Bien que les maladies génétiques telles que mucoviscidose, myopathie de Duchenne ou drépanocytose puissent très peu vraisemblablement se manifester suite à une mutation *de novo* dans une cellule de l'individu (ce qui était le sujet du devoir), ces exemples ont été tolérés comme exemples de conséquences de mutations à différentes échelles.

Parmi les conséquences attendues, le cancer a souvent été cité, sans que les explications atteignent le niveau moléculaire attendu pour le secteur A. Le jury est préoccupé que moins d'un quart des copies mentionnent la variabilité génétique des lymphocytes, permettant la constitution d'un répertoire immunitaire anticipatoire chez les Vertébrés. Lorsque ce thème est abordé, le niveau des explications dépasse rarement celui enseigné au lycée, et des confusions inacceptables entre recombinaison de l'ADN et épissage des ARN sont retrouvées !

L'entrée de matériel génétique étranger dans les cellules, évoqué par un candidat sur trois, est loin d'être compris. Certes, tous les virus sont des parasites obligatoires, pour autant seulement quelques familles peuvent voir leur génome s'intégrer dans les cellules cibles !

Enfin, les aspects de biotechnologie restent une boîte noire pour les quelques candidats qui y ont pensé et qui n'ont pas su donner les grands principes des applications proposées.

Démarche scientifique, faits expérimentaux et choix des exemples

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. Une démarche expérimentale complète comprend une ou des hypothèses, un protocole (expliqué sans être détaillé précisément), des résultats et leur analyse ainsi qu'une conclusion. Le jury est tout à fait conscient du caractère chronophage d'une telle démarche, il n'est donc pas attendu qu'elle soit mise en œuvre pour chacune des idées du développement. Le candidat pouvait faire le choix de présenter des démarches expérimentales historiques, cependant, ces démarches sont à choisir en lien avec le sujet. Les expériences ayant mené aux découvertes de l'ADN comme support de l'information génétique étaient dans ce sens bien éloignées de la problématique de la variabilité.

De plus, en lien avec le sujet, des techniques de *mise en évidence* de la variabilité génétique étaient attendues. Moins d'un tiers des candidats a pensé à ces mises en évidence. Sans rentrer dans les détails, ils devaient être capables d'en expliciter les principes ou grandes étapes.

La variabilité génétique au sein de l'individu devait être envisagée chez l'ensemble des Eucaryotes. 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 des eucaryotes. Aucune exhaustivité n'était donc attendue. Néanmoins moins de la moitié des candidats a choisi des exemples ailleurs que dans l'espèce humaine, limitant *de facto* les mécanismes moléculaires envisagés.

La conclusion

La conclusion ne doit pas être un simple résumé de l'exposé ou une simple reprise du plan, ce qui suggérerait 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 de la variabilité génétique chez les Procaryotes ? ». Si l'ouverture se fait par un nouveau questionnement, une réponse montrant la culture du candidat doit être amorcée.

Qualité générale de la copie

Illustrations

Transmettre un savoir exige des compétences de communication et les illustrations en font partie. Les illustrations des copies sont de qualité très inégale. Toute illustration présentée doit être mise en lien avec le sujet, elle doit apporter un éclairage à une partie du développement mais ne peut pas se substituer entièrement à une partie de l'explication. Elle doit évidemment être accompagnée d'un titre, de légendes, d'échelle selon les cas. Toute illustration simpliste, trop petite ou n'étant pas en lien direct avec le sujet est à proscrire. Nombre d'introductions comprenait par exemple un schéma plus ou moins détaillé d'une cellule ; si ce schéma n'était pas utilisé pour localiser l'ADN et en tirer des propriétés de protection de la molécule, il n'était en rien adapté au sujet.

Vocabulaire et rédaction.

La maîtrise des connaissances et leur niveau de compréhension sont bien souvent révélés par la maîtrise du vocabulaire. Au-delà d'être hors-sujet, « l'épigénétisme » (tout comme le « génétisme ») n'existe pas. Ceci est d'autant plus dommageable que les candidats aspirent à être des enseignants dont une des missions est de transmettre un savoir mais aussi des compétences, dont la maîtrise du langage adapté n'est pas la moindre. La clarté du discours et la rigueur scientifique, dépendantes d'une utilisation correcte du vocabulaire, sont donc des compétences incontournables.

Si la très grande majorité des candidats s'exprime avec des phrases grammaticalement correctes, 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 !

En résumé, le sujet a été très mal compris et ciblé par la grande majorité des candidats, menant alors une réflexion à l'échelle des populations ou alors concernant l'expression génétique. Au niveau de la complétude des connaissances, l'exposé a trop souvent été réduit à quelques exemples humains sans précision. L'échelle moléculaire a trop souvent été négligée, certainement par méconnaissance des mécanismes évoqués. Il s'agit pourtant d'une échelle fondamentale pour une composition de secteur A ! Cependant, quelques candidats ont réussi à faire preuve d'une réflexion construite sur le sujet et d'un recul scientifique certain sur les connaissances acquises au cours de leur scolarité.

4.1.3. Grille de notation

Une version allégée 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. Il est indiqué le pourcentage de copies n'ayant pas obtenu zéro pour chacun de ces items.

Agrégation externe		La variabilité génétique au sein d'un individu eucaryote : des mécanismes moléculaires aux conséquences physiologiques.	Pourcentage des copies ayant eu des points à l'item	
Épreuve du secteur : A				
Introduction	Contexte servant d'ancrage clair à l'introduction			
	Analyse des termes du sujet à partir du contexte : définitions et analyse "variabilité génétique", "au sein d'un", "individu eucaryote"			
	Problématique clairement posée et justifiée			
	Axe directeur de la composition explicité et bien justifié			
Mécanismes empêchant la variabilité	ADN, une molécule à structure stable : désoxy, double brin avec bases à l'intérieur, Complémentarité des bases (Chargaff)			42,1%
	ADN protégé dans le noyau et au sein de la chromatine (moins accessible aux mutagènes)			69,3%
	Réplication semi-conservative et Complémentarité des bases			26,3%
	Fonction de relecture de d'ADN pol (exonucléase 3' ->5' + ré-écriture),			34,2%
	Inversion des altérations (exple photolyase, dimère TT)			3,5%
	Système de réparation des mésappariement (MMR). MSH, MLH/PMS.			
	Réparation par excision : BER, NER			38,6%
	Réparation césure simple brin			
Mécanismes augmentant la variabilité génétique	Mutations ponctuelles et/ou géniques	Types de mutations ponctuelles (transition, transversion, délétion, insertion)		67,5%
		Erreurs de la réplication (mésappariement et dérapage).		58,8%
		Problème de réplication des extrémités (longueur des télomères)		9,6%
		Altération endogène de l'ADN (tautomérie, hydrolyse, désamination -> AID, dépurination)		28,1%
		Altérations par des agents mutagènes ou cytotoxiques (alkylations, oxydations, adduits, dimères TT induits par UV, agents intercalants, cassures induites par rayons ionisants).		71,9%
		Mutation fixée après 2 réplifications		15,8%
	recombinaisons et mutations chromosomiques	types de mutations chromosomiques (duplications, translocations, inversions, nombre de chr.)	37,7%	
		NHEJ : Ligature des extrémités non homologues = réparation des cassures double brins mais entraine mutations.	7,0%	
		HR : Recombinaison homologue : appariement sur centaines de bases. possible dans toutes cellules.		
		Conversion génique : copie une nouvelle séquence à un nouvel endroit, recombinaison unidirectionnelle	49,1%	
		Recombinaison conservative spécifique de site (SSR) ; Principe de recombinaise Cre sur site de reconnaissance Lox	0,9%	
		Recombinaison V(D)J + diversité de jonctions.	23,7%	
		Transpositions/rétrotransposition	32,5%	
	Modification de la ploïdie et des génomes plastidiaux	haploïdie = méiose (quantitatif): 2n ->n : division réductionnelle puis équationnelle	53,5%	
		Aneuploïdie : anomalie de répartition des chromosomes pd méiose ou mitose.	39,5%	
		Polyploïdie (4n et +) (exple angiospermes, glandes salivaires d'insectes,	26,3%	
		Hétéroplasmie : répartition aléatoire des mitochondries et chloroplastes pendant	27,2%	
		Méiose et mécanisme du brassage interchr. (répartition aléatoire)	28,9%	

Conséquences physiologiques	diversité des gamètes ou	Brassage interchromosomique : 223 possibilités chez l'Homme et Brassage intrachromosomique : Crossing over	49,1%
	Modification de l'expression génétique	Mutations -> modifications qualitatives : modif seq codante ou épissage. (Mutations silencieuses, mutations faux sens, mutations non- sens, décalage du cadre de lecture). Lien code génétique	76,3%
		modifications quantitatives : effet de position, mutation dans les séquences régulatrices	24,6%
		Conséquences de la mutation à différentes échelles + dominance/ récessivité => conséquences phénotypiques macroscopiques ou non .	70,2%
		Selon la cellule mutée : - gamètes possibilité de transmission d'un allèle délétère à la descendance (pas de conséquence directe sur l'individu), - cell. somatiques : dysfonctionnement cellulaire possible	36,0%
	Arrêt du cycle, sénescence, cancérisation	activation de check-points du cycle cellulaire ou DNA Damage Response (DDR)	28,1%
		Erosion des télomères -> senescence répllicative	12,3%
		Instabilité génomique et mutations de gènes critiques du cancer (proto-oncogène, suppresseur de tumeur) peuvent conduire à un cancer (notion de progressivité de la transformation tumorale et de l'accumulation des mutations)	64,9%
	Diversification	Changement de la séquence d'ADN dans un site d'expression par conversion génique	0,9%
		Diversification des immunorécepteurs (BcR, TcR, VLR). Création d'un large répertoire anticipatoire par recombinaison somatique de fragments de gènes (et diversité de jonction).	27,2%
		Adaptation du répertoire immunitaire chez les mammifères : maturation d'affinité par hypermutation somatique (AID) et commutation de classe (AID + NHEJ) chez les lymphocytes B activés	11,4%
	Conséquences du passage à la polyploïdie	Redondance génétique et adaptation au stress	7,0%
		Regain de fertilité après hybridation interspécifique chez les angiospermes	
		Augmentation du métabolisme (exple glandes salivaires, glandes mammaires), du rendement (plantes cultivées)	
		Croissance cellulaire et réparation cellulaire	
		évolution du microbiote (au sens large) au sein de l'hôte : transferts horizontaux, réassortiment de la grippe	14,0%
	Entrée de matériel génétique	Introduction de matériel génétique par Agrobactérium	32,5%
		Introduction de matériel génétique par un virus naturel ou recombinant (VIH, grippe, mosaïque du tabac au programme)	
		Introduction de matériel génétique par méthodes physico-chimiques (transfection, électroporation, liposomes...)	1,8%
		Crispr Cas , outil pour les biotechnologies	14,9%
		Utilisations possibles en biotechnologies : protéines recombinantes, thérapie génique, invalidation de gènes (KO conditionnel)	30,7%

démarche expérimentale / exemples	outils de mise en évidence de la variabilité	Modifications de séquences : séquençage (Sanger, NGS), polymorphisme des fragments de restriction (RFLP), PCR / PCR multiplex, Electrophorèse en gradient dénaturant (DDGE)	24,6%
		Modifications chromosomiques : caryotype, Southern blot, Hybridation en Fluorescence In Situ (FISH), Hybridation Génomique Comparative (CGH) / puce à ADN	
		Modifications de la ploïdie : caryotype, cytométrie en flux, amplification multiplex de sondes dépendant d'une ligation (MPLA)	
	démarche expérimentale	Approches expérimentales et observations (adapter selon la richesse de la copie). Démarche complète = hypothèse, protocole, résultats et exploitation	32,5%
	diversité des exemples	Diversité dans le choix des exemples (unicellulaires, mammifères, non mammifères, végétaux)	48,2%
Conclusion et perspective	Quelques idées clés / transversales qui répondent à la problématique		
	Ouverture pertinente et apport d'une culture générale et scientifique. idée farfelue ou question faussement naïve = 0 point		
Qualité générale de la construction de la copie	Plan	Titres qui donnent les notions, adéquation entre titres et contenus des paragraphes, cohérence	
	Transitions	présence / qualité des transitions	
	Illustrations	Pertinence, qualité, intégration à la démonstration, richesse de la copie. <u>Les notions, elles, sont valorisées dans les autres items du barème</u>	
	soin d'ensemble	propreté, lisibilité, aération de la copie	
	Orthographe /syntaxe	au commence au niveau 4. Syntaxe : phrases rédigées mais courtes. Ortho : diminuer si > 2 fautes par pages,	

4.2. Épreuve écrite du secteur B :

4.2.1. Le sujet proposé :

Ecosystèmes et relations interspécifiques

Vous montrerez comment les relations interspécifiques expliquent la structure, le fonctionnement et la dynamique des écosystèmes

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

Le sujet était ancré dans le point 5 du programme et proposait de faire le lien entre propriétés des écosystèmes (ES), à travers leur structure, leur fonctionnement et leur dynamique, et les relations interspécifiques (RI) qui mettent en interaction des éléments biotiques (des individus ou populations appartenant à des espèces différentes) de l'écosystème en question. Autrement dit, il s'agissait de montrer comment les RI participent à structurer, faire fonctionner et affecter la dynamique des ES. Ces problématiques scientifiques sont aussi largement représentées dans les récentes versions des programmes du secondaire, tant du collège que du lycée et ne devaient donc pas poser ni de problème de compréhension ni de délimitation du sujet.

Quelques copies ont montré des qualités réelles de traitement de ce sujet et ont naturellement été valorisées. Leur qualité première est d'avoir tenté une vraie réponse au sujet posé, tout en invoquant des notions, expériences, théories issues de l'écologie scientifique. Ce qui suit vise surtout à revenir sur les principaux problèmes identifiés par le jury dans les copies, certains d'entre eux étant alarmants.

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

Les erreurs quant à l'identification des attendus, l'organisation des idées et de la réflexion :

Bon nombre de candidats seront sans doute déçus par leurs notes très basses, traduisant leur incapacité à cerner et donc à traiter ce sujet. Une attention particulière avait pourtant été portée dans l'explicitation des attentes en complétant le sujet d'un sous-titre, visant à la fois à aider les candidats à construire leur questionnement et à leur proposer un cadrage. Ce sous-titre pouvait ainsi être compris comme une proposition de plan à suivre et, s'il n'était nullement nécessaire de s'y contraindre, force est de constater que les plans alternatifs proposés pêchent, la plupart du temps, par la place qu'ils offrent au hors sujet (*cf. infra*) ou par leur totale inadéquation aux attentes.

Ainsi, un trop grand nombre de candidats a traité le sujet en envisageant de manière disjointe ES et RI dans des parties séparées ; faute d'avoir traité des liens attendus entre RI et ES, leurs copies n'ont pas pu être valorisées et obtiennent, sans surprise, des notes très basses. Aussi, utiliser le titre du sujet dans une des parties "III-RI et ES" (après deux parties consacrées respectivement aux RI puis aux ES) c'est faire l'aveu d'un hors sujet pour tout ce qui précède, qui, dès lors, ne peut être valorisé dans la grille de notation.

A côté de cela, des plans totalement fantaisistes ont été proposés, comme des plans d'étude par "fonctions" (fonctions « de relations » entre espèces, fonctions « de nutrition » entre espèces puis fonctions « de reproduction » entre espèces). Concernant cette dernière solution, au-delà du problème d'échelle posé (la physiologie concerne l'échelle de l'organisme et pas des populations), ce type de plan ne permet tout simplement pas de traiter le sujet, et il est assez facile de s'en rendre compte dès lors qu'aucune référence aux écosystèmes n'apparaît dans les idées directrices ainsi énoncées.

* Le jury souhaite mettre en garde les candidats contre l'application de règles "toutes faites" ou de recettes universelles pour l'organisation de leurs idées. Des méthodes d'étude par échelle, par fonction, par groupes taxonomiques (...) permettent éventuellement de rassembler ses idées dans les premières phases de réflexion et de limiter les risques d'oubli de pans importants du sujet... mais nullement de construire un cheminement organisé quel que soit le sujet. A ce propos, quelques candidats continuent, malgré les recommandations formulées explicitement dans les rapports de jury des années précédentes, de recopier leur plan sur une feuille à part ou en préambule. C'est simplement inutile, et une perte de temps qui empêche d'allouer son énergie à des actions plus payantes !

Le jury rappelle donc qu'un sujet appelle une réponse construite, un propos argumenté qui se veut répondre à la problématique posée par le sujet (et ici totalement explicitée par l'énoncé).

* Les termes « structure, fonctionnement et dynamique » ont visiblement posé de nombreux problèmes aux candidats qui, le plus souvent, ont fait le choix de ne jamais les définir. Devant ce manque, le jury a décidé de ne pas tenir rigueur des erreurs et imprécisions autour de ces termes pour ceux qui avaient pris le soin de tenter de le faire, même lorsque les définitions arrivent tardivement ou au mauvais endroit dans la copie. Par exemple, les réseaux trophiques ont été traités très majoritairement dans la partie structure ou dans la partie dynamique : il est pourtant évident que les liens entre composantes d'une entité régissent son fonctionnement. La structure de l'ADN ne pose de problème de compréhension à personne, tout le monde comprend qu'il faut traiter de l'agencement spatial des éléments constitutifs de l'ADN alors pourquoi la structure des écosystèmes n'a jamais été définie correctement ? Elle correspond bien à l'agencement spatial (à la fois horizontal et vertical) entre individus de différentes espèces au sein du système. La structure, pour bon nombre de copies, correspond aux réseaux trophiques, ou alors à la composition (biotope et biocénose). Finalement, et c'est sans doute le plus inquiétant, pour une trop grande proportion des copies, la dynamique des écosystèmes, correspond à l'évolution biologique ! Et cette idée a donné lieu à des développements absurdes sur les forces évolutives et en particulier sur la sélection naturelle... ! Des intitulés comme « *les RI contribuent à la dynamique des écosystèmes d'un point de vue génétique* » sont tout simplement inacceptables. Une telle confusion d'échelles et de processus est réellement inquiétante à ce niveau d'étude, particulièrement au vu des enjeux quant à la compréhension de l'évolution face aux créationnistes et aux défis écologiques qui se présentent.

Ainsi, on entend par « dynamique » la variation temporelle de la structure et de la composition des écosystèmes ainsi que de son fonctionnement.

* Dans un autre registre, détailler, par exemple, les mécanismes de mise en place ou de fonctionnement d'une relation interspécifique qui se produit dans un écosystème donné, comme la symbiose entre les Fabacées et les Rhizobiacées, n'est en rien traiter le sujet ! En revanche, expliciter en quoi cette association participe à la structure, au fonctionnement ou à la dynamique des systèmes avait toute sa place : en l'occurrence, s'agissant du fonctionnement, il était attendu de présenter en quoi cette symbiose permet d'intégrer de l'azote atmosphérique dans le système. Mais encore fallait-il l'explicitier dans ce sens.

De la même manière, si beaucoup de copies (pour ne pas dire la totalité) ont mentionné implicitement les chaînes (ou réseaux) trophiques comme éléments de fonctionnement (ou de structure) des écosystèmes, très (trop) peu d'entre elles ont explicité les relations interspécifiques qui les sous-tendent (herbivorie / prédation / parasitisme) et aucune n'a explicité en quoi ces relations affectaient l'une ou l'autre des caractéristiques du système.

Se contenter de mentionner l'existence de réseaux trophiques n'apportait aucun point, dès lors que les liens entre RI et ES n'étaient pas construits, explicités ou décortiqués.

Plus généralement, ce sujet a donné lieu à de nombreux catalogues sans explicitation des apports scientifiques concrets en lien avec le sujet. Devant cette abondance de listes (de relations interspécifiques, de caractéristiques d'écosystèmes, de biomes, ou encore de méthodes d'échantillonnage) déconnectées des attendus du sujet, il paraît important de rappeler que l'épreuve d'écrit est un exercice visant à valoriser la réflexion des candidats sur un sujet transversal et nullement à recueillir une récitation de cours ou de chapitres d'ouvrages vaguement en lien avec un des aspects

du sujet. Dans le même esprit, les paragraphes introductifs de grandes parties intitulés « notion de » ("notion de niche écologique", "notion d'écosystème") ou "généralités sur" sont hors de propos.

* Il est évident que la théorie de la niche écologique tout autant que les expériences mettant en évidence l'exclusion compétitrice étaient mobilisables dans ce sujet... mais au service, par exemple, de l'explication des structures zonées / étagées de certains écosystèmes.

De manière assez alarmante, de trop nombreuses copies basent leur développement sur des constats triviaux dépourvus de toute scientificité ; « *En regardant un écosystème on voit les relations interspécifiques* » « *en observant une forêt on y voit une grande biodiversité* » « *en regardant les interactions dans un écosystème on peut observer une chaîne trophique* » « *en observant une forêt, on peut faire le constat d'une stratification* » « *Lorsque l'on regarde un écosystème de type forêt ou étang, on remarque que des strates se dessinent* » « *En se promenant en forêt on observe une stratification verticale assez nette* » « *une promenade en forêt permet d'observer la richesse des relations interspécifiques* ».

Au-delà du fait que cela est évidemment faux (la biodiversité de saute pas aux yeux au cours d'une promenade en forêt), cela témoigne d'une absence d'approche méthodologique quantifiée de l'ensemble de ces constats. Souvent d'ailleurs, ces constats fantaisistes se retrouvent dans les mêmes copies qui récitent dans une partie toutes les méthodes (quadrat, transect, CMR, aire minimale...) d'échantillonnage de la faune ou la flore. Et c'est donc encore plus grave puisqu'ils ne font donc pas le lien entre méthodes d'échantillonnage et caractérisation d'un écosystème. Est-il besoin de rappeler que la science écologique, structurée comme telle depuis près de 150 ans utilise des protocoles de quantification, par exemple de la structure verticale d'un écosystème forestier, ou de la distance interindividuelle au sein d'une population, ou de l'intensité de la prédation etc... Ce sont bien des mesures, des résultats, des évaluations quantifiées qui permettent de caractériser les écosystèmes ou les relations interspécifiques.

Un fond scientifique trop léger et des erreurs conceptuelles graves :

Il est vraiment décevant de constater que les échelles d'étude des processus écologiques : individu/population/espèce/communauté... ne sont pas maîtrisées par les candidats à ce niveau de leurs études. Des définitions comme « la population constituée d'espèces variées... » ne sont malheureusement pas rares. Cette absence de rigueur scientifique se retrouve également dans des formulations très malheureuses telles que « *les bouleversements négatifs du système* » « *l'effondrement catastrophique du système* » « *l'arrivée d'une espèce invasive chamboule tout l'écosystème* » « *le bon fonctionnement et la stabilité du système* » « *un écosystème en bonne santé est un écosystème à l'équilibre* » « *des relations pas optimales pour le fonctionnement* » « *la prédation est une activité exercée par les espèces* » « *un écosystème est une constante recherche d'équilibre entre flux de matière, d'énergie et de communication* ». Les jugements de valeur ainsi énoncés (les successions écologiques sont des processus connotés positivement dans les copies, les perturbations au contraire, sont présentées négativement) n'ont pas leur place dans un raisonnement scientifique et donc dans les copies d'un écrit de l'agrégation. En outre, ces diverses citations témoignent de représentations erronées attestant au mieux d'une vision naïve et au pire d'un essentialisme assumé, selon lesquelles un système aurait un fonctionnement "meilleur" dans telle ou telle situation, "plus équilibré" dans tel autre... Les systèmes ont des structures, des fonctionnements et des dynamiques variables, gouvernés par des relations interspécifiques variables et il est possible d'en comprendre des trajectoires dynamiques... le reste (c'est bien c'est mal, c'est optima, c'est équilibré ...) n'est que jugement stérile et inadéquat car dénué de science.

* Si la définition classique d'écosystème incluant le biotope et la biocénose est très largement énoncée, celle d'un système aux propriétés émergentes qui émanent des interactions multiples entre biotope et biocénose l'est beaucoup moins. Pour beaucoup de candidats, un écosystème est un système thermodynamiquement clos ! A part dans un écotron ou autres tentatives d'isolement de systèmes (pour en maîtriser la plupart des paramètres) où les limites expérimentales sont perceptibles, ce qui peut aussi se discuter d'un point de vue énergétique, dans les études de terrain ces délimitations sont toutes artificielles. Bien sûr, par définition, chaque écosystème (voir la définition historique de Tansley)

est un isolat commode pour tenter de l'approcher mais en évidente interaction et ouverture avec les systèmes adjacents !

Concernant ce concept, il paraît indispensable de dénoncer l'idée de nécessité d'un « équilibre des écosystèmes » retrouvée dans de nombreuses copies sous diverses formes « *le ténia déséquilibre et met en danger l'écosystème* » « *les espèces envahissantes déséquilibrent totalement le système qui s'effondre* ». Au-delà des jugements de valeur (danger et effondrement) et du style journalistique de ces tournures, qui n'ont ni les uns ni les autres leur place dans une copie d'agrégation, il paraît nécessaire de souligner que cela ne correspond à aucune réalité scientifique. La démographie de chaque population locale est variable dans un système donné, ces variations se répercutent donc sur les autres populations (d'espèces différentes) avec lesquelles elles sont en interactions (mutualistes, parasites, compétitrices...) ce qui a évidemment des incidences sur la biomasse totale du système, sa capacité à stocker le carbone, sur la variation de sa composition au cours du temps etc....

Rien n'est constant ou stable dans un système et cette représentation irénique d'un fonctionnement stable où tous les effectifs de toutes les populations sont à l'équilibre ne correspond à aucune réalité tangible.

* La confusion entre nodosités et mycorhizes est trop fréquente et ne peut être acceptée au vu du programme de l'agrégation (et des lycées et collèges aujourd'hui).

* Bon nombre de copies dressent des catalogues de types d'espèce en regard de leur implication relative (biomasse, production ...) au sein des écosystèmes. Des listes d'espèces parapluie, espèces clé de voute, ingénieur, architecte... se succèdent ainsi sans plus de raisonnement en lien avec le sujet. Rappelons cependant que ces dénominations ne sont pas scientifiques et visent seulement à imaginer l'intervention d'une espèce dans le système ; ainsi si le candidat choisissait de s'y référer dans sa copie, il s'agissait alors de décrire en quoi telle ou telle catégorie d'espèce ainsi présentée, par ses différentes relations interspécifiques, participait à gouverner tel ou tel élément du système. De manière générale, expliciter un cas, et les processus qui le composent, rapporte bien plus de points qu'une simple dénomination ou classification théorique.

* La notion de niche écologique, citée par la plupart des candidats, n'est pas maîtrisée. La plupart du temps la niche d'une espèce est confondue avec un optimum écologique ou avec son habitat. Comme toujours, se contenter de citer une notion ne peut être une fin en soi et, dans cet exemple précis, son exploitation concrète était utile dans le cadre de la compétition interspécifique, relation participant à la structure de certains écosystèmes notamment sur des gradients de conditions abiotiques (flancs de montagne, zone de balancement des marées...). Si les termes de "niches fondamentales" et "niches réalisées" sont souvent cités, l'explicitation des différences qu'elles sous-tendent est souvent bien approximative, reste seulement théorique et n'est jamais reliée à des exemples concrets dont les processus biologiques seraient analysés.

* Si les réseaux trophiques ont été abordés par tous les candidats, le niveau de traitement reste clairement insuffisant. L'absence de mise en évidence par des méthodes d'analyse de régimes alimentaires comme le manque de culture naturaliste sur les espèces utilisées sont navrants, loin du niveau master attendu (« *les buses mangent les lièvres en forêt* » ou « *les vaches mangent l'herbe dans les champs* », ou « *les araignées mangent les insectes* »). Ainsi, cet item est la plupart du temps traité par un schéma de deux partenaires reliés par une flèche légendée « est mangé par » sans que rien du lien effectif entre les deux espèces, de la biologie de l'interaction ou de la conséquence en terme de fonctionnement des écosystèmes ne soit envisagé.

Les trop rares copies ayant construit rigoureusement des pyramides de biomasses et ayant décrit les pertes énergétiques et les transferts de matières de manière précisément ont été fortement valorisées !

* Une erreur commune consiste à considérer que la compétition interspécifique se manifeste lorsque les ressources sont en faible quantité ou s'amenuisent. La disparition des ressources nécessaires à

soutenir une population entraîne simplement une augmentation de la mortalité en son sein et une diminution de la natalité suivante. En affectant de façon différentielle une population d'une autre espèce, elle peut donc éventuellement modifier les rapports démographiques entre elles au point de les inverser, conduisant ainsi à une compétition par exploitation. *A contrario*, la compétition devient une force structurante des systèmes justement lorsque les ressources sont abondantes (pour les deux espèces) ou le milieu peu contraignant, au point que les effectifs de chacune des espèces vont croître et générer des interactions dissymétriques, soit par interférence directe, soit par capacité différentielle d'exploitation du milieu.

* Des raisonnements purement théoriques comme « *si l'espèce A d'un arbre se développe grâce à ses symbioses elle va puiser dans les nappes et donc épuiser la ressource en eau pour l'espèce B de fleur ce qui va induire une différence de structure* » ne sont en rien des preuves ou arguments valides. De manière similaire, des candidats ont proposé, en guise de preuve, des résultats d'un modèle (dont aucun paramètre biologique n'est exprimé) sur la remontée de l'aire de répartition des hêtres... ou leur compétition avec les chênes. Le statut de la preuve est à questionner ici : il est évident qu'une argumentation se base nécessairement sur des théories - de la niche, de la favorisation, des perturbations intermédiaires - donc des théories formulées par des écologues qui fondent la science écologique, mais aussi de faits ou constats de terrain les plus précis possibles ou encore de dispositifs expérimentaux permettant de tester telle ou telle hypothèse. Un nombre bien trop rare de copies exploitent les fondements scientifiques de l'écologie, pourtant bien énoncés au programme du concours et dans ceux du secondaire.

* Si les rapports des années précédentes concernant des écrits et des leçons tournant autour des processus évolutifs, ne cessent de déplorer un mode de pensée très finaliste de la plupart des candidats, il est particulièrement regrettable de devoir le faire cette année sur un sujet d'écologie. Voici un florilège de phrases retrouvées dans les copies : « *une espèce doit être prédatée afin d'éviter qu'elle ne se reproduise en trop grande quantité, qu'il y ait trop d'individus et qu'ils ne se nourrissent trop d'une autre espèce...* » « *après tout l'évolution fait que les êtres vivants sont adaptés aux milieux dans lesquels on les trouve* » « *chaque espèce aura l'ambition de survivre sans avoir celle d'éteindre une autre espèce* ». En outre, les expressions comme « la survie des espèces », « la pérennité des espèces » sont encore trop souvent retrouvées. Dès lors qu'il doit être clair pour les candidats que (i) la survie est un attribut des individus et (ii) les populations évoluent au cours du temps, les expressions "pérennité/survie de l'espèce" renvoient nécessairement à une vision fixiste totalement orthogonale à ce qui est exigible des candidats quant à leur compréhension des mécanismes de la dynamique du vivant puisque les espèces évoluent. Comme chaque année donc, le jury engage fortement les candidats et les préparations à réfléchir à lutter contre ces formulations finalistes délétères.

Pour finir un nombre important de candidats ont conclu leur devoir par des schémas bilans sous la forme de cartes mentales. Des mots-clés reliés par des flèches qui n'ont pas la même signification sans aucune explicitation n'est clairement pas le meilleur moyen de valoriser la synthèse des propos construits au cours du devoir. Au contraire, il est attendu une formulation claire des idées préalablement décortiquées pour relier des éléments entre eux dans l'objectif de répondre à une problématique initiale. Il est rappelé que si un schéma bilan peut parfois être utile et bien valoriser le propos, il ne revêt aucun caractère nécessaire. Les mots sont parfois assez efficaces à récapituler les idées.

4.2.4. Éléments de référence pour l'évaluation des copies

Introduction	Contextualisation	Est-ce que de manière concise les deux premières phrases aboutissent au questionnement du sujet
	Problématisation	Y a-t-il formulation d'un problème de type : des relations interspécifiques nouant deux espèces d'un ensemble plus large, en quoi cela peut-il impacter la structure, le fonctionnement ou la dynamique de cet ensemble
	Annnonce du plan ou du cheminement	
	Définition des termes	RI; ES; str, fnmt, dyn
Conclusion	Récapitulatif	Est-ce que les idées principales émergent de manière synthétique et répondent à la problématique posée
	Ouverture	Perspective cohérente et explicite, pas seulement une question ouverte et triviale
	Adéquation titre paragraphe	
Plan	Fil directeur explicite	J'ai réussi à suivre une pensée entre paragraphe et entre partie (comprend les transition
	Nb, explicatives, soignées...	
Style Orthographe et Présentation	Style	Clarté concision
	Présentation	Orthographe et syntaxe
		soin, clarté
	Edification spatiale	Mutualismes : fumeurs noirs et chimiosynthèse ; récifs coralliens et zooxanthelles ; plus généralement producteurs primaires et endosymbiose des plastes.
RI et structure : être capable d'exprimer comment les RI participent à expliquer la distribution horizontale (répartition) verticale ou la composition des écosystèmes		Commensalismes : exploitation des êtres vivants comme habitat ; épiphytisme ; épibiontie. Compétition interspécifique lumière (coraux et forêt) --> croissance

	Répartition horizontale individuelles	Mutualismes de dispersion (zoochorie) consommation (frugivorie, granivorie) ou parasitisme sur les semences : explication des patrons de répartition aléatoire par de la dispersion aléatoire, Effet Janzen Connell
	Répartition horizontale des zonations	compétition et théorie de la niche; exclusion compétitrice (niche réalisée, fondamentale) - éventuellement niche évolutive
	Structure de facteurs abiotiques	coexistence/coopération (tapis plurispécifique ou forêt) et tampon thermique, hydrique etc...
RI et fonctionnement : relier des RI avec l'émergence de propriétés intrinsèques du système: production de biomasse, productivité, biodiversité, résilience	Entrée de la matière (carbone, azote, phosphore...)	Endosymbiose ; mutualisme coraliens, lichens, nodosités des légumineuses ; chimolithotrophie; plus-value de la RI en terme de rendement (nodosité, mycorhize...)
	Transfert de matière d'un niveau trophique au suivant avec perte de matière et d'énergie	prédation ou herbivorie, bilan de matière et d'énergie
	Transfert de matière au sein d'un même niveau trophique	mycohétérotrophie (transfert de C ou azote) entre autotrophes - prédation intraguildes
	Transfert de biomasse / matière d'un écosystème à autres	prédation et déplacements (saumons et enrichissement ripisylve); recrutement de bactéries nitrifiantes par racines et quantité d'azote dans sol... oiseaux marins et azote marin transféré au continent... ou termites et fécès ...
	recyclage de la matière = minéralisation	chaînes trophiques sur matière morte (bois mort, champignons, coléoptères mycoxylophages ; litières et fécès des décomposeurs) - facilitation successives: coprophagie (coléoptères, glomérins; collembolles, enchytraeides...). Boucle bactérienne du cycle de l'azote (chimolithotrophie nitrification, nitrification). Syntrophie.
	Régénération, renouvellement, reproduction	mutualismes de pollinisation et de dispersion
RI et dynamique : relier les RI avec la variations spatiale et temporelle de la structure et du fonctionnement du système	Pérennité du système en conditions stressantes	Calloway et coopération (versus compétition) dans les milieux stressants
	Variation de l'effectif des populations constitutives du système	Composition : variation d'effectif par prédation ou parasitisme ; effet direct - Lotka et Volterra
	Successions primaires	colonisation d'un substrat nu, édification d'un système (cf premier item) - symbiose corallienne et répartition phototique ; lichens et nouvel habitat - RI pionnières.

	Des perturbations biotiques qui détruisent la biomasse et endenchent des successions écologiques ou maintiennent des systèmes à des stades intermédiaires	herbivorie ou prédation ou parasitisme - poacée/herbivores (piétinement favorise multiplication qui favorise biomasse)
	Successions écologiques : entre favorisation et compétition	effet favorisation : frugivorie/endozoochorie ou blocage : - résilience (réserve de pollinisateurs d'un écosystème à autre) favorisation des résistants sècheresse aux autres arbres ... Stade climacique = le meilleur compétiteur dans les conditions de milieu
	Intensité et fréquence des perturbations et richesse spécifique	théorie des perturbations intermédiaires - la variation spatiale et temporelle de la prédation permet la coexistence de plusieurs espèces
	Contrôle de production primaire et physionomie du système	effet top down (loutres de mer, loup... grands prédateurs) - espèces architectes et clé de voute (castor, éléphants de forêt) - effets cascade
	un exemple de structure ou de fonctionnement ou de dynamique	chasse, pêche; déforestation; espèce hyper clé de voute; espèces envahissantes; agrosystèmes; domestication... max des points si intensités et rapidité, et chamboulements des processus mis en avant
Cas particulier RI impliquant humains dans str, fnmt ou dynamique de ES	culture naturaliste, clarté des explications, originalité des exemples	compétition apparente; culture naturaliste; relations interpopulationnelles

4.3. Épreuve écrite du secteur C :

4.3.1. Le sujet proposé

Le Cénozoïque (Tertiaire et Quaternaire) en France

4.3.2. Commentaires généraux sur l'épreuve et grille de notation

L'idée de ce sujet était d'en proposer un axé essentiellement sur les objets géologiques plutôt que sur des processus, car depuis quelques années, le jury remarque le manque de connaissances « naturalistes » des candidats.

Il devait permettre aux candidats de partir d'objets géologiques divers : bassins, chaîne de collision...et de montrer en quoi ils appartiennent à l'histoire Cénozoïque de la France.

La période du Cénozoïque permettait une approche transversale de la géologie en traitant de sujets aussi bien en domaine interne, qu'externe.

Éléments de la grille de notation :

Le barème a été construit afin de couvrir les différents faits marquants du Cénozoïque, tout en sachant bien qu'il était compliqué de tout traiter dans le temps imparti. L'attribution des points aux différentes parties en a tenu compte.

Le document ci-dessous présente les différentes notions qui pouvaient être abordées dans le sujet. Il ne constitue en rien un plan type ou un corrigé extensif.

En plus de ces notions, des points étaient attribués à l'introduction, le plan et la conclusion. Ainsi qu'à la forme dans son ensemble.

Strati Cénozoïque	
	Base du Cénozoïque/exemple de Bidart
	Étages du Cénozoïque
	Un stratotype expliqué
	Argumentation place du Quaternaire en stratigraphie
	Anthropocène

Dans les copies :

Le Cénozoïque a été défini par une majorité de candidats dans l'introduction, mais de façon assez succincte.

Sa base a rarement été évoquée (pourtant cela pouvait également entrer dans la partie sur l'évolution de la Vie), et pratiquement aucun étage ou stratotype n'ont été évoqués (même dans les parties sur les climats, l'évolution de la biodiversité...)

Quelques candidats ont confondu le Cénozoïque et le Phanérozoïque.

Et seulement certains ont eu la bonne idée de représenter une échelle stratigraphique synthétique du Cénozoïque, sur laquelle on pouvait reporter quelques faits marquants de cette ère.

Domaine des chaînes récentes			
Pyrénées		Marqueurs structuraux	Reliefs, pas de suture ophiolitique
			Structure de la chaîne, chevauchements frontaux au N et au S / Datation : Gavarnie, Lavelanet
			Apports profil ECORS
			Bassin d'avant pays nord : bassin d'Aquitaine-evolution temporelle de son remplissage, en lien avec son évolution structurale
Alpes	Illaire et collision	Témoins structuraux	Reliefs
			Raccourcissement et épaississement des unités :plis, chevauchement.
			Racine crustale, profil ECORS / ophiolite
			Justification âge cénozoïque des déformations/Evolution de l'âge du domaine interne vers le domaine externe
	Illaire et subduction	Témoins sédimentaires de la collision	Bassin d'avant pays : localisation, caractéristiques,bassin des grès d'Annot, de Digne, bassin molassique suisse / remplissage
			Mode de formation du bassin flexural
			Métamorphisme barrovien des Alpes lépontines (faciès, migmatites, diagramme)
			Témoins métamorphiques : coésite Dora Maira-Datation par radiochronologie (U/Th/Pb) Eocène
Paléogéo		Pyrénées	Pyrénées : rotation anti-horaire de l'Ibérie//Ouverture golfe de Gascogne ,
			Alpes : remontée de l'Afrique vers le Nord à partir de 85-90 Ma, et
			Convergence se poursuit/données GPS/ lien avec sismicité de la France
			Mécanismes au foyer montrent que certains secteurs en compression, d'autres en extension
Evolution récente			Evolution géomorphologique : érosion des reliefs, inversion dans le domaine externe des Alpes, exemples...
Déformations intraplaques BP	Flambage BP	Déforma. Paléocènes (ibérie- Eurasie)	Eocène discordant BP/seuil Poitou/lien avec collision Pyrénées
		Déforma. plio-pléistocènes (Apulie- Eurasie)	antiformes et synformes du BP à orientation NE--SW, topographie du BP et incision rivières / à mettre en // avec collision ds les Alpes
	Evolu.sedim+ topo + hydro		Evolution des faciès sédim avec paléogéo/évolution topo avec cuestas...

Pour cette partie, dans la majorité des copies, seules les Alpes ont été abordées et de façon plus ou moins détaillée.

Le jury a particulièrement apprécié les rares copies avec des schémas structuraux pour traiter des Alpes et de son histoire Cénozoïque.

Les trois derniers points : paléogéographie, évolution récente et tout particulièrement les déformations intraplaques, n'ont pratiquement jamais été traités.

Les rifts continentaux - Volcanisme			
Extension Cénozoïque	Rift Ouest européen	un exemple développé	Structure : en carte, en coupe
			Remplissage sédimentaire-datation
	Bassin liguro provençal	Bassin du Sud Est	Grabens subsidents, délimités par grands accidents
		marge passive golfe Lion	Morphologie / Failles normales, blocs basculés /Synrift Oligocène,postrift débute Miocène. Progradation importante, delta du Rhône, transit des sédiments des Alpes vers le delta Crise Messinienne avec dépôts évaporitiques et érosion: canyon. Baisse niveau marin
		bassin océanique Méditerranée occidentale	Mise en place d'une LO : anomalie gravi négative, sismique montre croûte oc. Mince, petits édifices volcaniques. bassin arrière arc, rotation bloc corso sarde suite subduction calabraise
Volcanisme Cénozoïque	Volcanisme MC	Stratovolcan / cantal ou Mt Dore	Activité polyphasée longue/édifice complexe/dynamisme explosif avec mise en place caldera, phase effusive avec planèzes
			Magmatisme alcalin. Coexistence de deux séries saturée et sous saturée.
			Age du volcanisme miocène pour le Cantal (11 à 3 Ma)
		Chaîne des Puys / édifices	Description des édifices / dynamismes éruptifs
			Nature des laves / dia TAS / série alcaline / différenciation magmatique
			Age du volcanisme (150 000 à 3500 ans)
	Autre exemple	Un exemple donné	Kaiserstul...
			Majorité volcanisme post-rift (volca ch puys recoupe oligocène), caractère alcalin de la série (faible taux fusion), données géophysiques: anomalie Bouguer négative, flux chaleur élevé, tomographie avec ralentissement ondes. Modèle de Merle Michon

Dans les copies :

En ce qui concerne l'extension vénozoïque, c'est essentiellement le rift périalpin qui a été traité.

Pour le volcanisme vénozoïque, les connaissances restent très superficielles pour les strato-volcans, mais également, et de façon plus inattendue pour la chaîne des Puys. La diversité des édifices, leur dynamisme éruptif, les âges de mise en place... sont juste esquissés.

Des illustrations auraient été appréciées, et permettent aux candidats un gain de temps, par rapport à un long texte.

Evolution du climat au Cénozoïque et ses conséquences			
Evolution du climat	Exemples d'évène. Clim. Illaire enregistrés en France	Optimum climatique de l'Eocène Oligocène	un marqueur en France cité : latéritisation des socles émergés en France (latérites, kaolinite) ou info avec le Lutétien Evaporitess/paysages lagunaires
	Quaternaire	Témoins stades glaciaires / intergla.	Extension des glacier/ Vallées glaciaires + moraines, surcreusements + lacs avec varves + bloc erratique (moraine carte de Lyon, bloc erratique croix Rousse, cirque Gavarnie...)
			Pergélisols / permafrosts sur les 2/3 de la France Expression fossile: sols polygonaux, cryoturbations)
			Vallées fluviatiles incisées en stade glaciaire : exemple de la Seine...Terrasses mises en place en interglaci. Avec flux important de sédiments. variations glacio-eustatiques importantes (-120m à +2m) exemples de marqueurs : grotte Cosquer, rias...
			Palynologie / tourbière grande pile/ Stades froids toundra et steppe / stades de réchauffement couverture forestière
		Sites archéologiques, grotte Cosquer... DMG : mammouths, lion, hyène des cavernes présents, s'éteignent à l'Holocène + migration vers le Nord d'espèces	
		Bilan + cause	Corrélation des différentes méthodes, mise en évidence cyclicité. Combinaison des paramètres orbitaux conditionnent l'insolation reçue à une latitude donnée
	Quaternaire récent	Données historiques	Optimum climatique du moyen âge : données historiques ou petit âge glaciaire (peintres flamands, extension glaciers...)
Siège du réchauffement clim actuel		Des faits visibles en France : augmentation T° moyenn, régression des glaciers...augmentation CO2 atmo, combustion énergies fossiles	

Dans les copies :

C'est essentiellement des faits du Quaternaire qui ont été traités, avec un succès particulier pour la grotte Cosquer et le gros caillou de Lyon ! Mais il ne suffisait pas seulement de les citer, il fallait montrer ce que ces objets pouvaient apporter à la connaissance des variations climatiques du Quaternaire. Étonnamment, très peu de candidats ont abordé le Quaternaire récent, et le réchauffement climatique.

Evolution de la Vie			
	Faune et flore		Exemple de gisements en France
			Exemples remarquables : evolution de la lignée des proboscidiens et des équidés/ Nombreuses innovations anatomiques : taille, plan dentaire, diversification extrémité des membres
	Lignée humaine	Homo erectus /Industrie	Exemple de l'homme de Tautavel (Pyrénées) - 450 000 ans Industrie étudié essentiellement ds la Somme : bifaces tranchant sinueux
		Néandertal	Homo néanderthalis, trouvé en Dordogne, homme de la chapelle aux saints près de Brive/Vcrânién élevé, prognathe, menton fuyant/industrie très diversifiée,site Moustier (mousterien)/Sépulture/extinction -30000ans
		Homo Sapiens	Homme de Cro Magnon Dordogne (Eyzies) / Front redressé, menton/Techniques lithiques évoluées/Expressions artistiques peintures rupestes: Lascaux, Chauvet, Cosquer...
		Arbre phylogénétique	Coexistence Néandertal/Homo Sapiens, évolution lignée humaine. représentation arbre phylogénétique
		Pendant l'Holocène	chasseur-cueilleur à éleveur-agriculteur

Dans les copies :

Cette partie a été la plus grande oubliée des copies ! Certains candidats expliquant que la paléontologie n'est pas à traiter dans un sujet de géologie ! Il existe pourtant de nombreux exemples de l'évolution de la biodiversité durant le Cénozoïque en France, ainsi que de nombreux travaux historiques de Lamarck, Cuvier... donnant naissance aux bases de la paléontologie et de l'anatomie comparée (à partir de l'étude des Mammifères des bassins du Paléogène), ainsi que des stratotypes comme celui du Lutétien... En ce qui concerne la paléontologie humaine, malgré l'étude de nombreux sites archéologiques en France, on a essentiellement retrouvé dans les copies la grotte Cosquer...

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 avait pour fil directeur la transformation industrielle d'un produit : l'objectif était de montrer en quoi des connaissances théoriques, faisant appel à plusieurs disciplines de la biologie, peuvent être utiles pour comprendre une application pratique. Un grand nombre d'éléments était indiqué dans le sujet et pouvait guider les candidats dans leurs réponses. Peu de candidats ont fait preuve d'une vue d'ensemble satisfaisante.

De manière générale, les candidats ont effectué toutes les manipulations demandées, ce qui est satisfaisant. En revanche, peu de candidats ont réussi à aborder correctement toutes les parties ou au moins trois parties : c'est ce qui a été discriminant. Le code couleur adopté est le suivant : en rouge, des remarques sur la prestation des candidats et en bleu des éléments de correction.

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2022

TRAVAUX PRATIQUES DE SPÉCIALITÉ DU SECTEUR A

Durée totale : 6 heures

ÉTUDE D'UN PRODUIT DE TRANSFORMATION INDUSTRIELLE, LA BIÈRE

Les 4 parties sont indépendantes.

Partie I : La transformation de l'orge malté par les levures	page 4
<i>Durée conseillée : 2h30 – barème : 8/20</i>	
Partie II : La couleur de la bière	page 21
<i>Durée conseillée : 1h15 – barème : 5/20</i>	
Partie III : La domestication des levures	page 28
<i>Durée conseillée : 1h30 – barème : 4/20</i>	
Partie IV : L'effet de l'éthanol sur les levures	page 38
<i>Durée conseillée : 45 min – barème : 3/20</i>	

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

Une chromatographie est planifiée dans la partie I et une PCR est planifiée dans la partie III.
Il vous est fortement conseillé de commencer la chromatographie maximum 3h30 après le début du TP et la PCR maximum 3h après le début du TP.

AVANT DE REMETTRE VOTRE DOSSIER, VÉRIFIEZ QUE VOS NOM, PRÉNOM ET NUMÉRO DE SALLE SONT INDIQUÉS EN TÊTE DE TOUS LES DOCUMENTS.

Vous devez rendre la totalité des feuilles du dossier

Ce sujet comporte 44 pages

Introduction

Le processus de fabrication de la bière comporte **deux grandes étapes**, le maltage et le brassage. Elles-mêmes constituées de plusieurs étapes.

Le **maltage**, ou transformation des grains d'orge en malt, comprend les étapes suivantes :

- le **conditionnement de l'orge**

La préparation des grains d'orge doit se faire dans des silos correctement oxygénés.

- le **trempage**

Cette étape, qui consomme l'essentiel de l'eau utilisée en malterie, permet la réhydratation des grains d'orge, nécessaire à leur germination.

- la **germination**

Lors de cette étape, des enzymes sont synthétisées, notamment des enzymes amylolytiques. Certaines de ces enzymes entraînent des changements métaboliques importants et la dégradation des parois des cellules contenant les réserves amylacées. La radicule émerge du grain. Cette étape nécessite un contrôle de la température, alors que le processus de germination est exothermique, de l'aération et de l'humidité. Elle dure plusieurs jours.

- le **touraillage**

Les grains germés sont séchés puis torréfiés (« coup de feu ») dans un four. En fonction du type de bière fabriquée, blonde, brune ou ambrée, la température de chauffage est variable, ce qui torréfie plus ou moins les grains. Lors du « coup de feu », les réactions de Maillard font réagir une combinaison de sucres avec des acides aminés, ce qui donne couleur et arôme à la bière.

- le **dégermage**

Les grains non germés sont éliminés et les radicules sont ôtées des grains germés. Le malt est alors prêt à être utilisé.

Le **brassage** comprend les étapes suivantes :

- le **concassage**

Le malt est broyé ce qui libère les enzymes et sucres de l'enveloppe du grain.

- l'**empâtage**

Le malt concassé est mélangé à de l'eau chaude puis remué (= brassé). Le mélange est appelé la **maische** et a un aspect pâteux (d'où le terme d'empâtage pour désigner cette étape).

La maische est chauffée en plusieurs temps :

- Un premier temps de chauffage, d'une durée de 15 minutes, à 50°C : les protéines sont ainsi dégradées en acides aminés.
- Un second temps, d'une durée de 30 à 45 minutes, à 62°C : durant cette période, l'enzyme β -amylase est active.
- Un troisième temps, d'une durée de 30 à 60 minutes à une température comprise entre 68 et 75°C : durant cette période, l'enzyme α -amylase est active.
- Un dernier temps de 10 minutes à 78°C : les enzymes sont alors inhibées de façon irréversible.

- la **filtration**

La maische est filtrée : la partie liquide, appelée **moût**, est séparée des résidus solides, appelés drêches.

- la **cuisson du moût**

Le moût est porté à ébullition, ce qui le stabilise et le stérilise. C'est lors de cette étape que le houblon est ajouté. L'ébullition permet d'une part l'extraction des résines du houblon (ces résines participent à la stérilisation du moût et apportent de l'amertume à la bière) et d'autre part la reprise des réactions de Maillard. D'autres produits peuvent être ajoutés lors de cette étape.

A la fin de l'ébullition, le moût est refroidi.

- la **digestion des produits du malt par les levures**

Le moût est transféré en cuve fermée où il estensemencé avec une levure, de souche spécifique. Les levures consomment les sucres du moût et se multiplient. Le procédé s'effectue soit à une température d'environ 22°C (bières de type « ales ») soit à une température d'environ 12°C (bières de type « lager »). La transformation des sucres par les levures produit de l'alcool et du gaz carbonique et s'effectue en plusieurs semaines.

- l'**embouteillage**

La bière est ensuite mise en bouteilles, cannettes ou fûts. Lors de la mise en bouteille, soit une petite quantité de sucre et de levures est ajoutée, ce qui permet une production de CO₂, soit du CO₂ est injecté dans la bouteille.

Partie I : La transformation de l'orge malté par les levures

IA- Etude du malt

Question IA1. Effectuez une coupe fine de grain, que vous aurez préalablement mis 15 minutes à tremper dans de l'eau. Colorez la coupe avec le colorant de votre choix, et observez au microscope optique.

Colorants proposés : vert de méthyle, bleu de méthylène, rouge neutre, réactif de Lugol, carmin-vert d'iode.

Appelez un examinateur afin qu'il évalue la qualité de la préparation.

Justifiez votre choix de colorant, en indiquant l'utilisation possible de chaque colorant (liste mentionnée ci-dessus).

Précisez les structures cellulaires ainsi mises en évidence.

Réponse à la question IA1

La majorité des candidats a présenté une coupe colorée au lugol. Quelques-unes étaient de très bonne qualité. Les stries de croissance y étaient bien visibles. Par contre, il existe une méconnaissance importante des autres colorants.

Les réserves dans l'orge malté sont constituées essentiellement d'amidon (introduction : « réserves amylacées »).

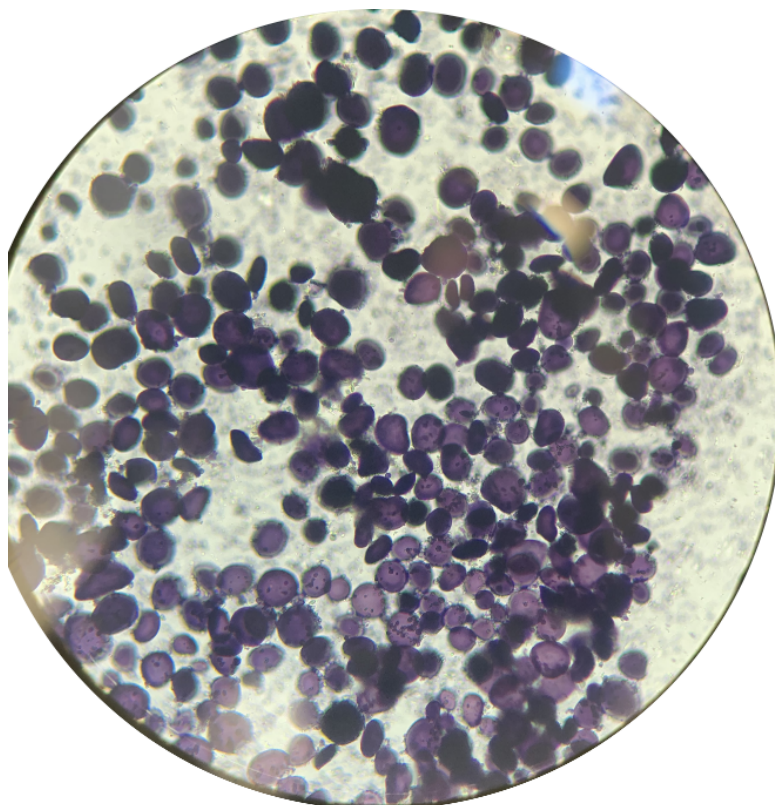
Le colorant permettant de colorer spécifiquement l'amidon est le réactif de Lugol : c'est donc ce colorant qu'il faut utiliser.

Autres colorants : Vert de méthyle : colore l'ADN

Bleu de méthylène : colore en bleu le cytoplasme des cellules mortes (*incolore en milieu réducteur – cas du cytoplasme des cellules vivantes et bleu en milieu oxydé – cas du cytoplasme des cellules mortes*), le noyau peut être coloré en un bleu plus foncé par réaction du colorant avec l'ADN. Rouge neutre : indicateur coloré de pH, colore les vacuoles et les lysosomes dans les cellules végétales.

Carmin-vert d'iode : double colorant permettant une coloration différentielle des parois pecto-cellulosiques en rose et des parois lignifiées en vert.

La préparation doit être observée à l'objectif 40 :



Les structures ainsi mises en évidence sont des amyloplastes.

Question IA2. L'amidon d'orge se compose à 25 % d'amylose et 75% d'amylopectine pour un total de 63% de matière sèche.

Comparez, en une ou deux phrases succinctes, les molécules d'amylose et d'amylopectine. Représentez la molécule d'amylopectine : 15 molécules de glucose devront être dessinées, en utilisant la représentation de Haworth. Cette représentation devra être complète pour au moins 3 molécules de glucose (choisir judicieusement la position de ces molécules) ; une version simplifiée (ne présentant pas toutes les fonction –OH) pourra être utilisée pour les autres molécules.

Réponse aux questions IA2 et IA3

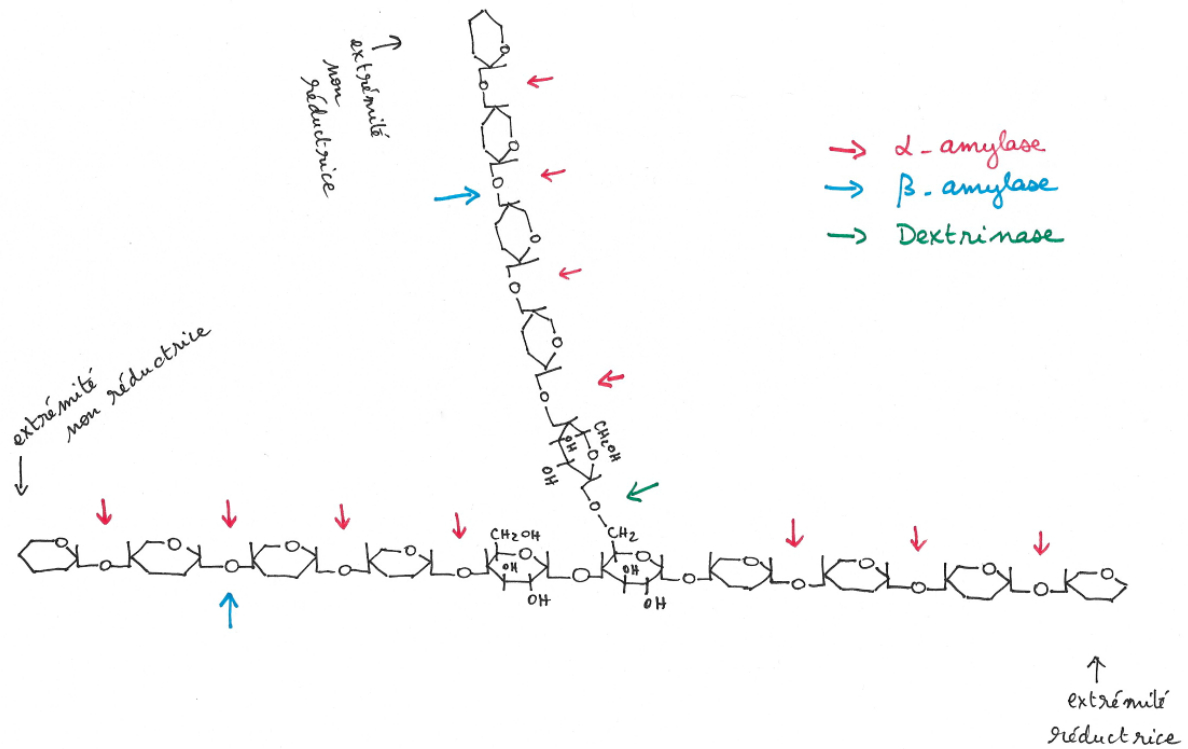
Rares sont les candidats qui ont proposé une comparaison complète et concise des deux molécules. Très rares sont ceux qui ont placé correctement les flèches correspondant à l'action des différentes enzymes.

Amylose et amylopectine sont des homopolymères de glucoses.

L'amylose est linéaire avec des liaisons O-glycosidique α 1-4. L'amylopectine est ramifiée ; les ramifications s'établissent par liaisons O-glycosidique α 1-6.

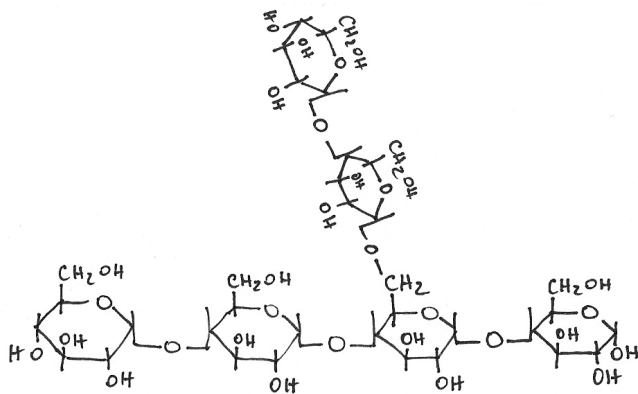
(Remarque : l'énoncé des questions IA3 et IA4 permettait de comprendre quelle molécule est ramifiée ou non si le candidat avait un doute)

Les trois molécules complètes doivent être au niveau de la ramification, cela permet de montrer correctement les configurations des liaisons glycosidiques α 1-6 et α 1-4.

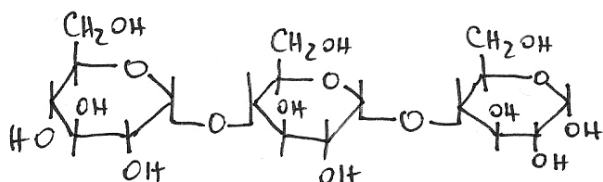


Sucres présents après digestion enzymatique :

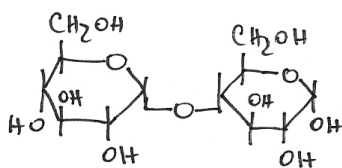
Dextrines (plusieurs réponses acceptées en fonction du nombre de glucoses représentés, 3 glucoses minimum et une ramification sont exigés dans la représentation)



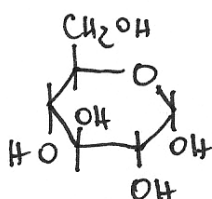
Maltotriose



Maltose



Glucose



La présentation de trois d'entre eux permettait d'avoir la totalité des points ; les témoins de la chromatographie pouvaient donner une piste sur la réponse.

Question IA3. Il existe 4 principales enzymes dégradant l'amidon, l' α -amylase, la β -amylase, la limite dextrinase et l' α -glucosidase. L' α -glucosidase, très thermolabile, intervient peu et son action sera négligée. L' α -amylase est une enzyme qui apparaît au 3^{ème} ou 4^{ème} jour de germination et peut hydrolyser toute liaison à l'exception de celles situées au niveau d'un point de ramification. La β -amylase, formée principalement à partir du 2^{ème} jour de germination, s'attache à une extrémité non réductrice de la molécule et hydrolyse la seconde liaison glycosidique en partant de l'extrémité. La dextrinase limite, qui apparaît au 5^{ème} jour de germination, agit au même moment que la β -amylase lors du brassage, et hydrolyse les liaisons permettant la ramification de la molécule.

Sur la molécule représentée ci-avant, placez des flèches indiquant les liaisons pouvant être hydrolysées par chacune des enzymes (flèches de couleur **rouge** pour l' α -amylase, de couleur **bleue** pour la β -amylase et de couleur **verte** pour la dextrinase limite).

Indiquez l'ensemble des glucides susceptibles d'être présents à la fin du maltage (nom et représentation de Haworth complète).

Question IA4. Expliquez pourquoi les températures des second et troisième temps d'empâtage sont aussi précises.

Expliquez pourquoi la température de 78°C permet de stopper les réactions enzymatiques.

Réponse à la question IA4

Si dans l'ensemble la question a été comprise, très peu de candidats ont donné une réponse complète

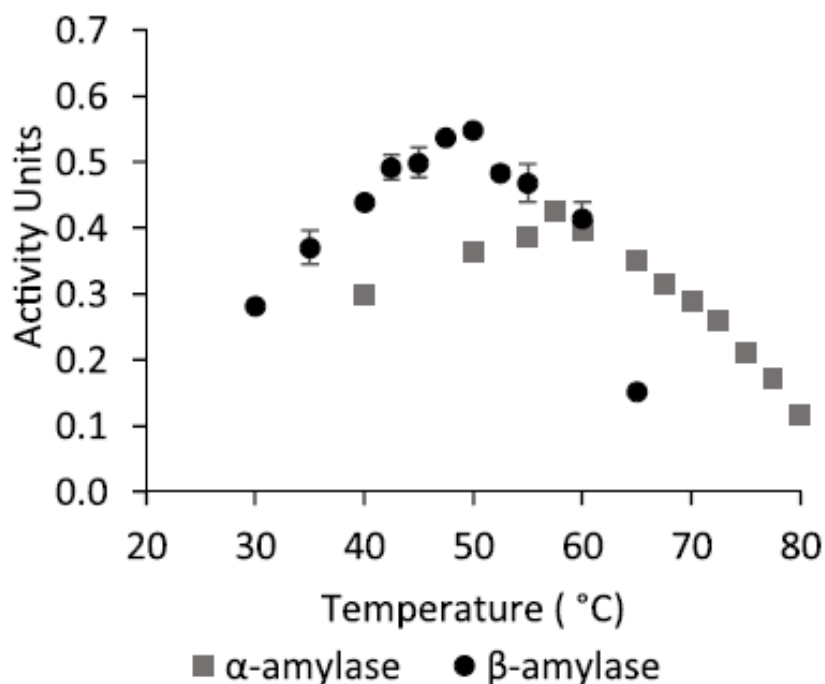
Les enzymes sont des biocatalyseurs protéiques. Elles présentent une température optimale de fonctionnement. Cette température peut être spécifique à chaque enzyme car elle dépend des radicaux des acides aminés constitutifs de la protéine.

Une température de 78°C, élevée, est susceptible de dénaturer les protéines en rompant les liaisons faibles présentes au sein des protéines. La dénaturation, ou perte de la conformation

ou structure tridimensionnelle, provoque une perte de fonction de la protéine, ici un arrêt de l'activité catalytique des enzymes.

Question IA5. Une étude a cherché à vérifier la pertinence des températures choisies pour l'empâtage en déterminant l'activité des enzymes, α -amylase et β -amylase, en fonction de la température.

Les résultats établis sur un malt préparé industriellement sont présentés dans la figure ci-dessous. L'activité est définie comme la quantité d'extrémités réductrices produites par unité de temps et de matière sèche ($\text{mmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$).



Discutez ces résultats au regard des différentes températures utilisées pendant la phase d'empâtage. Identifiez d'autres paramètres que ceux présentés ci-dessus susceptibles d'orienter le choix des températures.

Réponse à la question IA5

L'analyse du document a souvent été négligée. L'orientation de l'analyse était imposée par le fil directeur du sujet. Beaucoup de candidats n'ont donc pas dégagé l'essentiel.

Augmentation de l'activité enzymatique jusqu'à atteindre une température optimale (suit la loi d'Arrhenius).

Température optimale respectivement de 50 et 60 °C donc inférieures à celles utilisées dans le protocole.

Inactivation confirmée à 78°C.

La température peut aussi avoir un effet sur l'accessibilité du substrat (notamment gélatinisation de l'amidon, terme non attendu).

Question IA6. Une comparaison de deux formes alléliques, Sd1 et Sd2L, de la β -amylase a été menée sur des grains d'orge mûrs ou germés. Une analyse des extraits protéiques a été effectuée au préalable.

A **B**

kDa 1 2 3 4 1 2 3 4

A : SDS-PAGE coloré au bleu de Coomassie d'extraits protéiques de grains d'orge Sd1 mûr (1) ou germé (2) et de grains d'orge Sd2L mûr (3) ou germé (4).

B : immunoblot (western blot) avec anticorps anti- β -amylase, détecté par un anticorps secondaire couplé à la peroxydase de Raifort.

Expliquez pourquoi de nombreuses bandes sont visibles en A alors que peu de bandes sont visibles en B.

Analysez et interprétez l'immunoblot B.

Réponse à la question IA6

La plupart du temps, la réponse était correcte mais les mots clés n'étaient pas toujours en appui de l'explication. Notamment, le terme de spécificité était souvent manquant.

Bleu de Coomassie colorant spécifique des protéines : toutes les protéines de l'extrait sont colorées

Anticorps spécifique de l'amylase : seule l'amylase est détectée

Les deux formes ont même poids moléculaire. L'une semble être présente en plus grande quantité (Sd1)

2 bandes dans le grain d'orge germé, 1 seule dans le grain : clivage de l'enzyme lors de la germination ?

Question IA7. Une comparaison des paramètres cinétiques a été menée sur ces deux formes alléliques, en utilisant des substrats présentant différents degrés de polymérisation (dp) : amidon (starch) (dp 740), amylose EX-III (dp 100) ; amylose EX-I (dp 18).

	β-amylase			
	Sd1		Sd2L	
	Substrat	Grain mûr	Grain germé	Grain mûr

K_m (μM)	Amidon	20	4	20	15
	Amylose EX-III	93	101	104	95
	Amylose EX-I	184	195	190	179
V_{\max} (U/mg)	Amidon	642	661	648	655
	Amylose EX-III	383	398	392	408
	Amylose EX-I	370	381	384	376

Analysez et interprétez les résultats présentés dans le tableau ci-dessus.

Réponse à la question IA7

Km et Vm étaient à définir. Km a souvent été mal définie. Là encore, l'analyse a souvent été peu efficace. Transformer le tableau en texte n'était pas pertinent. Il fallait dégager les différences les plus nettes (puisque aucun écart-type n'avait été donné). De plus, une comparaison était clairement suggérée avec la formulation de la question.

Aucun effet de la germination sur les substrats autres que « amidon »

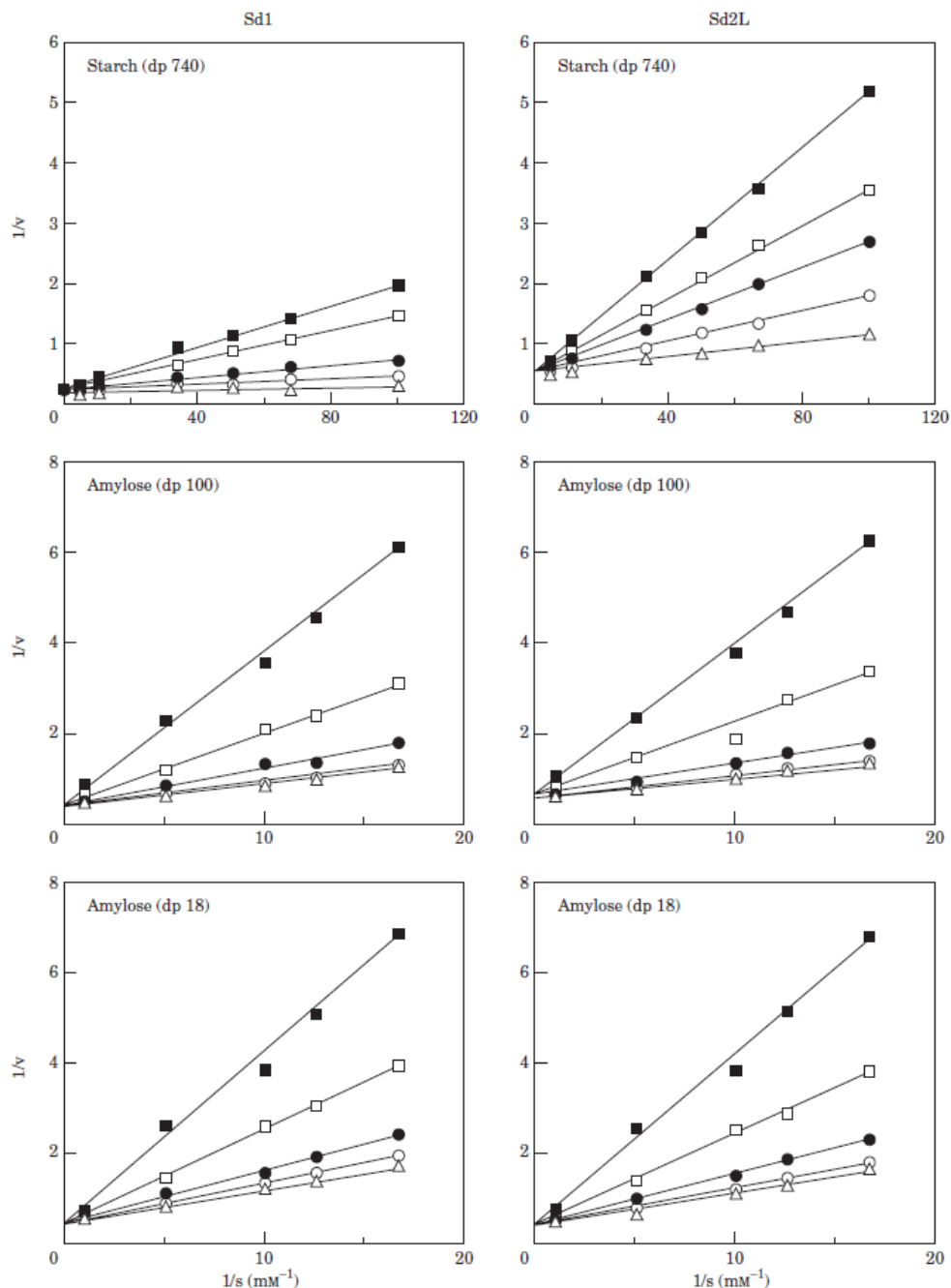
Pour « amidon » diminution de Km mais pas de Vmax donc augmentation de l'affinité de l'enzyme pour son substrat ce qui augmente son efficacité. Effet plus marqué pour Sd1.

Le clivage de l'enzyme active l'enzyme.

Question IA8. L'activité de la β -amylase a été étudiée sur différents substrats (indiqués en haut à gauche de chaque graphe, la valeur s en abscisse correspond à la concentration de ce substrat), en présence de différentes concentrations de maltose :

0 (\triangle), 10 mM (\circ), 50 mM (\bullet), 100 mM (\square), and 200 mM (\blacksquare)

Analysez et interprétez les résultats présentés page 13. La rédaction de la réponse doit être concise.



Réponse à la question IA8

La concision était clairement exigée. Certains candidats n'ont pas traité cette question alors que ce type de résultats est classique. D'autres ont oublié que c'est une présentation en double inverse : si la pente augmente, alors la vitesse diminue. Très peu sont arrivés à la conclusion que le maltose est un inhibiteur compétitif de l'enzyme.

Quel que soit le graphe :

- Droites = enzyme michaelienne
- La pente augmente quand la concentration en maltose augmente donc la vitesse diminue quand la concentration en maltose augmente : le maltose est un inhibiteur
- V_{max} inchangé, si on prolonge les droites on obtient $-1/K_m$ qui augmente : inhibiteur compétitif
- L'effet inhibiteur est moins marqué pour amylose 740 Sd1

Question IA9. Expliquez en quoi cette étude sur ces deux formes alléliques a une importance sur la maîtrise du processus de fabrication de la bière.

Réponse à la question IA9

La réussite à cette question dépendait de la capacité à traiter les précédentes. Quelques candidats ont su mener le raisonnement jusqu'à son terme.

Le maltose est un produit de la digestion de l'amidon. Il est préférable de choisir une forme allélique moins sensible au maltose et de forte efficacité enzymatique.

La forme allélique Sd1 est plus intéressante

Ce type d'étude permet d'orienter la sélection des malts utilisés dans le processus de fabrication de la bière.

IB. Etude de la digestion des glucides du malt par les levures

Question IB1. Citez quelles sont, en général, les voies métaboliques de dégradation des sucres Chez les levures et dans le cadre du processus de fabrication de la bière, identifiez la voie utilisée. Justifiez votre réponse.

Réponse à la question IB1

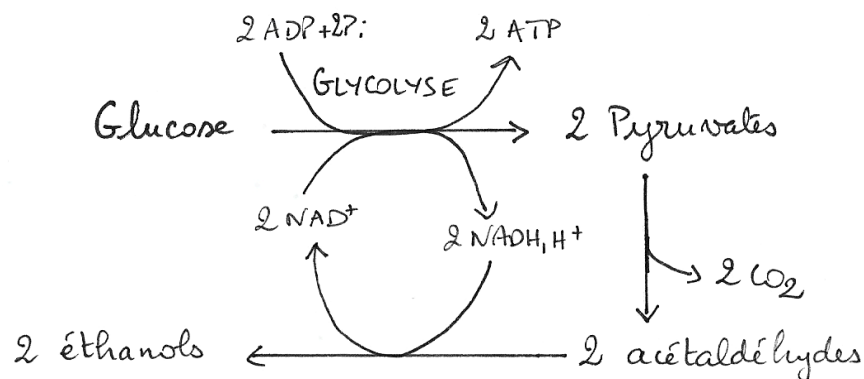
Alors que cette question ne présentait aucune difficulté, c'est l'une de celles qui a été la moins réussie.

La question se restreignait aux levures : nul besoin d'évoquer la fermentation lactique. La respiration a été très peu évoquée et parfois de façon très erronée. Il est quand même regrettable que, sur ces notions enseignées dès le début de leur cursus, les candidats n'aient pas de vision globale claire.

Voies métaboliques : Fermentation ou respiration

Dans le cadre du processus de fabrication de la bière : fermentation (la cuve est fermée, le dioxygène n'étant pas renouvelé, c'est de la fermentation et l'énoncé de l'introduction précise que de l'alcool et du CO₂ sont libérés. Or ce sont les déchets de la fermentation)

Fermentation : (un schéma pouvait être proposé)



L'objectif de l'étude suivante est de déterminer les glucides consommés par les levures. Pour cela, on compare la composition en glucides d'un moût en début de réaction et d'un moût en fin de réaction.

La méthode utilisée est la chromatographie sur couche mince.

Question IB2. Expliquez le principe de la chromatographie sur couche mince.

Réponse à la question IB2

Le principe est souvent connu mais est présenté de façon incomplète.

La chromatographie sur couche mince (CCM) repose principalement sur des phénomènes d'adsorption : la phase mobile est un solvant ou un mélange de solvants, qui progresse le long d'une phase stationnaire (exemple : silice) fixée sur une plaque.

Après que l'échantillon a été déposé sur la phase stationnaire, les substances de l'échantillon migrent à des vitesses différentes qui dépendent de l'interaction de la substance avec les deux phases.

La rétention de chacune des substances est caractérisée par le rapport frontal R_f , rapport de la distance parcourue par la substance sur la distance parcourue par l'éluant.

Réalisation de la chromatographie

□ Sur la plaque de gel de silice de 20 cm x 20 cm, tracez un trait au **crayon papier** à 1 cm du bord inférieur et placez 8 repères équidistants, les repères extrêmes devant être au moins à 1 cm du bord de la plaque.

□ Sur les repères tracés précédemment, déposez à la micropipette **3 fois** 1 µL de chaque solution de sucre et **5 fois** 1 µL de chaque solution de moût afin que chaque dépôt soit suffisamment concentré.

Les solutions à étudier sont : solutions pures de glucose, fructose, de saccharose, de maltotriose, maltose à 20g/L, solution pure de dextrine à 40g/L, moût en début de réaction, moût en fin de réaction. **Entre chaque série de dépôts, séchez au sèche-cheveux.**

Les étapes suivantes seront effectuées sous hotte par un technicien. Vous devez donc identifier votre plaque (numéro de salle et numéro de poste) et appeler l'examineur qui transmettra votre plaque.

□ Versez un peu moins d'un cm de solvant au fond du bécher et fermez la cuve à l'aide du film transparent.

□ Mettez la plaque dans la cuve : les dépôts doivent être au-dessus du solvant. Fermez la cuve à l'aide du film et laissez migrer le solvant pendant **1 heure**.

□ Sortez la plaque, marquez immédiatement au **crayon papier** le front du solvant. Séchez la plaque au sèche-cheveux jusqu'à disparition complète de l'odeur d'acide acétique.






□ Une fois la plaque restituée, préparez le révélateur en mélangeant dans la cuvette de révélation un volume de permanganate de potassium à 2% et un volume de carbonate anhydre de sodium à 4%. Plongez la plaque dans le révélateur (**préparé extemporanément**) pendant 10 secondes environ. Le révélateur doit recouvrir le gel de silice. Utilisez la pince en bois pour plonger la plaque dans la cuvette.

□ Séchez à nouveau.

Les taches jaunes qui apparaissent correspondent à la réduction du permanganate par les fonctions alcool des sucres.

SCOTCHEZ SUR CETTE PAGE VOTRE PLAQUE DE CHROMATOGRAPHIE.

Question IB3. Les bouteilles des produits utilisés dans le solvant présentent les pictogrammes suivants. Donnez la signification de chacun des pictogrammes et les mesures de précaution à appliquer lors de leur manipulation.

	produits	identification du danger
Mélange de solvants	Butanone-2 ou méthyléthylcétone	 Xi  F R11-36-66-67 et S9-16
	Acide acétique	 R10-35 et S23-26-45
	méthanol	 T  F R11-23/24/25-39 et S7-16-36/37-45

Réponse à la question IB3

Peu de réponses ont été complètes. Il est important que les candidats connaissent les consignes de sécurité car ils seront en situation de responsabilité.



Produit irritant pouvant causer des démangeaisons, rougeurs ou inflammations en cas de contact direct, prolongé ou répété
Précautions : port de blouse, gants et lunettes



Produit corrosif ou caustique pour la peau et les muqueuses en cas de contact. Il peut provoquer de graves brûlures.
Précautions : port de blouse, gants et lunettes



Produit inflammable pouvant s'enflammer facilement au contact d'une flamme ou d'une étincelle, ou sous l'effet de la chaleur
Précautions : manipulations sans source de chaleur à proximité, stockage dans un espace ventilé



Produit toxique pouvant présenter un danger pour la santé ou entraîner la mort en cas d'inhalation, d'ingestion, ou d'absorption cutanée ;

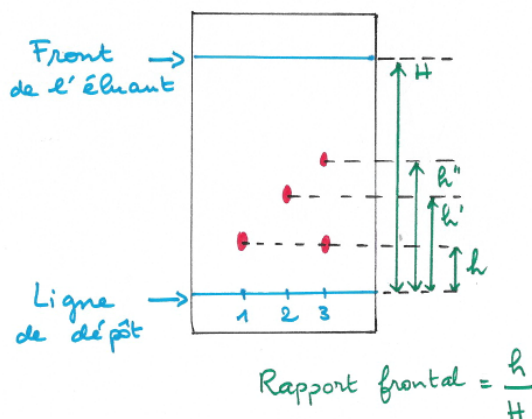
Précautions : port de blouse, gants et lunettes, travail sous hotte

Question IB4. Une fois la révélation terminée, appelez l'examineur. Sur présentation de votre plaque révélée, l'examineur vous donnera une photographie de chromatographie à analyser.

Sur la photographie de chromatographie fournie, calculez les rapports frontaux des différentes taches obtenues pour chaque solution pure de sucre. Présentez les résultats sous forme d'un tableau, après avoir expliqué votre méthode de calcul.

Réponse à la question IB4

La chromatographie a été réussie par l'essentiel des candidats. Certaines étaient de très bonne qualité. Le calcul des rapports frontaux était correct mais parfois trop imprécis.



	H	h	Rf
Glucose	13,2	7,1	0,5
Fructose	13	7,2	0,6
Saccharose	13	5,1	0,4
Maltotriose	13	2,0	0,2
Dextrine	13	0,4	0,03
Maltose	13	4,5	0,4

Rapports à donner avec un seul chiffre significatif

Dextrine : deux chiffres donnés mais le résultat de 0 est accepté

Question IB5. Identifiez les glucides présents dans chaque moût.
Concluez quant aux glucides consommés lors du processus.

Réponse à la question IB5

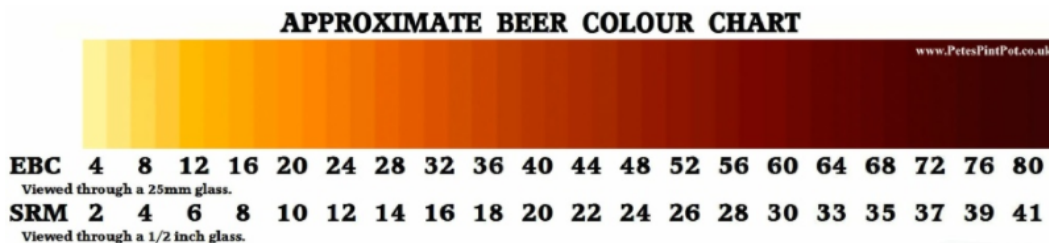
L'identification a souvent été bien menée mais les conclusions ont souvent été incomplètes. Peu de candidats ont vu qu'il restait des dextrines. Certains ont bien discuté du fait qu'il pouvait y avoir une incertitude sur certains sucres présents du fait des rapports frontaux proches.

Moût avant fermentation : Les glucides présents initialement sont glucose (plus probable que fructose vu partie IA, mais rapports frontaux similaires), maltose, maltotriose (une grande tache recouvrant les deux taches des solutions pures correspond aux deux glucides), dextrines.

Moût après fermentation : Les glucides qui disparaissent sont glucose et maltose. Le maltotriose semble en partie utilisé. On peut supposer que, celui-ci étant plus complexe que maltose et glucose, il n'est consommé que lorsque les deux précédents sont totalement consommés. Les dextrines, elles, ne le sont pas.

Partie II : La couleur de la bière

En Europe la couleur d'une bière et du malt s'exprime en EBC (European Brewery Convention). Le diagramme ci-dessous présente la correspondance entre couleur des boissons dans un verre à bière et la valeur de l'EBC.



Source : <https://www.petespintpot.co.uk/>

La détermination de l'EBC peut se faire plus précisément à partir de la mesure de l'absorbance à 430 nm d'un échantillon de bière. La formule est :

$$EBC = 25 \times d \times A$$

- d, le facteur de dilution (d=1 si l'échantillon est pur, d = 2 si l'échantillon est dilué de moitié, etc)
- A, l'absorbance mesurée à 430 nm (avec une cuve de 1 cm).

Question II1. Expliquez ce qu'est une couleur.

Réponse à la question II1

De nombreuses définitions ont été données. Peu de réponses prenaient en compte le contexte, le fil conducteur imposé par l'énoncé. Cependant, toute réponse correcte a été prise en compte lors de la notation. Les réponses doivent être concises.

La couleur d'une solution correspond aux couleurs complémentaires des longueurs d'onde absorbées.

Question II2. Expliquez le principe du spectrophotomètre

Réponse à la question II2

Très peu de candidats ont donné une réponse complète. Ecrire que cela permet de mesurer l'absorbance ne peut suffire. L'objectif de cette partie était justement de faire la part entre les candidats qui utilisent des méthodes en mode « boîte noire » de ceux qui comprennent les principes sous-jacents à la méthode utilisée.

L'appareil réalise une mesure de l'intensité de la lumière reçue, une fois celle-ci passée à travers une cuve transparente contenant la solution à étudier. À partir de l'intensité de la lumière émise (notée I_0) et d'après la mesure de l'intensité de la lumière transmise (I), l'appareil calcule l'absorbance (A) selon la formule : $A = \log(I_0/I)$.

Question II3. Mesurez l'absorbance des 4 échantillons de bière fournis et notés de 1 à 4, et calculez l'EBC de chaque bière.

Procédure à suivre

- ☐ Filtrez les échantillons pour qu'ils ne soient plus troubles.
- ☐ Remplissez les cuves avec les filtrats et effectuez la mesure au spectrophotomètre.

La mesure de l'absorbance est susceptible d'exiger une dilution des échantillons. **La dilution éventuelle des échantillons est laissée à la discrétion des candidats.** Le choix du facteur de dilution devra être clairement justifié pour chaque échantillon.

Réponse à la question II3

Cette manipulation a été réussie pour l'essentiel.

La dilution est nécessaire si la mesure donne une absorbance supérieure à 1. En effet, selon la loi de Beer-Lambert, il y a corrélation linéaire entre absorbance et concentration. Cette corrélation linéaire n'est respectée que si l'absorbance est inférieure à 1. Au-delà elle n'est en général plus observée.

Le facteur de dilution devra être tel que l'absorbance mesurée soit inférieure à 1.

Exemples de mesures obtenues :

Echantillon 1 : 0,547

Echantillon 2 : 0,574

Echantillon 3 : 0,549 après avoir dilué de moitié (absorbance de 1,112 avec l'échantillon non dilué)

Echantillon 4 : 0,593 après avoir dilué d'un facteur 4 (absorbance de 2,262 avec l'échantillon non dilué)

Question II4. Discutez la cohérence entre les valeurs calculées, la couleur de vos échantillons et l'échelle EBC fournie page 21.

Réponse à la question II4

Beaucoup ont voulu absolument trouver des résultats cohérents alors que justement l'idée était de mener une véritable réflexion à partir des observations et mesures effectuées.

En utilisant la formule donnée dans l'énoncé $EBC = 25 \times D \times A$:

Echantillon 1 EBC = 13,68

Echantillon 2 EBC = 14,35

Echantillon 3 EBC = 27,45

Echantillon 4 EBC = 59,3

Ces valeurs sont beaucoup plus élevées que l'EBC déterminé à partir de l'échantillon confronté au nuancier proposé.

Cela ne semble donc pas cohérent.

Appelez l'examineur pour faire vérifier la correspondance entre la couleur de vos échantillons et l'échelle EBC. L'examineur vous donnera alors une photographie, nécessaire pour traiter la question II5.

Question II5. En utilisant la photographie fournie, expliquez et discutez les résultats à la question II4.

Réponse à la question II5

Très peu de candidats ont su expliquer la discordance apparente. Un certain nombre était sur la bonne voie (en évoquant une question de volume), de très rares candidats ont parfaitement mené le raisonnement en exploitant la loi de Beer Lambert.

La loi de Beer-Lambert établit que l'absorbance A d'une solution est proportionnelle d'une part à sa concentration c et d'autre part à la longueur l du trajet parcouru par la lumière dans la solution.

Le nuancier proposé indique qu'il est établi pour la bière contenue dans un verre. Comme le montre la photographie fournie, la couleur de la bière n'est pas la même que l'échantillon qui est dans un tube de 50 ml. Ceci est dû au fait que la longueur traversée par la lumière n'est pas la même, l'absorbance et donc la couleur perçue n'est pas la même.

En brasserie, des sucres peuvent être ajoutés au moût. Chaque solution de sucre présente une couleur caractéristique, comme le montre la photographie ci-dessous (inverti b. : sucre inverti de betterave, Inverti c. : sucre inverti de canne à sucre).



Sucre : Inverti b. Inverti c. Cassonade Candi foncé Brûlé

Question II6. Formulez une ou des hypothèses sur l'influence de l'ajout de ces sucres sur la valeur de l'EBC d'une bière.

Réponse à la question II6

De très nombreux candidats ont su proposer au moins une hypothèse. Mais celle-ci était souvent peu approfondie. Il n'y a jamais eu de réelle discussion sur l'influence de l'ajout de ces sucres. Toute hypothèse cohérente a été valorisée.

Chaque solution présente une couleur spécifique, qui semble être dans la gamme du nuancier EBC. Elle serait donc susceptible d'avoir une influence.

Mais :

- la concentration n'est pas précisée : celle utilisée est peut-être différente de celle des solutions prises en photographies. Or la concentration a une influence (loi de Beer Lambert)
- de même étant donné la question II5, le tube à essai a un diamètre inférieur à celui d'un verre : la couleur peut être différente. Il faudrait vérifier qu'elle est toujours dans le nuancier de l'EBC
- ces sucres sont susceptibles d'être consommés par les levures donc de disparaître. Ils n'auraient donc pas d'influence sur l'EBC de la bière, sauf si ceux-ci interviennent avant leur consommation dans les réactions de Maillard ayant lieu lors de la cuisson du moût (cf introduction : « les réactions de Maillard font réagir une combinaison de sucres avec des acides aminés, ce qui donne couleur et arôme à la bière. »)

Plusieurs moûts ont été réalisés avec différents sucres ajoutés. L'EBC a été déterminée pour chacune des bières ainsi obtenues. Les résultats sont les suivants.

Caractéristiques des bières produites

Numéro de moût	Type de sucre ajouté	EBC
0	Sans sucre	3,5
1	Inverti de betterave	9
2	Candi foncé	8
3	Sucre brûlé	72
4	Inverti de canne	5
5	Cassonade blonde	6
6	Candi foncé	7



Brassin n° :	5	4	0	6	2	1	3
EBC :	6	5	3.5	7	8	9	72

Couleurs des différentes bières mises dans des verres

Remarque : le terme brassin désigne le moût.

Question II7. A partir de l'analyse des résultats, validez ou invalidez les hypothèses proposées en II6.

Réponse à la question II7

L'analyse a été très peu rigoureuse car elle a souvent été menée en rapport avec l'hypothèse formulée précédemment. Il est important que les candidats soient capables d'une part de proposer des hypothèses, d'autre part de les confronter à des résultats analysés de façon objective et rigoureuse. C'est cette attitude qui permet d'adopter une réelle démarche scientifique. Le témoin est la condition sans sucre. Les différentes conditions montrent que l'EBC est différent d'une condition à l'autre : le sucre ajouté semble donc avoir une influence. Mais si on confronte les couleurs des solutions de sucre et celles des bières obtenues, deux des solutions donnent des couleurs très différentes (le sucre inverti de betterave transparent donne un EBC parmi les plus élevés et le sucre et le sucre candi foncé, parmi les plus foncées des solutions de sucres, donne une bière d'EBC intermédiaire). L'explication possible est que les sucres étant différents ils participent aux réactions de Maillard et donnent des composés différents responsables d'une couleur différente.

Question II8. De nombreuses bières ont été créées en utilisant des extraits de fruits (bière à la myrtille, à la cerise, etc). Précisez si la méthode de l'EBC est applicable pour ces bières. Justifiez votre réponse.

Réponse à la question II8

Enfinement très peu de candidats ont su donner une explication cohérente et bien argumentée.

Elle n'est pas applicable car la couleur est modifiée par la présence de pigments, qui n'absorbent pas forcément dans la longueur d'onde à considérer, 430 nm. Il faudrait utiliser une longueur d'onde différente.

Partie III : La domestication des levures

Au cours des siècles, les brasseurs ont sélectionné des levures présentant une activité maltase accrue ; on parle de *domestication* des levures.

Les gènes régulant l'utilisation de maltose et maltotriose par les levures sont organisés en loci. Chaque locus MAL comprend des gènes codant des symports proton/polysaccharide (MALT), des alpha-glucosidases (MALS) et un facteur de transcription à doigts de zinc (MALR), qui régule l'expression des gènes de type *malt* et *mals* en présence de maltose.

Nous nous intéressons à la protéine régulatrice MAL33, codée par le locus MAL3. Certaines levures industrielles ont une activité MAL33 accrue par rapport aux souches sauvages, c'est-à-dire qu'en présence de maltose, l'expression des gènes induits par MAL33 est plus importante.

Question III1. Proposez plusieurs mécanismes pouvant conduire à une activité MAL33 accrue. Proposez des moyens pour tester ces hypothèses

Réponse à la question III1

Il est toujours intéressant pour les candidats de lire le sujet en entier avant de se lancer dans les réponses, en effet la duplication était suggérée dans la suite de l'énoncé.

Possibles mécanismes (non exhaustifs)

- Mutation au niveau promoteur *mal33* conduisant à une surexpression du gène
- Duplication du gène
- Mutation dans la séquence codante, générant une protéine ayant une activité accrue. (meilleure activation du promoteur)

Les méthodes sont globalement mal connues. Ainsi en général un western blot ne permet pas (sauf cas particulier d'anticorps spécifiques) de faire la distinction entre des protéines WT et mutantes.

Méthodes (ne sont attendues qu'une méthode par hypothèse) :

- qPCR, FISH (pour étudier le nombre de copies de gène *mal33*)
- RT-qPCR (pour étudier le niveau d'ARNm)
- séquençage (pour mettre en évidence des mutations)
- retard sur gel, gène rapporteur (pour étudier le niveau de liaison au promoteur)

Vous allez effectuer des réactions d'amplification à la chaîne (PCR) sur les gènes *mal33* et de l' α -tubuline à partir d'ADN extrait d'une souche de levure sauvage et d'une souche de levure industrielle.

Vous disposez de :

- Un mélange d'amorces ciblant le gène α -tubuline (5 μ M de chaque amorce)
- Un mélange d'amorces ciblant le gène *mal33* (5 μ M de chaque amorce)
- Un mélange équimolaire de dNTP (5mM de chaque nucléotide)
- de l'ADN extrait à partir d'une souche de levure industrielle (200 μ g/mL)
- de l'ADN extrait à partir d'une souche de levure sauvage (200 μ g/mL)
- La polymérase Taq conservée à 4°C (disponible sur demande)

- Le tampon pour la réaction 10x, contenant 15mM MgCl₂
- Une solution de MgCl₂ à 25mM
- D'eau pyrolysée

Pour chaque réaction de PCR, faites un mélange de **50µL final** contenant :

- 1ug d'ADN
- du tampon de PCR
- 200µM de chaque dNTP final
- 2µL du mélange d'amorces
- 3,5mM final de MgCl₂
- 0,25µL de Taq
- QSP 50µL d'eau pyrolysée

Question III2. Indiquez les volumes utilisés (pour une réaction de PCR). Présentez les calculs.

Réponse à la question III2

Beaucoup de candidats n'ont pas été capables de répondre à cette question, alors que l'équation $C_i V_i = C_f V_f$ suffisait la plupart du temps.

Une autre méthode consiste à calculer le facteur de dilution à obtenir (par exemple $CdNTP_i / CdNTP_f = 5.E^{-3} / 200E^{-6} = 25x$)

- 1ug d'ADN	5
- du tampon de PCR (1x final)	5
- 200µM de chaque dNTP final	2
- 2µL du mélange d'amorces	2
- 3,5mM final de MgCl ₂	4 (ne pas oublier qu'il y a du MgCl ₂ dans le tampon)
- 0,25µL de Taq	0,25
- QSP 50µL d'eau	eau

Conservez les tubes sur la glace jusqu'à ce que vous puissiez utiliser le thermocycleur. Le cycle de PCR est le suivant :

15 minutes à 94°C	
30 secondes à 94°C	
30 secondes à 57°C	24 cycles
1 minute à 72 °C	
10 minutes à 72°C	

Question III3. Expliquez le principe de la PCR (en présentant l'importance des différentes étapes).

Précisez les caractéristiques attendues pour les amorces (primers) de PCR. Expliquez l'intérêt de ces différentes caractéristiques.

Expliquez pourquoi le gène de l'alpha-tubuline est amplifié alors que l'on s'intéresse au gène *mal33*.

Réponse à la question III3

Les candidats confondent souvent principe et protocole.

Principe de la PCR : amplification par polymérisation en chaîne. Les ADN polymérases nécessitent une amorce (ADN pour la PCR, ARN pour les fragments d'Okasaki). Ainsi le choix des amorces permet une amplification spécifique.

Le nombre de fragments obtenus double à chaque cycle (pour une efficacité de 1, en début d'amplification).

Les primers (ou amorces) ont une longueur d'environ 20 nt. La séquence est complémentaire de la région à amplifier et donne la spécificité. Le ratio C+G/A+T est tel que la température de fusion (séparation d'avec l'ADN à tester) est suffisamment élevée ; cette température permet de limiter l'hybridation non spécifique et augmente la spécificité. Souvent les amorces se terminent par C/G pour favoriser l'interaction ADN/amorce et favoriser la reconnaissance par la polymérase.

Il faut éviter des régions complémentaires ou des structures secondaires (hairpin) au sein des amorces, pour prévenir l'apparition de doublets de primers et s'assurer d'une bonne reconnaissance de la séquence à amplifier.

La PCR utilise une polymérase issue d'organismes extrémophiles, et ainsi permet la polymérisation à haute température.

Actine : gène de ménage, c'est un contrôle permettant de s'assurer de la qualité de l'ADN ou qu'il n'y a pas d'inhibiteurs dans le tampon. Dans certains cas, elle permet aussi de « normaliser »/ vérifier que la quantité d'ADN utilisée est comparable ; mais attention la PCR à partir d'une certaine phase n'est plus quantitative (l'efficacité diminue avec le nombre de sites).

Etapes d'un cycle de la PCR : dissociation de l'ADN double brin ; annealing ou hybridation de la sonde à la matrice, polymérisation à partir de la sonde / réplication de la matrice.

Une fois la réaction effectuée, déposez le produit de PCR dans un gel d'acrylamide contenant du bromure d'éthidium (ou BET). N'oubliez pas de déposer 3 µL de marqueur de poids moléculaire. Faites migrer 15 min à 110 V.

Question III4. Expliquez le rôle du BET.

Précisez la signification du pictogramme présent sur les tubes de BET (présenté dans le cadre suivant).

Réponse à la question III4

Intercalant permettant d'observer l'ADN ou l'ARN dans un gel sous UV.

Symbole CMR (cancérogène, mutagène, reprotoxique) + risque respiratoire (ce dernier point n'est pas forcément attendu).



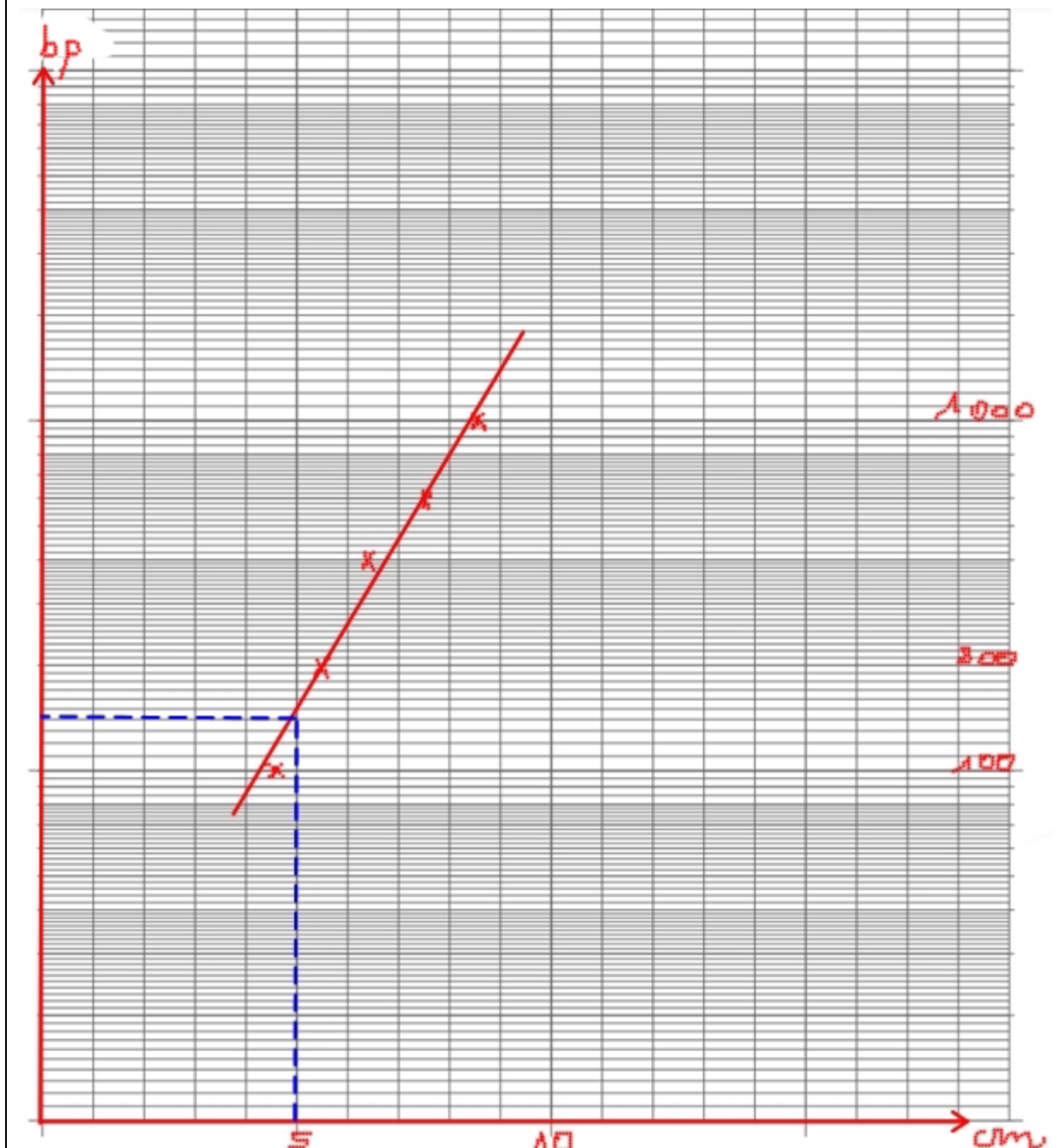
Appelez l'examineur qui ira lire votre gel. Notez l'ordre des dépôts des échantillons. L'image d'un gel vous sera donnée.

Question III5. En utilisant le papier semi-log ci-après, déterminez la taille des amplicons, précisez votre méthode de détermination et vos calculs éventuels dans le cadre ci-dessous.

Réponse à la question III5

Trop de candidats ne connaissent pas le principe de l'électrophorèse : ils indiquaient que les fragments ayant migré le plus loin sont les plus longs.

On mesure la distance de migration pour chaque marqueur : on reporte les points sur un graphe poids moléculaire en pb = f(distance de migration en cm) On obtient ainsi une droite : il est possible de déterminer le poids moléculaire de l'amplicon en reportant la distance de migration de celui-ci, distance qui a été mesurée sur le gel. La taille obtenue est de 140 pb.



Question III6. Analysez et interprétez les résultats de la PCR.

Réponse à la question III6

La différence obtenue peut s'expliquer par

1_ amplification du gène

2_ des mutations ne permettant pas aux amorces de lier l'ADN

Question III7. Décrivez l'image qui aurait été obtenue si vous aviez fait davantage de cycles d'amplification (par ex. 40 cycles). Justifiez.

Réponse à la question III7

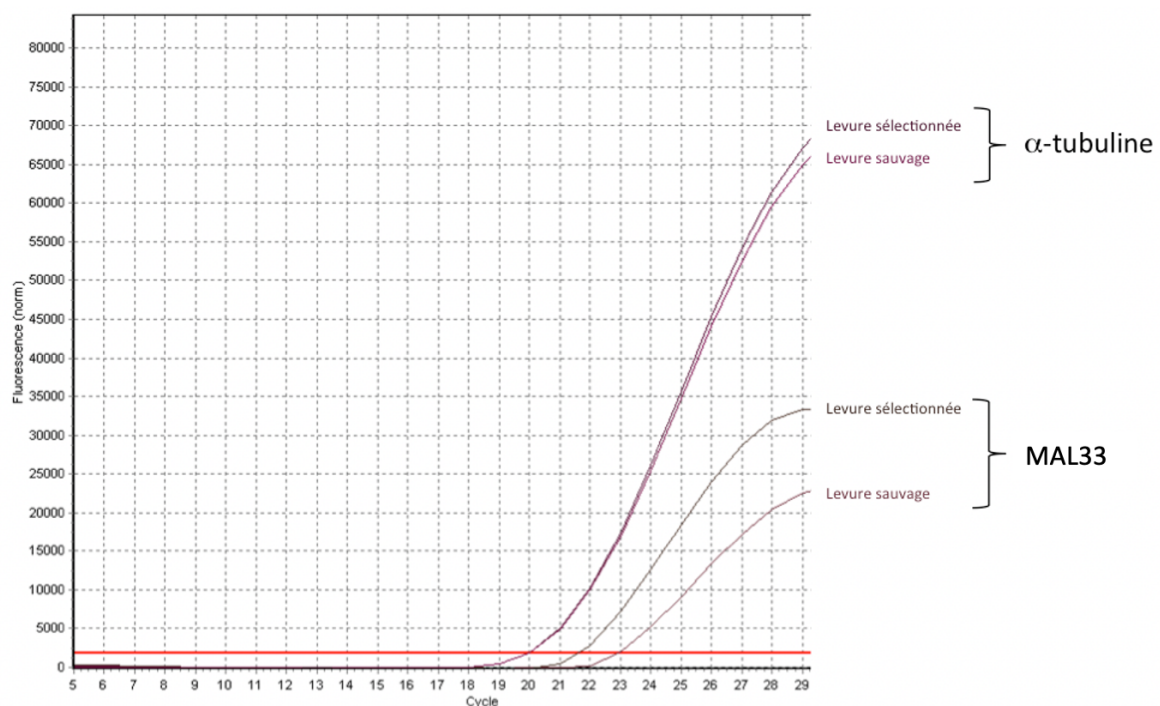
Cette question pourtant simple a révélé que de nombreux candidats ne connaissent pas les limites de la PCR. Le graphique de qPCR pouvait guider les candidats.

En début de phase d'amplification l'efficacité est de 1 : il y a doublement de l'ADN. On devrait donc avoir une courbe exponentielle. Puis l'efficacité diminue (épuisement des dNTP ou des amorces, ou formation de doublets entre produits de PCR réduisant le nombre de doublets matrice/amorce). On arrive à saturation.

Ainsi à 40 cycles les bandes seront plus fortes (ce qui était souvent indiqué par les candidats) mais la différence entre les deux conditions sera moins nette.

Afin de confirmer les résultats obtenus précédemment, une PCR quantitative a été effectuée en utilisant la technique du SYBR green. Le SYBR green est une molécule pouvant se fixer à l'ADN double brin ; le complexe ADN double brin/SYBR green absorbe la lumière bleue ($\lambda_{\text{max}} = 497 \text{ nm}$) et émet de la lumière verte ($\lambda_{\text{max}} = 520 \text{ nm}$). On peut ainsi suivre la fluorescence émise à la fin de chaque cycle.

On obtient le graphique suivant, représentant la fluorescence émise à la fin de chaque cycle.



Question III8. Proposez un ou des moyens pour vérifier la spécificité de l'amplification d'ADN par cette technique. Vous pouvez proposer plusieurs méthodes.

Réponse à la question III8

Dépôt des produits de PCR sur gel
PCR avec une autre paire de primers,
obtention de la courbe de fusion

Question III9. Analysez les résultats de la PCR quantitative (en considérant une efficacité de PCR de ~ 1). Expliquez le calcul.

Réponse à la question III9

De nombreux candidats ne connaissent pas la qPCR ; ils s'attardent souvent sur la fluorescence et ne considèrent pas le cycle (C_t), pourtant la « barre rouge » était placée de sorte que les candidats n'avaient pas à se poser la question de placer correctement la limite de la phase exponentielle, correspondant à la phase pendant laquelle l'efficacité est de 1.

$(2^{\text{efficacité}})^{-\Delta\Delta C_t}$

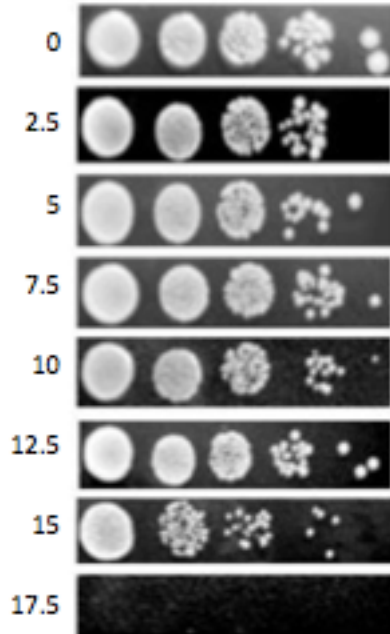
Il y avait possibilité de simplifier l'équation en faisant remarquer que les valeurs de C_t pour les tubulines sont identiques.

Réponse: il y a 3 fois plus de copies dans les souches industrielles vs naturelle.

Partie IV : L'effet de l'éthanol sur les levures

Nous nous intéressons à l'effet de l'éthanol, un des produits présents dans la bière, sur les levures.

% Ethanol



Des levures sont cultivées 3 jours à 30°C sur un milieu de croissance gélifié, contenant ou non de l'éthanol. Chaque ligne correspond à des dilutions en série de 10 en 10 d'une suspension de levures.

Nous espérons dans cette partie tester la capacité des candidats à décrire les figures, et proposer des modèles. Cela a globalement été très mal fait.

Question IV1. Analysez et interprétez la figure ci-dessus.

Énoncez les phénomènes qui pourraient être à l'origine de ces observations.

Réponse à la question IV1

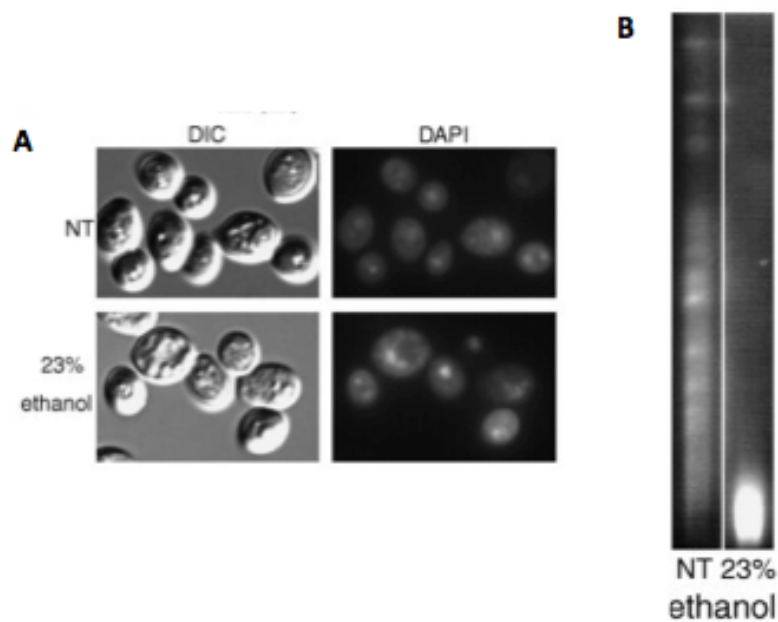
Peu de candidats décrivent les résultats correctement. La plupart avait subodoré que la réponse devait être un effet dose dépendant, sans remarquer que ce n'était pas le cas entre 2.5M et 10%.

La croissance décroît légèrement entre 0 et 2.5% EtOH. Il n'y a pas de différence notable entre 2% et 12.5 % EtOH. Après cette concentration, le nombre de colonies baisse fortement.

Cette baisse peut s'expliquer soit par un effet toxique de l'EtOH, soit par un effet statique (les cellules survivent mais ne se multiplient pas).

Certains ont suggéré que l'éthanol pouvait agir comme détergent membranaire.

Des levures ont été incubées 3h en présence ou en absence d'éthanol à 23%.



A- Les levures sont alors marquées au DAPI, puis observées par microscopie à fluorescence (le DIC correspond à une image de contraste, en lumière blanche).

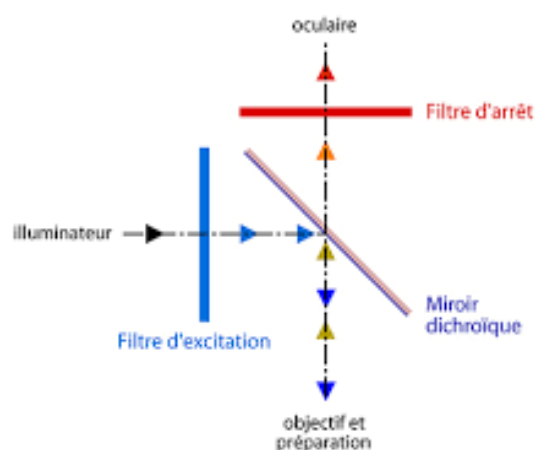
B- Le matériel génétique des levures non traitées (NT) ou traitées à l'éthanol est extrait puis analysé par électrophorèse en champ pulsé, dans un gel contenant du BET. Le gel est alors observé sous UV.

Question IV2. Expliquez le principe de la microscopie à fluorescence.

Réponse à la question IV2

Encore une fois il y avait une incompréhension du terme principe. De nombreux candidats ont présenté le protocole d'immunomarquage, sans indiquer les notions de longueur d'onde d'excitation et d'émission. Le microscope et les miroirs (dichroïques) n'ont jamais été présentés.

Indiquer les spectres d'excitation et d'émission.



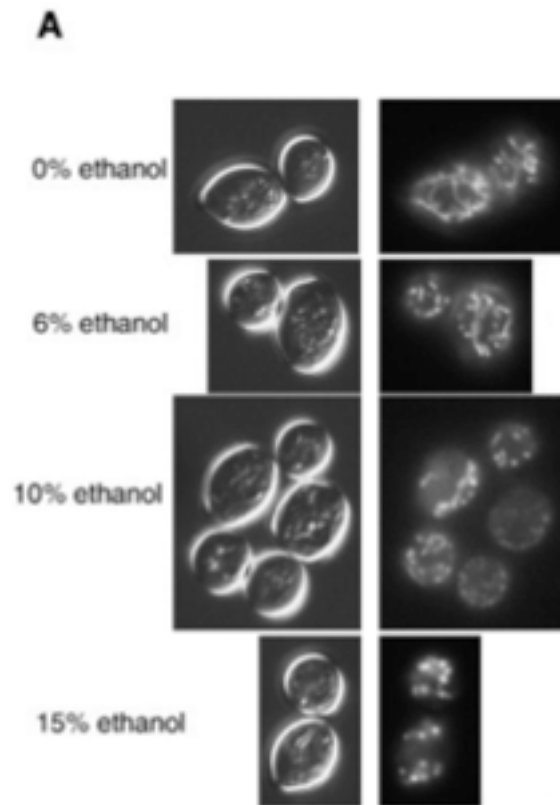
Question IV3. Précisez l'effet de l'éthanol (à forte concentration) sur les levures mis en évidence page 39. Justifiez.

Réponse à la question IV3

De nouveau, de nombreux candidats pensaient que les bandes présentes en bas correspondent aux grands fragments, ce qui les a conduit à parler de condensation ou précipitation d'ADN.

A 23%, il y a condensation (à gauche) d'ADN fragmenté (à droite). Cette fragmentation est sûrement un nucléosome. On peut penser que l'on observe de l'apoptose ?

Des levures WT ont été modifiées pour exprimer une protéine GFP fusionnée à un domaine de localisation mitochondriale (mit-GFP). Ces cellules ont été traitées avec des concentrations variables d'éthanol pendant 30 minutes à température ambiante, puis observées par microscopie à fluorescence (image de droite). L'image de gauche correspond à l'image de contraste, sous lumière blanche (DIC).



Question IV4. Citez les types de protéines où se trouvent des domaines de localisation mitochondriale.

Réponse à la question IV4

Protéines codées par des gènes nucléaires et transportés à la mitochondrie.
Protéines interagissant avec le complexe TIM/TOM.

Question IV5. Décrivez et interprétez les résultats de microscopie.

Réponse à la question IV5

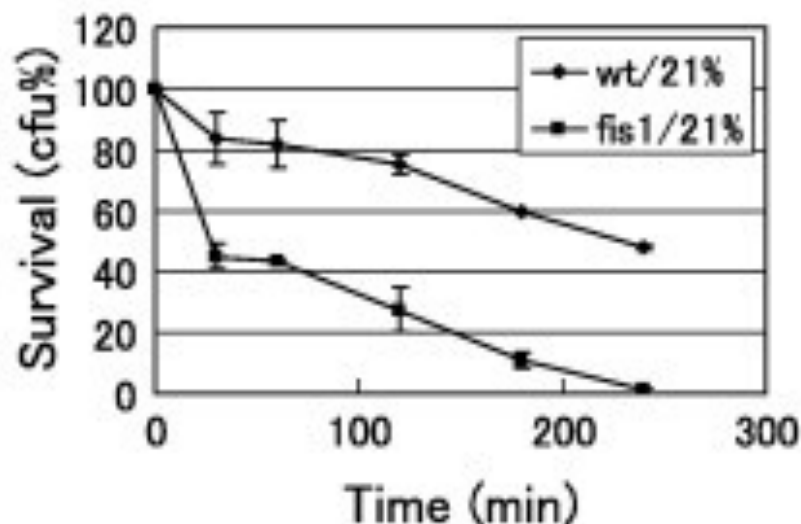
Peu de candidats savent que les mitochondries forment un réseau (et non pas une vésicule comme beaucoup de dessins).

A 0% EthOH, les mitochondries forment un réseau.

En présence d'EtOH, il y a fragmentation de la mitochondrie (ce que les candidats pouvaient conclure en lisant le reste du sujet).

Nous avons accepté les hypothèses d'un problème d'adressage ou stabilité des protéines mitochondriales.

Des levures mutantes, KO pour le gène *fis1* impliqué dans la fission mitochondriale, ont été générées.



Les levures WT ou *fis1* sont traitées à l'éthanol 21% (durée du traitement indiquée en abscisse). Les levures sont alors centrifugées et cultivées sur du milieu gélifié de croissance (sans éthanol). Le nombre de colonies (cfu pour colonies forming units) est déterminé après 3 jours de culture.

Question IV6. Analysez et interprétez les résultats.

Réponse à la question IV6

Il y a eu à ce stade beaucoup de verbiage, et les conclusions, pourtant simples, n'ont pas été claires.

Les cellules *fis1*^{-/-} sont plus sensibles à l'éthanol. *Fis* participant à la fission, on peut supposer que la fission mitochondriale favorise la survie (ou retarde la mortalité) des levures.

Hypothèse : absence de mitochondries fonctionnelles > réduction de ROS

Nous avons aussi accepté d'autres réponses tant qu'elles sont justifiées telle que (même si la réponse suggère une incompréhension du fonctionnement mitochondrial):

Exemple : « Le fait d'avoir de petites mitochondries permet à certaines de titrer / capter les ROS (qui les altère) tout en conservant des des mini mitochondries fonctionnelles. »

Question IV7. Présentez un schéma bilan expliquant l'effet de l'éthanol sur les levures. Proposez des expériences supplémentaires pouvant valider ce modèle.

Réponse à la question IV7

Nombreux sont les candidats qui n'ont pas essayé/pas eu le temps de répondre à cette question. Les candidats n'ont que rarement essayé de faire le lien entre les résultats mitochondriaux et la mort cellulaire. Nous rappelons que les sujets sont réfléchis, et que si des résultats sont présentés dans une même partie, on peut penser qu'il y a un lien entre eux. De rares personnes ont cependant présenté un modèle correct. Malheureusement, peu d'expériences complémentaires ont été proposées.

Le métabolisme de l'éthanol conduit à la production de ROS, toxiques. La fragmentation mitochondriale réduit la quantité de ROS et la toxicité.

Si l'EtOH est trop concentré il y a activation de l'apoptose et mort cellulaire.

Expériences complémentaires possibles

- 1- Vérifier l'effet du KO d'autres protéines impliquées dans la fission (pour s'assurer que ce n'est pas une autre fonction de la protéine *Fis*)
- 2- Utiliser des mutants bloquant la fusion
- 3- Utiliser un tampon réduisant la formation de ROS ou titrant les ROS dans le milieu

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

Commentaires généraux : Le sujet de TP visait l'étude du bocage, paysage agricole traditionnel de France métropolitaine, comme fil directeur justifiant :

1) Des manipulations de matériel biologique très classique conduisant les candidats à réaliser des gestes techniques simples et à mobiliser leurs connaissances relatives à différentes parties du programme (ex : biologie de la reproduction sexuée, fonctions de nutrition, interactions biotiques, écologie des communautés).

Il s'agissait par exemple :

- o De la dissection et analyse de deux fruits -une pomme et un cynorrhodon- visant à construire une comparaison argumentée de ces deux faux-fruits communs de la famille des Rosacées ;
- o D'une dissection d'inflorescence de trèfle en lien avec les modalités de pollinisation d'une espèce cosmopolite d'intérêt agroécologique ;
- o D'une dissection d'un ver de terre en lien avec son régime alimentaire, pouvant être mis en relation avec des processus digestifs mis en évidence préalablement chez la vache ;
- o De l'extraction et de l'analyse du contenu de pelotes de réjection en lien avec l'étude de l'écologie de communautés de micromammifères dans différents contextes agricoles ;
- o De l'analyse d'un rameau de hêtre de plus de deux ans afin de rendre compte des modalités de croissance (longueur et épaisseur) de cet organisme ;
- o De l'exploitation de fichiers sonores avec le logiciel Audacity en lien avec l'utilisation de la bioacoustique pour le suivi de la biodiversité ;

Le jury félicite la grande majorité des candidats qui a su exploiter la quasi-totalité du matériel biologique imposé lors de cette épreuve de TP. Cependant, cette exploitation reste trop souvent superficielle et en deçà de ce qui est exigible d'un futur enseignant en SVT (ex : pelote de réjection à peine décortiquée ; fleur de trèfle exploitée comme telle sans dissection ; absence de coupe anatomique du rameau de hêtre) ;

2) La valorisation d'une culture naturaliste de base à travers la reconnaissance (i) d'éléments d'un paysage, (ii) d'espèces végétales communes à partir de leurs fruits ou de rameaux (ronce, églantier, pommier, noisetier, sureau, troène et frêne), (iii) d'espèces animales sur la base d'un crâne dont il fallait présenter une diagnose (lapin, confondu trop souvent avec un rongeur) et de sons. Cette dernière épreuve d'identification a permis de valoriser les connaissances plus pointues de certaines copies, en bonne cohérence avec la fibre naturaliste attendue d'un candidat présentant l'agrégation en secteur B ;

3) L'utilisation d'outils mathématiques basiques en sciences de la vie. Force est de constater que ces aspects ont posé un problème à bon nombre de candidats (une bonne moitié) qui n'ont pas su poser les formules permettant de réaliser une mesure de surface, voire pire, mais dans une proportion moindre, pas su réaliser l'application numérique d'une formule fournie ;

4) L'étude documentaire à partir de supports variés (ex : spectrogramme, lame histologique, photographies de paysage, graphiques, arbres phylogénétiques) ;

5) La réalisation d'une synthèse des informations dégagées sous la forme d'un schéma bilan visant à illustrer plusieurs intérêts agroéconomiques du paysage bocager. Cette partie n'a été traitée que par un peu moins de la moitié des candidats, ce qui rappelle l'importance de la gestion du temps au cours de l'épreuve afin de limiter les impasses, surtout sur des parties valorisées par une part importante des points.

Ainsi, ce sujet ne présentait aucune difficulté conceptuelle ou manipulative majeure. Cependant, il nécessitait :

- Évidemment, une parfaite lecture des consignes, qui a souvent fait défaut ! Il est donc nécessaire de rappeler aux candidats que leur exploitation du matériel biologique ou leur analyse des documents -aussi soignées soient-elles- n'ont de sens, et ne peuvent être valorisées dans la notation, que dans le cadre de ce qui est explicitement demandé dans les énoncés des questions.

A titre d'exemples, l'analyse du rameau de hêtre était motivée par la recherche des seuls indices de croissance chez cet organisme (*Question III-23*) et, ainsi, toute légende descriptive des autres structures (lenticelles, pétiole, limbe, nervures...), aussi correcte soit-elle d'un point de vue scientifique, était hors sujet et diluait l'analyse présentée. Dans la même logique, l'analyse exhaustive du crâne de lapin n'était pas attendue et n'a donc pas pu être valorisée.

- Une bonne autonomie manipulative, telle qu'elle est exigible d'un futur enseignant de SVT. En effet, le sujet offrait volontairement une grande latitude au candidat dans sa valorisation de l'exploitation du matériel pour répondre aux questions posées.

Ex : « Question III-1 : Extrayez et présentez les différents éléments associés aux modalités de la pollinisation de l'espèce considérée (ndlr : inflorescence de trèfle) avec les légendes adéquates ».

Répondre à cette question nécessitait de réaliser une analyse de l'inflorescence et d'une ou plusieurs fleurs et d'en rendre compte de diverses façons, au choix du candidat. De très rares mais très belles dissections florales ont pu être présentées par certains, assorties de schémas explicatifs très pertinents en lien avec l'entomogamie qui caractérise cette espèce.

Ex2 : "Question III-23 : Réalisez une analyse du rameau de hêtre fourni afin de rendre compte de ses modalités de croissance. Vous appuyerez votre démonstration sur des croquis légendés de l'échantillon."

Rares ont été les exploitations complètes du rameau en lien avec l'attendu. En particulier, seul un petit nombre de candidats a mené une analyse permettant de rendre compte des modalités de croissance en épaisseur : ces derniers ont néanmoins pu présenter de très belles coupes transversales colorées (coloration au carmin-vert d'iode), intégrées dans une analyse comparée (année n et année n-1) et valorisées par des dessins d'observation légendés avec pertinence et soin. Ceci a été très apprécié par le jury.

- Une réelle réflexion quant à la façon de valoriser l'exploitation du matériel. A titre d'exemple, l'analyse comparative demandée des deux fruits (*Question II-2*) ne pouvait être menée que sur la base de dessins ou croquis présentés en regard et réalisés à partir d'une analyse avec les mêmes plans de coupe. Pourtant, une part importante des candidats réalise une analyse successive, voire, pire, totalement indépendante, des deux échantillons se privant ainsi de la possibilité de répondre à la question, malgré des coupes et analyses soignées des échantillons fournis.

Cette incapacité à mener une analyse comparée se retrouve également dans la partie du TP relative à l'étude des communautés de micromammifères qui donne lieu, le plus souvent, à des analyses successives, empêchant toute mise en évidence de ressemblances et différences comme attendu.

Ainsi, l'épreuve de TP d'option de secteur B offre une large place aux compétences pratiques ainsi qu'aux connaissances naturalistes des candidats. Le jury rappelle que ceci est en cohérence avec les qualités générales attendues d'un enseignant de SVT, à savoir, une certaine curiosité pour le monde qui l'entoure ainsi qu'une capacité à construire sa démarche d'analyse scientifique sur la base d'observations concrètes et

d'expérimentations. Ces approches expérimentales et la manipulation d'objets sont amenées à prendre une place encore plus importante dans les sessions à venir.

AGRÉGATION DE SCIENCES DE LA VIE - SCIENCES DE LA TERRE ET DE
L'UNIVERS CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2022
TRAVAUX PRATIQUES DE SPECIALITÉ DU SECTEUR B

Durée totale : 6 heures

« Le bocage, un paysage agricole »

Le bocage est une structure paysagère ancienne mise en place en France à partir du XI^{ème} siècle en étroite association avec le développement de l'agriculture. Ce sujet propose d'en étudier quelques caractéristiques biologiques et écologiques importantes.

Ce dossier comporte 41 pages : les parties I à III sont indépendantes tandis que la partie IV nécessite un travail de synthèse alimenté par les analyses menées tout au long du sujet.

Plusieurs questions des parties II et III nécessitent des manipulations et doivent, pour certaines, **être évaluées par un examinateur pendant l'épreuve** : prévoyez donc votre organisation en conséquence. **Dans le cadre de ces évaluations en cours d'épreuve, il ne vous sera pas possible de communiquer oralement avec l'examinateur.**

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

PARTIE I : VUE D'ENSEMBLE DES PAYSAGES BOCAGERS.....71

Durée conseillée : 1h15 – barème : 25/120

PARTIE II : BIOLOGIE DE QUELQUES ESPECES DU BOCAGE.....84

Durée conseillée : 1h45 – barème : 35/120

PARTIE III : ECOLOGIE DU PAYSAGE BOCAGER ET IMPACTS ANTHROPIQUES.....91

Durée conseillée : 2h30 – barème : 50/120

PARTIE IV : CONCLUSION.....106

Durée conseillée : 0h30 – barème : 10/120

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.

Commentaires généraux : Le sujet de TP visait l'étude du bocage, paysage agricole traditionnel de France métropolitaine, comme fil directeur justifiant :

1) Des manipulations de matériel biologique très classique conduisant les candidats à réaliser des gestes techniques simples et à mobiliser leurs connaissances relatives à différentes parties du programme (ex : biologie de la reproduction sexuée, fonctions de nutrition, interactions biotiques, écologie des communautés).

Il s'agissait par exemple :

- o De la dissection et analyse de deux fruits -une pomme et un cynorrhodon- visant à construire une comparaison argumentée de ces deux faux-fruits communs de la famille des Rosacées ;

- o D'une dissection d'inflorescence de trèfle en lien avec les modalités de pollinisation d'une espèce cosmopolite d'intérêt agroécologique ;

- o D'une dissection d'un ver de terre en lien avec son régime alimentaire, pouvant être mis en relation avec des processus digestifs mis en évidence préalablement chez la vache ;

- o De l'extraction et de l'analyse du contenu de pelotes de réjection en lien avec l'étude de l'écologie de communautés de micromammifères dans différents contextes agricoles ;

- o De l'analyse d'un rameau de hêtre de plus de deux ans afin de rendre compte des modalités de croissance (longueur et épaisseur) de cet organisme ;

- o De l'exploitation de fichiers sonores avec le logiciel Audacity en lien avec l'utilisation de la bioacoustique pour le suivi de la biodiversité ;

Le jury félicite la grande majorité des candidats qui a su exploiter la quasi-totalité du matériel biologique imposé lors de cette épreuve de TP. Cependant, cette exploitation reste trop souvent superficielle et en deçà de ce qui est exigible d'un futur enseignant en SVT (ex : pelote de réjection à peine décortiquée ; fleur de trèfle exploitée comme telle sans dissection ; absence de coupe anatomique du rameau de hêtre) ;

2) La valorisation d'une culture naturaliste de base à travers la reconnaissance (i) d'éléments d'un paysage, (ii) d'espèces végétales communes à partir de leurs fruits ou de rameaux (ronce, églantier, pommier, noisetier, sureau, troène et frêne), (iii) d'espèces animales sur la base d'un crâne dont il fallait présenter une diagnose (lapin, confondu trop souvent avec un rongeur) et de sons. Cette dernière épreuve d'identification a permis de valoriser les connaissances plus pointues de certaines copies, en bonne cohérence avec la fibre naturaliste attendue d'un candidat présentant l'agrégation en secteur B ;

3) L'utilisation d'outils mathématiques basiques en sciences de la vie. Force est de constater que ces aspects ont posé un problème à bon nombre de candidats (une bonne moitié) qui n'ont pas su poser les formules permettant de réaliser une mesure de surface, voire pire, mais dans une proportion moindre, pas su réaliser l'application numérique d'une formule fournie ;

4) L'étude documentaire à partir de supports variés (ex : spectrogramme, lame histologique, photographies de paysage, graphiques, arbres phylogénétiques) ;

5) La réalisation d'une synthèse des informations dégagées sous la forme d'un schéma bilan visant à illustrer plusieurs intérêts agroéconomiques du paysage bocager. Cette partie n'a été traitée que par un peu moins de la moitié des candidats, ce qui rappelle l'importance de la gestion du temps au cours de l'épreuve afin de limiter les impasses, surtout sur des parties valorisées par une part importante des points.

Ainsi, ce sujet ne présentait aucune difficulté conceptuelle ou manipulative majeure. Cependant, il nécessitait :

- Évidemment, une parfaite lecture des consignes, qui a souvent fait défaut ! Il est donc nécessaire de rappeler aux candidats que leur exploitation du matériel biologique ou leur analyse des documents -aussi soignées soient-elles- n'ont de sens, et ne peuvent être valorisées dans la notation, que dans le cadre de ce qui est explicitement demandé dans les énoncés des questions.

A titre d'exemples, l'analyse du rameau de hêtre était motivée par la recherche des seuls indices de croissance chez cet organisme (*Question III-23*) et, ainsi, toute légende descriptive des autres structures (lenticelles, pétiole, limbe, nervures...), aussi correcte soit-elle d'un point de vue scientifique, était hors sujet et diluait l'analyse présentée. Dans la même logique, l'analyse exhaustive du crâne de lapin n'était pas attendue et n'a donc pas pu être valorisée.

- Une bonne autonomie manipulative, telle qu'elle est exigible d'un futur enseignant de SVT. En effet, le sujet offrait volontairement une grande latitude au candidat dans sa valorisation de l'exploitation du matériel pour répondre aux questions posées.

Ex : « Question III-1 : Extrayez et présentez les différents éléments associés aux modalités de la pollinisation de l'espèce considérée (ndlr : inflorescence de trèfle) avec les légendes adéquates ».

Répondre à cette question nécessitait de réaliser une analyse de l'inflorescence et d'une ou plusieurs fleurs et d'en rendre compte de diverses façons, au choix du candidat. De très rares mais très belles dissections florales ont pu être présentées par certains, assorties de schémas explicatifs très pertinents en lien avec l'entomogamie qui caractérise cette espèce.

Ex2 : "Question III-23 : Réalisez une analyse du rameau de hêtre fourni afin de rendre compte de ses modalités de croissance. Vous appuyerez votre démonstration sur des croquis légendés de l'échantillon."

Rares ont été les exploitations complètes du rameau en lien avec l'attendu. En particulier, seul un petit nombre de candidats a mené une analyse permettant de rendre compte des modalités de croissance en épaisseur : ces derniers ont néanmoins pu présenter de très belles coupes transversales colorées (coloration au carmin-vert d'iode), intégrées dans une analyse comparée (année n et année n-1) et valorisées par des dessins d'observation légendés avec pertinence et soin. Ceci a été très apprécié par le jury.

- Une réelle réflexion quant à la façon de valoriser l'exploitation du matériel. A titre d'exemple, l'analyse comparative demandée des deux fruits (*Question II-2*) ne pouvait être menée que sur la base de dessins ou croquis présentés en regard et réalisés à partir d'une analyse avec les mêmes plans de coupe. Pourtant, une part importante des candidats réalise une analyse successive, voire, pire, totalement indépendante, des deux échantillons se privant ainsi de la possibilité de répondre à la question, malgré des coupes et analyses soignées des échantillons fournis.

Cette incapacité à mener une analyse comparée se retrouve également dans la partie du TP relative à l'étude des communautés de micromammifères qui donne lieu, le plus souvent, à des analyses successives, empêchant toute mise en évidence de ressemblances et différences comme attendu.

Ainsi, l'épreuve de TP d'option de secteur B offre une large place aux compétences pratiques ainsi qu'aux connaissances naturalistes des candidats. Le jury rappelle que ceci est en cohérence avec les qualités générales attendues d'un enseignant de SVT, à savoir, une certaine curiosité pour le monde qui

l'entoure ainsi qu'une capacité à construire sa démarche d'analyse scientifique sur la base d'observations concrètes et d'expérimentations. Ces approches expérimentales et la manipulation d'objets sont amenées à prendre une place encore plus importante dans les sessions à venir.

Des éléments de corrections non exhaustifs (en noir) ainsi que des remarques sur les productions des candidats (en bleu) sont donnés dans le sujet ci-dessous.

1 Partie I : Vue d'ensemble des paysages bocagers.

Figure I-1 : Photographie aérienne d'un paysage bocager.



Question I-1 : Annotez la photographie de la **figure I-1** en indiquant les différentes entités écologiques constitutives de ce paysage.

Les éléments attendus : bosquets ou zones boisées / haies / champs ou parcelles cultivées / zones bâties ou villages + routes / mares

Les différents éléments constituant le paysage ont en général été identifiés même si le vocabulaire adéquat peut faire défaut à certains candidats. La confusion entre haie et bocage est fréquente.

Question I-2 : Présentez les grands ensembles paysagers mis en évidence sur la photographie de la **figure I-1**.

La lecture du paysage révèle une mosaïque de

- milieux fermés boisés : bosquets, haies larges (anciennes)
- des milieux ouverts : champs cultivés, prairies permanentes ou temporaires, de formes et de tailles variables
- des milieux intermédiaires : fourrés, haies arbustives, bosquets en régénération
- des milieux aquatiques : réseaux de mares, rivières et autres zones humides de tailles variées (peu visibles sur ce cliché)
- de zones bâties et des infrastructures routières qui fractionnent ou délimitent les autres ensembles.

Les candidats se sont souvent contentés de réécrire les éléments identifiés sur la photo et, au mieux, ces éléments ont été définis. Il s'agissait pourtant de faire des groupements et le vocabulaire de base comme « milieux ouverts/fermés » n'est connu que par très peu de candidats. Il ne s'agissait pas non plus de décrire les espèces associées aux différentes composantes.

Question I-3 : Rappelez à quoi correspond un écosystème.

Une définition générale l'écosystème incluant les interactions entre et au sein de ces composantes a souvent été donnée correctement.

Question I-4 : Expliquez quels éléments de l'analyse du paysage précédent (**figure I-1**) permettent de faire l'hypothèse que le bocage abrite une grande diversité spécifique.

La mise en lien de l'hétérogénéité du paysage et d'une importante richesse en espèces était souvent très maladroite et manquait de prise de recul. Le plus souvent, seule l'addition de la richesse spécifique des différentes composantes du paysage prises séparément a été envisagée. La confusion entre niche écologique et habitat est récurrente et regrettable.

Aujourd'hui, les bocages font partie des paysages abritant la plus grande biodiversité en France métropolitaine.

Question I-5 : Présentez les différentes façons de définir le concept de biodiversité.

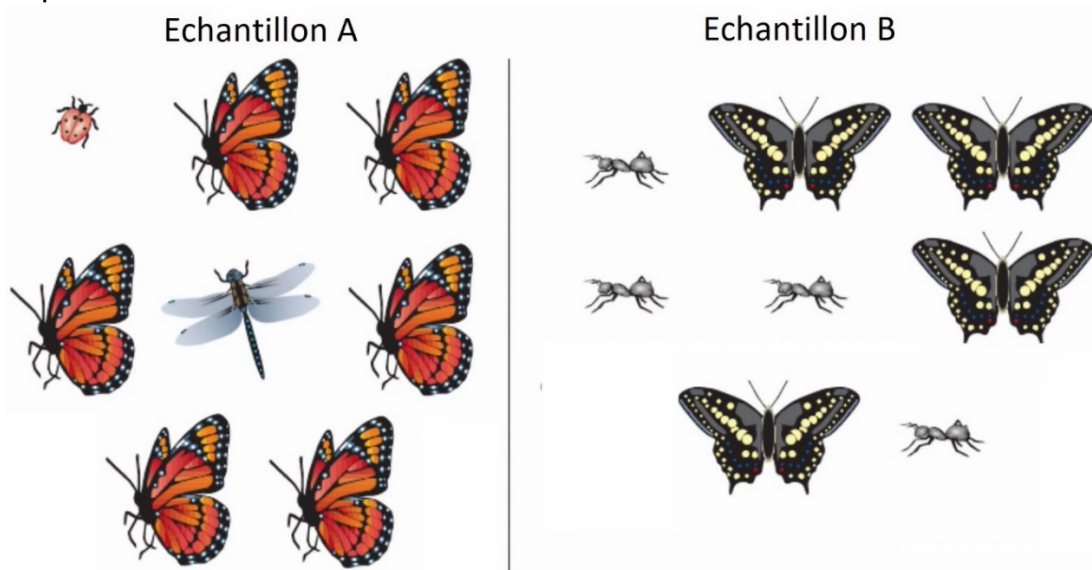
Néologisme défini dans le contexte de la Convention sur la diversité biologique, ce terme ne relève pas strictement du domaine scientifique.

En sciences écologiques, il est utilisé pour décrire le nombre, la variété et la variabilité du vivant (=ensemble des variations de vivant que l'être humain est capable de percevoir), généralement considérés à trois niveaux d'organisation : (i) intraspécifique ; (ii) spécifique ; (iii) écosystémique.

Quel que soit le niveau que l'on considère, sa diversité peut être caractérisée d'un point de vue structural, fonctionnel, dynamique ou évolutif (diversité phylogénétique). Et à cela s'ajoute la caractérisation des relations avec l'Homme : biodiversité ordinaire / biodiversité remarquable/ patrimoniale, biodiversité utile/nuisible.

La biodiversité a souvent été réduite à ses trois niveaux classiquement distingués, sans jamais envisager de considérer des aspects relatifs au fonctionnement, à l'histoire évolutive ou à l'intérêt que peut porter l'espèce humaine aux entités étudiées.

Figure I-2 : Echantillons (notés A et B) issus de deux communautés écologiques théoriques différentes.



Question I-6 : A l'aide de l'exemple théorique proposé par la **figure I-2**, présentez les différents aspects de la biodiversité qui peuvent être appréhendés dans un objectif de caractérisation et de comparaison de communautés écologiques.

Parmi les 3 niveaux classiquement utilisés pour décrire la diversité (gènes-espèces-écosystèmes) la figure I-2 invite à considérer plus particulièrement le niveau spécifique.

Les deux échantillons sont constitués de 8 individus et proviennent de communautés d'insectes. Ils permettent de dégager :

-La notion de **diversité alpha** : c'est à la dire la biodiversité que l'on peut caractériser au sein de chaque ensemble (ici communauté). La diversité alpha inclut la notion de (i) **richesse spécifique** (souvent notée S) de chaque communauté : il s'agit du nombre d'espèces identifiées dans chaque communauté. Ici $S_A = 3$ $S_B = 2$. Avec $S_A > S_B$. Il serait cependant trop simpliste de se contenter de cette seule mesure car les deux communautés donnent des images très contrastées concernant la proportion occupée par chaque espèce en leur sein. Cela amène à considérer (ii) l'**équitabilité** : l'échantillon A présente une espèce de papillon très abondante (6 individus sur 8) et deux espèces rares (1 individu sur 8 dans les deux cas) alors que l'échantillon B dispose de 2 espèces représentées chacune par un même nombre d'individus (4/8 à chaque fois).

-La notion de **diversité bêta** : c'est-à-dire, ici, la diversité partagée par les deux communautés d'Insectes. On constate alors que cette diversité bêta est nulle (aucune espèce partagée).

Cette question a été traitée de façon très inégale, certains candidats s'étant bien appropriés les notions relatives à ces mesures, d'autres n'en dégagant clairement pas les bases.

Les différents aspects de la biodiversité abordés dans la question précédente peuvent être formalisés -en partie- par des indices. Certains d'entre eux sont classiquement utilisés en écologie des communautés et parmi eux :

- L'indice de Simpson d'une communauté donnée peut être calculé grâce à la formule suivante :

$$D = \left(\sum_{i=1}^S p_i^2 \right)$$

Où on note :

D : l'indice de Simpson

S : nombre total d'espèces

P_i : proportion de l'espèce i (i variant de 1 à S)

- L'indice de Jaccard de deux communautés données est classiquement calculé grâce à la formule suivante :

$$C_J = j / (a + b - j)$$

Où on note :

C_J : l'indice de Jaccard

a : le nombre d'espèces de la communauté 1,

b : le nombre d'espèces de la communauté 2

j : le nombre d'espèces partagées

Question I-7 : Expliquez ce que mesurent ces deux indices et leur signification écologique. Vous préciserez à chaque fois leur unité ainsi que la valeur minimum et la valeur maximum qu'ils peuvent prendre et leurs limites d'application.

L'Indice de Simpson fait partie des indices mesurant la diversité alpha et prend en compte richesse et équitabilité des communautés. Cet indice correspond à la probabilité de tirer deux entités (ici deux individus) appartenant à la même catégorie (ici même espèce) dans une collection, en procédant à des tirages avec remise.

Limites : la modélisation de tirages avec remise n'est pertinente que si l'on peut considérer que la taille de l'échantillon est infinie (ex : communauté de phytoplancton)

par m³ d'eau de mer), hypothèse difficile à tenir pour des communautés de grands mammifères par hectare de forêt (il existe alors des indices modélisant des tirages sans remises dont la formule est un peu plus complexe).

D est sans unité et $D \in]0 ; 1]$: plus il est proche de 1, plus le peuplement est homogène. L'Indice de Jaccard correspond au rapport de la taille de l'intersection des deux ensembles considérés sur la taille de l'union de ces deux ensembles. Défini pour deux communautés, il mesure la proportion d'espèces qu'elles partagent (mesure de similarité). Plus cette proportion est faible, moins la composition spécifique des communautés est semblable, plus la diversité β est considérée comme grande. C_J est sans unité et $C_J \in [0 ; 1]$: plus il est proche de 0, plus la diversité β est grande.

Limites : données considérées en « présence/absence » : pas d'informations tirées des variations d'abondances spécifiques entre communautés.

La réponse à cette question a très souvent été survolée.

Question I-8 : Appliquez le calcul de ces deux indices aux communautés théoriques de la **figure I-2** et interprétez vos résultats.

L'indice de Simpson : à calculer pour chaque communauté.

$$D_A = (6/8)^2 + (1/8)^2 + (1/8)^2 = 38/64 = 0,59 ; D_B = (4/8)^2 + (4/8)^2 = 1/2 = 0,5$$

La communauté 1 peut être considérée comme plus diverse que 2.

L'indice de Jaccard : une seule mesure pour les 2 communautés (diversité partagée entre les deux).

$C_J = 0$ Aucune espèce partagée entre les deux communautés : diversité β max.

La réponse à cette question a très souvent été survolée alors qu'il s'agissait simplement d'appliquer des formules fournies.

Figure I-3 : Photographies aériennes de la commune de Saint-Martin-du-Fouilloux (Maine-et-Loire, 49) prises à trois périodes différentes : (A) 1955 ; (B) 2000 et (C) 2020.





Date de prise des photographies aériennes :

- (A) 1955 ;
- (B) 2000 ;
- (C) 2020.

Question I-9 : Proposez une description qualitative comparée synthétique des trois photographies de la **figure I-3**.

La question portait sur la description de paysages. Si certains candidats ont très bien exprimé la diminution du nombre de parcelles concomitamment à leur augmentation de surface - du fait de l'éclaircissement ou la disparition des haies entre ces parcelles - beaucoup de candidats se sont contentés de commentaires très généraux sur les paysages agricoles en transformation sans s'appuyer sur une observation des photographies.

Il est évident que la majorité des candidats manquent cruellement de vocabulaire descriptif et les termes de parcelles, bocage, haie, bosquets, champs, prés, sont allègrement confondus.

Question I-10 : Proposez une méthodologie pour quantifier certaines des différences révélées par l'étude comparée de ces trois photographies. Vous pourrez choisir de concentrer votre étude sur une partie des clichés présentés en explicitant soigneusement votre démarche.

Il s'agissait d'expliciter une méthodologie de quantification. Beaucoup trop de candidats confondent méthodologie avec outil et la plupart d'entre eux se contente d'évoquer l'utilisation d'un logiciel (Mesurim) pour y répondre alors que la méthodologie repose évidemment sur la manière d'utiliser les outils en question. Il est à noter que de nombreux candidats ont très bien réussi cette question en proposant des méthodes rigoureuses et surtout en tentant de les appliquer de manière quantifiée.

Question I-11 : Précisez les motivations qui ont pu conduire à l'évolution paysagère mise en lumière par vos réponses aux **questions I-9 et I-10**.

Cette évolution paysagère s'inscrit dans une logique de remembrement paysager, opération foncière visant à réduire le caractère morcelé d'un paysage agricole pour faciliter la motorisation de l'agriculture et développer les réseaux routiers. En France, la grande période des remembrements correspond à l'accélération de la modernisation de l'agriculture (1955-1975) et sur la figure I-3, la comparaison des photos A et B permet ainsi de révéler la plus grande partie des modifications du paysage considéré [cf. question I-10].

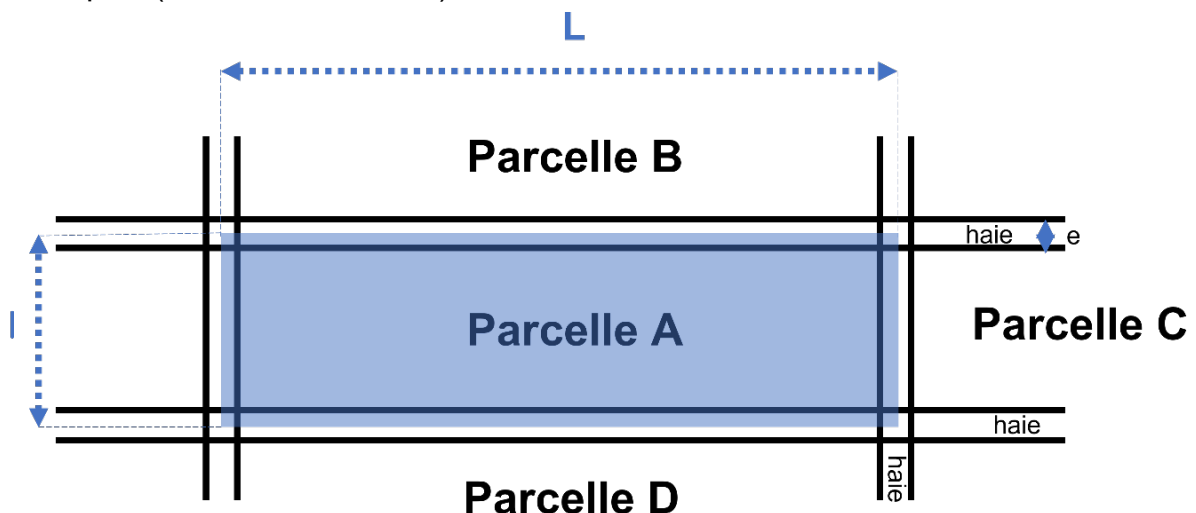
Afin de favoriser les gains de production agricole, les opérations de remembrement visaient à regrouper les parcelles dispersées des exploitations et à faire disparaître les obstacles à la mécanisation et aux déplacements des véhicules (ex : bosquets, haies).

Aussi, l'arrivée des barrières électrifiées a rendu caduc le besoin de clôturer le champ avec une haie pour garder le bétail et le développement du chauffage électrique et au fuel a rendu le chauffage au bois moins attractif.

Enfin, les zones de cultures peu productives ou d'accès difficiles ont pu être abandonnées au profit de la progression des bosquets et autres parcelles boisées permettant d'obtenir d'autres biens écosystémiques.

Cette question, de l'ordre de la culture générale, a été globalement mal réussie, car visiblement le remembrement agricole n'est pas un processus connu des candidats. Le jury rappelle que les notions d'agrosystèmes et l'action humaine sur les paysages font aussi référence à une culture générale d'histoire et de géographie.

Figure I-4 : Quelques caractéristiques géométriques de parcelles bocagères théoriques (notées A, B, C et D).



Pour la parcelle A théorique, ombrée de bleu sur la figure ci-dessus, on note :

- L : sa longueur ;
- l : sa largeur ;
- h : sa hauteur (*non visible sur le schéma*).
- e : l'épaisseur occupée par la haie plate de type « brise-vent » partagée entre deux parcelles adjacentes ainsi que ses bordures.

Question I-12 : A partir de la notation proposée par la **figure I-4**, énoncez la formule permettant de calculer la proportion de surface de la parcelle A qui est occupée par les haies.

Pour une parcelle donnée :

Surface de la parcelle « totale » = $L \times l$

Surface occupée par les haies = $L \times l - [(L-e) \times (l-e)]$

La proportion de surface de la parcelle A occupée par les haies : $\left(1 - \frac{(L-e) \times (l-e)}{L \times l}\right)$

Cette question (et nécessairement la suivante) a posé des problèmes à plus de la moitié des candidats alors que les mesures d'aires sont des acquis de l'enseignement secondaire et ne devrait pas freiner un futur enseignant, a fortiori dans un contexte où l'on peut montrer que les mathématiques sont des outils exploitables en sciences de la vie.

Question I-13 : Faites les applications numériques pour les cas de figure proposés ci-dessous :

Exemple 1 : Parcelles à dominance « culture » : $L=450\text{m}$, $l=225\text{m}$, $e=5\text{m}$ et $h=4\text{m}$.

Exemple 2 : Parcelles à dominance « élevage » : $L=300\text{m}$, $l=100\text{m}$, $e=5\text{m}$ et $h=4\text{m}$.

Exemple 1 : AN : 3.3% de la surface totale de la parcelle occupée par des haies dans un système de cultures.

Exemple 2 : AN : 6.5% de la surface totale de la parcelle occupée par des haies dans un système d'élevage.

Question I-14 : Discutez ces résultats chiffrés au regard de l'évolution paysagère mise en évidence dans votre réponse aux **questions I-9 et I-10**.

Ces chiffres permettent de révéler que la surface occupée par les haies reste relativement faible par rapport à la surface totale des parcelles mais sa proportion augmente avec la diminution des tailles de parcelles.

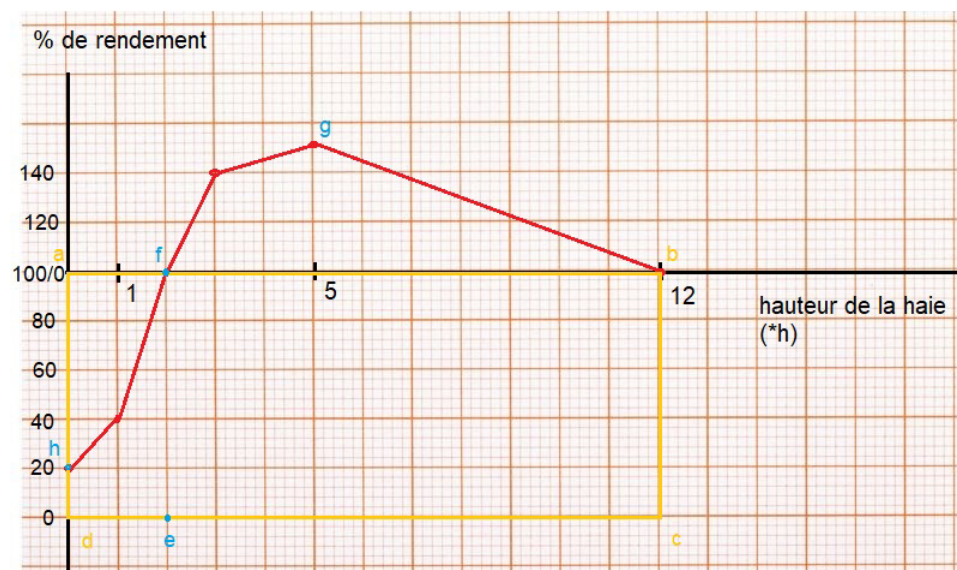
Ainsi, cet élément est un argument supplémentaire, celui de l'accroissement de la production, en faveur du remembrement mis en évidence plus haut.

La réponse à cette question a très souvent été survolée du fait de l'absence des calculs réalisés aux questions précédentes.

Figure I-5 : Rendement de production d'un champ de céréales délimité par un système de haies brise-vent exprimé en pourcentage (%) du rendement d'une même culture réalisée en champ ouvert (absence de haies) et envisagé à différentes distances de la haie. La distance à la haie est exprimée en nombre de fois sa hauteur (h).

Distance au brise vent	0 h	1 h	2 h	3 h	5 h	6 h	9 h	12 h	15 h
%	20	40	100	140	150	140	120	100	100

Question I-14bis : Tracez la courbe représentative des résultats expérimentaux présentés par la **figure I-5** sur le papier millimétré mis à votre disposition ci-après.



Question I-15 : Évaluez, sur la courbe ainsi tracée, l'effet net sur le rendement de production végétale de la présence de haies à l'échelle de la parcelle agricole en précisant les étapes de votre démarche.

La courbe : rendement = f (distance à la haie) est tracée (courbe rouge). L'aire sous la courbe peut être calculée dans le cas de l'absence de haie (aire du rectangle jaune abcd) et en présence de haies (somme des aires des figures hfed et fgbce). Comparer les deux aires permet de comparer les rendements*distance à la haie dans les deux types de champs et d'évaluer le gain de rendement éventuel d'un type de culture sur l'autre. On peut mettre en évidence 3 parties dans la courbe tracée :

- 1) sur une distance à la haie allant jusqu'à 2*h, la courbe rouge est en dessous de l'axe des abscisses : le rendement du champ avec haie est inférieur à l'autre pris

comme référence. Pour évaluer la perte de rendement graphiquement, on peut comparer les aires afed (champ ouvert) et hfed (champ avec haie) : soit une perte de rendement de 50% sur une bande de parcelle allant de la haie jusqu'à une distance de 2 fois sa hauteur.

- 2) En s'éloignant de la haie, sur une bande allant de $2 \cdot h$ à $12 \cdot h$: la même méthode conduit à comparer l'aire fgbce (champ avec haie) et l'aire du rectangle fbce : graphiquement il est facile de voir que le rendement de la parcelle bocagère dépasse celui du champ ouvert et le gain de rendement est de 26%.
- 3) Au-delà de $12 \cdot h$, il n'y a plus d'effet de la haie sur le rendement.

A l'échelle de la parcelle, en se limitant à une distance allant jusqu'à $12 \cdot h$, on peut évaluer graphiquement le gain de rendement à 13,3% dans la parcelle agricole bocagère, par rapport à celui d'une parcelle de plein champ.

Une partie non négligeable des copies a présenté un graphique hauteur de haie = f(rendement)

Les calculs de surface sont très peu souvent aboutis alors qu'une analyse au moins qualitative était possible dans les questions suivantes.

Question I-16 : Interprétez vos résultats à la **question I-15** et concluez.

A l'échelle de la parcelle, les pertes de rendement à proximité de la haie (ombre et compétition racinaire) sont largement compensées par les gains liés aux effets positifs de sa présence.

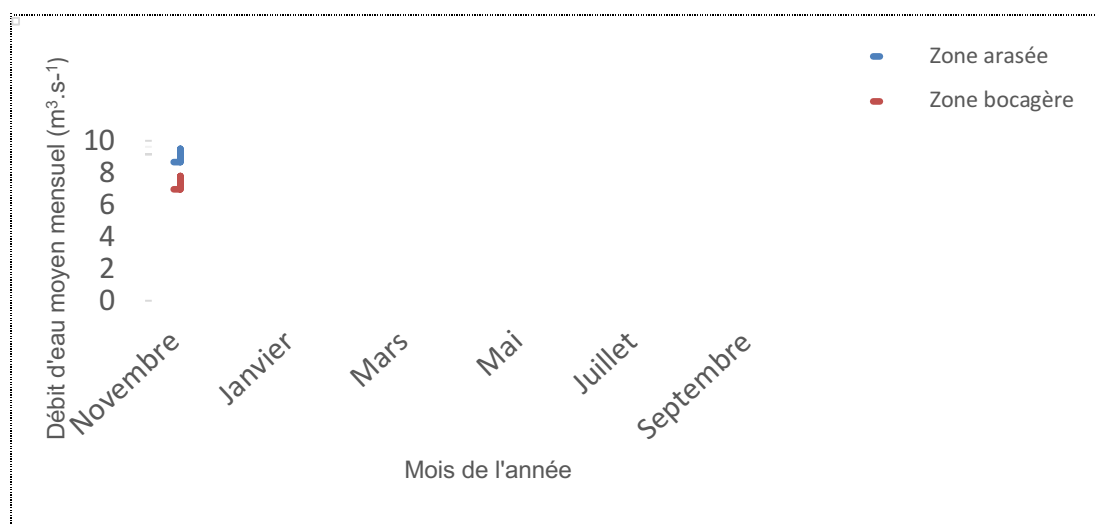
Question I-17 : Emettez des hypothèses pour expliquer ces résultats.

Pour expliquer ce meilleur rendement, des hypothèses peuvent être formulées quant aux effets positifs que les haies peuvent offrir aux cultures. Dans le cas des céréales, en particulier, il peut s'agir d'

- **Un effet protecteur contre les effets mécaniques du vent** à l'origine du phénomène de verse ou de la lacération de feuilles qui amoindrent les rendements ;
- **Un effet protecteur amoindrissant la portée des embruns salés en région côtière**, à l'origine de brûlures et autres freins à la croissance des plantes ;
- **Un effet protecteur par atténuation des pertes en eau par la transpiration de la plante** (et par évaporation au niveau du sol) d'autant plus forte que l'air est agité et sa température élevée. Protégée de l'effet du vent, la plante garde ses stomates ouverts plus longtemps qu'en absence de haie, ce qui augmente la production par photosynthèse. Protégés du dessèchement, les bourgeons assurent une croissance plus importante.

Cette question n'a généralement pas été comprise, notamment parce que les questions précédentes n'ont globalement pas été traitées.

Figure I-6 : Débit d'eau moyen mensuel -mesuré sur une année- des ruisseaux et rivières (exprimé en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) dans deux bassins versants géographiquement proches, l'un en zone bocagère et l'autre en zone arasée sur des sols et sous-sols semblables.



Question I-18 : Décrivez les résultats apportés par la **figure I-6**.

Débit d'eau dans les rivières et ruisseaux d'un bassin versant en zone bocagère présente moins de variations mensuelles qu'en zone arasée. Relatif lissage du débit.
La description était souvent trop littérale.

Question I-19 : Interprétez ces résultats.

Les deux bassins versants sont supposés comparables dans leur régime d'alimentation en eaux de précipitations (ils sont géographiquement proches).
 Les haies permettent de ralentir le débit d'arrivée de l'eau dans les rivières et ruisseaux en période de fortes pluies (hiver et printemps) et permettent de restituer une partie de cette eau lorsque les précipitations se font plus rares (été).
 Les haies sont à l'origine d'une régulation du régime des eaux à l'échelle du paysage en :

1. Tendant à rendre plus « continu » un approvisionnement en eau issu d'épisodes de précipitations discontinus : meilleure alimentation des nappes ;
2. Amoindrissant des effets du ruissellement sur les sols ;
3. Amoindrissent les risques d'inondations ou de crues.

Peu d'hypothèses rigoureuses ont été exposées par les candidats. Le rôle « tampon » de la haie sur le flux hydrique n'a que très rarement été mis en avant.

Question I-20 : A partir de vos réponses à cette première partie et de vos connaissances, concluez sur les conséquences écologiques de la présence de haies.

A la suite des hypothèses posées avec l'analyse des docs :

- Protection des cultures et amélioration des rendements agricoles ;
- Protection des sols par une diminution du ruissellement et de l'érosion éolienne ;
- Effet tampon sur les apports d'eau de précipitations : les haies bloquent les circulations d'eaux superficielles et favorisent leur infiltration vers les nappes souterraines ; amoindrissent risques de crues ;

Connaissances attendues/ possibles :

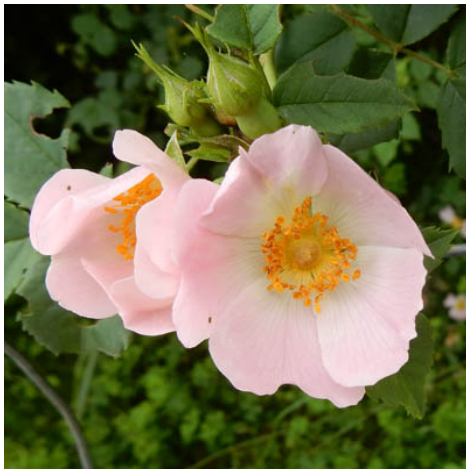
- Limite le transport de polluants vers les cours d'eau ;
- Protection du bétail contre (i) les écarts de températures entre nuit et jour ; (ii) les effets du vent et offre de zones d'ombrages l'été => amélioration des conditions de vie des troupeaux et meilleure production ;
- Apports d'abris et refuges pour auxiliaires de cultures ;

- Diversité des biens d'approvisionnement pour l'espèce humaine : bois de chauffage, baies, etc.

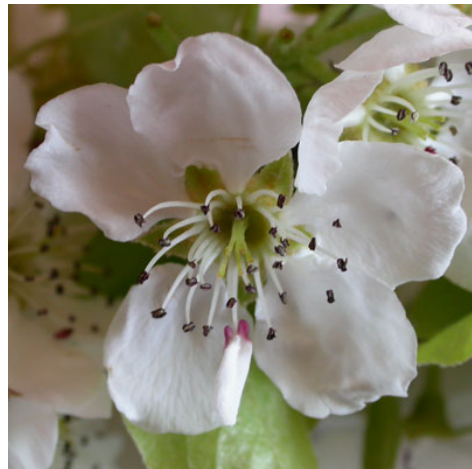
Le bilan manquait généralement de structure et se contentait de reprendre quelques éléments du sujet. Les réponses structurées et cohérentes de quelques candidats ont été particulièrement appréciées.

2 Partie II : Biologie de quelques espèces du bocage :

Deux échantillons (A et B) sont mis à votre disposition.



Fleur de l'échantillon A



Fleur de l'échantillon B

Question II-1 : Précisez le nom d'espèce de ces deux échantillons et le groupe taxonomique le plus précis auquel ils appartiennent.

A : *Rosa canina* ; B : *Malus sylvestris*.

Groupe des Rosacées. Caractères observables ici : fleurs actinomorphes bisexuées de type 5 (ici on voit seulement la corolle avec 5 pétales libres et entiers) et étamines nombreuses (nombre > 10) et libres.

Les réponses ont souvent été très incomplètes. Les deux fleurs sont identifiées sans description ni justification.

Question II-2 : Présentez, à l'aide de dessins judicieusement titrés et légendés, une étude morphologique puis une étude anatomique comparées des deux échantillons frais mis à votre disposition. **Appelez un examinateur.**

Question II-3 : Concluez votre étude en indiquant à quels types d'organes correspondent les échantillons A et B. Justifiez votre réponse.

Il s'agit dans les deux cas de faux fruits impliquant le développement du réceptacle floral issu d'une fleur à ovaire infère (conceptacle) devenu charnu.

L'ovaire est adhérent dans le cas de l'échantillon B et conduit à la formation d'un « pyridion » ; il est libre dans le cas de l'échantillon A qui correspond à un cynorrhodon. Le fruit au sens botanique correspond à :

- Une baie à péricarpe cartilagineux (échantillon B)
- Un polyakène (échantillon A).

Une approche comparative entre deux fruits devait reposer sur une présentation faisant ressortir les points communs et les différences. Les candidats qui ont réalisé une véritable comparaison, peu importe le moyen de communication envisagée, ont été valorisés sur cet exercice.

Un échantillon C est mis à votre disposition.

Question II-4 : Faites un dessin de l'échantillon C qui vous est proposé. Indiquez, sur ce dessin, les éléments permettant d'une part de positionner l'échantillon dans la classification des Métazoaires et, d'autre part, de préciser son régime alimentaire.

Crâne de lapin domestique (*Oryctolagus cuniculus* var. *domestica*)

Quelques exemples de groupes au sein des Métazoaires qui pourraient être dégagés :

- Craniate (crâne ; minéralisation du squelette avec phosphate de calcium)

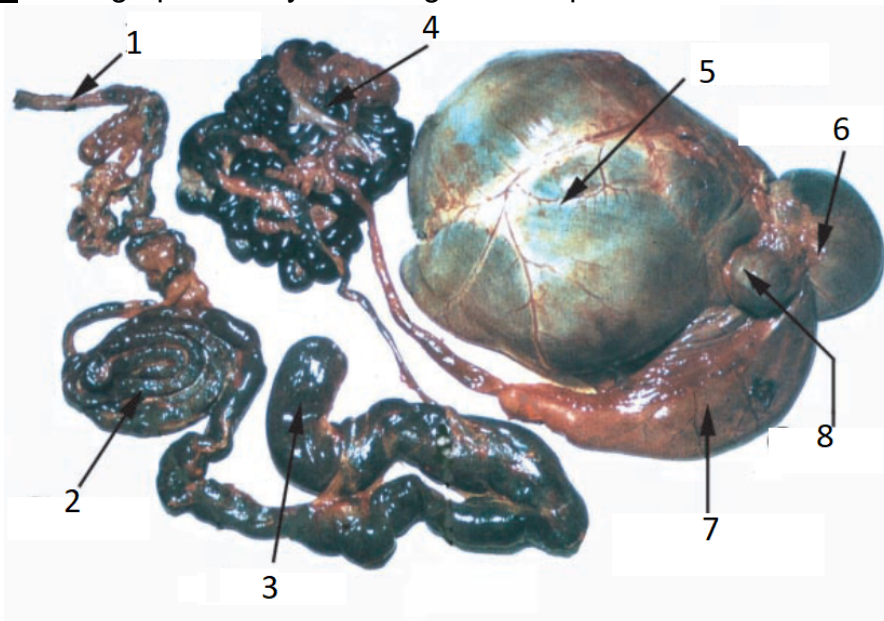
- Gnathostome (mâchoires avec mandibules inf et sup bilatérales)
- Ostéichthyen (os d'origine dermique, notamment ici pour le crâne)
- Sarcoptérygien (émail vrai pour les dents)
- Mammifère (articulation mandibule type dentaire-squamosal /mandibule constituée d'un seul os, le dentaire)
- Glire (formule dentaire spécifique ; os nasal très long)
- Lagomorphe (formule dentaire spécifique (cf. après) ; partie faciale du maxillaire fenestrée).

Nombre de dents : 28 - Formule dentaire : 2.0.3.3 / 1.0.2.3 OU Incisives (I) : 2/1 ; Canines (C) : 0/0 ; Prémolaires (P) : 3/2 ; Molaires (M) : 3/3

Régime alimentaire rongeur sur la base de l'observation de la denture : incisives, puissantes et tranchantes, de forme incurvée, usées en biseau à leurs extrémités libres (frottement quasi permanent des inférieures sur les supérieures) et dents jugales (prémolaires-molaires) assurant le broyage. Absence de canines.

Beaucoup de dessins étaient très réussis d'un point de vue formel. La légende ne répondait cependant que partiellement à la question posée. Le lien denture/régime alimentaire n'a souvent été fait que très superficiellement.

Figure II-1 : Photographie du système digestif complet d'une vache.



Question II-5 : Orientez la photographie de la **figure II-1** et légendez-la en associant à chaque numéro indiqué dans le tableau ci-dessous l'identité de la structure qu'il désigne.

1	Rectum (<i>marque partie postérieure animal</i>)	5	Rumen
2	Colon	6	Bonnet ou réticulum
3	Caecum	7	Caillette ou abomasum
4	Intestin grêle	8	Feuillet ou omasum

De manière assez surprenante, des candidats ont inversé l'axe antéropostérieur de cette présentation, entraînant des erreurs en cascade dans l'identification des

structures. Lorsque l'orientation était correcte, la reconnaissance des structures a généralement posé peu de difficultés.

L'étude de Li *et al.* (2020) considère le microbiote issu du compartiment numéro 5 de la **figure II-1** de 77 vaches issues de deux races (Holstein et Charolaise). L'objectif de ce travail est d'établir un catalogue de gènes dits procaryotes présents dans ce compartiment du tube digestif bovin.

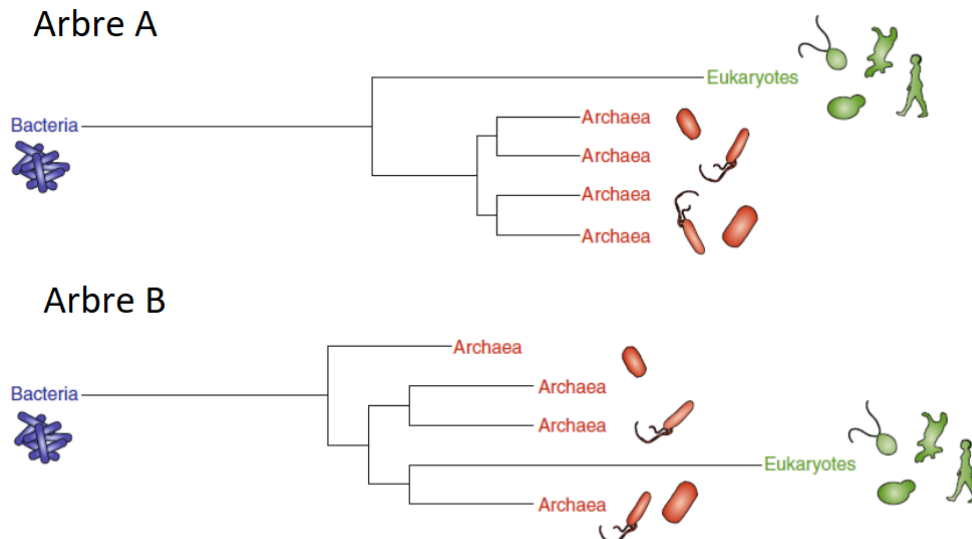
Question II-6 : Définissez le terme de microbiote.

Un microbiote est l'ensemble des micro-organismes – bactéries, champignons et virus – qui vivent dans une cavité/un compartiment ou à la surface d'un organisme vivant.

Ex : microbiote intestinal, microbiote cutané.

Cette question s'est finalement révélée discriminante car le microbiote est trop souvent réduit aux microorganismes présents chez les Métazoaires, voire uniquement à leur tube digestif.

Figure II-2 : Deux arbres phylogénétiques (A et B) illustrant les relations de parenté entre Eucaryotes, Eubactéries et Archées selon deux visions alternatives de l'histoire évolutive de ces grands groupes du vivant.



Question II-7 : Indiquez à quoi correspond le groupe des procaryotes dans les arbres phylogénétiques A et B présentés par la **figure II-2**. En particulier, vous expliquerez en quoi ce groupe n'est pas phylogénétiquement valide.

Procaryotes : groupe basé sur caractéristiques structurales cellulaires (étymologie « avant le noyau ») qui regroupe les groupes des Archées (ici Archeae) et des Eubactéries (ici Bacteria) et est présenté comme le groupe complémentaire des Eucaryotes (« vrai noyau » ; ici Eukaryotes).

Quelle que soit l'hypothèse phylogénétique privilégiée, on constate que le groupe des procaryotes ne constitue jamais un groupe incluant un ancêtre commun exclusif et l'intégralité de sa descendance. Ce n'est donc pas un groupe monophylétique, seul groupe phylogénétique valide.

Cette question a globalement été bien traitée mais il paraît nécessaire de rappeler qu'expliquer signifie que la réponse doit être argumentée et doit s'appuyer sur le document fourni.

Question II-8 : Expliquez en quoi les deux arbres phylogénétiques de la **figure II-2** proposent des histoires évolutives différentes pour les grands groupes du vivant.

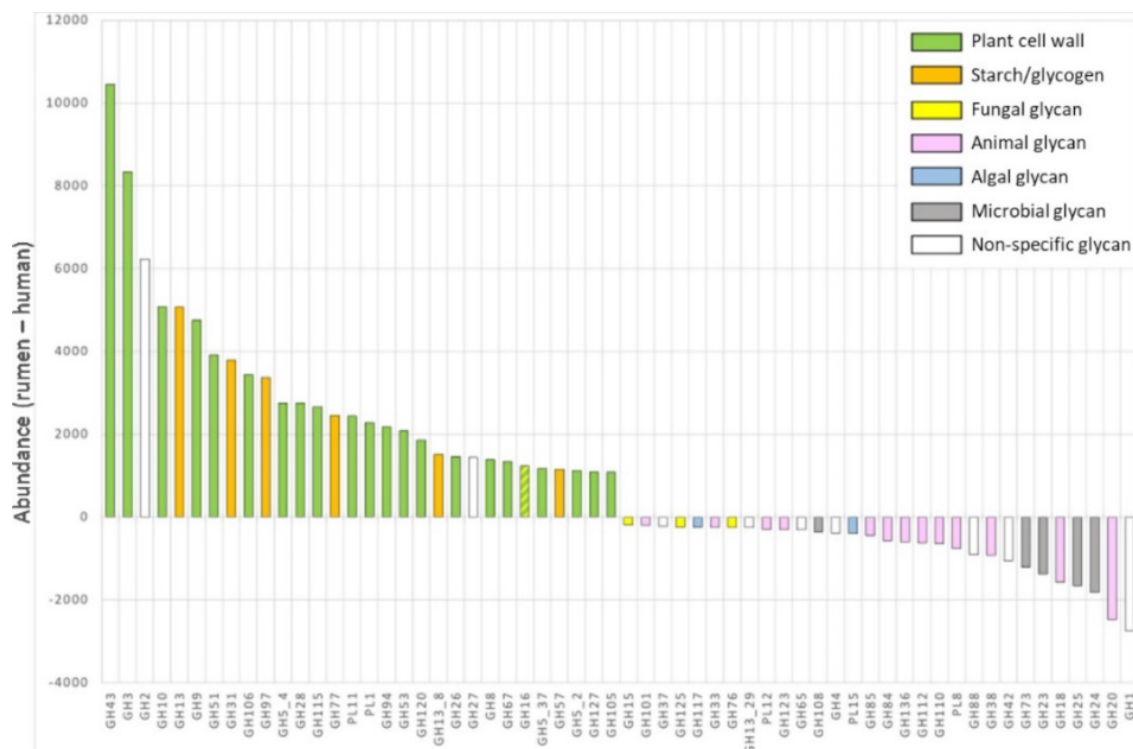
Arbre A : Eucaryotes, Eubactéries et Archées auraient divergé à partir d'un dernier ancêtre commun appelé classiquement LUCA (Last Universal Common Ancestor) à partir duquel ils auraient formé 3 groupes monophylétiques.

Arbre B : les Eucaryotes auraient divergé au sein du groupe des Archées et ces dernières constitueraient un groupe paraphylétique, constitué d'un ancêtre commun et de sa descendance partielle, car privée du groupe des Eucaryotes.

Cette question a été inégalement traitée, certains candidats se contentant de décrire les arbres sans faire le lien avec l'histoire évolutive associée.

Le recensement mené par Li et *al.* (2020) a été réalisé par une approche de métagénomique, c'est-à-dire par le séquençage simultané à grande échelle des gènes présents chez l'ensemble des espèces étudiées. Il a permis de détecter 13.825.880 gènes « procaryotes » non redondants dans le compartiment 5 (en reprenant la notation de la **figure II-1**) du tube digestif des 77 vaches étudiées. Grâce à des méthodes non détaillées ici, une partie importante des gènes ainsi détectés par cette étude est assignée à des fonctions connues. En particulier, il apparaît que certains des gènes détectés codent des enzymes impliquées dans le métabolisme des glucides.

Figure II-3 : Abondances relatives de différentes enzymes impliquées dans le métabolisme des glucides présentes dans le compartiment 5 du tube digestif bovin en comparaison avec leur présence dans l'intestin humain. Les teneurs sont exprimées en unités arbitraires, après une normalisation des catalogues en fonction de leurs tailles respectives chez l'humain et la vache. Chaque enzyme est désignée par un code indiqué en abscisse (ce code ne présente aucune importance dans le présent sujet).



Question II-9 : Décrivez et interprétez les résultats apportés par la **figure II-3**.

Les microbiotes des tubes digestifs humain et bovin présentent des équipements enzymatiques différents d'un point de vue de l'abondance des enzymes présentes (pas d'enzyme ayant une abondance relative nulle). L'abondance normalisée des enzymes est plus importante côté bovins.

Le microbiote du rumen est largement enrichi en enzymes capables de dégrader les composés pariétaux des plantes et l'amidon par rapport au microbiote intestinal humain qui est, quant à lui, plus riche en enzymes dégradant les glycanes animaux (glycogène) et microbiens. Ces résultats sont sans surprise et permettent de faire le lien avec le régime alimentaire herbivore des bovins.

Cette partie a été mise de côté pour un certain nombre de candidats alors qu'elle ne posait pas de difficultés particulières. L'opposition entre le bagage enzymatique du microbiote digestif chez la vache et l'être humain n'est pas toujours soulignée. Quand la question est traitée, le lien avec la différence de régime alimentaire des deux organismes est généralement présenté.

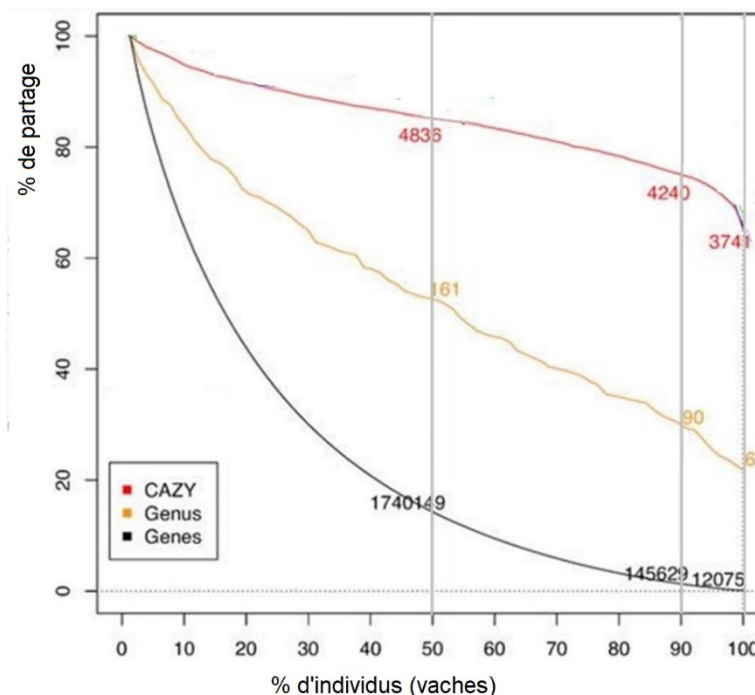
Aussi, les auteurs ont pu dresser des listes d'organismes présents dans ces compartiments digestifs bovins en réalisant une assignation taxonomique des gènes étudiés.

A l'aide de ces données, des comparaisons de plusieurs caractéristiques des microbiotes de ce même compartiment 5 entre individus au sein du groupe des 77 bovins sont réalisées. En particulier, sont établis les proportions de :

- Genres partagés (données taxonomiques) ;
- Gènes totaux partagés ;
- Gènes codant des enzymes actives sur les glucides (CAZY) partagés.

Les résultats de ces comparaisons sont présentés dans la **figure II-4**.

Figure II-4 (modifiée d'après Li et al. (2020)) : Partage de plusieurs caractéristiques du microbiote du compartiment numéroté 5 dans la **figure II-1** de 77 bovins. Le nombre et l'identité de gènes totaux et des genres microbiens présents ainsi que des gènes codant des enzymes actives sur les glucides (CAZY) sont comparés entre les 77 animaux. Les partages sont indiqués en pourcentages ainsi qu'en valeur absolue aux seuils de 50 %, 90 % et 100 % des animaux étudiés.



Question II-10 : Décrivez et interprétez les résultats apportés par la **figure II-4**.

La diversité taxonomique microbienne partagée entre TD des bovins de cette étude ne peut pas être mise en relation simplement avec les taux de partage des gènes

microbiens ; aussi, la diversité génétique totale contraste avec la diversité des gènes impliqués dans la dégradation des CAZY.

Cela conduit à conclure que certaines fonctions sont sous forte pression de sélection au sein de ces communautés microbiennes (ici dégradation des CAZY) et peuvent être présentes chez des genres différents, qu'ils aient acquis ces fonctions par convergence ou héritage phylogénétique. Ces fonctions très conservées sont à mettre en relation avec les conditions écologiques particulières du rumen (abondance des polymères glucidiques végétaux).

Au contraire, la diversité des gènes présents dans ces microbiotes est très grande et pourrait être mise en lien avec une diversité fonctionnelle importante de ces micro-organismes.

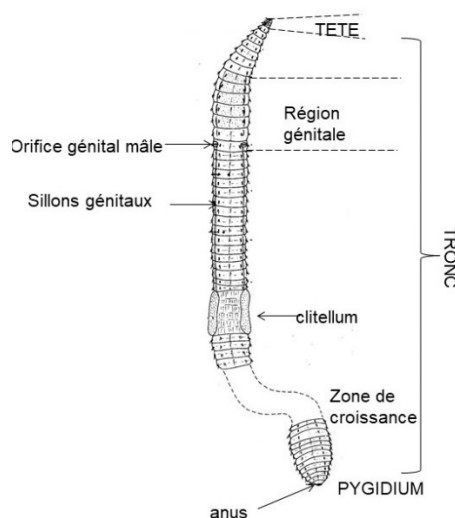
Cette question a été diversement traitée, certains candidats ne faisant que décrire le graphique sans dégager les principaux constats sur la diversité du microbiote selon les individus étudiés malgré la forte ressemblance sur les enzymes d'attaque des glucides. Les mécanismes explicatifs qui pourraient être à l'origine de ces observations ne sont généralement pas mis en avant.

Question II-11 : Discutez les apports des **figures II-3 et II-4**, issues de l'étude de Li et al., sur la connaissance du microbiote bovin.

Diversité fonctionnelle importante des microbiotes bovins permettant de faire l'hypothèse d'une plasticité importante de ces communautés et une grande adaptabilité des bovins à digérer différents types de ressources alimentaires.

La difficulté éprouvée par les candidats semble liée ici à la consigne. En effet, discuter ne signifie pas résumer ou synthétiser mais invite à une réflexion sur les apports des documents par rapport aux connaissances sur le rôle du microbiote et l'unicité du microbiote intestinal selon les individus malgré une forte ressemblance sur certaines enzymes produites. Toute proposition qui allait au-delà du constat a été valorisée par le jury.

Question II-12 : Réalisez un dessin de morphologie de l'organisme (**échantillon D**) mis à votre disposition et légendez-le avec le plus de précisions possibles. Donnez un titre à votre dessin. **Appelez un examinateur.**



Question II-13 : Donnez les caractères dérivés propres au groupe auquel appartient cet animal, en étant le plus précis possible.

Groupe des Annélides (Protostomiens métamérisés) Clitellates (attention : groupe des oligochètes est paraphylétique mais réponse acceptée (peu de soies)) : corps métamérisé, présence d'un clitellum, développement post-embryonnaire direct.

L'argumentation de la position phylogénétique est généralement très partielle. Si la démarche est généralement correcte, quelques candidats séparent complètement la position systématique et les apomorphies qui justifient cette position, montrant que leur argumentation doit gagner en rigueur.

Question II-14 : Réalisez la dissection de l'organisme afin de mettre en évidence les différents éléments du tube digestif que vous identifierez et présenterez selon la méthode de votre choix. Appelez un examinateur.

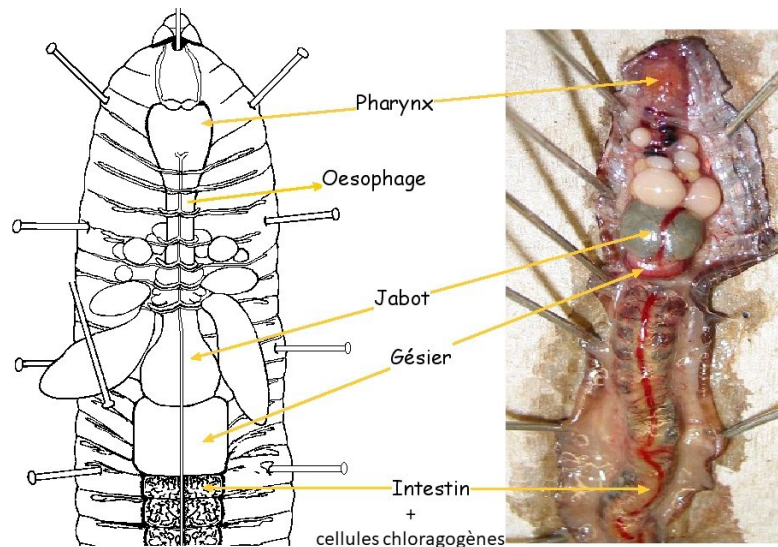
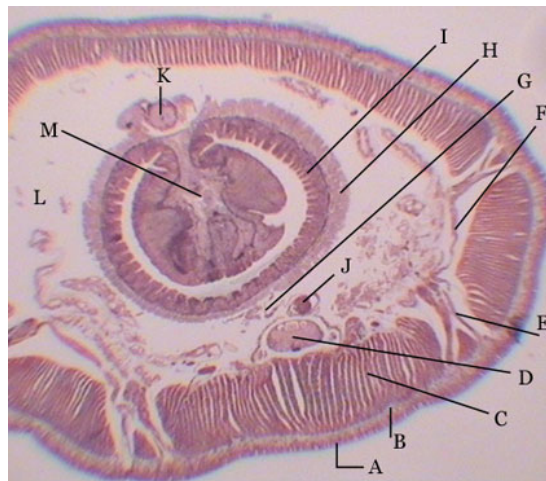


Figure II-5 : Préparation réalisée à partir d'un individu de la même espèce que l'échantillon D.



Question II-15 : Légendez la **figure II-5** dans le tableau ci-dessous et donnez-lui un titre.

A	Epiderme	H	Cellules chloragènes
B	Muscle circulaire	I	Epithélium intestinal
C	Muscle longitudinal	J	Vaisseau ventral
D	Cordon nerveux ventral	K	Vaisseau dorsal
E	Musculature associée à une soie	L	Cœlome
F	Péritoine	M	Replis interne de l'intestin (typhlosolis)

G	Septum		
Titre de la figure II-5 : CT lombric au niveau de l'intestin observée au micro optique. Haut : partie dorsale de l'animal.			

Aucune légende entièrement complète n'a été observée sur l'ensemble des copies. L'orientation de la coupe n'a jamais été donnée alors que c'est un attendu explicite.

Question II-16 : Indiquez le ou les rôle(s) des différents segments de l'appareil digestif mis en évidence par votre dissection.

Très peu de réponses entièrement complètes et justes. Il manque majoritairement le pharynx. Jabot et gésier sont souvent « traités » ensemble, associés tous les deux au broyage mécanique en oubliant la fonction de stockage du jabot.

Question II-17 : A l'aide d'un prélèvement de votre choix, mettez en évidence le contenu du tube digestif en utilisant le matériel mis à votre disposition (bleu de méthylène). **Appelez un examinateur.**

Un montage entre lame et lamelle après coloration puis présentation (sous microscope, au bon grossissement.) était attendu, couplé avec un schéma d'interprétation légendé.

Question II-18 : Décrivez le contenu du tube digestif et formulez des hypothèses, à partir de ces observations, concernant le régime alimentaire de l'espèce ainsi que les processus digestifs mis en jeu. **1,5 point**

Mise en évidence de micro-organismes (en particulier bactéries) dans le TD. Microbiote assurant digestion de certains constituants du contenu du TD, ce qui pouvait être mis en relation avec ce qui a été vu chez vache.

Peu de copies décrivent la mise en évidence de microorganismes dans le tube digestif. La plupart des candidats observent bien des débris végétaux et de la terre dans le tube digestif et en déduisent le régime alimentaire du ver de terre.

3 Partie III : Ecologie du paysage bocager et impacts anthropiques.

Un **échantillon E** est mis à votre disposition.

Question III-1 : Extrayez et présentez les différents éléments associés aux modalités de la pollinisation de l'espèce considérée (**échantillon E**) avec les légendes adéquates. **Appelez un examinateur.**

Les fleurs sont souvent peu exploitées et mal disséquées, peu de caractères botaniques sont mis en évidence.

Question III-2 : Précisez le vecteur de pollinisation vraisemblablement majoritaire chez cette espèce en argumentant votre réponse.

Biotique, insectes (Abeilles, bourdons).

Fleurs zygomorphes, colorées, (sucrées), très petites et nombreuses, organisées en glomérule compact.

Le système racinaire de l'**échantillon E** présente des particularités.

Question III-3 : Mettez en évidence ces particularités grâce au réactif (bleu de méthylène) mis à votre disposition. **Appelez un examinateur.**

Il était attendu que la nodosité soit écrasée voire mieux, dilacérée dans une goutte d'eau avec une pince avant ajout du bleu de méthylène (bain de quelques minutes) puis rinçage à l'eau distillée puis séchage. Observation entre lame et lamelle.

Présentation adéquate sous microscope bien réglé, bon grossissement. Schéma d'interprétation légendé.

Les préparations étaient souvent peu soignées et présentées à un mauvais grossissement.

Question III-4 : Nommez les structures particulières associées à cet appareil racinaire et précisez-en les spécificités fonctionnelles.

Les structures observées à l'œil nu au niveau des racines de trèfle sont appelées des nodules ou nodosités : il s'agit de tissus racinaires du trèfle hébergeant des Eubactéries (genre *Rhizobium*) sous forme de bactéroïdes dans des vésicules au sein des cellules.

Les nodosités créent un environnement favorable aux bactéries (microenvironnement anoxique grâce à la leghémoglobine dissoute dans le cytosol qui fixe le dioxygène), qui se multiplient et fixent l'azote. La plante fournit du carbone sous forme de glucides aux bactéries.

Ces nodules correspondent à la structure « physique » associée à la symbiose *Rhizobium*-Fabacées.

Cette question, très simple, a été majoritairement bien traitée.

Question III-5 : Proposez un protocole expérimental permettant de démontrer le rôle fonctionnel de ces structures.

Cette question a généralement été très mal traitée : le témoin était généralement absent et les propositions souvent vagues et imprécises. Quelques candidats mentionnent de l'azote radioactif....

Question III-6 : Proposez plusieurs usages agroécologiques qui peuvent être faits de cette espèce végétale d'intérêt.

Fourragère / plante à engrais verts / Très bonne mellifère.

La notion d'engrais vert est pratiquement toujours citée mais les autres usages ne sont mentionnés qu'exceptionnellement.

Afin de déterminer la structure des communautés de micromammifères de paysages agricoles, une étude des pelotes de réjection collectées dans des vieilles granges de ferme des zones considérées est proposée.

Question III-7 : Expliquez en quoi les communautés de micromammifères constituent un modèle biologique intéressant pour des études écologiques à l'échelle des paysages.

Cette question et la suivante n'ont pas été comprises, ce qui témoigne de l'absence de recul ou d'esprit critique de la plupart des étudiants face aux objets à partir desquels on tente de construire le savoir. Les micromammifères représentent un groupe à la fois très abondant et riche en espèces, donc relativement facile à échantillonner et propice à révéler des patrons de distribution de la richesse ; ils sont aussi un groupe écologiquement diversifié aux cycles de reproduction courts, donc aptes à révéler des différences des dynamiques de transformations paysagères.

Question III-8 : Justifiez la stratégie de collecte proposée (collecte de pelotes de réjection) pour caractériser la structure des communautés de micromammifères des paysages agricoles étudiés. Identifiez ses limites.

Les chouettes et hiboux, rapaces nocturnes, sont des prédateurs très efficaces dans la capture de leurs proies (elles aussi nocturnes) ce qui permet de récolter des données

plus facilement que par piégeage. Cette présente des limites : elle ne permet pas, seule, de détecter toutes les espèces de micromammifères : sa représentativité de la communauté dépend à la fois des choix de proies opérés par les rapaces et de la probabilité de captures des espèces de mammifères par leur prédateur.

Bien trop de copies se sont contentées de dire ce qu'étaient les pelotes sans réfléchir à leur apports et leurs limites d'exploitation.

Question III-9 : Décortiquez la pelote de réjection (**échantillon F**) et analysez-en le contenu le plus précisément possible. Elle peut être mise à tremper dans l'eau si nécessaire. **Présentez le résultat de votre analyse à un examinateur.**

Une possibilité d'exploitation :

Décortiquer une pelote ne veut pas dire en sortir quelques éléments épars. Bien trop souvent les candidats se sont contentés d'extraire quelques crânes et os longs au lieu de tenter de reconstituer le plus précisément possible les derniers repas de ces chouettes.



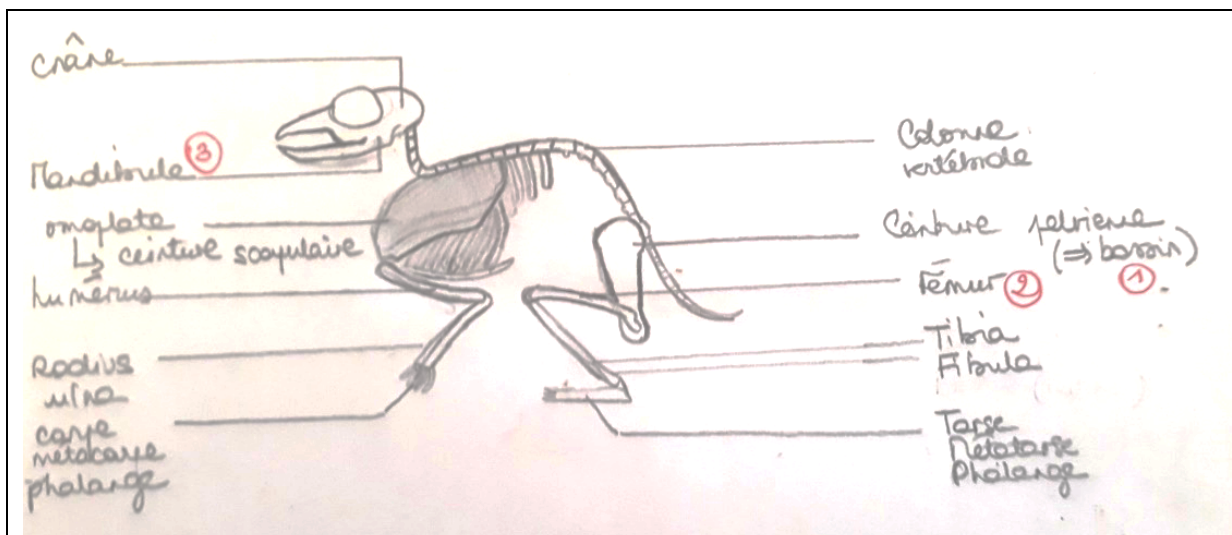
Cette reconstitution pouvait, a minima, tenter de rendre compte (i) du nombre des proies (correspondance entre crâne, mandibules et os long) et (ii) la détermination des proies (rongeurs, insectivores, fragments de cuticule d'insecte...).

Certes l'épreuve de TP requiert de travailler efficacement, mais un minimum de soin, d'attention et d'investissement dans la manipulation aurait permis à de nombreux candidats de marquer beaucoup plus de points.

Question III-10 : Réalisez, ci-dessous, un schéma de squelette théorique d'un Mammifère et positionnez-y les structures observées sur les photographies ci-dessous (**figure III-1**).

Figure III-1 :





1=bassin, 2=fémur, 3=mâchoire

Cette question a été très discriminante entre les candidats. C'est pourtant un exercice souvent posé au collège à la suite de la décortication des pelotes.

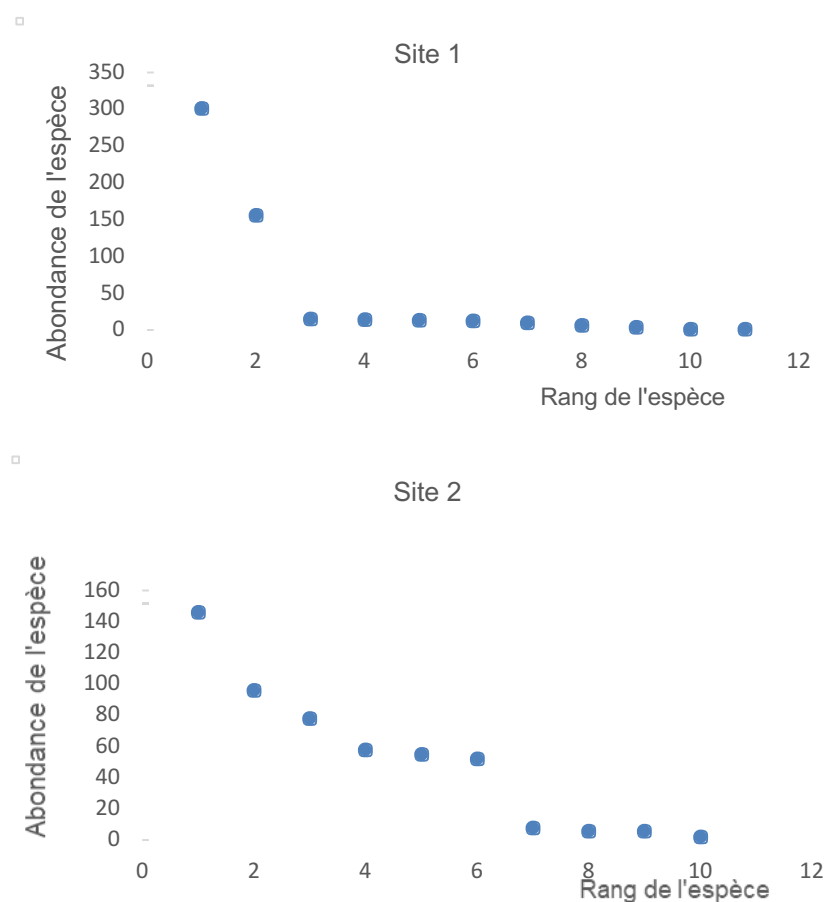
Les schémas simplifiés des squelettes de mammifères ont démontré les lacunes de nombreux candidats dans ce domaine : crânes en une seule partie, absence de ceintures, membres chiridiens à deux parties par exemple. Un minimum de culture sur les noms et la position des os (humerus, fémur...) est exigible à ce niveau d'étude. La qualité des schémas et, en particulier, le choix du type de vue posent question. Par ex, une proportion non négligeable de candidat.es a proposé une vue de $\frac{3}{4}$, plus ou moins en perspective, éventuellement pour la partie antérieure mais pas la partie postérieure.

Pendant un an, les pelotes de réjection collectées dans les granges anciennes de fermes de deux sites agricoles ont été étudiées et les proies présentes ont été identifiées au niveau spécifique.

Figure III-2 : Identité et abondance des espèces de micromammifères identifiées dans les pelotes de réjection collectées sur deux sites agricoles : site 1 et site 2.

Espèce	Site 1	Site 2
Campagnol agreste	10	55
Campagnol des champs	301	96
Campagnol des Pyrénées		6
Campagnol roussâtre	6	8
Campagnol souterrain	12	
Mulot sylvestre	15	146
Musaraigne couronnée	13	52
Musaraigne musette	156	78
Musaraigne pygmée	4	
Rat des moissons	14	58
Rat surmulot	1	6
Souris domestique	1	
Taupe européenne		2
TOTAL	533	507

Figure III-3 : Courbes rang-abondance des deux communautés de micromammifères étudiées.



Question III-11 : A l'aide des données fournies par les **figures III-2 et III-3**, comparez ces deux communautés de micromammifères.

Comparaison des deux communautés :

Diversité alpha (Nombres d'individus : comparables ; Nombre d'espèces : comparables ; Equitabilités : différentes : dans site 2 : équitabilité bcp plus forte que dans site 1 où communauté est dominée par 2 espèces représentées respectivement par 300 et 150 individus, les autres espèces comptant moins de 15 individus ; le site 2 héberge 6 espèces comptant plus de 50 individus, la plus abondante en comptant 150.

Diversité bêta (Identité des espèces : 8 espèces partagées sur 13 mais abondances des individus très différentes : ex Mulot terrestre/ campagnol des champs.

Il semble que la majorité des candidats n'est pas familier avec la réalisation d'une comparaison qui requiert, pour un critère donné, d'évaluer les ressemblances, différences, la supériorité etc... d'un site par rapport à un autre. Ainsi présenter de façon successive les caractéristiques du site 1 puis celles du site 2 ne permet pas de répondre à la question.

Certains candidats ont été valorisés par la tentative d'utilisation d'indices, l'utilisation d'un vocabulaire précis (richesse, abondance, diversité, équitabilité) et la conduite d'une comparaison claire et rigoureuse.

Figure III-4 : Tableau comparatif de quelques caractéristiques paysagères des deux sites d'études des communautés de micromammifères.

	Site 1	Site 2
--	--------	--------

Nombre de parcelles	Faible	Grand
Taille des parcelles	Grandes	Petites
Nombre et longueur des haies	Faibles	Grands
Type de cultures	Céréales	Diverses

Question III-12 : Analysez vos réponses à la **question III-11** en relation avec les caractéristiques paysagères fournies pour les deux sites par la **figure III-4**. Concluez.

Invoquer une plus grande hétérogénéité de l'habitat pour expliquer une plus grande diversité est totalement insuffisant. Les explications plausibles requéraient l'invocation de processus écologiques comme la compétition favorisant certaines espèces dans un environnement homogène et riche en ressource, au détriment d'autres ; ou la coexistence de différents habitats (arboricoles, terrestre, souterrain...) dans une mosaïque paysagère variée permettant la coexistence de différentes espèces aux niches séparées... Certains candidats ont fait preuve à la fois de clairvoyance et de précision dans ces explications, à la différence de la majorité qui s'est contenté de corréler les caractéristiques des habitats et l'abondance/richesse des micromammifères.

Question III-13 : Identifiez les espèces à partir des informations mises à votre disposition et complétez le tableau ci-dessous.

Cette partie sera traitée au poste de détermination dédié selon un planning imposé. Certaines cases du tableau ci-dessous seront laissées vides (cases grisées).

Les reconnaissances d'échantillon sont très discriminantes et permettent de valoriser les candidats démontrant une véritable culture naturaliste. Tous les échantillons ont pu être reconnus sur la même copie, mais ces cas sont trop rares. A titre d'exemple, la ronce a été reconnue par 50% des candidats, le brame du cerf et les stridulations de grillon par 60% d'entre eux.

#	Identification la plus précise possible	Position systématique la plus précise possible	Donnez un usage anthropique remarquable de l'espèce.
1	Noisetier (<i>Corylus avellana</i>)	<i>Angiospermes Eudicotylédones a été accepté, manque de précision supplémentaire dans les copies.</i>	Fruits comestibles ; Intérêt mellifère : son pollen est très intéressant pour la nutrition protéinée des abeilles en début de saison.
2	Ronce (<i>Rubus fruticosus</i>) (confondu dans 1/3 des copies avec l'ortie !)		Fruits comestibles, confitures et distillerie
3	Frêne (<i>Fraxinus</i> sp.)		Feuillage est un très bon fourrage ; nombreux usages du bois, dont bois de chauffage
4	Troène (<i>Ligustrum vulgare</i>)		Haies ornementales
5	Sureau (<i>Sambucus</i> sp.)		Très nombreuses utilisations des fruits et du bois (ex : sculpture, manches d'outils, bon combustible) ; utilisé comme porte greffe des pommiers cultivés. / Confiture ; boisson ; coupes histologiques
Son 1	Alouette (<i>Alauda arvensis</i>)	Oscine	
Son 2	Alyte (<i>Alytes obstetricans</i>)	Anoure	
Son 3	Cerf/brame (<i>Cervus elaphus</i>)	Ruminant/Cervidé	
Son 4	Grillon champêtre (<i>Gryllus campestris</i>)	orthoptère/ensifère	
Son 5	Pouillot véloce (<i>Phylloscopus collybita</i>)	Oscine	

Les questions suivantes (questions III-14 à III-22) seront traitées au poste dédié, selon le planning affiché en salle. Vous disposez d'une fiche technique vous aidant à manipuler le logiciel Audacity.

Ouvrez le logiciel **Audacity** et ouvrez le fichier « Son1 » qui s'affiche sous la forme d'un oscillogramme. Vous pouvez écouter le fichier son à tout moment.

Question III-14 : Nommez l'animal ou les animaux entendus.

Pinson des arbres, *Fringilla coelebs*

23% seulement des candidats ont reconnu le chant de cet oiseau commun.

Le son peut être également affiché sous la forme d'un spectrogramme et d'un spectre, comme indiqué sur la fiche technique mise à votre disposition.

Question III-15 : Rappelez ce que permettent de visualiser ces trois représentations du son : oscillogramme, spectrogramme, spectre. Vous préciserez les unités utilisées pour chaque paramètre.

Oscillogramme : intensité (arbitraire, V, dB accepté) en fonction du temps (sec)

Spectrogramme : fréquences (Hertz) en fonction du temps (sec)

Spectre : intensité (dB) en fonction des fréquences (Hertz)

La moitié des candidats a su décrire les paramètres intervenant dans les 3 types de représentation du son. Néanmoins, peu ont su donner les unités de ces paramètres. Cette question pouvait néanmoins être traitée sans connaissances préalables, simplement en observant les représentations sur Audacity et en examinant les axes x et y à l'écran.

Question III-16 : A l'aide de ces trois représentations, décrivez le plus précisément possible les sons du fichier « son1 » en vous appuyant sur des valeurs chiffrées. Vous préciserez notamment la fréquence la plus intense et la bande de fréquence.

Chant présentant une succession de sons modulés en fréquences (notes ou syllabes) séparés par de brefs silences.

Durée du son : 2,60 sec

Bande de fréquence d'après spectre : 1kHz à 15 kHz et bande de fréquence réelle du chant : 2 à 10 kHz (les 2 réponses acceptées)

Fréquence la plus intense (spectre) : 4500 Hz

Cette question a été globalement bien traitée montrant que les candidats ont su générer et analyser oscillogramme/spectrogramme/spectre, soit par connaissance du logiciel soit par adaptation à un logiciel inconnu grâce à la fiche technique fournie.

Question III-17 : Indiquez quel organe permet de produire les sons entendus et dans quel contexte ces sons sont émis.

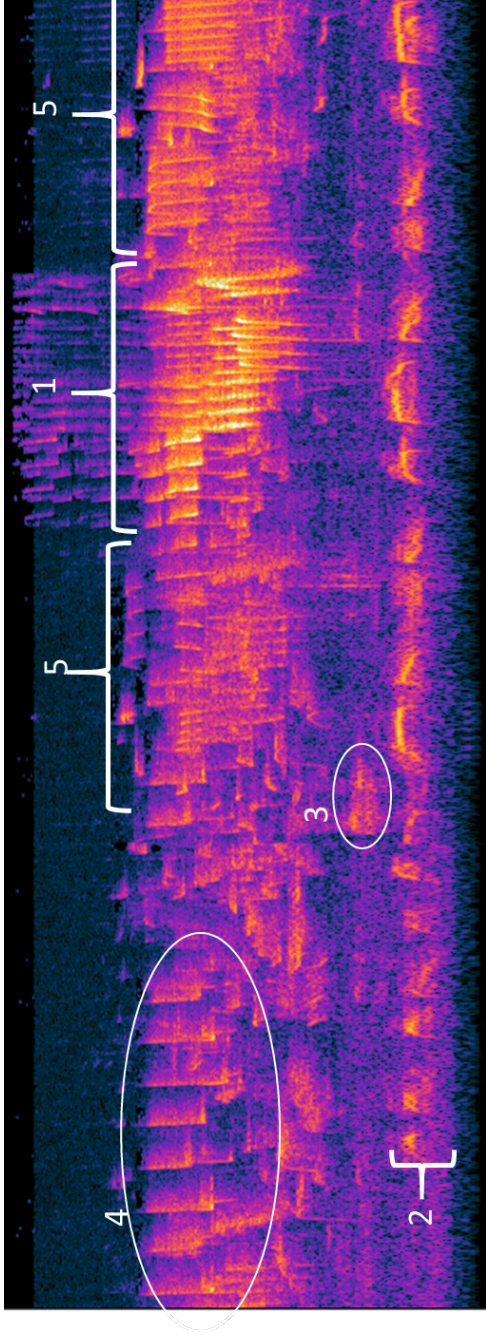
Cette question a été globalement bien traitée, les candidats connaissant l'organe d'émission chez les oiseaux (syrinx) et le contexte d'émission (chant territorial pendant la saison de reproduction).

Question III-18 : Ouvrez maintenant le fichier « son2 ». Décrivez cet enregistrement sonore.

Le son2 correspondait à un enregistrement de chorus matinal. De nombreux candidats ont été en difficulté sur cette question portant sur une description simple de cet enregistrement. Très peu disent simplement qu'on entend plusieurs oiseaux dont les vocalisations se superposent dans le temps mais pas forcément en fréquence.

Question III-19 : Annotez le spectrogramme ci-dessous, correspondant au « son 2 » (**figure III-5**) afin de mettre en évidence les différentes vocalisations identifiables. Nommez les espèces produisant ces vocalisations.

Figure III-5 : Spectrogramme correspondant au son 2.



1: pinson des arbres; 2: tourterelle ; 3: faisan ; 4: mésange charbonnière ; 5: troglodyte mignon

Peu de candidats ont su reconnaître correctement les espèces entendues. Il s'agissait pourtant d'espèces communes comme le troglodyte mignon, la tourterelle ou encore la mésange charbonnière. On pouvait également entendre le pinson des arbres dont le chant avait été étudié dans les questions précédentes et quelques candidats seulement l'ont mentionné. Cet exercice pouvait néanmoins être réussi sans reconnaissance d'espèces. Le jury attendait que les vocalisations soient isolées visuellement et pouvaient être indiquées « espèce 1, espèce 2 etc ». Une erreur récurrente a consisté à mettre une accolade en bas du spectrogramme, ce qui ne permettait pas d'isoler les vocalisations émises en même temps.

Question III-20 : Expliquez dans quelle mesure ce type de document sonore peut participer à l'inventaire de la biodiversité d'un site. Précisez notamment les avantages et les limites d'une telle approche.

Les sons sont des indices de présence des animaux. Par des enregistrements automatiques, on peut quantifier la diversité des sons sur un site donné, en y associant ou non les espèces identifiées (la diversité des sons peut être suffisante en tant que telle).

Avantages : enregistrements non intrusifs, automatisables et programmables. Ne nécessite pas de présence humaine (moins coûteux). Permet d'étudier plus facilement des sites difficiles d'accès et à toute heure.

Inconvénients : génère une grande quantité de données, nécessité de méthodes de traitement de données automatisé.

La question a globalement été bien traitée, tant sur le principe du comptage (vocalisations porteuse d'une signature d'espèce = indice de présence => comptage d'espèces présentes) qu'en terme d'avantages/inconvénients.

Question III-21 : A l'aide des différentes fonctions d'Audacity, isolez le mieux possible deux vocalisations différentes du fichier « son 2 » que vous regrouperez dans un nouveau fichier en les séparant par 3 secondes de silence. **Appelez un examinateur.**

Plusieurs approches sont possibles : copier/coller dans un nouveau fichier, utilisation des filtres de fréquences, insertion silence.

Cette question était traitée à un poste dédié en temps limité.

80% des candidats ont manipulé avec succès Audacity et ont présenté un fichier contenant 2 sons isolés et séparés par 3 secondes de silence dans le temps imparti. Une partie des sons choisis ne correspondait pas à des vocalisations complètes correctement identifiées. Seuls 5% des candidats ont d'ailleurs présenté leur travail sous forme de spectrogramme, seule représentation visuelle permettant d'identifier les vocalisations.

Question III-22 : Faites une étude comparative de ces deux vocalisations.

Il s'agissait de réutiliser le vocabulaire de description du son, notamment durée et fréquences.

Cette question a été traitée par seulement 50% des candidats.

Peu de candidats ont su mobiliser le vocabulaire exploité aux questions précédentes ou étayer leur comparaison par des arguments chiffrés. D'un point de vue méthodologique, les réponses ont trop souvent consisté à décrire les deux vocalisations séparément et non à élaborer un discours comparatif.

Le hêtre (*Fagus sylvatica*) fait partie des essences potentiellement présentes dans les paysages bocagers. Plus généralement, il s'agit d'une essence forestière bien représentée en France métropolitaine à l'heure actuelle.

Question III-23 : Réalisez une analyse du rameau de hêtre (**échantillon G**) fourni afin de rendre compte de ses modalités de croissance. Vous appuyerez votre démonstration sur des croquis légendés de l'échantillon. **Appelez un examinateur.**

Un exemple de coupes réalisées par un candidat.

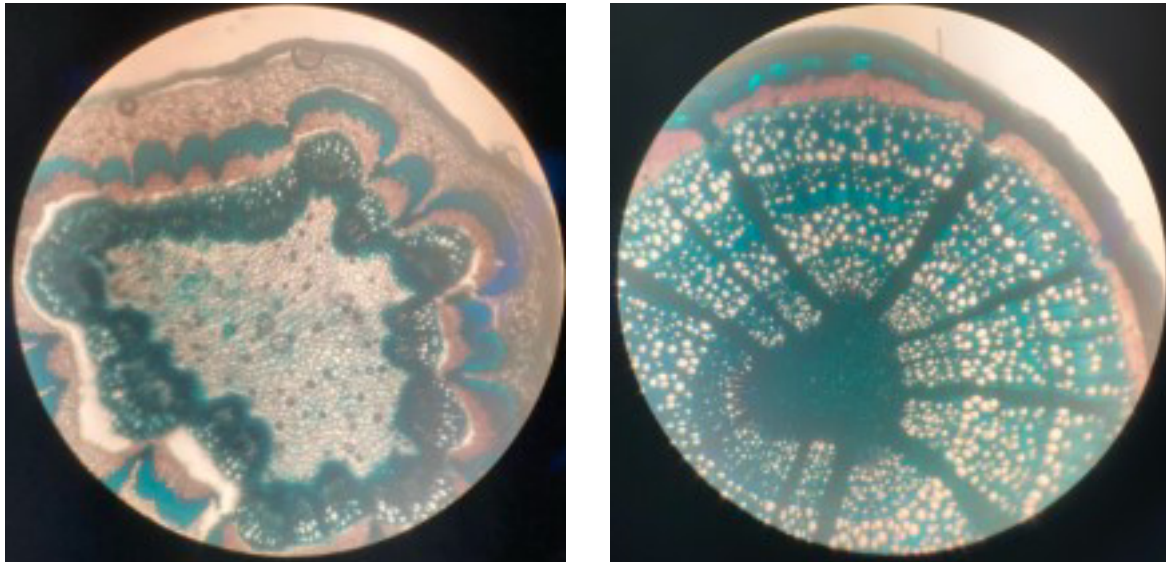
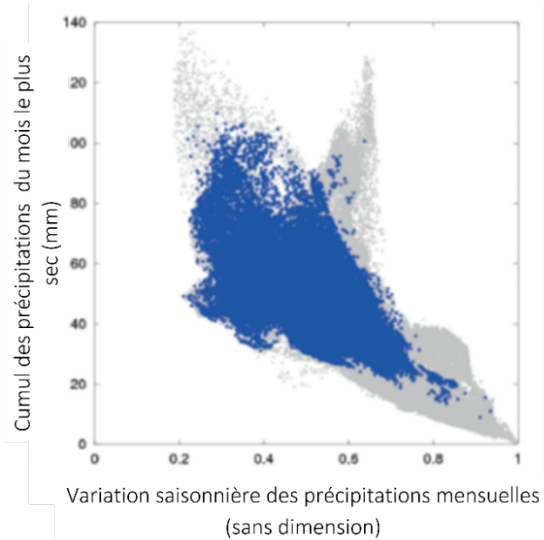
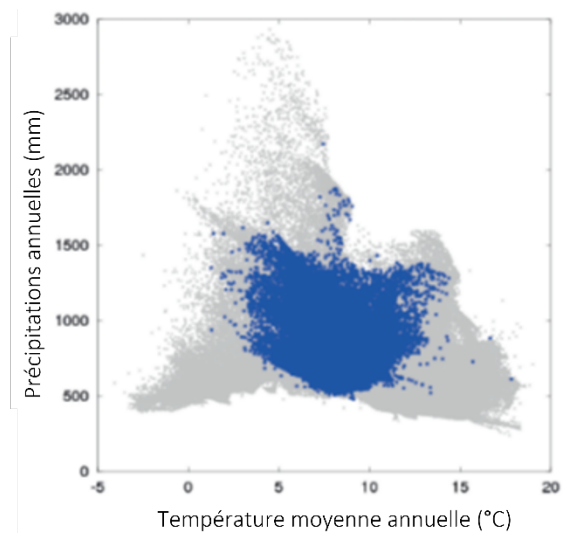
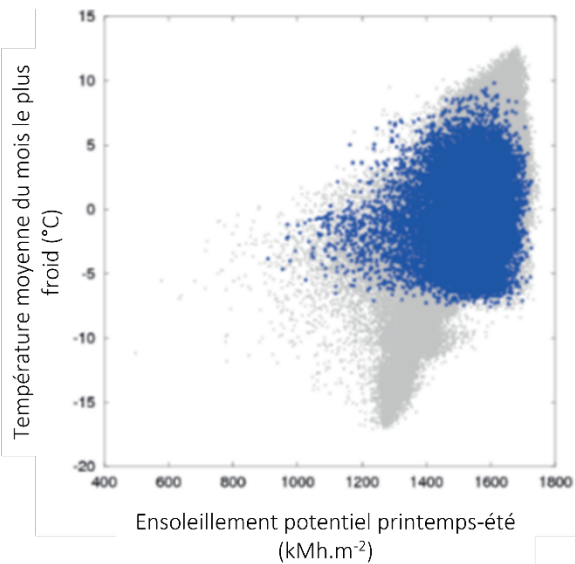


Figure III-6 : Conditions climatiques compatibles avec le développement de forêts naturelles en Europe (zones colorées en bleu et gris) et, en particulier, les conditions écologiques associées à la présence du hêtre (zones colorées spécifiquement en bleu) dans un diagramme prenant en compte soit :

- Les précipitations annuelles en fonction des températures moyennes annuelles
- La température moyenne du mois le plus froid en fonction de l'ensoleillement potentiel de la période printemps-été
- La somme de précipitations du mois le plus sec en fonction de la variation saisonnière des précipitations mensuelles.

Ces données ont été établies sur la base de relevés de terrain (données de l'Inventaire National Forestier, IFN).



Conditions de présence de zones forestières

- Hêtre absent
- Hêtre présent

Question III-24 : Décrivez et interprétez les résultats fournis par la **figure III-6**.

La figure III-6 rend compte de différentes combinaisons de facteurs écologiques climatiques permettant le développement de forêt en Europe et, en particulier, l'implantation du hêtre.

Les forêts sont présentes en Europe sur une large gamme de températures moyennes pour le mois le plus froid (forêts présentes pour température du mois le plus froid -18°C à $+13^{\circ}\text{C}$). Leur installation est conditionnée par un ensoleillement potentiel du printemps été $> 800 \text{ kWh.m}^{-2}$. Dans cet ensemble de conditions, le hêtre a la particularité de pouvoir s'installer dans quasiment toute la gamme d'ensoleillement potentiel permettant la présence de forêt mais se retrouve uniquement dans des zones où la température du mois le plus froid est $> -5^{\circ}\text{C}$.

Dans un diagramme précipitations annuelles en fonction de la température moyenne annuelle, les forêts se développent dans une large amplitude de conditions, à l'exception des zones de faibles ou fortes précipitations annuelles. Le hêtre se retrouve dans les conditions moyennes de cette gamme, cad pour des conditions de températures moyennes, étant exclu des zones où les températures moyennes annuelles sont $< 0^{\circ}\text{C}$ ou $> 15^{\circ}\text{C}$.

Dans le dernier diagramme le hêtre se retrouve dans une large gamme de conditions où la forêt se développe mais est exclu des zones où la variation saisonnière des précipitations mensuelles est maximale ou quasi-maximale et où la somme de précipitations du mois le plus sec est inférieure à 20mm.

La figure III-6 constitue une modélisation de certaines dimensions de la **niche écologique** des essences forestières européennes et en particulier du hêtre. En particulier, pour chaque diagramme, un espace à deux dimensions de facteurs climatiques est envisagé, dans lequel l'aire en gris correspond à un sous-ensemble de la niche des arbres européens et l'air en bleue à celle du hêtre.

Il s'agit de leur niche réalisée car ces données sont obtenues sur la base d'inventaires forestiers (données de terrain en conditions naturelles).

Cette question a été traitée par 30% des copies seulement et généralement très partiellement.

Question III-25 : Concluez quant aux exigences écologiques du hêtre illustrées par le document de la **figure III-6**.

Pour l'ensemble des conditions climatiques caractérisées, le hêtre se retrouve dans les conditions moyennes de celles permettant l'installation des forêts en Europe.

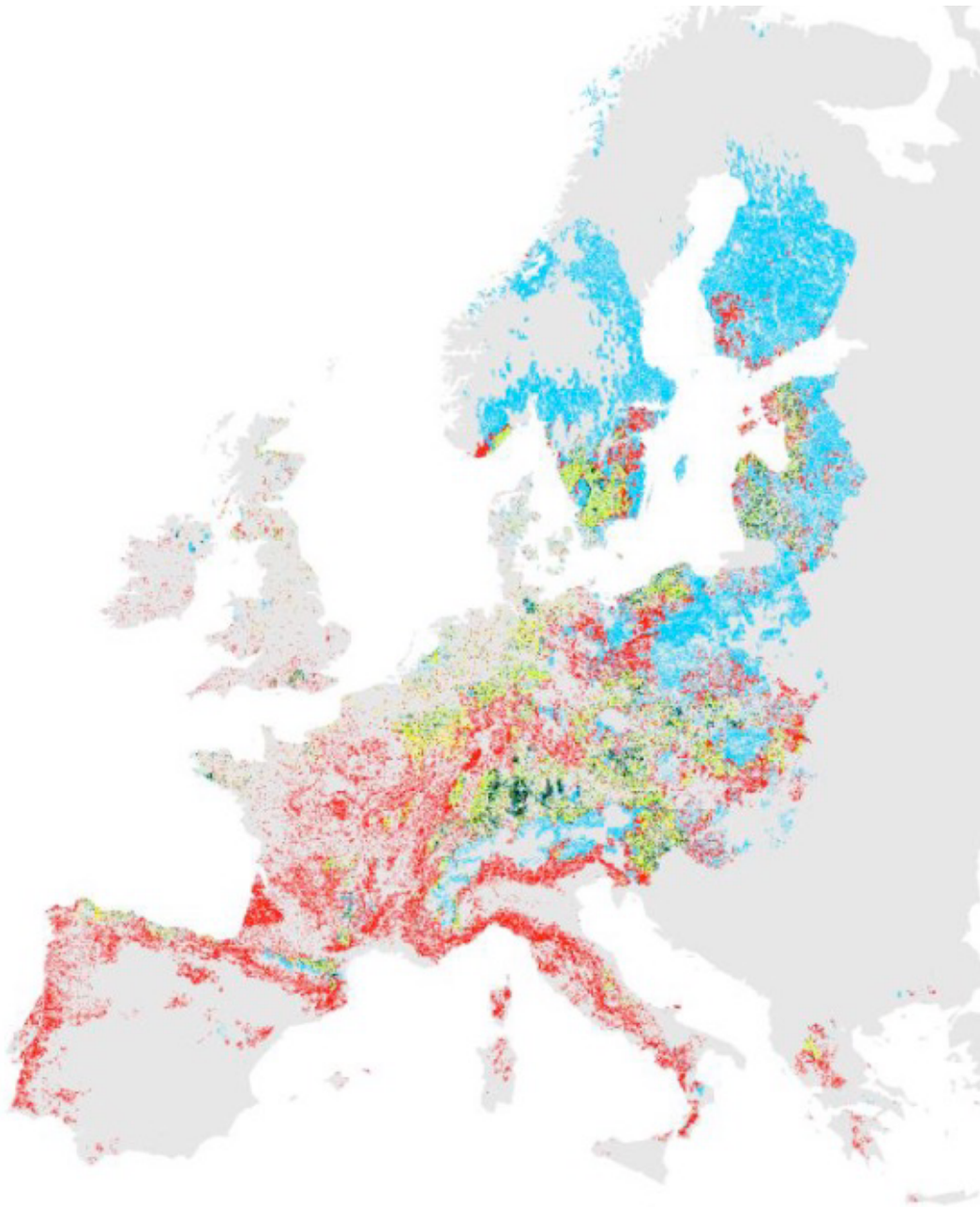
Pour les différents facteurs écologiques considérés, le hêtre apparait comme une espèce relativement euryèce, limitée essentiellement par la température du mois le plus froid (qui doit être $> -5^{\circ}\text{C}$) et un ensoleillement printemps-été $> 800 \text{ kWh.m}^{-2}$.

Cette question n'a que très rarement été traitée et comprise.

L'étude de Saltré et al. (2015) modélise le changement d'aire de répartition du hêtre dans les conditions climatiques projetées à l'horizon 2100 d'après un scénario de concentration en gaz à effet de serre médian produit par le GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat).

Figure III-7 : Modélisation du changement d'aire de répartition du hêtre pour l'année 2100 par rapport à sa répartition sur la période 1981-2000 selon un scénario climatique

du GIEC médian. Le modèle utilisé tient compte des capacités de dispersion et des exigences climatiques actuelles du hêtre.



Légendes de la carte : Conditions climatiques de la zone et présence du hêtre :

- Gris : Développement impossible du hêtre en période actuelle et en 2100 ;
- Rouge : Disparition des populations de hêtre entre 2000 et 2100 ;
- Jaune : Diminution des densités de populations de hêtre entre 2000 et 2100 ;
- Vert : Augmentation des densités de populations de hêtre entre 2000 et 2100 ;
- Noir : Apparition de populations de l'espèce d'ici 2100 ;
- Bleu : Aire géographique devenue favorable au hêtre d'ici 2100 mais absence de populations de l'espèce en 2100.

Question III-26 : Décrivez et interprétez les résultats fournis par la **figure III-7**.

La modélisation proposée est basée sur la connaissance des exigences actuelles du hêtre quant à un certain nombre de facteurs climatiques (non précisés) et de leur adéquation avec l'évolution de ces variables d'ici 2100 ainsi que des capacités de dispersion de l'espèce.

En suivant la modélisation choisie, la carte permet de mettre en évidence que les conditions climatiques deviendront impropres au maintien du hêtre d'ici 2100 dans une grande part de son aire de distribution actuelle (disparition de la majorité des sites où il est actuellement présent par ex au Portugal, Italie, Nord de l'Espagne ou en France métropolitaine) ou conduiront à la diminution de l'abondance de ses populations dans les zones de montagnes (ex : Pyrénées, Massif central, Monts cantabriques), ce qui pourra conduire ensuite à leur disparition.

Les zones où la modélisation prévoit l'implantation du hêtre sont très réduites et localisées à quelques zones (en Suisse et en Autriche).

L'aire cumulée représentée par ces zones de réduction des tailles de populations et surtout de disparition de populations de hêtre équivaut à peu près aux zones géographiques devenues climatiquement favorables au hêtre... mais non colonisées à l'horizon 2100 (ex : Europe du Nord, Alpes). Au regard des paramètres du modèle présenté, ces zones favorables sont considérées comme non colonisées à l'horizon 2100 en raison de la limitation occasionnée par les capacités de dispersion de l'espèce.

Ainsi, d'après le modèle, l'augmentation de température moyenne annuelle en un siècle, correspondant à un déplacement climatique vers le Nord et vers des zones de plus fortes altitudes, induira un déplacement de sa répartition potentielle au-delà de ses capacités de dispersion.

Cette question a été très peu traitée, probablement du fait d'un traitement linéaire du sujet qui a entraîné un manque de temps pour aborder cette partie.

Question III-27 : Identifiez des facteurs, non pris en compte par ce modèle, qui pourraient modifier ce scénario.

Ce scénario pourrait être modifié

- Par une prise en charge humaine du déplacement des populations de hêtre, sur le principe d'une **colonisation assistée** : des individus sont implantés dans les zones identifiées comme nouvellement favorables pour l'espèce au regard de ses exigences écologiques connues.
- Une **évolution de la niche écologique** du hêtre d'ici 2100 : si les exigences climatiques du hêtre changent, sa distribution potentielle pourra en être affectée.
- Les **interactions avec les autres organismes** qui ne sont pas envisagées dans le modèle : effet positif/négatif sur la distribution.

Cette question a été très peu traitée. Les quelques réponses proposées se sont révélées pertinentes.

4 Partie IV : Conclusion

Présentez, sous la forme d'un schéma synthétique, les intérêts (écologiques et anthropiques) que présente le paysage agricole du bocage.

27 candidats sur les 59 n'ont pas complété cette conclusion (46%). Parmi les candidats ayant répondu, les schémas sont parfois bien réalisés (avec soin) même s'ils restent incomplets, y compris dans la forme (il manque régulièrement un titre et/ou une légende pourtant souvent nécessaire avec les codes couleurs utilisés (par exemple)). L'effort de schéma des candidats qui ont répondu est cela dit à noter.

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

Le TP d'option C avait pour thème la géologie de la Nouvelle Calédonie. L'épreuve était constituée de 5 parties indépendantes, dont les durées conseillées étaient indiquées (entre 30 minutes et 1h30), ce qui devait permettre aux candidats de proportionner leur investissement durant les six heures d'épreuve.

La première partie amenait les candidats à discuter la géodynamique du sud-ouest Pacifique et à réaliser une coupe synthétique depuis le continent Australien jusqu'à la plaque Pacifique. Une approche géologique et géochimique orientait ensuite les candidats sur la genèse des roches magmatiques de Nouvelle Calédonie.

La deuxième partie focalisait sur l'étude de l'ophiolite de Nouvelle Calédonie et les ressources minérales associées sous différentes approches : géologique à travers un profil latéritique, chimique, minéralogique et pétrologique. Deux activités pratiques étaient intégrées : une analyse de lame mince d'une roche magmatique (gabbro) et une analyse de pétrologie expérimentale (équilibre de phase) permettant de retracer et discuter la séquence de cristallisation du gabbro.

La troisième partie, concernait la géomorphologie et la structuration des bassins. Il s'agissait pour les candidats de s'imprégner des données morpho-bathymétriques et de discuter de la mise en place des bassins adjacents à la Grande terre de la Nouvelle Calédonie. Il permettait de prendre connaissance en mer des principaux bassins sédimentaires et de réaliser une interprétation d'un profil géophysique du bassin de KWENYII et de préciser le type de bassin.

La quatrième partie portait sur la pétrographie et la sédimentologie d'une plateforme carbonatée. Après avoir défini la notion de plateforme, les candidats devaient reconnaître des échantillons (photographies, lames minces et échantillons durant la séance de TP) et discuter des facteurs de contrôle de la mise en place des formations carbonatées.

La cinquième partie concernait l'illustration de quelques environnements sédimentaires de la plateforme interne en analysant des profils géophysiques haute résolution, des données bathymétriques, des figures issues de publications scientifiques récentes. Les candidats devaient également discuter des facteurs de contrôle de la croissance carbonatée d'origine tectonique et/ou climatique depuis le Mio-Pliocène. Enfin, il était demandé de discuter brièvement de l'impact des activités anthropiques (activités minières) sur l'environnement marin.

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. Des commentaires sur les exercices sont donnés ci-dessous et des éléments de correction sont présentés dans le document de TP C.

Quelques commentaires sur les exercices eux-mêmes

Première partie :

Géodynamique et pétrologie des roches magmatiques

Si la coupe synthétique et le schéma structural ont été dans la grande majorité relativement bien dessinés à partir des éléments fournis et des connaissances des candidats, les liens entre la carte géodynamique, la coupe et la tomographie n'ont cependant pas été faits. La partie géochimie a été très peu traitée alors qu'il suffisait de décrire les données présentées sous forme de diagrammes ou de spectres et cela montre un manque de connaissance en géochimie. De même, les calculs simples de modélisation de la cristallisation fractionnée (les formules étaient données) n'ont été que rarement réalisés.

Deuxième partie :

L'ophiolite de Nouvelle Calédonie

L'étude de la lame mince à l'aide du microscope polarisant a été bien réalisée dans l'ensemble. Le diagramme ternaire d'équilibre de phase est quant à lui très mal compris et montre des connaissances très limitées en équilibre de phase-pétrologie expérimentale.

Les notions de ressources et les définitions associées sont bien comprises. En revanche, les processus et équations sont très peu connus. La chimie des minéraux ou formules structurales sont souvent très approximatives et la notion de distribution/enrichissement pas comprise. Les connaissances en minéralogie, géochimie, et ressources sont très variables mais l'intégration des documents et des connaissances a été dans l'ensemble peu prise en compte et mal synthétisée.

Troisième partie :

Géomorphologie et héritage structural des bassins

L'interprétation du profil géophysique a été bien réalisée. En revanche, les explications discutant de l'origine du bassin demeurent très souvent superficielles. La rédaction pour une partie des candidats est souvent peu structurée et la qualité des interprétations est parfois peu soignée.

Quatrième partie :

Pétrographie et sédimentologie d'une plateforme carbonatée

Cette partie est celle qui aura été la plus réussie et la plus aboutie pour une grande majorité des candidats. La reconnaissance des échantillons est dans l'ensemble assez décevante, voire très moyenne. L'analyse des documents est dans l'ensemble maîtrisé. Pour certains, l'analyse des documents n'est pas réalisée. Cette absence d'effort conduit à une synthèse de connaissances théoriques sans prendre le soin d'une exploitation raisonnée des documents proposés.

Cinquième partie :

Investigation géophysique, sédimentation marine de plateforme (silico-clastique et carbonatée), préservation et qualité des environnements côtiers

Cette partie a été traitée que partiellement. Le temps a probablement manqué à une majorité de candidats. La partie sur l'analyse des données géophysiques a été bien réussie ce qui n'est pas le cas de celle des documents issus des publications scientifiques et dans la majorité des cas, non traités. Les calculs simples d'épaisseur de la sédimentation, etc. (les formules étaient données) ne sont pas toujours maîtrisés.

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2022

TRAVAUX PRATIQUES DE SPECIALITE DU SECTEUR C

Durée totale : 6 heures

La Nouvelle Calédonie

Les différentes parties sont indépendantes. Certaines questions nécessitent des observations sur des postes de travail (lame mince et échantillons macroscopiques). Un ordre de passage affiché au tableau, vous permettra d'accéder aux deux postes de travail. Organisez-vous en conséquence.

Partie I. Géodynamique et pétrologie des roches magmatiques	p. 2
<i>Durée conseillée : 1h30</i>	
Partie II. L'ophiolite de Nouvelle Calédonie – Ressources minérales	p.16
<i>Durée conseillée : 1h30</i>	
Partie III. Géomorphologie et héritage structural des bassins	p. 31
<i>Durée conseillée : 0h30</i>	
Partie IV. Pétrographie, sédimentologie, et plateforme carbonatée	p. 37
<i>Durée conseillée : 1h15</i>	
Partie V. Investigation géophysique, sédimentation marine de plateforme (silico-clastique et carbonatée), préservation et qualité des environnements côtiers	p. 48
<i>Durée conseillée : 1h15</i>	

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

Vous pouvez disposer d'une calculatrice non programmable.

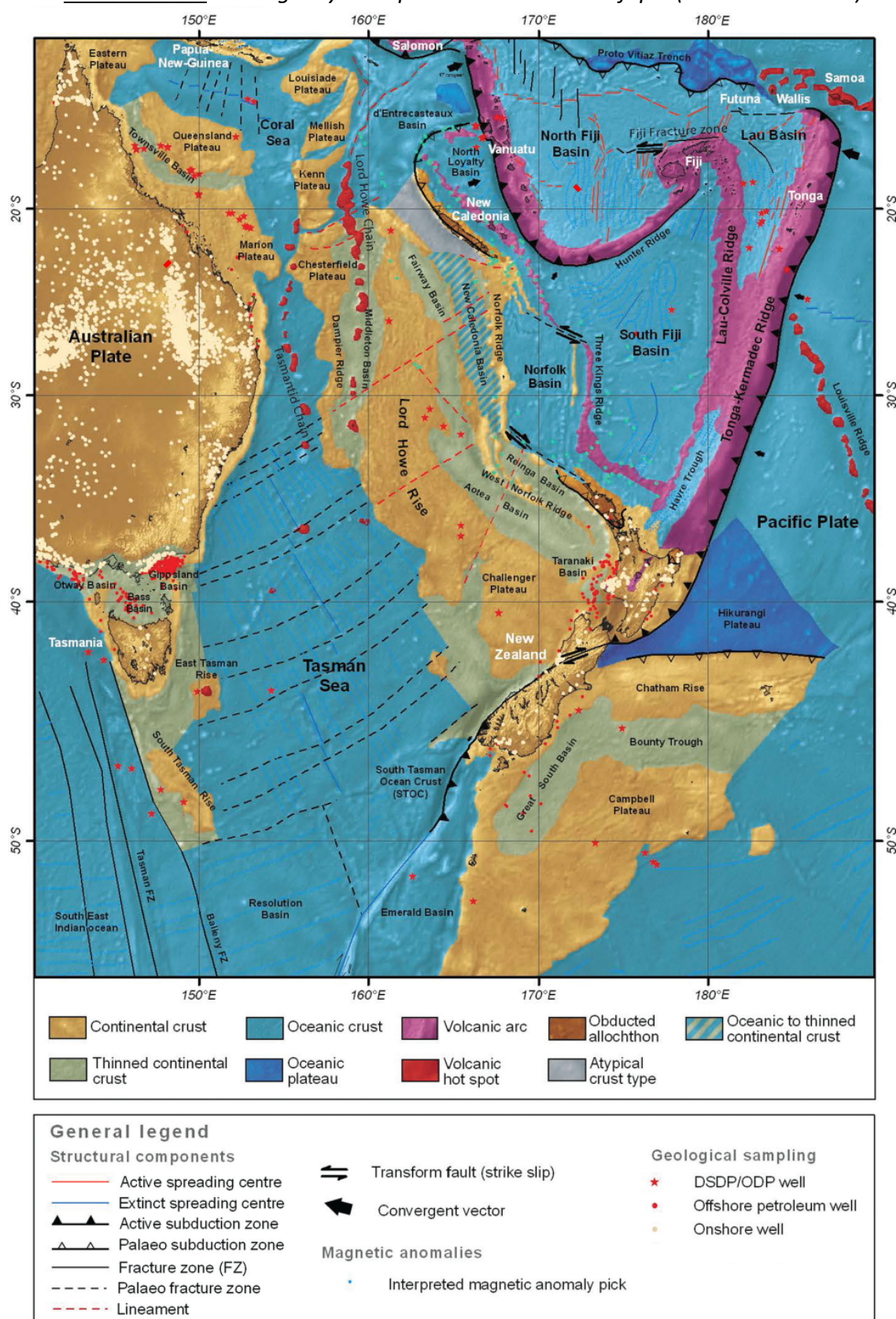
AVANT DE REMETTRE VOTRE DOSSIER, VÉRIFIEZ QUE VOUS AVEZ BIEN INDIQUÉ VOS NOM, PRÉNOM ET NUMÉRO DE SALLE EN TÊTE DE TOUS LES DOCUMENTS.

Vous devez rendre la totalité des feuilles du dossier

Partie I. géodynamique et pétrologie des roches magmatiques

I.1. Géodynamique Sud-Ouest Pacifique

Document I.1. Cadre géodynamique du Sud-Ouest Pacifique (Collot et al. 2020).



Question I.1. A partir du document I.1., replacez la Nouvelle Calédonie dans le contexte géodynamique du Sud-Ouest Pacifique.

Réponse à la question I.1.

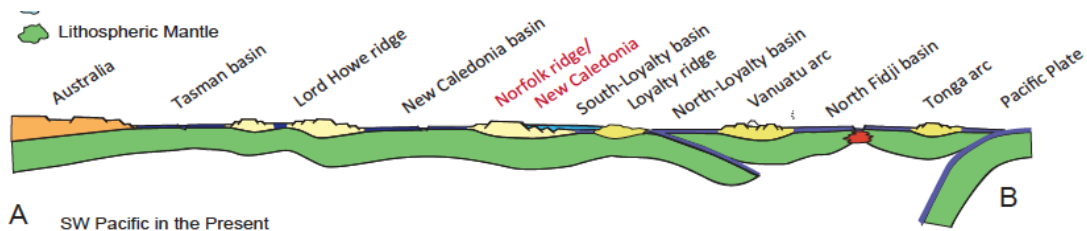
La région Sud-Ouest Pacifique est composée de croûte continentale et d'une succession de bassins et de rides de différentes natures : bassin océanique, bassin arrière-arc, bassin à croûte continentale amincie, rides « continentales » ou volcaniques.

De la marge Est de l'Australie jusqu'aux fosses du Vanuatu et de Tonga-Kermadec, marquant la limite sud-ouest de la plaque Pacifique, une vaste portion de croûte continentale s'étend entre les longitudes 150°E-190°E et les latitudes 20°S-60°S.

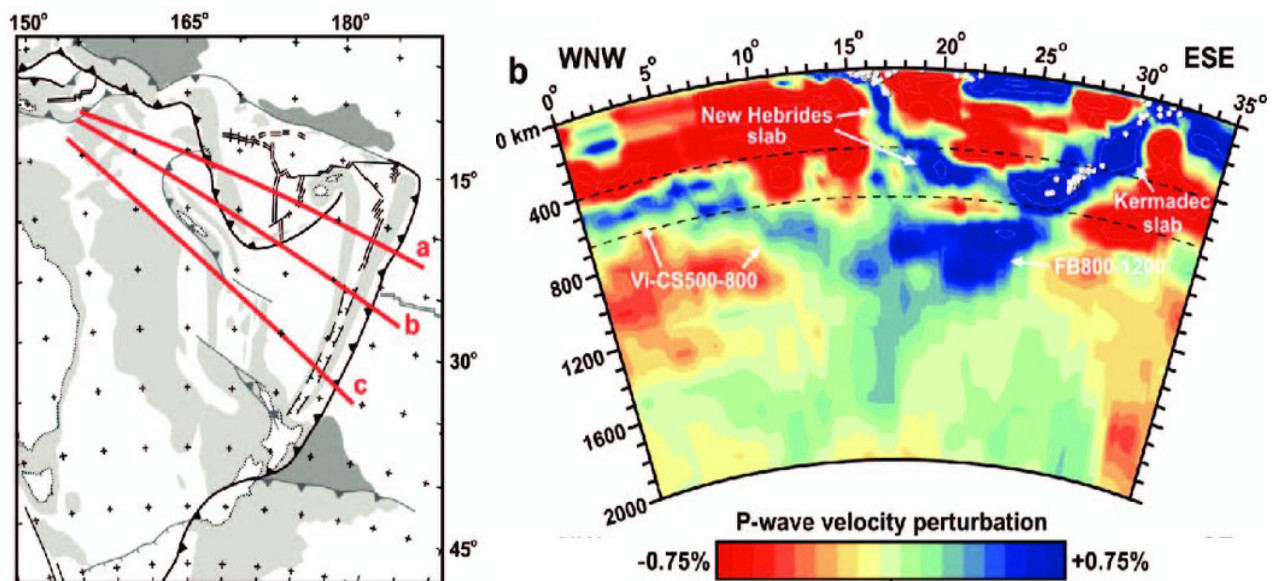
La Nouvelle Calédonie est une île orientée NO-SE à l'Est du continent australien. Elle repose sur un socle continental apparenté à la ride de Howe. Elle se positionne à l'est d'une paléo subduction à vergence Est et à l'ouest de la subduction actuelle des Nouvelles Hébrides, à vergence Est.

Question I.2. Réalisez une coupe schématique et légendée suivant le tracé rouge du document I.1.

Réponse à la question I.2.



Document I.2. Coupe transversale (b) de tomographie d'ondes P du manteau dans la région du Pacifique Sud-Ouest, incluant la zone de subduction Tonga-Kermadec-Hikurangi (Schellart et Spakman 2012).



Question I.3. Donnez les caractéristiques principales du modèle PREM et interprétez le profil tomographique du document I.2.

Réponse à la question I.3.

Le modèle PREM est un modèle de vitesses (V_P et V_S) et de densité en enveloppes concentriques. Il est donc radial et n'inclut pas de variations latérales de vitesse. Il comporte les principales transitions de phase du manteau et les changements de vitesse aux interfaces manteau/noyau et noyau/graine.

Les fortes anomalies positives de vitesse des ondes P par rapport au modèle PREM indiquent le plongement d'un matériel froid/dense dans le manteau.

On observe au niveau des Nouvelles Hébrides, le plongement du panneau plongeant à vergence ESE. Le panneau plongeant semble s'arrêter au niveau de la zone à faible vitesse (LVZ).

Plus à l'Est, on observe la subduction à vergence ouest du slab Kermedec – Le panneau plongeant descend jusqu'à 1000 km, dans le manteau inférieur.

Plus à l'est, à 18° et 28°, les anomalies de vitesses sont négatives. Elles indiquent la présence de deux accréctions océaniques (matériel chaud) – celle du bassin North Fidji et du bassin de Lau.

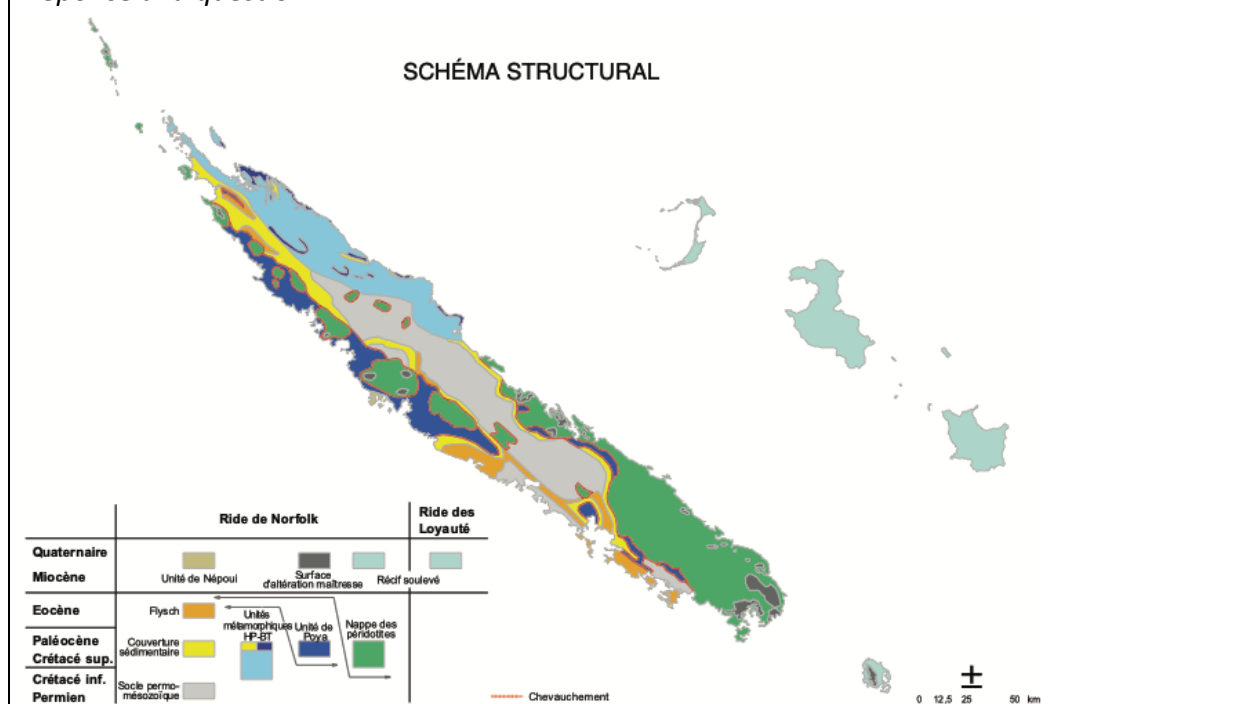
A l'Est, les anomalies de vitesse montrent la présence d'un matériel chaud, depuis la couche D''. En surface le panache mantellique pourrait correspondre à la chaîne volcanique de Louisville.

NB : d'une manière générale, les anomalies de vitesse positives ont été décrites et interprétées en termes de panneaux plongeants (même si la profondeur du plongement n'a été que rarement mentionnée) tandis que les anomalies positives n'ont pas été décrites.

Une comparaison avec la figure 1 n'était pas demandée mais pouvait aider à la discussion.

Question I.4. Nous proposons de documenter la géologie de la Nouvelle Calédonie à travers un schéma structural que vous réaliserez à partir de la carte géologique (Document I.3.) sur le schéma ci-dessous.

Réponse à la question I.4.



I.2. Les laves du bassin de Nouméa

En Nouvelle-Calédonie, la couverture désigne les formations sédimentaires et volcaniques autochtones du Crétacé supérieur au Paléogène, qui recouvrent en discordance les roches du socle et sous-tendent les nappes allochtones. Dans le bassin de Nouméa, deux formations volcaniques sont présentes : 1/ la formation Pic Jacob et la formation Catiramona/Nogouta, plus jeune, datée sur zircon par la méthode U/Pb à 88.4 ± 3.5 Ma (Nicholson *et al.* 2011)

Question I.5. Expliquez le principe de la méthode de datation U/Pb et pourquoi les zircons sont utilisés pour dater les roches.

Réponse à la question I.5.

La datation U/Pb est une méthode de datation radiométrique. L'uranium naturel est formé majoritairement de deux isotopes, ^{235}U et ^{238}U . L'isotope ^{234}U est présent en quantité plus faible, mais mesurable par spectrométrie de masse (TIMS) ou par spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif multicollection. ^{235}U se désintègre avec une demi-vie de 700 Ma ; l'élément final stable est ^{207}Pb . ^{238}U se désintègre avec une demi-vie d'environ 4,5 milliards d'années ; son produit final de désintégration est ^{206}Pb .

Il est possible de dater des minéraux qui initialement ne contenaient pas de plomb, mais dont le réseau cristallin pouvait intégrer des atomes d'uranium. La mesure des rapports $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ et $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ permet de dater la formation du minéral (température de fermeture), les deux mesures aboutissant à des dates dont la concordance permet de s'assurer de la fiabilité de la méthode (courbe de référence, la concordia, dans un diagramme concordia-discordia de rapports isotopiques croissants).

Le zircon est un minéral du groupe des silicates, sous-groupe des nésosilicates de composition ZrSiO_4 . Les zircons cristallisent dans les roches plutoniques généralement felsiques qui contiennent presque toujours U et Th en remplacement isomorphique de Zr permettant la détermination des rapports Th/U ou Pb/U et ainsi l'âge des roches.

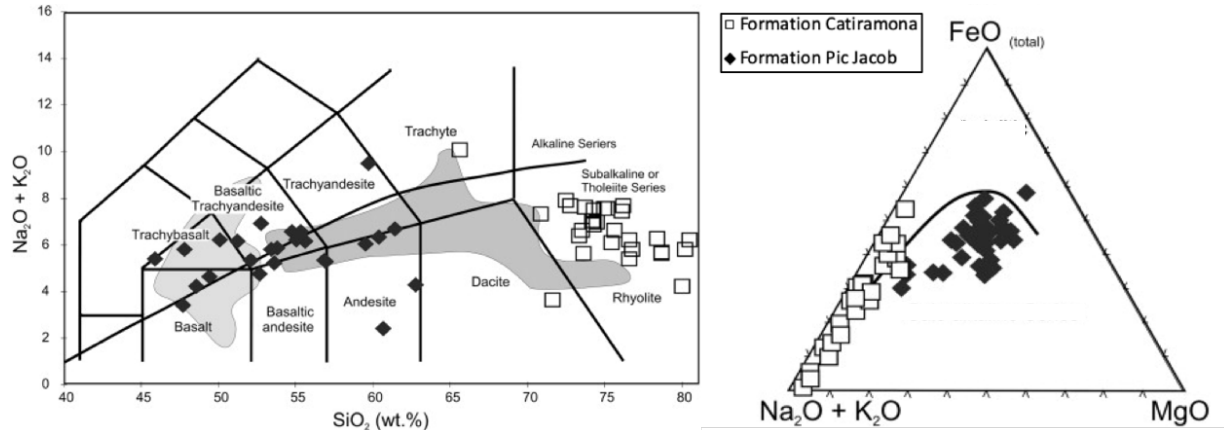
La haute T de fermeture des zircons (900°C) permet de dater des événements sans que les conditions métamorphiques ne ré-ouvrent le système. Le zircon est donc également peu sensible à altération.

NB : les équations chronométriques et un diagramme concordia pouvaient venir en appui du raisonnement.

I.2.1. Composition en éléments majeurs

Les analyses chimiques en éléments majeurs des roches volcaniques sont représentées dans les graphes suivants (document I.4.). Les losanges noirs représentent la composition des roches de Pic Jacob et les carrés blancs, les plus jeunes, la formation Catiramona/Nogouta.

Document I.4.



Question I.6 : Déduisez à partir de la composition en éléments majeurs les processus à l'origine de la génèse des roches volcaniques de Nouméa.

Réponse à la question I.6.

Les roches volcaniques de Nouméa montrent deux tendances dans le diagramme TAS (Total alcalins versus silice). La formation Pic Jacob est formée de roches avec une composition évoluant des basaltes aux trachyand  sites/andésites avec une affinité alcaline. La formation de Catirama est silicique (>65 pds.% SiO  ). Les roches sont principalement des rhyolites    affinité sub-alcaline.

Dans le diagramme AFM, les deux formations se distinguent clairement avec une séquence riche en Na  O+K  O et pauvre en FeO et MgO (Formation de Catirama) et des roches mafiques riches en FeO et MgO. On note que les roches de la Formation de Pic Jacob sont dans le champ des roches calco-alcalines/alcalines et les roches de Catirama riches en FeO plutôt d'affinité tholéitique.

Les processus à l'origine des variations de composition sont la cristallisation fractionnée (augmentation en SiO   et Na  O+K  O et diminution en MgO et FeO) et la fusion partielle (affinité alcaline/subalcaline).

NB : la notion de cristallisation fractionnée n'a été que très peu abordée par les candidats.

1.2.2. Modélisation du processus de cristallisation fractionnée

La composition géochimique des éléments en trace des roches volcaniques apporte des informations supplémentaires quant à la nature des roches et leur génèse. Lors des processus magmatiques tels que la cristallisation ou la fusion, le comportement des éléments en trace varie suivant les minéraux, la composition de magma considérée et les conditions de cristallisation (T, P, redox...).

Tableau : Coefficients de partage entre un liquide silicaté basaltique et l'olivine, le clinopyroxène et le plagioclase (Kd) et composition du magma primaire

	Kd Olivine	Kd Clinopyroxène	Kd Plagioclase	Basalte (ppm)
Rb	0,0000001	0,0006	0,1	4
Sr	0,00004	0,1283	1,483	116

Question I.7. Comment sont déterminés les coefficients de partage entre minéraux et liquide silicaté ? Expliquez à quoi correspond un coefficient de partage et commentez les coefficients de partage de Sr et Rb entre un liquide basaltique et l'olivine, le clinopyroxène et le plagioclase.

Réponse à la question I.7.

Les coefficients de partage sont déterminés 1/ à partir d'analyses d'inclusions vitreuses dans les minéraux, 2/ d'analyses de matrice dans les roches vitreuses, ou 3/ expérimentalement en autoclave ou piston cylindre.

Le coefficient de partage correspond à la concentration d'un élément (i) dans un minéral sur la concentration de l'élément dans le liquide : $K_d = C_{\text{minéral}}^i / C_{\text{liquide}}^i$.

Lorsque le coefficient de partage est supérieur à 1 ($K_d > 1$), l'élément est compatible dans le minéral, lorsque le coefficient de partage est inférieur à 1 ($K_d < 1$), l'élément est incompatible dans le minéral.

Sr est incompatible dans l'olivine et le clinopyroxène et il est compatible dans les plagioclases. C'est un élément alcalino-terreux à fort rayon ionique, de valence 2+, il remplace le calcium (Ca^{2+}) dans le plagioclase.

Rb est incompatible dans tous les minéraux. On note que Rb est moins incompatible dans le plagioclase que dans les minéraux ferromagnésiens, olivine et clinopyroxène.

En émettant l'hypothèse que les roches du bassin de Nouméa sont co-génétiques, déterminez si la cristallisation fractionnée du basalte primaire permet d'expliquer la variation de composition observées pour les roches volcaniques du bassin de Nouméa. Le basalte présente l'assemblage de phénocristaux suivant : 20% plagioclase, 40% clinopyroxène et 40% olivine

Question I.8. Calculez le coefficient de partage global D pour Sr et Rb. Que pouvez-vous conclure sur la compatibilité de ces éléments dans le basalte ? rappel : $D^{\text{Sr}}_{\text{global}} = \sum X_i D^{\text{Sr}}_i$ (X_i : fraction du cristal i).

Réponse à la question I.8.

$D_{\text{Sr}} = 0,20 \cdot 1,483 + 0,4 \cdot 0,1283 + 0,4 \cdot 0,00004 = 0,348$

$D_{\text{Rb}} = 0,2 \cdot 0,1 + 0,4 \cdot 0,0006 + 0,4 \cdot 0,0000001 = 0,020$

Le calcul du coefficient de partage global indique que les deux éléments Rb et Sr sont incompatibles dans le basalte. On peut noter que Rb est plus incompatible que Sr.

Question I.9. En utilisant l'équation du modèle de cristallisation fractionnée, calculez l'enrichissement en Rb et Sr dans le liquide résiduel pour différentes fractions de liquide restant (f). Utiliser les valeurs de f = 0,025 ; 0,05 ; 0,1 ; 0,2 ; 0,4 ; 0,5 ... à 1. Classez vos résultats dans un tableau du type : f - C_L^{Sr} - C_L^{Rb} .

Rappel : Équation de cristallisation fractionnée : $C_L/C_0 = F^{(D-1)}$

C_0 et C_L : Composition en éléments en trace du liquide silicaté initial et du liquide silicaté résiduel après cristallisation fractionnée.

f : Fraction de liquide restant après cristallisation.

D : Coefficient de partage global.

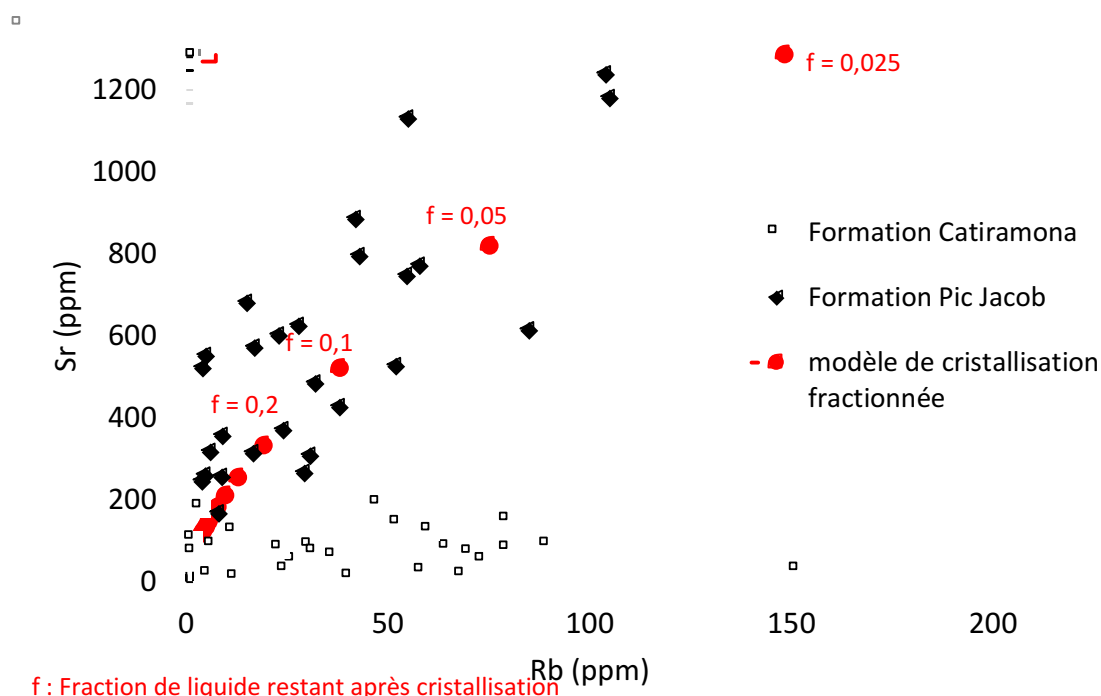
Réponse à la question I.9.

f	Cl Sr	Cl Rb
0,025	1285,29	143,24
0,05	817,96	73,12
0,1	520,54	37,33
0,2	331,27	19,06
0,3	254,32	12,86
0,4	210,82	9,73
0,5	182,28	7,84
0,6	161,85	6,57
0,7	146,37	5,65
0,8	134,17	4,97
0,9	124,25	4,43
1	116,00	4,00

Question I.10. : Reportez les valeurs du modèle de cristallisation dans le graphe Sr et Rb représentant la composition des roches de Nouméa (document I.5.). Commentez les résultats du modèle et les teneurs en éléments en trace des roches volcaniques de Nouméa. Commentez les résultats du modèle et les teneurs en éléments en trace des roches volcaniques de Nouméa. Proposez une ou des hypothèses qui permettrait d'expliquer les très faibles teneurs en Sr des roches de la formation Catiramona.

Réponse à la question I.10.

1.1.1.1 Document

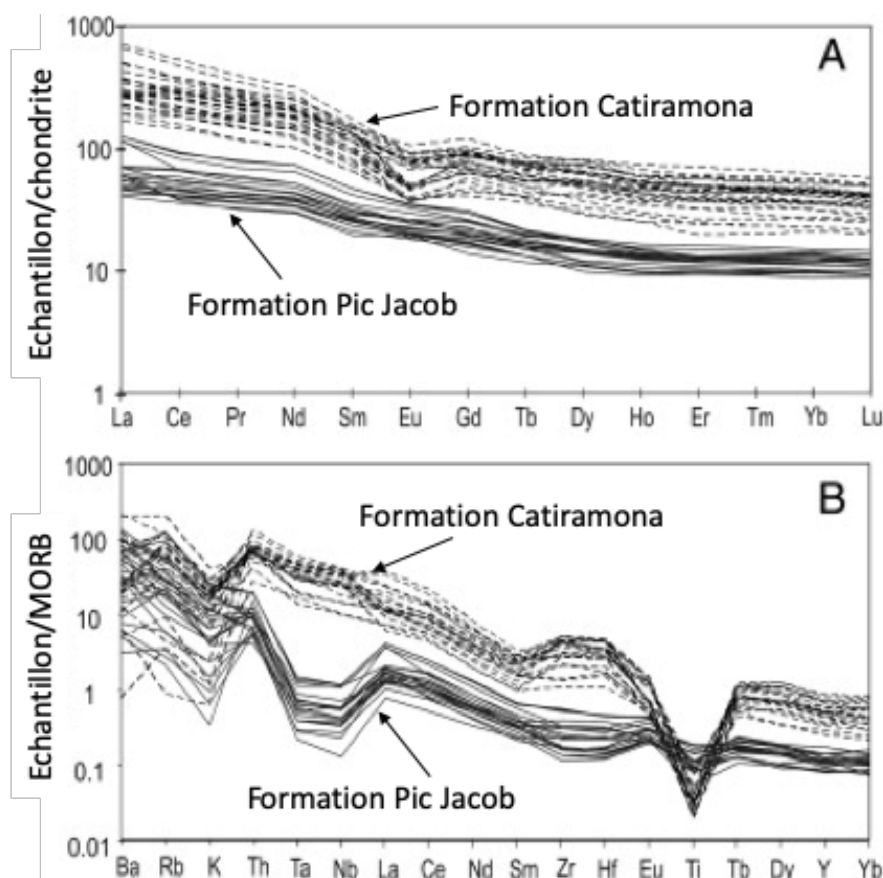


Commentaires (question I.10.) :

En considérant que les roches de La formation Pic Jacob sont co-génétiques, la cristallisation fractionnée de 40% de l'olivine, 40% cpx et 20% de plagioclase permet d'expliquer les enrichissements en Sr et Rb observés dans les roches. Les roches les plus évoluées (riches en

Sr et Rb) sont issues de ~96% de cristallisation fractionnée d'un assemblage minéralogique à 40% d'olivine, 40% de cpx et 20% de plagioclase (1-0,025 fraction liquide restant). La formation Catiramaona montre une augmentation des teneurs en Rb pour des teneurs en Sr constantes. Cette évolution ne peut pas être expliquée par la cristallisation fractionnée d'un assemblage minéralogique à 40% d'olivine, 40% de cpx et 20% de plagioclase. Les faibles teneurs en Sr requièrent une importante cristallisation de plagioclases. Si l'on considère la cristallisation de 100% de plagioclases à partir du basalte, le coefficient de partage global est $D_{Sr} = 1,483$. Le Sr est compatible lors de la cristallisation fractionnée et les teneurs en Sr diminuent avec la cristallisation fractionnée.

Document I.6. Spectres de terres rares normalisés aux chondrites et les spectres étendus normalisés aux basaltes de ride océanique (Mid Oceanic Ridge Basalt - MORB) des laves du bassin de Nouméa.



Question I.11. Expliquez le principe de normalisation par rapport aux chondrites et aux MORB. Commentez l'allure des graphes des éléments en trace. Soulignez les caractéristiques distinctives qui les différencient des graphes typiques de MORB.

Réponse à la question I.11.

La normalisation aux chondrites permet de « lisser » les spectres dans les diagrammes de terres rares en enlevant l'effet Oddo-Harkins et de comparer les données à celles des chondrites.

La composition des basaltes de ride océanique est utilisée dans les diagrammes étendus comme référentiel du manteau lithosphérique – manteau appauvri.

Les spectres de terres rares (TR) normalisés aux chondrites montrent un enrichissement en TR légères par rapport TR lourdes. On note que la formation de Catirama est beaucoup plus riche en TR que la formation de Pic Jacob (~200-800 et ~100 fois les chondrites, respectivement). L'anomalie en europium indique la cristallisation du plagioclase

Les spectres étendus montrent des teneurs en LILE plus fortes dans les roches de Nouméa que dans les MORB et des teneurs en TR lourdes plus faibles, suggérant une origine plus profonde (les TR lourdes sont compatibles dans le grenat). Les éléments à fort potentiel ionique (HFSE) sont similaires aux MORB.

On note une anomalie en Nb-Ta et Zr-Hf pour la formation de Pic Jacob et une anomalie négative marquée en Ti pour Catirama.

Question I.12. : Précisez les caractéristiques chimiques des laves (éléments majeurs et en trace) qui vous permettent de formuler une hypothèse sur leur contexte géodynamique de mise en place.

Réponse à la question I.12.

Les roches de la *Formation Pic Jacob* sont des laves peu différenciées sub-alkalines à alcalines. Elles ont des teneurs élevées et très variables en éléments lithophiles Ba, Rb, K. Les faibles teneurs en TR et des anomalies marquées en Nb-Ta et Zr-Hf, suggèrent une origine en contexte de subduction.

Les roches de la *Formation Catirama* sont des laves très différenciées avec des teneurs relativement fortes en TR et HFSE, des teneurs variables faibles en LILE et des anomalies négatives en Ti, suggérant un magma alcalin issu d'un faible taux de fusion partielle de type point chaud. Les fortes teneurs en éléments en trace reflètent un faible taux de fusion et la cristallisation fractionnée.

Partie II. l'ophiolite de Nouvelle Calédonie

L'ophiolite de la Nouvelle-Calédonie (Sud-Ouest Pacifique) correspond à l'une des plus grandes du monde (500 km de long, 50 km de large et 2 km d'épaisseur). Celle-ci se compose d'un massif principal au Sud de l'île et de petites klippes localisées le long de la côte Ouest. Les péridotites sont majoritairement de nature harzburgitique, à l'exception de massifs les plus au Nord, également constitués de lherzolites. Mise en place durant l'Éocène, cette ophiolite chevauche l'unité magmatique de Poya, principalement composée de basaltes océaniques de type MORB, associés à quelques basaltes de bassin arrière-arc et d'île océanique. Cette unité s'est également mise en place durant l'Éocène, avant l'obduction de la nappe ultrabasique.

II.1. Les roches mafiques

II.1.1. Observations pétrographiques des roches mafiques

Le document II.1. présente une photographie d'un échantillon macroscopique correspondant à un type pétrographique présent dans le Massif du Sud. La photo de droite est un zoom de ce même échantillon. La lame mince correspondant à cet échantillon est présentée en poste 1 (microscope polarisant).

Document II.1.



Question II.1. Observez au microscope polarisant (poste 1) la lame mince correspondant à l'échantillon macroscopique du document II.1. Vous décrirez, dessinerez et identifierez cette lame mince dans le cadre ci-dessous. Vous donnerez les principaux critères de reconnaissances des minéraux. Déterminez le pourcentage de minéraux à partir de la charte visuelle (le pourcentage de *minéraux est requis pour la question II.2.*).

Réponse à la question II.1.

La roche est mésocrate (40 vol.% de minéraux ferromagnésiens) avec une texture grenue intersertale.

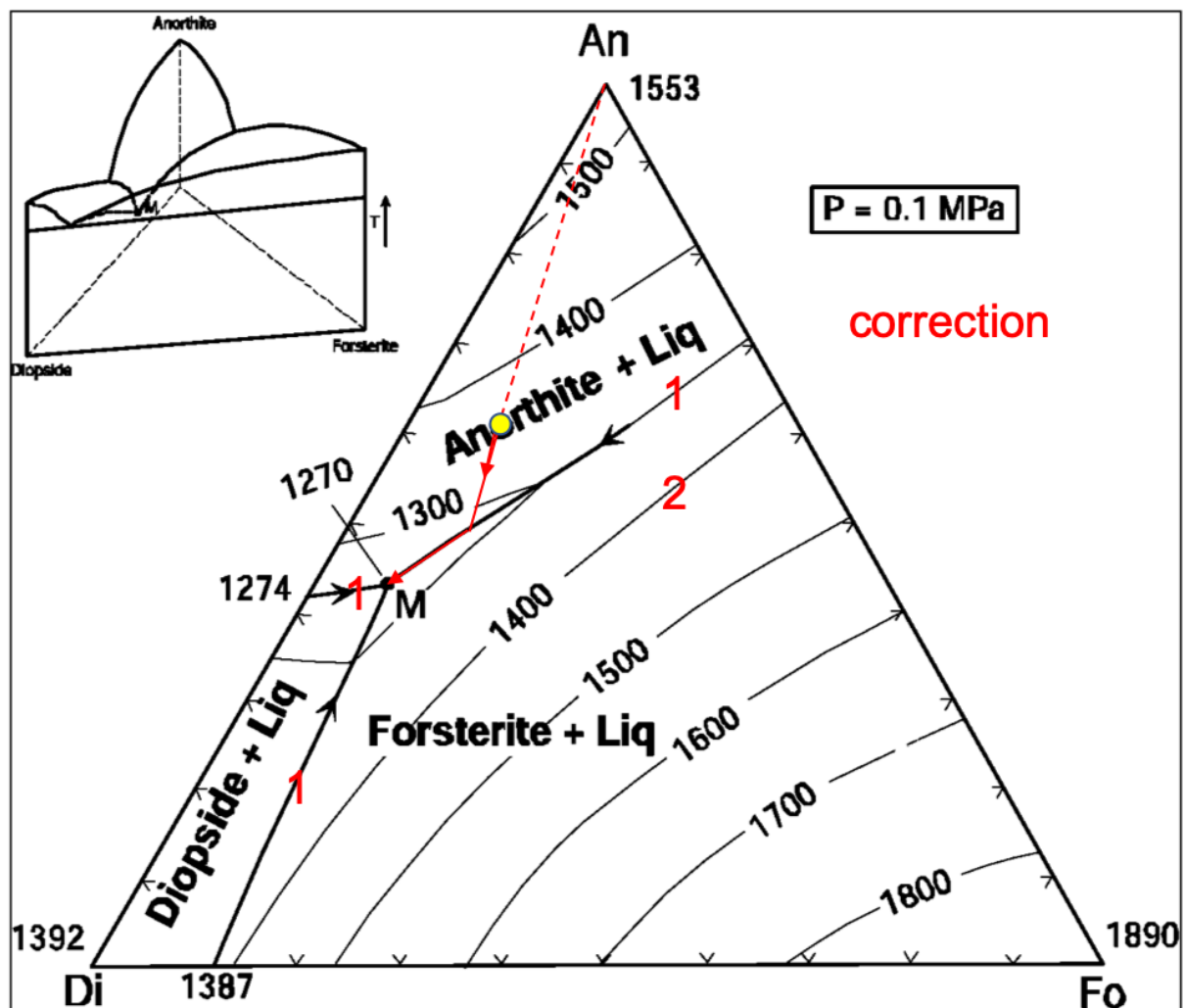
Les phénocristaux incluent des plagioclases tabulaires, blancs en LPNA et avec la macle polysynthétique en LPA. Des clinopyroxènes sont interstitiels entre les plagioclases, roses (riche en Ti), non pléochroïques, avec deux clivages à 90 degrés pour les sections basales. En LPA, ils ont une teinte de polarisation fin deuxième ordre et une extinction oblique à 45°. Les olivines sont présentes sous forme de cristaux blancs craquelés à fort relief en LPA et avec une teinte de polarisation fin deuxième ordre et une extinction droite.

Deux types d'oxydes sont présents : les spinelles, marrons en LPNA et isotropes en LPA et la magnétite, noire en LPNA et isotrope en LPNA. Quelques biotites sont également présentes autour des oxydes.

Les pourcentages de minéraux sont d'environ 60% plagioclase, 30% clinopyroxène et 10 % olivine.

II.1.2. Équilibres de phase

Document II.2. Diagramme ternaire d'équilibre des phases Anorthite (An) – Forstérite (Fo) - Diopside (Di) à 0.1 MPa (T = température en °C).



Question II.2. Complétez la légende du *document II.2.* (lignes et points remarquables), directement sur le document II.2. et expliquez à quoi ils correspondent dans le cadre ci-dessous

Réponse à la question II.2.

Composants-minéraux: An: $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ - anorthite; Fo : Mg_2SiO_4 - forsterite, Di : $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ - diopside.

- Point M eutectique ternaire à 1270°C - Réaction Eutectique n. m. [du gr. *eutêktos*, qui fond facilement] – réaction isotherme d’un mélange de deux ou plusieurs corps purs qui fond et se solidifie à température constante de manière uniforme – réaction discontinue.

- Lignes cotectiques ternaires (1) - La courbe du liquidus dans les diagrammes binaires devient une surface courbe complexe (colline) --> converge vers M

- Projections des liquidus (2) sur la base du triangle An-Di-Fo.

Question II.3. : A partir du pourcentage de minéraux présent dans la lame mince (question II.1), déterminez la séquence de cristallisation à l’équilibre du liquide silicaté dont est issue cette roche. Vous indiquerez sur le *document II.2.* l’évolution de la composition du liquide et des solides à chaque étape de l’évolution de ces deux systèmes et complèterez votre réponse dans le cadre ci-dessous. Vous indiquerez si les réactions sont continues ou discontinues et les proportions liquide/minéraux (rapport minéraux / liquide) à 1300°C.

Réponse à la question II.3.

La roche de composition $\text{An}_{60} \text{Di}_{30} \text{Ol}_{10}$ est liquide à des températures supérieures à 1350°C (liquidus).

La composition est dans le champ Anorthite+liquide, indiquant que l’anorthite cristallise en premier.

A 1350°C, la réaction est continue : Liquide -> Liquide + anorthite

Lors de la cristallisation, la composition du liquide silicaté évolue à l’opposé de la composition de l’anorthite (bilan de masse – ligne rouge) ; Anorthite – roche totale – composition du liquide sont colinéaires.

A 1300°C, il y a 80% de liquide et 20% d’anorthite (principe du levier).

A environ 1285 °C, le liquide silicaté atteint la ligne cotectique anorthite-olivine et la réaction est continue : Liquide -> Liquide + anorthite + olivine

La composition du liquide évolue le long de la ligne cotectique vers le point M

A 1270°C, le liquide atteint l’eutectique ternaire M. La réaction est discontinue (à température constante) : Liquide -> Liquide + anorthite + olivine+ diopside

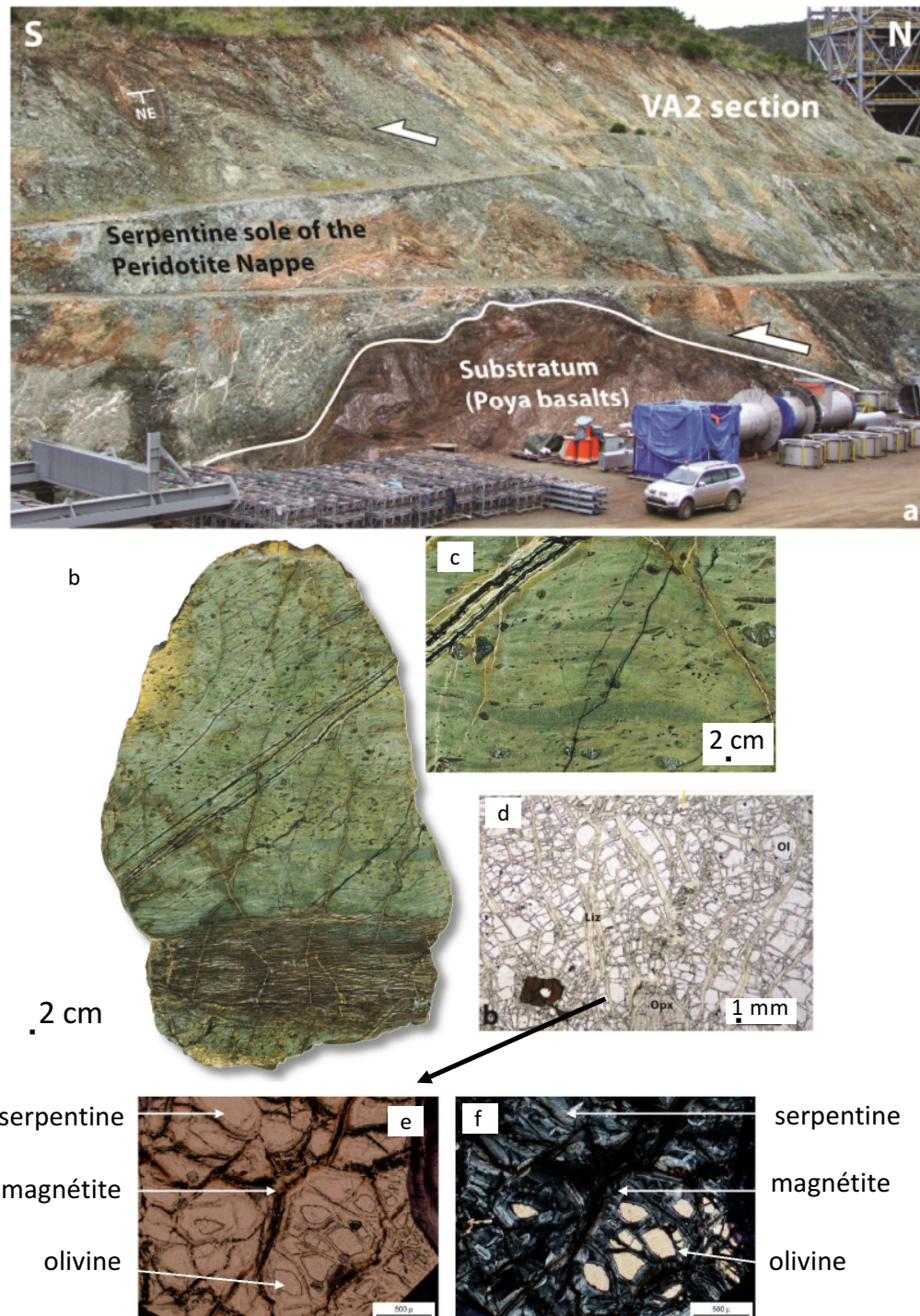
La réaction se produit à température constante (1270°C) jusqu’à ce que tout le liquide soit cristallisé.

La cristallisation du basalte se produit entre 1300 et 1270°C, la séquence de cristallisation est anorthite, forstérite, diopside, en accord avec les observations pétrographiques sur la lame mince (plagioclase tabulaire, olivine automorphe interstitielle et clinopyroxène intersertale).

II.2. Les roches ultramafiques de Nouvelles Calédonie

Dans la partie Nord-Ouest de l’île, le Massif de Koniambo représente une des klippes de la nappe péridotite de Nouvelle-Calédonie. La nappe est principalement composée de harzburgite avec une semelle de serpentinites sur le substratum formé par les basaltes de la Nappe de Poya (Quesnel *et al.* 2016).

Document II.3. a. Photo de la semelle de serpentinite du Massif de Koniambo ; (b-c). Photos d'échantillons macroscopiques de serpentinite et (d-e-f) photos de lames minces de ces échantillons en LPNA (d-e) et LPA (f). (VA2 section : affleurement au sud de la péninsule Vavouto au sud du Massif de Koniambo).



Question II.4. A partir des observations de terrain et des observations des roches ultramafiques du *document II.3.* et de vos connaissances, définissez les conditions de formation des serpentinites.

Réponse à la question II.4.

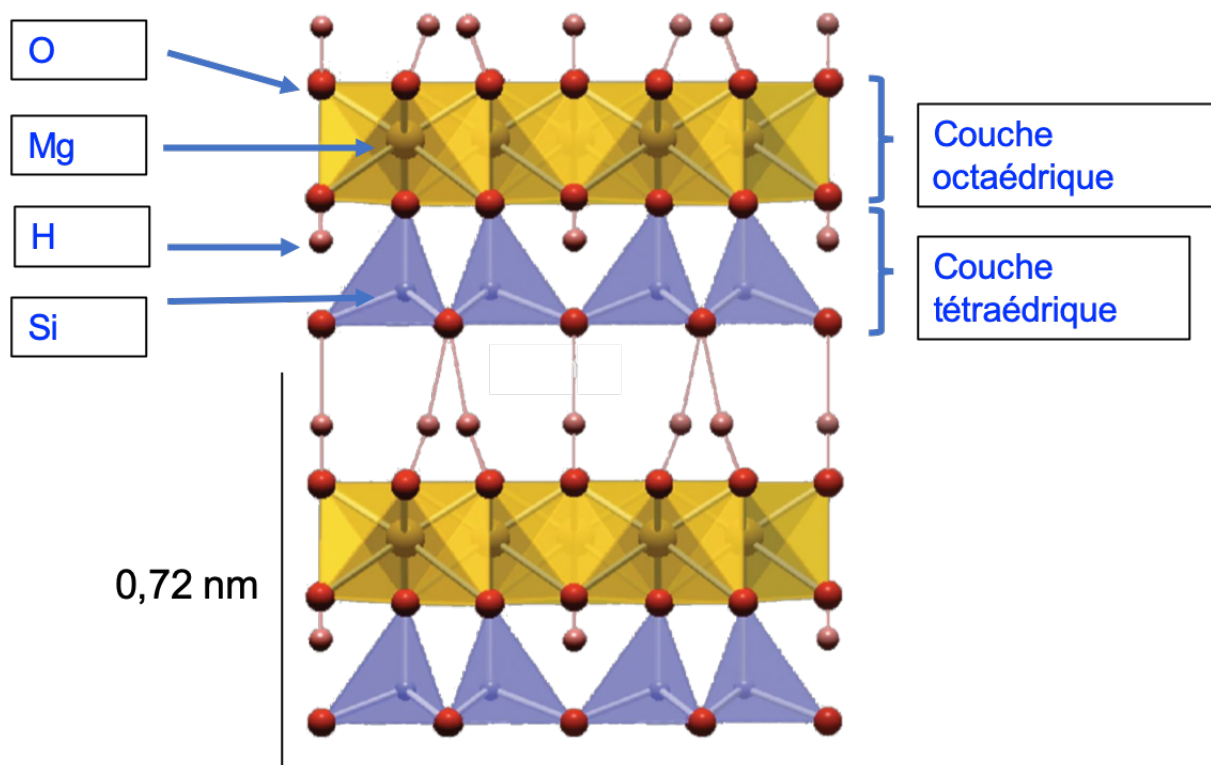
Les documents présentent différentes échelles d'observations des serpentinites.

A l'échelle de l'affleurement, les serpentinites, de couleur verte, sont présentes au contact avec la nappe de Poya au niveau de la semelle ophiolitique, un lieu de circulation de fluide importante. On note que les roches sont déformées et la présence de failles.

Les roches mères, les harzburgites sont des roches mantelliques réfractaires composées d'olivines et d'orthopyroxènes. La circulation de fluides dans ces roches induit une réaction rétrograde d'hydratation progressive des olivines et orthopyroxènes (lames minces II.3), formant des minéraux du groupe des serpentines (antigorite, lizardite, chrysotile).

Question II.5. Légendez la représentation de la serpentine ci-dessous (document II.4.), de formule structurale $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$. Indiquez à quel groupe (famille) de minéraux appartient le groupe des serpentines.

Document II.4.



Réponse à la question II.5.

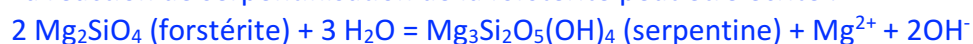
Un groupe de minéraux « phyllosilicates », avec une structure T-O.

Lorsque le mot "serpentine" est utilisé seul, il désigne généralement l'antigorite ou l'amésite, mais il peut également désigner la lizardite ou l'une des espèces de chrysotile.

Question II.6. Écrivez l'équation équilibrée de la réaction de serpentinisation lors des processus hydrothermaux.

Réponse à la question II.6.

La réaction de serpentinisation de la forstérite peut être écrite :



ou



II.3. Les ressources minérales des roches ultramafiques

L'histoire de la Nouvelle-Calédonie est marquée par celle des ressources de son sous-sol. Parmi les différentes ressources minérales, certaines sont actuellement importantes d'un point de vue économique (Ni et Co), d'autres ont été importantes dans le passé, mais ne sont plus exploitées (Cr et Fe), et d'autres encore ont été activement explorées et prospectées sans succès (les éléments du groupe du platine (PGE)), mais ont un potentiel futur. Certaines ressources sont nouvelles et prospectives et nécessitent donc plus d'efforts d'exploration et de recherche.

Question II.7. Définissez les termes suivants : Ressources naturelles, ressources renouvelables, ressources minérales, minerai et gisement/gîte.

Réponse à la question II.7.

Ressources naturelles

Toutes les substances provenant de notre planète, nécessaires à la société humaine, incluant l'air, l'eau, l'énergie et les substances minérales

Ressources renouvelables

Ressources remplaçables à l'échelle de la durée de la vie humaine (nourriture, eau, certaines énergies (hydraulique, solaire, éolienne, géothermique...))

Ressources minérales

Ressources ne pouvant être remplacées rapidement, correspondant à la concentration d'éléments chimiques par des processus géologiques. Les lieux de cette concentration sont les « Gisements » ou « Gîtes minéraux »

Minerai :

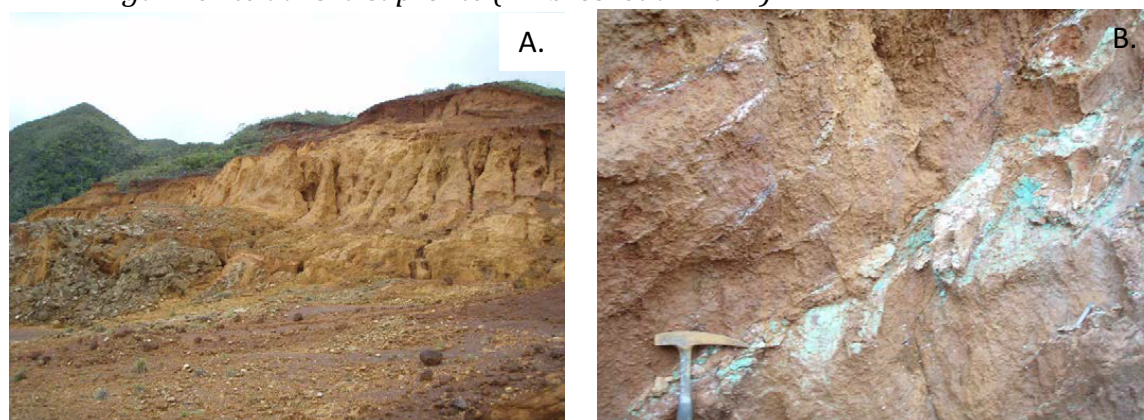
Ensemble rocheux contenant des substances utiles en pourcentage suffisant pour justifier une exploitation. En pratique, le terme désigne essentiellement les substances métalliques.

Gisement / gîte : réservé le plus souvent à des masses minérales comportant un ou plusieurs métaux susceptibles d'une exploitation (gîte métallifère).

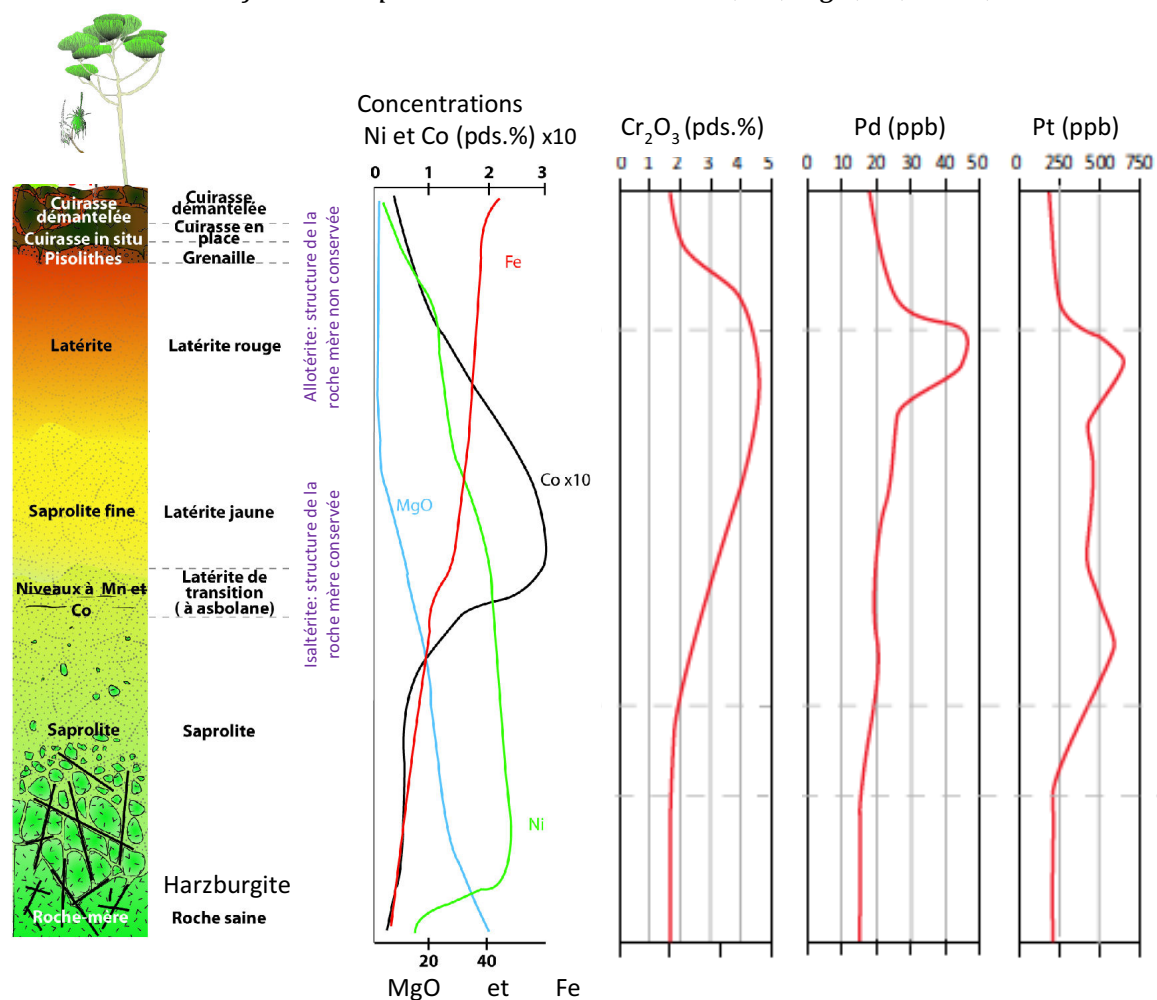
II.3.1. Profil latéritique

La formation des gisements en Nouvelle Calédonie résulte de l'altération superficielle des roches ultrabasiques, essentiellement des péridotites, par les agents atmosphériques du climat tropical.

Document II.5. A. Affleurement de latérite dans une petite carrière au sommet du Boulinda dans la partie centrale de l'île (Kopeto). La proximité du bedrock (harzburgite) est bien visible dans la partie gauche de la photographie. B. Réseau de veines à garniérite dans la saprolite (Ambrosi et al. 2014).



Document II.6. Profil latéritique et concentrations en Ni, Co, MgO, Fe, Cr₂O₃, Pd et Pt.



Question II.8. Définissez ce qu'est un profil latéritique et précisez les processus mis en œuvre expliquant sa structuration verticale.

Réponse à la question II.8.

Un profil latéritique est un profil d'altération. Sous les climats tropicaux, la désagrégation mécanique des roches est très faible, en revanche la décomposition chimique devient extrêmement active. La température constamment élevée sous l'équateur permet la concentration d'ions H^+ libres dans les eaux du sous-sol à des teneurs six fois plus élevées que sous les latitudes d'Europe. En outre, les eaux sont fréquemment acides. L'altération atteint alors parfois plus de 100 m de profondeur.

Ce processus s'exerce à partir de roches pauvres en silice et riches en hydroxydes de fer et d'alumine. Il consiste en un départ presque total de la silice, exportée dans les eaux de lessivage avec les alcalis, et l'accumulation sur place d'hydrates d'alumine (gibbsite) et de ses oxydes ou hydrates de fer (goethite, stilpnosidérite) qui donnent au sol une couleur rouge caractéristique (du latin later, brique).

Un profil latéritique correspond à différents stades d'hydrolyse, de moins en moins poussés vers le bas. Notion d'isaltérite et allotérite cf document.

Question II.9. En quoi ces processus expliquent les concentrations observées dans le profil latéritique ?

Réponse à la question II.9.

Processus d'hydrolyse, Fe = hydrolysats se concentrent donc beaucoup dans roches altérées.

Proche surface : le lessivage est trop important et même les éléments lourds sont évacués.

L'eau météorique hydrolyse certains minéraux des roches du sol dont le lessivage des ions les plus solubles induit la concentration des éléments les moins mobiles selon la classification de Goldschmidt.

II.3.2. Gisements de nickel

Le nickel est un élément en trace dans les roches mantelliques que l'on retrouve enrichi dans les profils d'altération.

Question II.10. Donnez le nom du ou des minéraux primaires dans le(s)quel(s) le nickel est compatible et expliquez pourquoi.

Réponse à la question II.10.

Le nickel a une valence $2+$ et un rayon ionique de $1,49 \text{ \AA}$.

D'après la règle de Goldschmidt, 2 ions de même valence et de même rayon se substituent facilement et forment une solution solide.

Ni se substitue au magnésium Mg^{2+} (rayon $1,45 \text{ \AA}$), il est compatible dans le pôle magnésien de l'olivine de formule $Mg_2Si_2O_4$.

Question II.11. A partir des cartes du **document II.7**. (Cartes fournies format A3), déterminez quels facteurs jouent un rôle important dans la formation des gisements de Nickel.

Réponse à la question II.11.

A partir des différentes cartes, on observe que la distribution du minéral garniéritique est localisée au niveau de la nappe de péridotite et latérites associées.

La distribution est hétérogène et plusieurs facteurs peuvent l'expliquer :

- Facteurs paléomorphologiques : les concentrations en Ni se localisent dans des dépressions fermées ou ouvertes. Les reliefs résiduels ne présentent qu'une minéralisation pauvre en Ni ; (Carte MNT & Cadastre).
- Facteurs tectoniques : Les accidents cassants contemporains de l'obduction des péridotites sont des drains majeurs permettant le développement de l'altération en profondeur et des zones physicochimiques propices à la précipitation des silicates hydratés de nickel. (Carte morpho-tectonique)
- Facteurs hydrologiques et hydrogéologiques : Tout ce qui peut provoquer un ralentissement de la circulation des eaux de lessivage contenant du Ni peut conduire à la précipitation de silicates hydratés riches. (MNT)
- Facteurs pétrologiques : la nature de la roche mère avec comme postulat que plus la roche initiale est riche en olivine, plus son potentiel en Ni est important (l'olivine étant la principale phase porteuse de nickel) (carte géologique).

II.3.3. Les éléments du groupe du platine

Les éléments du groupe de platine sont des métaux de transition sidérophiles et chalcophiles. De plus, ils ont la particularité d'avoir un très fort potentiel chimique.

Les premières tentatives d'évaluation de la teneur en élément du groupe du platine de la latérite dans le sud du Massif du Sud ont été entreprises à la fin des années 1970. Un enrichissement localement fort en Pt (jusqu'à 700 ppb) et Pd (jusqu'à 80 ppb) sur un substrat stérile a été rapporté dans des profils aléatoires de latérite.

4.1.1.1 Document II.8. Éléments du groupe du platine dans le tableau périodique.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18												
Pnictogène Chalcogène Halogènes																													
1 H Hydrogène 1,008	Atomic Symbole Nom Poids		C Solide											2 He Hélium 4,0026															
3 Li Lithium 6,94	4 Be Béryllium 9,0122	Hg Liquide												10 Ne Néon 20,180															
2 Li Lithium 6,94	4 Be Béryllium 9,0122	H Gaz												18 Ar Argon 39,948															
3 Na Sodium 22,990	12 Mg Magnésium 24,305	Rf Inconnu												36 Kr Krypton 83,798															
<div><div>Métal</div><div>Métal alcalin-terreux</div><div>Métal alcalin</div><div>Lanthanide</div><div>Actinide</div><div>Métal de transition</div><div>Métal pauvre</div><div>Métalloïde</div><div>Non-métal</div><div>Gaz noble</div></div>																													
19 K Potassium 39,098	20 Ca Calcium 40,078	21 Sc Scandium 44,956	22 Ti Titane 47,867	23 V Vanadium 50,942	24 Cr Chrome 51,996	25 Mn Manganèse 54,938	26 Fe Fer 55,845	27 Co Cobalt 58,933	28 Ni Nickel 58,693	29 Cu Cuivre 63,546	30 Zn Zinc 65,38	31 Ga Gallium 69,723	32 Ge Germanium 72,630	33 As Arsenic 74,922	34 Se Sélénium 78,971	35 Br Brome 79,904	36 Kr Krypton 83,798												
37 Rb Rubidium 85,468	38 Sr Strontium 87,62	39 Y Yttrium 88,906	40 Zr Zirconium 91,224	41 Nb Niobium 92,906	42 Mo Molybdène 95,95	43 Tc Technétium (98)	44 Ru Ruthénium 101,07	45 Rh Rhodium 102,91	46 Pd Palladium 106,42	47 Ag Argent 107,87	48 Cd Cadmium 112,41	49 In Indium 114,82	50 Sn Étain 118,71	51 Sb Antimoine 121,76	52 Te Tellure 127,60	53 I Iode 126,90	54 Xe Xénon 131,29												
55 Cs Césium 132,91	56 Ba Baryum 137,33	57-71	72 Hf Hafnium 178,49	73 Ta Tantale 180,95	74 W Tungstène 183,84	75 Re Rhenium 186,21	76 Os Osmium 190,23	77 Ir Iridium 192,22	78 Pt Platine 195,08	79 Au Or 196,97	80 Hg Mercure 200,59	81 Tl Thallium 204,38	82 Pb Plomb 207,2	83 Bi Bismuth 208,98	84 Po Polonium (209)	85 At Astate (210)	86 Rn Radon (222)												
87 Fr Francium (223)	88 Ra Radium (226)	89-103	104 Rf Rutherfordium (261)	105 Db Dubnium (268)	106 Sg Seaborgium (269)	107 Bh Bohrium (270)	108 Hs Hassium (277)	109 Mt Meitnerium (278)	110 Ds Darmstadtium (281)	111 Rg Roentgenium (282)	112 Cn Copernicium (285)	113 Nh Nihonium (286)	114 Fl Flerovium (289)	115 Mc Moscovium (290)	116 Lv Livermorium (293)	117 Ts Tennessé (294)	118 Og Oganesson (294)												
Les masses atomiques entre parenthèses sont celles de l'isotope le plus stable ou le plus commun.																													
57 La Lanthane 138,91	58 Ce Cérium 140,12	59 Pr Praseodyme 140,91	60 Nd Néodyme 144,24	61 Pm Prométhium (145)	62 Sm Samarium 150,36	63 Eu Europium 151,96	64 Gd Gadolinium 157,25	65 Tb Terbium 158,93	66 Dy Dysprosium 162,50	67 Ho Holmium 164,93	68 Er Erbium 167,26	69 Tm Thulium 168,93	70 Yb Ytterbium 173,05	71 Lu Lutécium 174,97	89 Ac Actinium (227)	90 Th Thorium 232,04	91 Pa Protactinium 231,04	92 U Uranium 238,03	93 Np Neptunium (237)	94 Pu Plutonium (244)	95 Am Américium (243)	96 Cm Curium (247)	97 Bk Berkélium (247)	98 Cf Californium (251)	99 Es Einsteinium (252)	100 Fm Fermium (257)	101 Md Mendélévium (258)	102 No Nobélium (259)	103 Lr Lawrencium (260)

Question II.12. Quels sont les propriétés chimiques des éléments du groupe du platine ?
Nommez les minéraux qui contiennent des éléments du groupe du platine.

Réponse à la question II.12.

Les éléments du groupe du platine (EGP) sont des métaux de transition.

Ce sont des éléments sidérophiles avec une forte affinité pour le fer et des éléments chalcophiles avec une affinité pour le soufre.

Ces éléments sont principalement présents dans les sulfures de hautes températures, comme la pyrrhotite (Fe_{1-x}S , $0 < x < 0,20$), pentlandite ($\text{Fe, Ni}_9\text{S}_8$) et également dans la pyrite (FeS) et la chalcopryrite (CuFeS_2) bien que souvent en dessous du seuil de détection.

Question II.13. A partir du document II.8. et des propriétés chimiques des éléments du groupe du platine, discutez l'enrichissement en éléments du groupe du platine dans les profils latéritiques de Nouvelle Calédonie.

Réponse à la question II.13.

Le document II.8. montre l'altération des sulfures (pyrrhotite et pentlandite) présents dans les roches du manteau, les harzburgites. Le transport s'effectue dans les niveaux latéritiques. On note que les dépôts en EGP sont distincts des dépôts de nickel, ils sont plus en surface, plus local, dans les latérites rouges.

Question II.14. Définissez le terme de criticité et expliquez pourquoi les éléments du groupe du platine sont *des éléments critiques*.

Réponse à la question II.14.

Le terme de criticité est fonction du risque d'approvisionnement et la demande. Les éléments du groupe du platine ont un très faible approvisionnement, car uniquement présents dans les roches ultramafiques et principalement exploités dans les intrusions litées d'Afrique du Sud (Bushveld) ou Russie (Noril'sk).

Le fort potentiel chimique fait que les EGP sont stables à l'air à très haute température. Ils sont utilisés principalement pour les pots catalytiques, ce qui en font des éléments très demandés.

Les EGP ont la capacité remarquable d'absorber par réaction chimique (chimisorber) de simples molécules gazeuses, comme O_2 et de CO , de façon à former une couche à la surface du métal, mais l'adhésion n'est pas très forte et les réactions de surface sont retardées. Certaines réactions chimiques sont largement accélérées par la présence de cette surface métallique EGP, bien que le métal lui-même ne soit pas un réactant ou un produit.

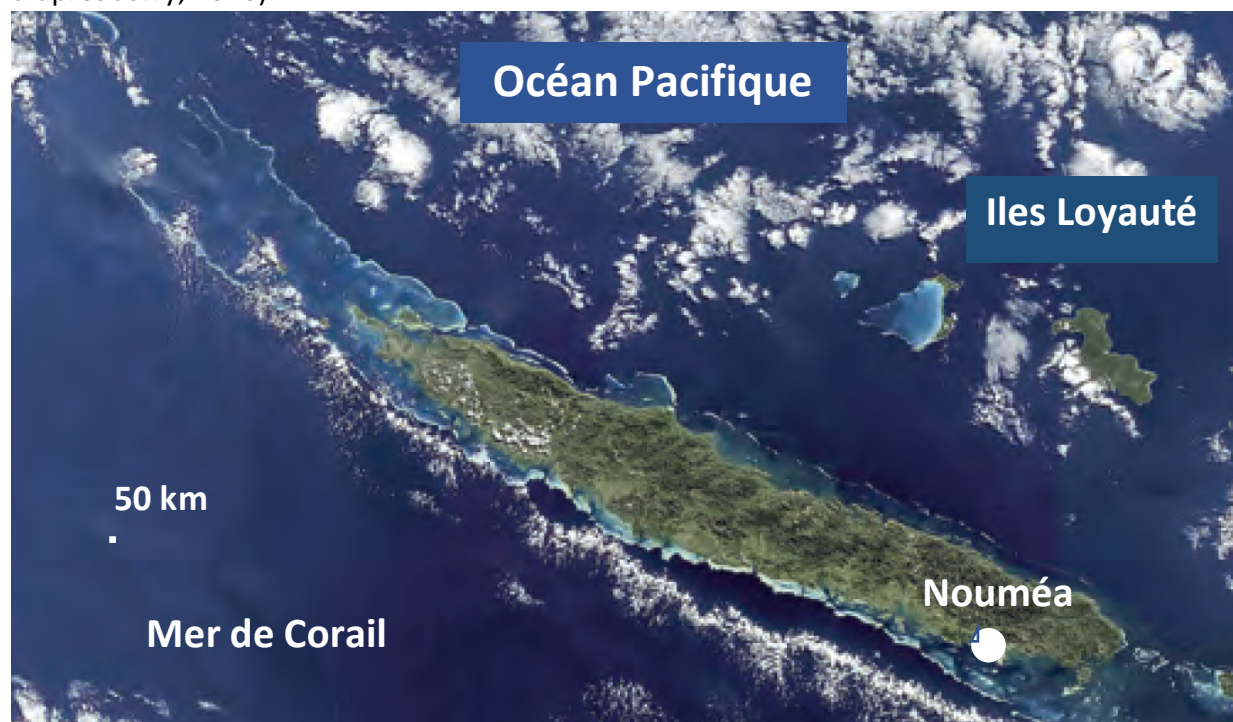
Ces réactions peuvent avoir lieu à des températures élevées sans dégradation de la surface du métal.

Partie III. Géomorphologie et héritage structural des bassins

L'île de la Nouvelle Calédonie **présente une plate-forme carbonatée** mise en place il y a environ **400 000 ans** (Document III.1 ; *Montaggioni et al., 2011*). Cette plateforme **d'une longueur de l'ordre de 1200 km** appartient aux plateformes carbonatées dites « barrées » (*Read, 1985 ; Tucker et Wright, 1990 ; Handford et Loucks, 1993*). La bordure de la plateforme marquant le passage au bassin est caractérisée **par une rupture topographique**. Cette barrière semi-continue à continue, située sur la bordure de plate-forme, individualise un lagon ou une plate-forme interne en domaine proximal, y limitant la circulation océanique. Au sein de ce lagon, la sédimentation marine est de nature lithologique mixte, à la fois silico-clastique et carbonatée.

Il s'agit ici de s'intéresser à la mise en place, à l'évolution et à la dynamique d'une plateforme carbonatée édiflée au Quaternaire, dans un contexte géologique présenté dans la partie I de ce sujet.

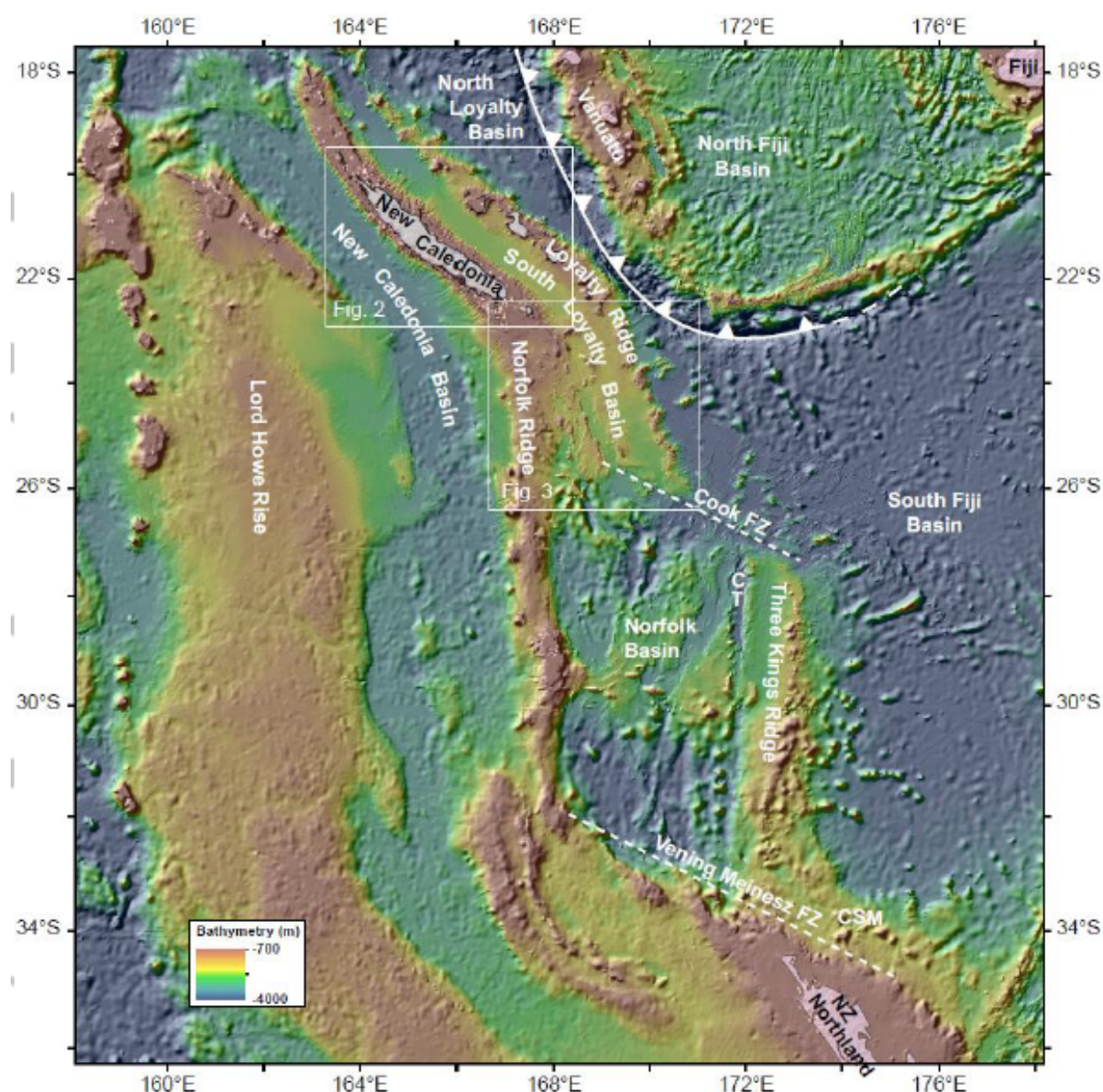
Document III.1. Image satellite de la Nouvelle Calédonie et de son récif barrière (image ESA, d'après Jorry, 2020).



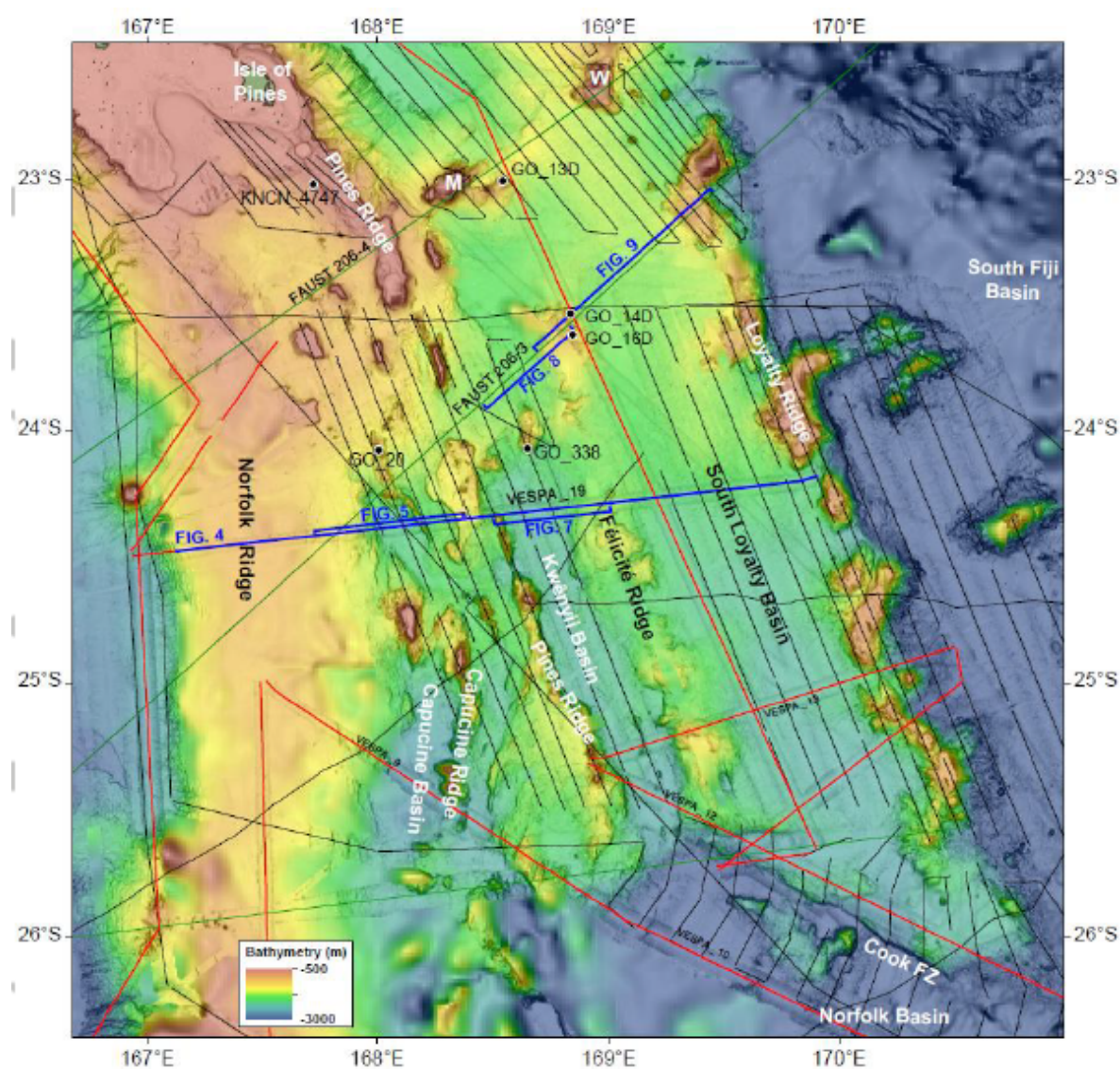
Les données géophysiques valorisées dans la publication de *Patriat et al., (2018)* (Document III. 4.), illustrent (1) la **continuation offshore de la nappe des péridotites** le long de la ligne de faille sur une distance de plus de 500 km au sud de la Nouvelle-Calédonie, et (2) les enregistrements sédimentaires pré-, syn- et post-obduction (Documents III.2, III.3, III.4).

Il est proposé de discuter le contexte géodynamique et **l'héritage géologique à l'origine des hauts fonds sous-marins, des bassins sédimentaires adjacents et des îles** dans le secteur géographique entre la Nouvelle Calédonie et la Nouvelle Zélande.

Document III.2. Physiographie générale de la zone entre la Nouvelle-Calédonie et la Nouvelle-Zélande. CSM : Cavalli Seamount, CT : Cagou Trough, d'après *Patriat et al., .2018*.

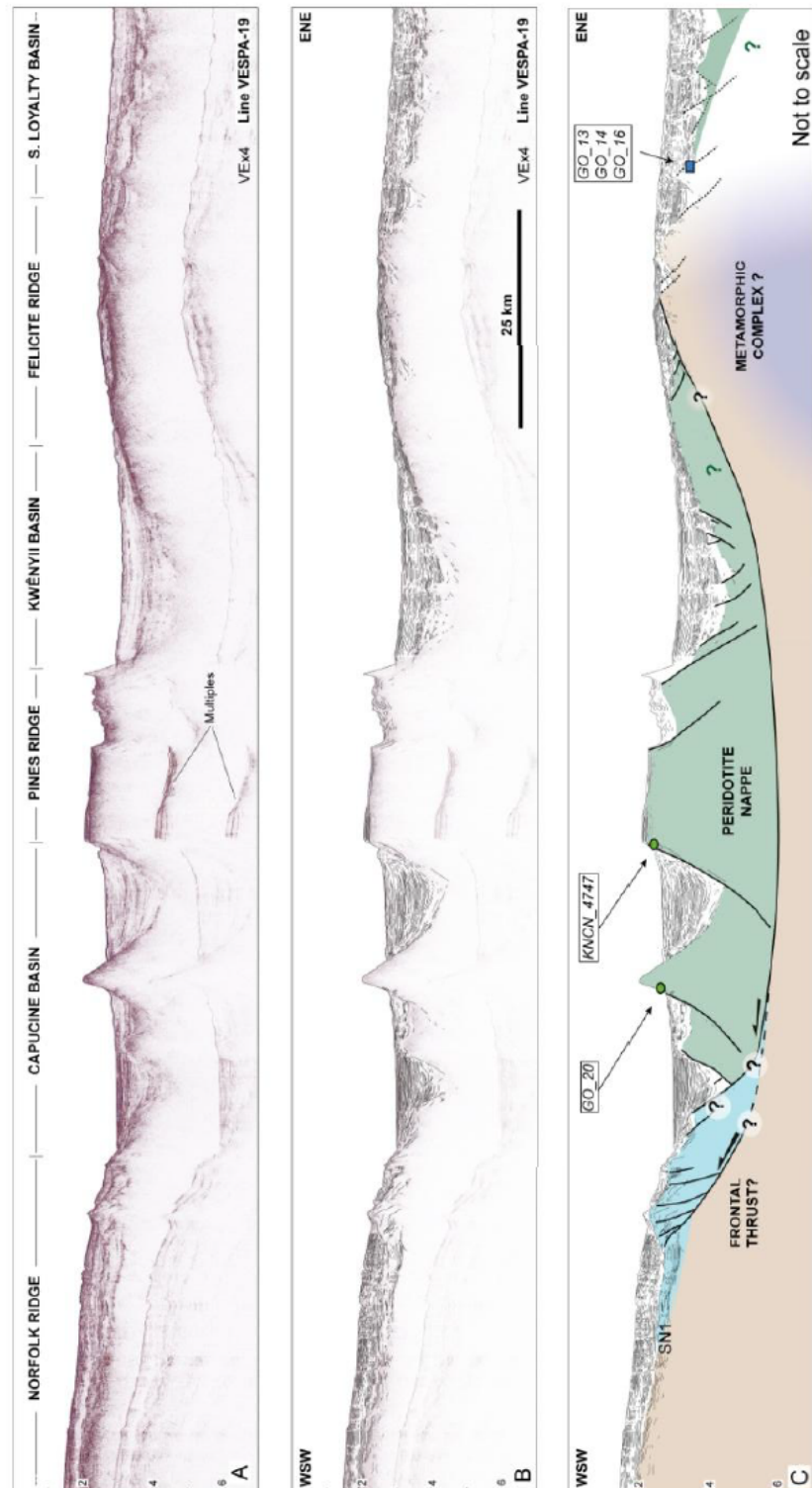


Document III.3. Localisation des sections sismiques sur la bathymétrie multifaisceaux (lignes bleues = lignes sismiques utilisées dans ce sujet ; lignes rouges = autres lignes sismiques VESPA ; lignes noires = autres lignes sismiques). Les données multifaisceaux de diverses croisières ont été complétées par des données satellitaires (*Smith et Sandwell, 1997*). Les points noirs correspondent aux sites des dragues discutés dans le texte (*Mortimer et al., 2014*). M = mont sous-marin Munida, W = île Walpole ; d'après *Patriat et al., 2018*. Les numéros de figures au sein de la Figure 2 sont issus de l'article de *Patriat et al., 2018* et ne correspondent pas à ceux du texte associé à ce sujet de Travaux Pratiques.



Document III.4. Profil sismique VESPA 19 (voir localisation sur le document III.3. Exagération verticale : x4). A) Profil brut non interprété avec localisation des principaux bassins et hauts-

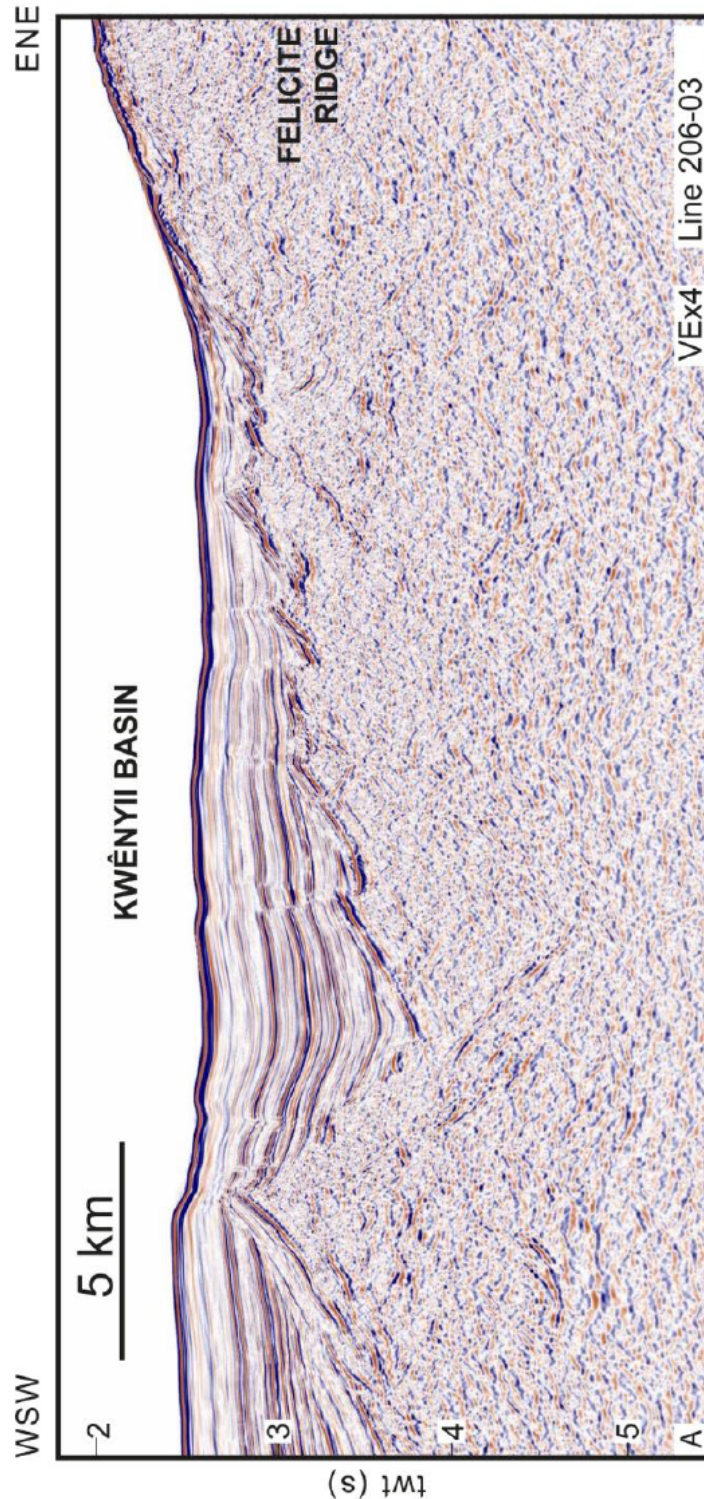
fonds. B) Dessin d'interprétation des principaux réflecteurs. C) Interprétation illustrant le modèle conceptuel des relations entre la nappe de péridotite et le complexe métamorphique. Les localisations des prélèvements par dragage des roches ultramafiques (cercles verts) et basaltiques (carrés bleus) ont été reportées sur la ligne sismique (modifié d'après *Patriat et al., 2018*).



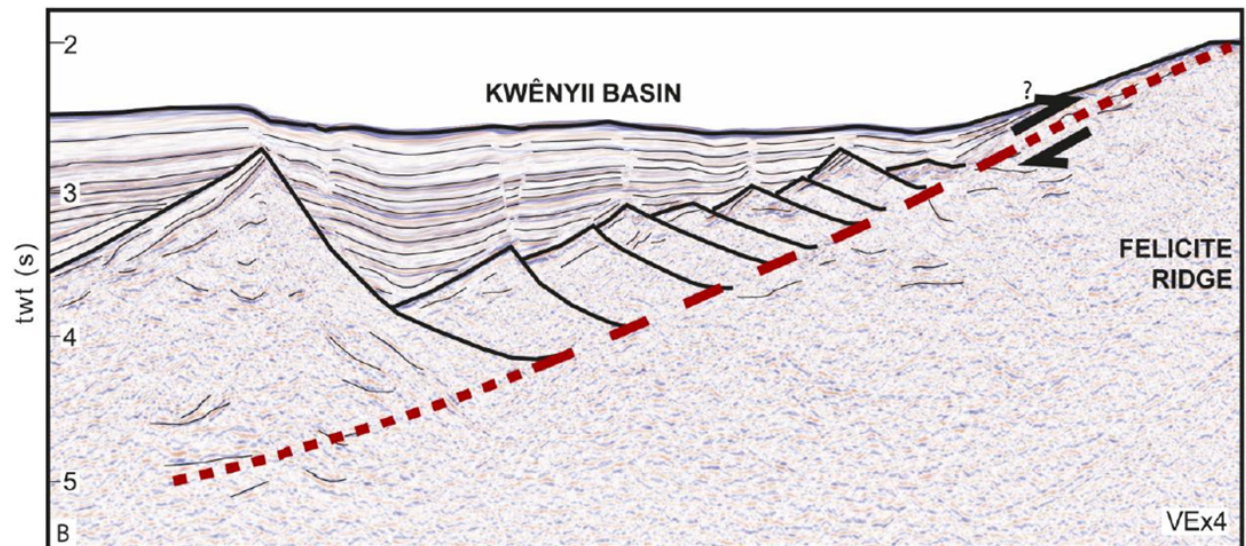
Question III.1. À l'aide d'un papier calque, et en vous appuyant sur les documents III. 1 à III. 4, vous proposerez votre interprétation du profil géophysique du bassin de KWENYIL ci-dessous

(document III.5). Vous porterez attention à localiser et légender les principales structures géologiques identifiées (failles, zone de décollement, ...).

Réponse à la question III.1 (Votre interprétation sismique se fera sur un papier calque que vous rendrez avec votre copie)



Document III.5. Profil sismique brut 206-03 sur le bassin de Kwényii et le flanc oriental de la dorsale (Ridge) Félicité.
Voir localisation sur le document III.3.



NB. l'interprétation géophysique a été globalement bien réussie. Les candidat(e)s ne doivent pas négliger la qualité des interprétations, et tenir compte des échelles de temps et d'espace.

Question III.2. Commenterez vos résultats d'interprétation sismique en termes de :

- type de bassin identifié (géométrie, épaisseur de sédiments, ...)
- contexte géodynamique à l'origine des reliefs à terre et en mer dans le secteur géographique de la Nouvelle Calédonie

Réponse à la question III.2.

Le bassin de Kwênnyii est bordé par la crête des Pins et la crête de Félicité (Figure 2). Une grande faille normale est présente sur son côté ouest et l'ensemble du bassin est segmenté par de nombreux héli-grabens étroits. On y distingue de nombreuses failles normales orientées NNW et plongeant vers l'E.

Une série de failles normales observées sous le bassin délimite plusieurs blocs inclinés qui augmentent progressivement en profondeur et en largeur vers l'ouest. Ceci suggère qu'elles pourraient être enracinées dans un détachement basal plongeant vers l'ouest.

La géométrie du bloc incliné/tilté semble être en accord avec une « zone de détachement », puisque les failles normales sont généralement censées être synthétiques au décollement basal (Faugère et Brun, 1984 ; Vendeville, 1987).

Un basculement tardif a affecté le flanc ouest de la dorsale de Félicité. Ces déformations sont à l'origine d'une série d'escarpements abrupts des fonds marins.

Ces relations stratigraphiques et structurales suggèrent une histoire géologique assez simple pour le bassin de Kwênnyii, avec une phase majeure d'extension suivie d'un remplissage passif de la topographie résultante, (Contexte géodynamique d'extension et/ou de compression jusqu'à l'obduction vers le Nord à l'origine de HF, etc.)

La nappe de la péridotite a été obductée pendant l'Éocène, elle est faiblement déformée et correspond au sommet d'un empilement de nappes de chevauchement structurellement simple (Patriat et al., 2018).



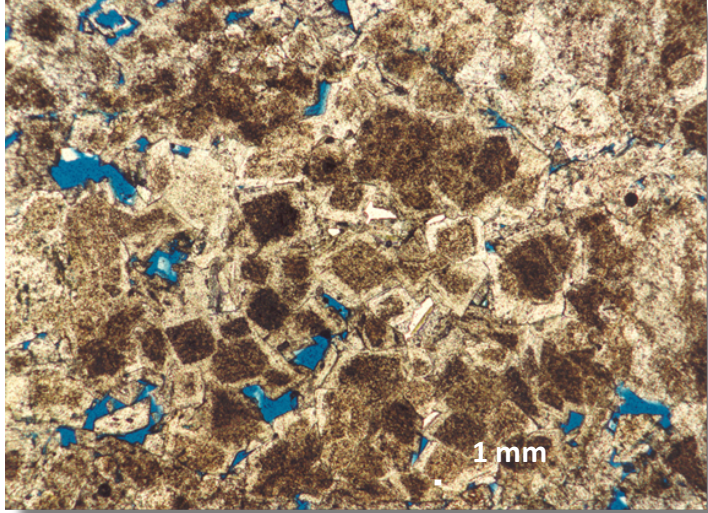
Partie IV : Pétrographie et sédimentologie d'une plateforme carbonatée

Question IV.1. Définissez la notion de plateforme carbonatée

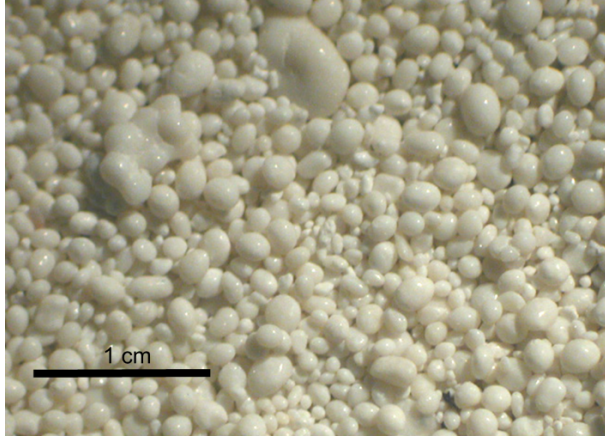
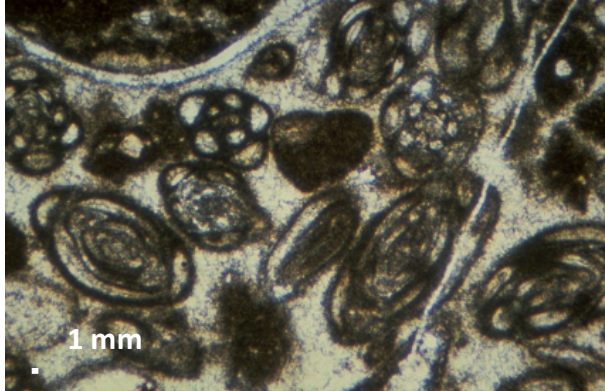

Réponse à la question IV.1.

« Par définition, une plateforme carbonatée est une structure géologique formée par la sédimentation calcaire d'origine organique (bioconstruction), que l'organisme vivant soit sessile (cas des coraux, des cnidaires, etc.) ou non (plancton). Ces structures ont des dimensions de l'ordre du kilomètre, les plus grandes atteignent plusieurs milliers de kilomètres de longueur, plusieurs centaines de milliers de kilomètres carrés et plusieurs kilomètres d'épaisseur ».

Question IV.2. À l'aide des photographies situées dans le tableau ci-dessous, identifiez les 3 principales formes cristallines et minérales associées aux formations carbonatées. Vous préciserez certains points comme la couleur, la réaction à l'acide, le système de cristallisation et vous donnerez la chimie du minéral.

Échantillons	Réponse à la question IV.2.
	<p>Aragonite CaCO_3, orthorhombique, marron à translucide. Réagit à l'HCl. Chimiquement instable</p>
	<p>Calcite CaCO_3, rhomboédrique, blanc à translucide. Réagit à l'HCl. Chimiquement stable</p>
	<p>(les zones colorées en bleu soulignent la porosité)</p> <p>Dolomite vue en lame mince (LPA) $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, rhomboédrique, blanc ou jaune. Ne réagit pas à l'HCl. Chimiquement stable.</p>

Question IV.3. Les formations carbonatées présentent également une multitude d'éléments figurés, entiers ou non, d'origine organique et/ou minérale. Dans le tableau ci-dessous, vous légenderez et identifierez les 3 photos illustrant cette diversité de constitution.

Échantillons	Réponses à la question IV.3.
	<p>Les oïdes sont des grains enrobés sub-sphériques, avec un noyau recouvert de couches concentriques laminées (cortex). Les oïdes ont un diamètre de 0,25 à 2 mm. Les oïdes de plus de 2 mm sont appelés pisolites.</p> <p>Les oïdes se forment dans les zones de forte énergie. Une nouvelle couche peut être par exemple ajoutée à chaque marée. Les oïdes se déposent généralement près de leur site de formation. Oïdes et Oolites ou oolithes sont synonymes</p>
	<p>Il s'agit d'une lame mince représentant plusieurs miliolidae appartenant au groupe des Quinqueloculines (miliole).</p> <p>Les Miliolites sont des Foraminifères benthiques à test calcaire porcelané (blanc à la loupe, sombre au microscope) pluriloculaire dont les loges ont un arrangement typique</p>
	<p>Les gorgones (Gorgonacea) sont un ordre probablement « paraphylétique » de coraux, vivant sous forme de polypes coloniaux sessiles. L'ordre compte environ 1 200 espèces... Ces coraux ne cultivent pas de zooxanthelles, et n'ont donc pas besoin de soleil pour croître</p>

Question IV.4. Reconnaissance de 3 macro-échantillons, A, B et C, mis à votre disposition dans la salle de Travaux Pratiques en poste 2 et reconnaissance d'un 4^{ème} échantillon D à l'aide d'une photographie. Vous définirez le faciès sédimentaire des échantillons A et D et proposerez leur possible environnement de dépôt.

Réponses à la question IV.4.

Échantillon A

Identification raisonnée :

Observation de petits grains arrondis d'oxyde de fer, de très petite taille (leur diamètre est souvent voisin de 1 mm ou même inférieur, et ne dépasse que rarement 3 mm). Ces petits grains sont emballés dans une matrice blanchâtre, de nature carbonatée (Test HCL +).

Composants organiques non liés entre eux durant le dépôt :

Taille des grains < 2 mm

Présence de particules fines (boue)

Grains jointifs : packstone.

Calcaire oolithique

Oolithe ferrugineuse (exemple : Bajocien de Bayeux / Normandie)

Calcaire fin avec présence d'oolithes ferrugineuses et de nombreux débris de coquilles

Interprétation (faciès sédimentaire et environnement de dépôts) :

« Ces structures semblent toujours se former à proximité d'un littoral ou sur un banc, près de la surface, dans une eau agitée, par accrétion ou cristallisation en pellicules successives de molécules et particules présentes dans l'eau autour d'un noyau (nucléus) qui est un reste d'organisme vivant (coquille par exemple) ou un minéral (ex : fragment de calcaire). Ces structures se formeraient d'abord en suspension dans l'eau avant de couler et être enfouies dans les sédiments après avoir grossi. »...

Échantillon B

Identification raisonnée :

Forme de lentille bi-convexe (pièce de monnaie) / Certains échantillons montrent la présence de tours disposés en spirale ou en cercle. Observations de cloisons composées de lamelles calcaires compactes tapissant l'intérieur des loges

Foraminifère benthique du genre Nummulites sp.

Échantillon C

Identification raisonnée :

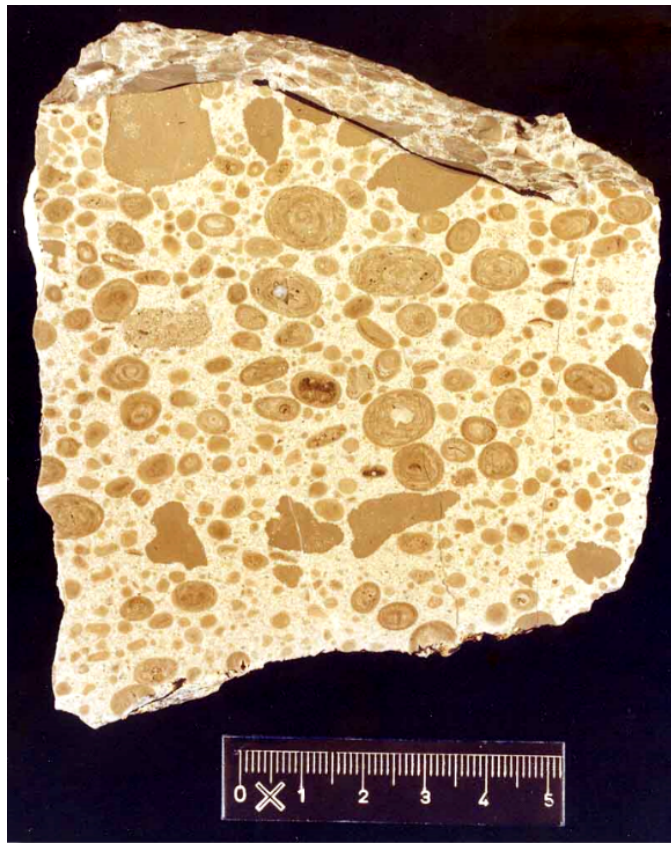
Forme externe en forme de disque, laissant apparaître un plan de symétrie bilatérale, d'où partent des cloisons blanchâtres de nature probablement carbonatées. Ces segments sont saillants, légèrement rugueux au toucher. Il s'agit d'un squelette interne d'un corail solitaire

Un polype de grande taille (15 cm). Il s'agit du Genre Fungia sp.

(Capable de certains déplacements)

Échantillon D

Légende :



Identification raisonnée :

Indicateurs lithologiques / Oncoïdes ; (tenir compte de l'échelle)

Indicateurs biologiques / Pas d'évidence;

Indicateurs hydrodynamiques / Pas d'évidence

Interprétation (faciès sédimentaire et environnement de dépôts) :

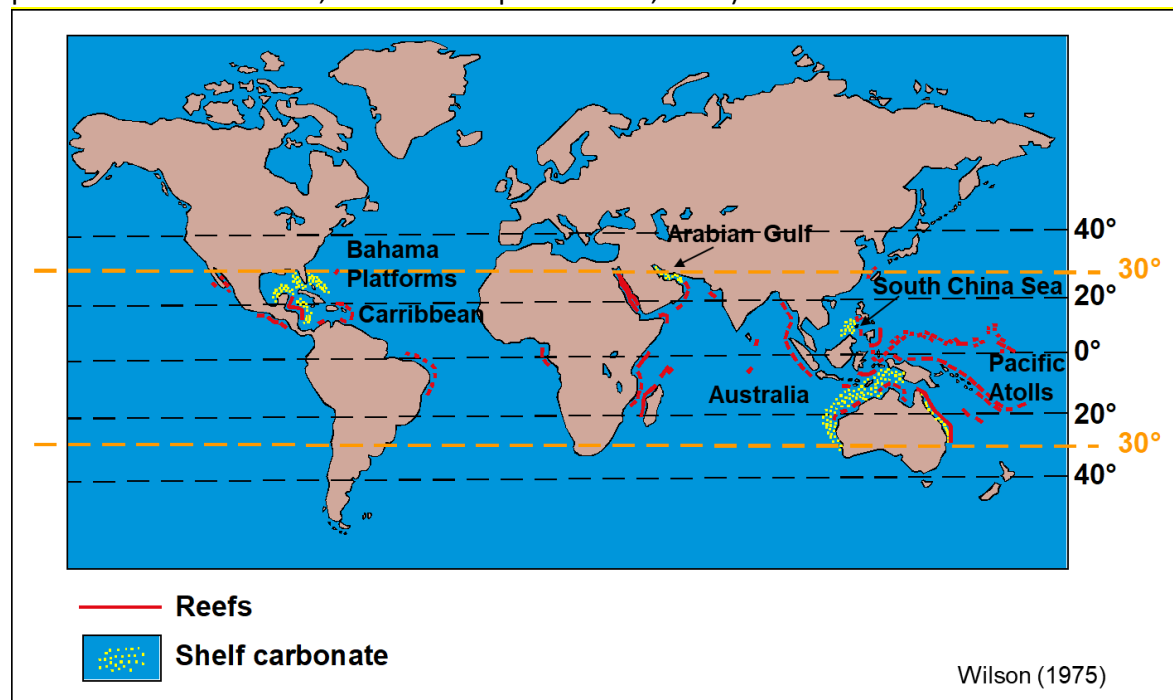
Milieu marin peu profond agité à faiblement agité

Climat tropical

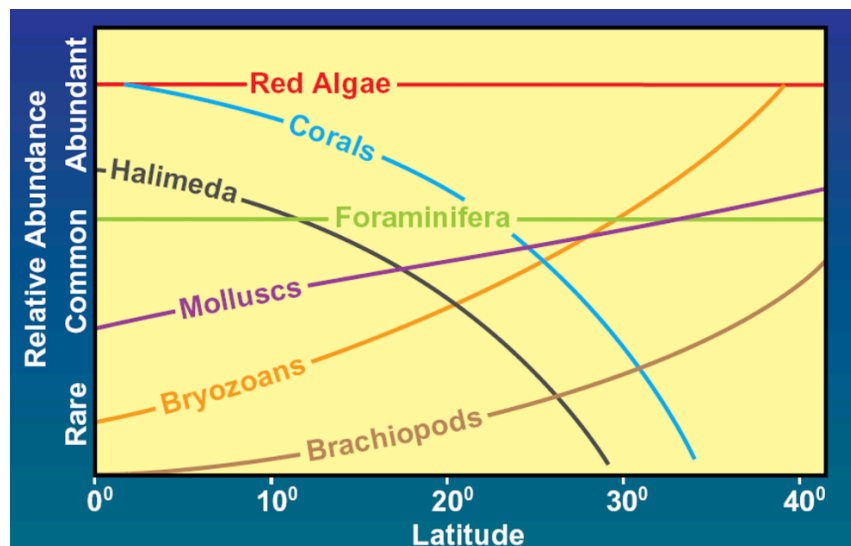
« Ces structures semblent toujours se former à proximité d'un littoral ou sur un banc, près de la surface, dans une eau agitée, par accrétion ou cristallisation en pellicules successives de molécules et particules présentes dans l'eau autour d'un noyau (nucléus) qui est un reste d'organisme vivant (coquille par exemple) ou un minéral (ex : fragment de calcaire). Ces structures se formeraient d'abord en suspension dans l'eau avant de couler et être enfouies dans les sédiments après avoir grossi. »

Question IV.5. À l'aide de vos connaissances et de l'analyse des documents IV. 1 à IV. 4 ci dessous, vous expliquerez les facteurs de contrôle de la sédimentation carbonatée, en lien avec les caractéristiques et propriétés des carbonates. Vous préciserez sur quels types de substrats, les coraux hermatypiques peuvent-ils se développer.

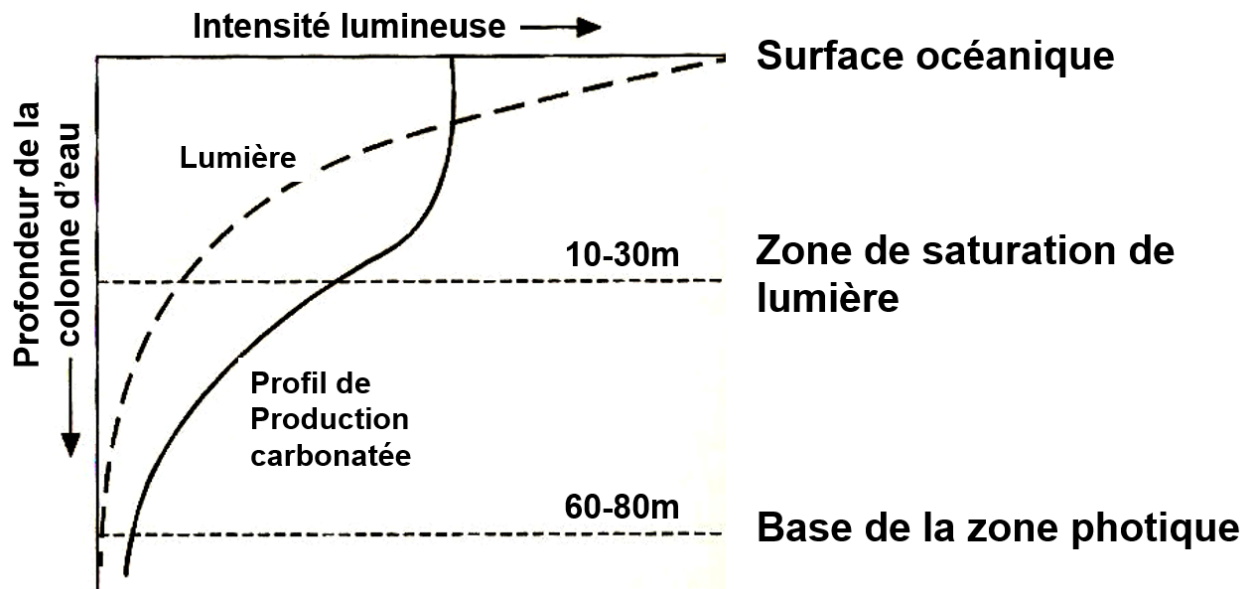
Document IV. 1. Distribution des plateformes carbonatées (Reefs : récifs ; Shelf carbonate : plateforme carbonatée ; modifiée d'après Wilson, 1975).



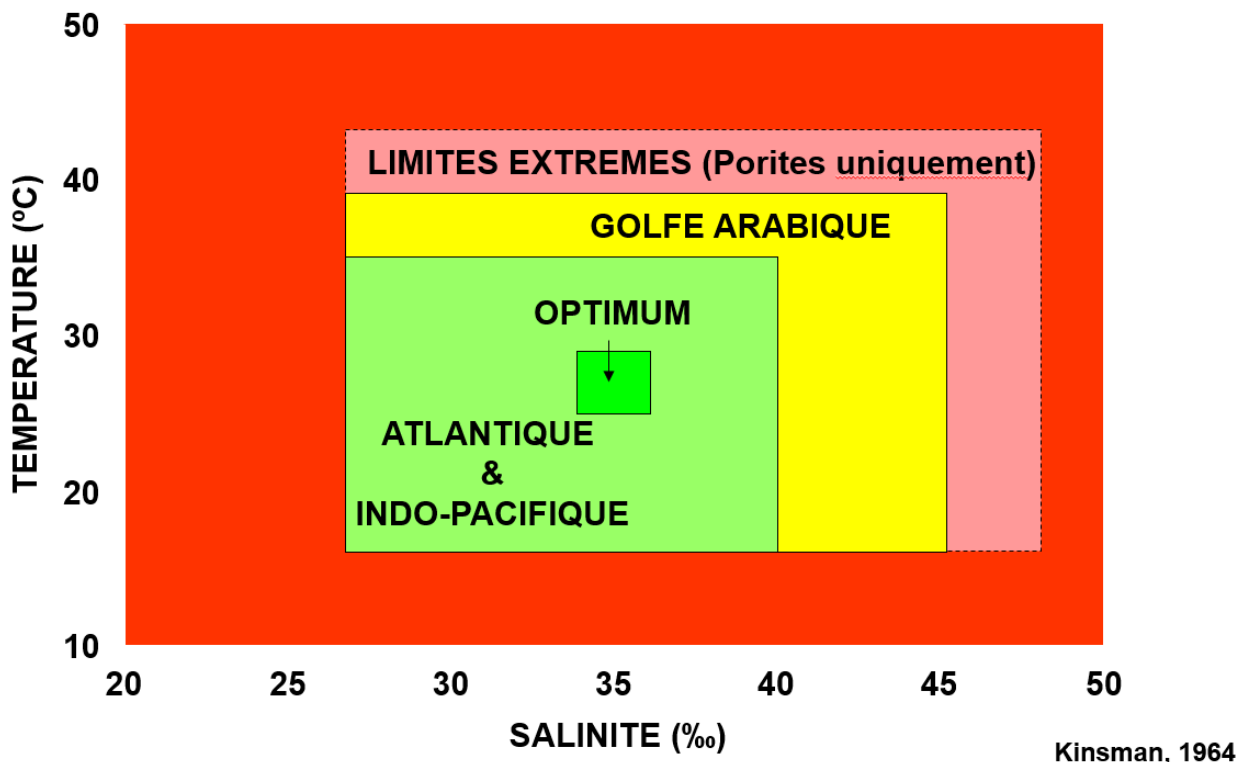
Document IV.2. Organismes producteurs de carbonate en fonction de la latitude (modifié d'après Schlager, 1981). [HALIMEDA est le nom de genre d'algues vertes marines fixant le carbonate de calcium ; Relative abundance : Abondance relative].



Document IV.3. Production de carbonate par rapport à la lumière



Document IV. 4. Tolérances à la salinité et à la température des coraux constructeurs de récifs d'après Kinsman, (1964).



Réponse à la question IV.5.

Les sédiments carbonatés sont créés in situ, soit par des organismes producteurs de carbonate, soit par précipitation chimique. Les systèmes carbonatés dépendent, en grande partie, des écosystèmes tropicaux. La plupart des carbonates sont produits dans des eaux marines chaudes et tropicales. Les carbonates sont produits dans des eaux marines peu profondes.

Les organismes constructeurs sont très exigeants vis-à-vis des paramètres environnementaux
Le substrat : les fonds durs, les fonds meubles

Les facteurs physico-chimiques : salinité, hydrodynamisme ou turbulence de l'eau, oxygénation, bathymétrie, turbidité de l'eau, température et climat

Propriétés des carbonates

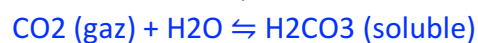
Les carbonates sont solubles dans l'eau froide.

La solubilité diminue avec l'augmentation de la température et de la salinité.

L'aragonite est plus soluble que la calcite.

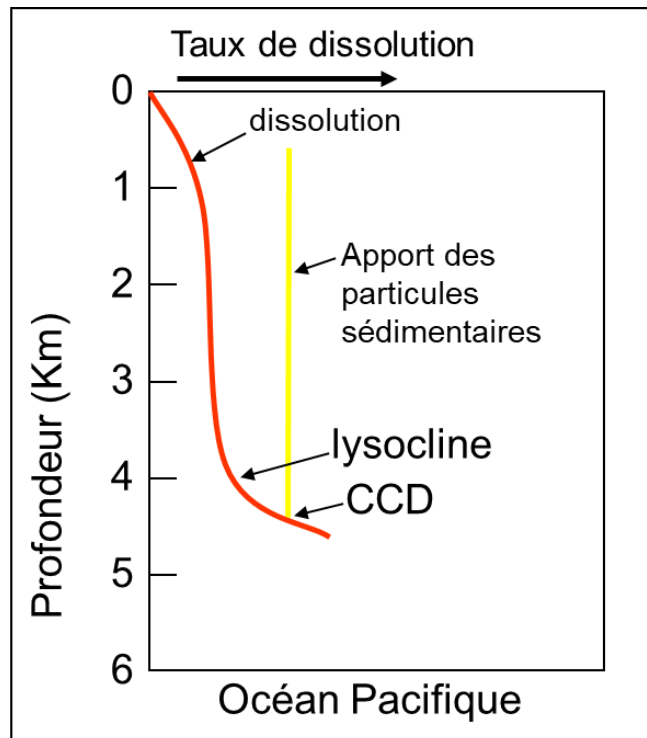
Les ions carbonate (CO_3^{--}), bicarbonate (HCO_3^-) et calcium (Ca^{++}) sont très abondants dans l'eau de mer.

Ces ions sont utilisés pour fabriquer les composants des sédiments carbonatés.



Question IV.6. La solubilité des carbonates : commentez le document IV.1 ci-dessous et rappelez ce que signifient les termes de lysocline et de CCD ? Définissez l'ACD et précisez à quelle profondeur elle se situe. Vous conclurez sur l'impact de ce phénomène sur la préservation des carbonates.

Document IV.1. Solubilité des carbonates en fonction de la profondeur



Réponse à la question IV.6.

La profondeur à laquelle le taux de sédimentation des carbonates (calcite) est égal au taux de dissolution des carbonates est appelée "profondeur de compensation de la calcite" ou CCD.

La CCD est déterminée par la température, la pression, la teneur en gaz CO₂ dissous.

La CCD se situe à environ 5 000 m dans l'océan Atlantique et entre 4 200 et 4 500 m dans l'océan Pacifique, en raison des différences de teneur en CO₂ dissous.

La "lysocline" est la profondeur à laquelle le taux de dissolution des carbonates augmente de façon spectaculaire.

L'ACD (Aragonite Compensation Depth) se situe à moins de 4 200 m dans l'océan Atlantique. En dessous de l'ACD, les particules calciques se dissolvent plus vite qu'elles ne s'accumulent. Les plaines abyssales d'une profondeur supérieure à 5 000 m sont recouvertes d'argile et d'autres particules de silice, sans fossiles calcaire.

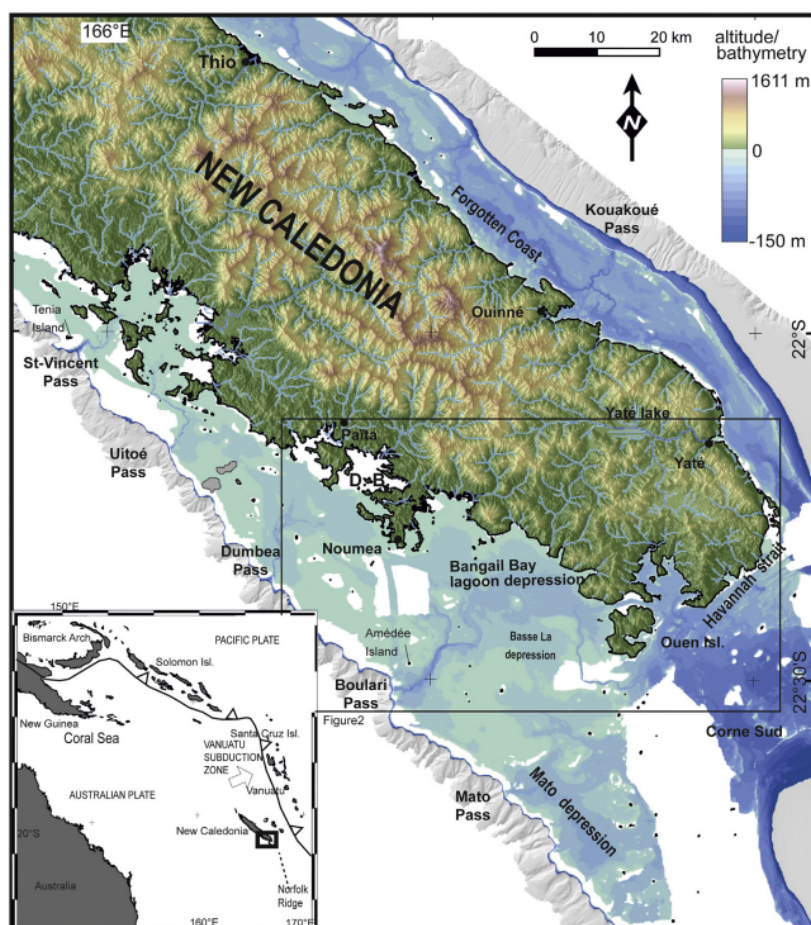
NB. L'ACD n'a pas été pris en compte dans la correction. Cet acronyme n'avait pas été défini dans l'énoncé. Certains candidat(e)s ont néanmoins correctement répondu à la question demandée.

Partie V : Investigation géophysique, sédimentation marine de plateforme (silico-clastique et carbonatée), préservation et qualité des environnements côtiers

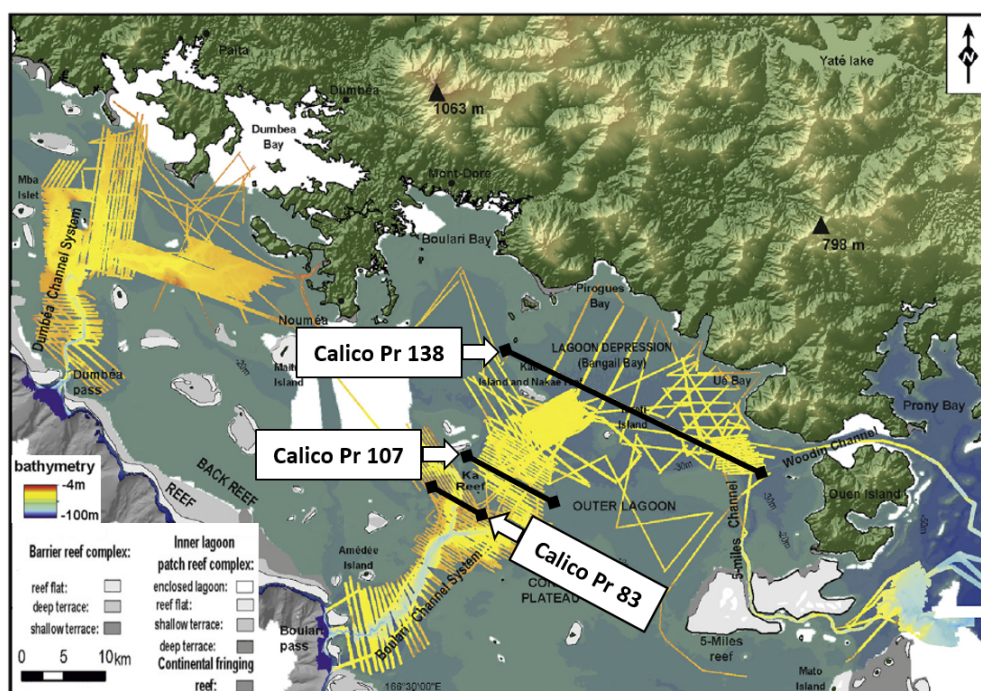
Des campagnes océanographiques **d'imagerie acoustique** (données bathymétriques et de sismique réflexion haute résolution de type « sparker ») ont permis **de cartographier les fonds bathymétriques et d'obtenir des profils géophysiques** des formations géologiques depuis la côte jusqu'au rebord de la plateforme au Sud-Est de la Nouvelle Calédonie (Documents V.1 à V.3). Les données de sismique réflexion illustrent **les formations géologiques cristallines du substratum et les formations sédimentaires marines indurées et/ou meubles, de nature silico-clastique et/ou carbonatée**. Les formations sédimentaires sont majoritairement d'âge cénozoïque. Le document V.4, illustre les biohermes reconnus par sismique réflexion et visibles sur le modèle numérique morpho-bathymétrique du document V.3 au sein de l'encart A.

Pour information, **la vitesse de propagation des ondes acoustiques** dans l'eau et dans les sédiments est respectivement de 1500 m/s et 1800 m/s. L'acquisition des données géophysiques ont été acquises avec un bateau avec une vitesse est de 5 nœuds (un nœud correspondant au parcours en une heure d'un mille nautique, soit environ 1852 m). (TWTT : Two Way Travel Time).

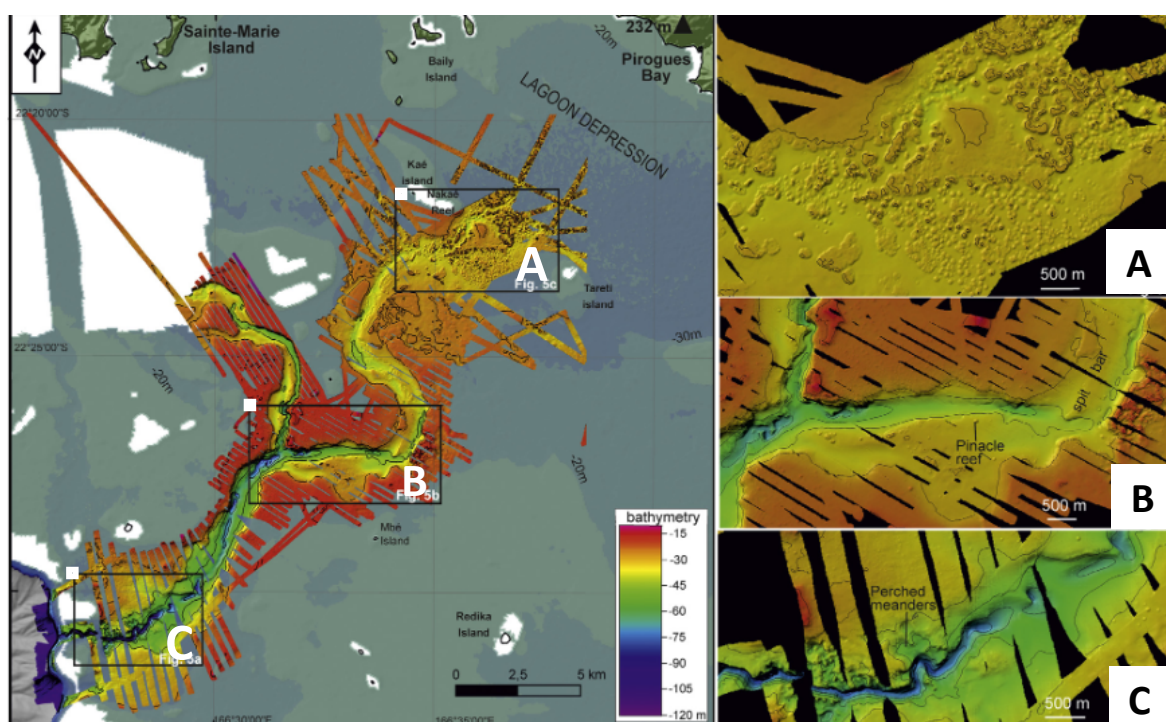
Document V.1. Carte de localisation des secteurs d'acquisition des données acoustiques au sud de l'île principale "Grande Terre" plus particulièrement au sein **de la Baie Bangail** jusqu'à la passe Boulari (*d'après Leroy et al., 2019*).



Document V.2. Carte de localisation des profils géophysiques 138, 107 et 83, d'après Leroy *et al.*, (2019).

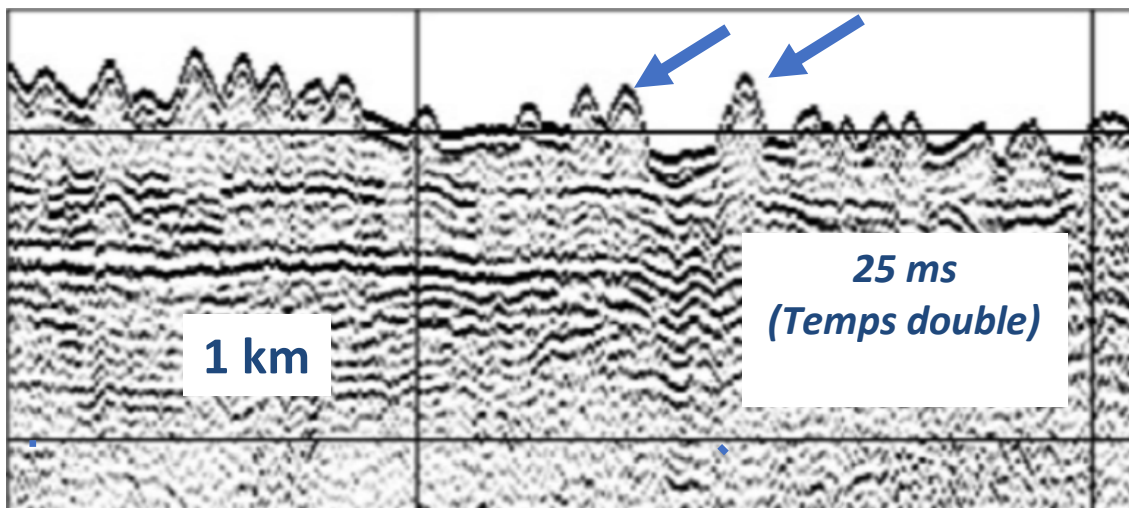


Document V.3. Carte bathymétrique détaillée du canal de Boulari avec des extraits focalisés sur **A)** la partie amont montrant la jonction avec la dépression lagunaire où sont identifiés **des biohermes** (Baie de Bangail / Bangail Bay), **B)** la partie centrale montrant un méandre avec une barre de flèche et de petites unités récifales, **C)** la partie aval montrant des terrasses étagées. Les valeurs de la bathymétrie de fond sont exprimées en mètres (Leroy *et al.*, 2019).



Le document V.4 est un **extrait zoomé du profil géophysique Calico Pr138** (voir document V.2 pour localisation). Il illustre, localement, une morphologie très irrégulière des fonds marins. Ces morphologies en dômes correspondent à des formations bio-sédimentaires construites encore connues sous le terme de **biohermes** (flèches bleues sur le document V.4.).

Document V.4. Extrait brut d'un segment du profil géophysique Calico Pr 138 (sismique type SPARKER) illustrant des biohermes (Baie de Bangail / Bangail Bay) sur les fonds marins du lagon (*modifié d'après Leroy et al., 2019*).



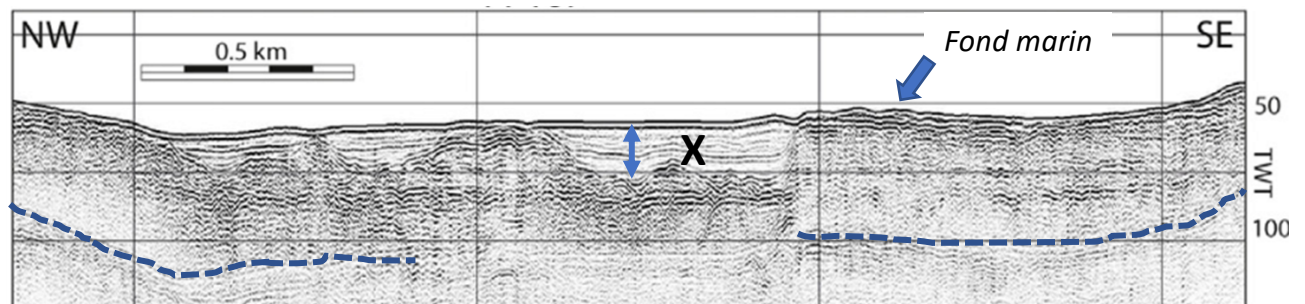
Question V.1. En vous appuyant sur la partie IV où vous avez précisé les conditions optimales de la production carbonatée, expliquez la localisation de ces biohermes en partie interne du lagon

Réponse à la série de la question V.1.

L'unité géophysique supérieure présente une morphologie très irrégulière correspond à des formations bio sédimentaires construites encore connues sous le terme de Biohermes. Les organismes constructeurs y trouvent les conditions de vie (cf facteurs de contrôle de la mise en place des carbonates en référence à la question IV.5) à l'origine des nombreuses structures carbonatées, en réponse à des conditions favorables au sein du lagon.

Voici le profil sismique complet Calico Pr 107 situé en amont du canal de Boulari recoupant le chenal assurant la communication entre le rebord de la plateforme et le lagon.

Document V.5. Profil géophysique brut Calico (SPARKER) Pr 107 (voir document V.2 pour localisation) ; TWT : Two Way Travel Time ; Unité d'enregistrement en **millisecondes** (ms)



Question V.2. Déterminez la profondeur d'eau au droit des extrémités NW et SE du profil sismique Pr 107

Réponse à la série de la question V.2.

Exemple : Pr 107

NW Prof d'eau td (TWTT) 50 ms

Sachant que $V=D/T$ soit $[50 \cdot 10^{-3} \text{ ms}/2] \cdot 1500 \text{ m/s} = D$

$D = 37.5 \text{ m}$

SE Prof d'eau td (TWTT) 40 ms

Sachant que $V=D/T$ soit $[40 \cdot 10^{-3} \text{ ms}/2] \cdot 1500 \text{ m/s} = D$

$D = 30 \text{ m}$

Question V.3- Calculez la durée d'acquisition du profil Pr 107

Réponse à la série de la question V.3. **GRAND Profil / PETIT Profil**

Longueur Pr 107 = environ 12.7 Km

Vitesse d'acquisition 5 nœuds soit environ 2.5 m/s ou 9260 m/h

Durée d'acquisition :

$V=D/T$

$D = 12.7/9260 = 1.37 \text{ heures}$, soit environ 1h 22 minutes...

Longueur Pr 107 = environ 2.9 Km

Vitesse d'acquisition 5 nœuds soit environ 2.5 m/s ou 9 km/h

Durée d'acquisition :

$V=D/T$

$D = 2.9/9 = 0.32 \text{ heures}$, soit environ 19 minutes...

NB. Pour la correction, certains candidats ont choisi de prendre en compte le profil Pr107 dans son entier ou une section plus réduite. Lorsque le raisonnement et les résultats finaux étaient corrects, l'intégralité des points ont été attribués

Question V.4. Déterminez l'épaisseur maximale de la couverture sédimentaire marquée X du profil géophysique Calico Pr 107 ? La surface à la base de cette unité géophysique X est datée du début de l'Holocène.

Réponse à la série de la question V.4.

$$V=D/T$$

Épaisseur td (temps double) du corps X = 33 ms TWTT

Soit une $V= 1800$ m/s

Épaisseur de D = V/T soit $1800 \cdot (33 \cdot 10^{-3} / 2) = 29.88$ mètres maximum

Question V.4. Précisez quoi correspond l'horizon souligné par un tireté bleu

Réponse à la série de la question V.4.

L'horizon souligné par un tireté correspond au multiple du fond. C'est la réflexion qui correspond à deux allers-retours de la surface du fond.

Question V.5. Déterminez l'ordre de grandeur de la résolution verticale ?

Réponse à la série de la question V.5.

Le signal a une résolution inférieure de 3 ms, ce qui correspond à une résolution spatiale inférieure à 2 mètres

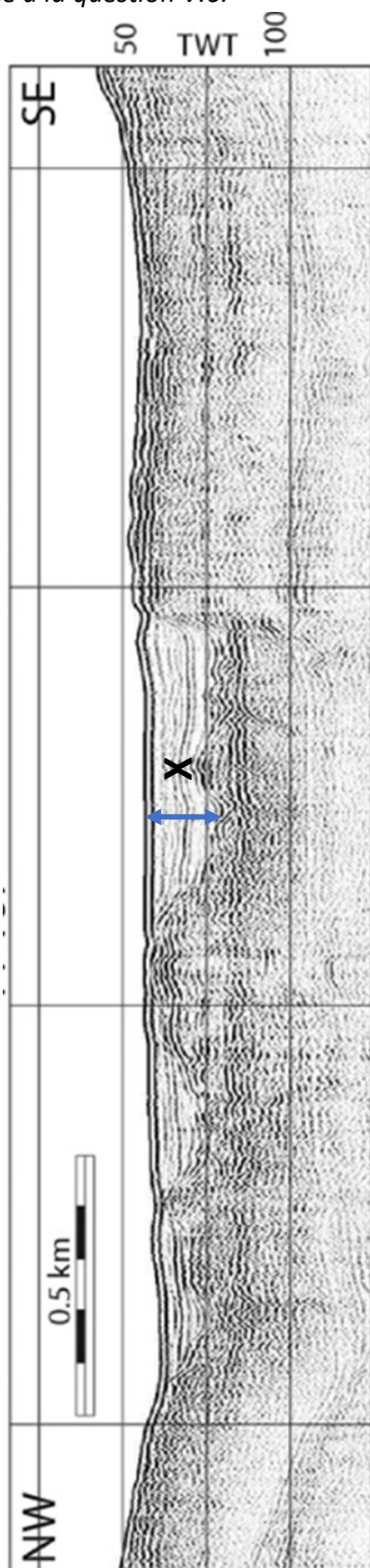
Question V.6. À l'aide d'un papier calque, vous y reporterez votre interprétation du profil géophysique Calico PR 107 (voir document V.2 pour localisation du profil). Vous vous aiderez du document V.3.

Votre interprétation permettra de distinguer la base des vallées incisées fossiles, la base des chenaux actuels, l'épaisseur du remplissage sédimentaire au sein des vallées incisées.

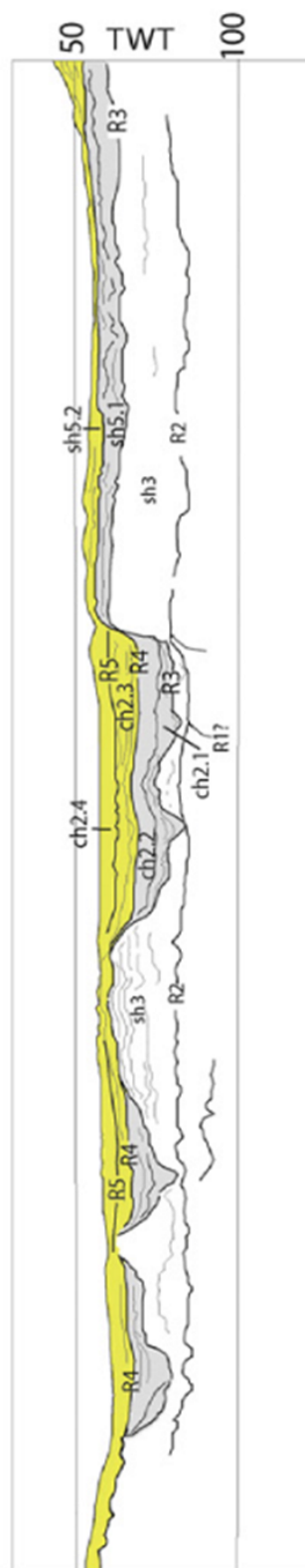
Recommandation : Votre pointé géophysique doit mettre en évidence quand cela est possible

- les terminaisons de réflecteurs remarquables (onlap, downlap, toplap)
- l'identification d'unités géophysiques séparées par des discontinuités régionales majeures

Réponse à la question V.6.

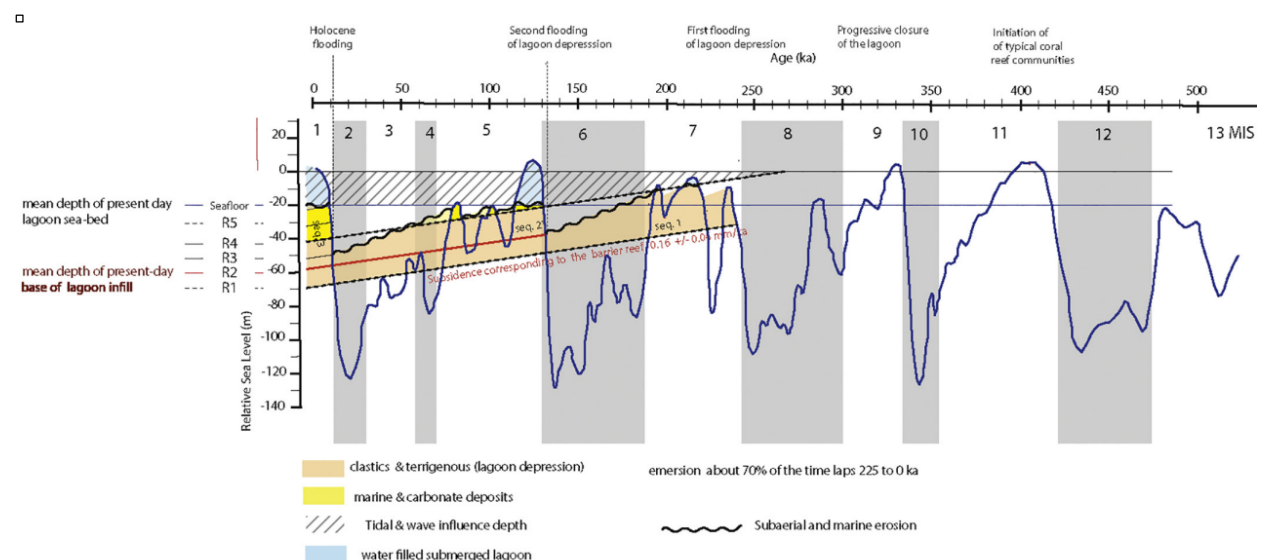


Document V.5. Profil géophysique brut Calico (SPARKER) Pr 107 (voir document V.2 pour localisation) ; TWT : Two Way Travel TIME ; Unité d'enregistrement en millisecondes (ms). La surface à la base de l'unité géophysique X est datée du début de l'Holocène.



*NB. Il est attendu une interprétation soignée et de qualité sans oublier les échelles temporelles et spatiales. La mise en évidence des principales discontinuités en mettant en avant la terminaison des réflecteurs est exigée. Il ne s'agit pas d'attendre une interprétation avec ces moindres détails, mais de savoir discriminer une ou deux discontinuités majeures (Type R3 et R4) et d'identifier la présence d' incision(s) où le remplissage présente une configuration transparente –(Faible amplitude des réflecteurs).
Le profil interprété est issu de l'article Leroy et al., 2019. Cet exercice a été assez bien réussi. Les concepts de base d'interprétation de profils géophysiques ne semblent pas toujours acquis pour certains candidat(e)s*

Document V.6. Schéma synthétique de l'évolution du lagon au Pléistocène en fonction de la subsidence et des fluctuations du niveau de la mer. Le remplissage sédimentaire du lagon présente une sédimentation de nature lithologique mixte silico-clastique et carbonatée, *Leroy et al., (2019)*.



Holocene flooding : inondation marine à l'holocène ; **Mean depth** : profondeur moyenne ; **Subaerial and marine erosion** : érosion continentale et marine ; **Base of lagoon Infill** : niveau de base du remplissage du lagon ; **Present-day** : actuel.

Question V.7. À l'aide des documents V.3, V.5 et V.6 et de vos connaissances, précisez les origines possibles d'incisions anciennes et du canal de Boulari actuel sur la plateforme marine associée à l'île de la Nouvelle Calédonie

Réponse à la série de la question V.7.

Origine des incisions :

Une chute du niveau de base lors du dernier maximum glaciaire (Stade isotopique 2) peut être à l'origine de l'incision de vallées observées sur le profil géophysique.

Il y a environ 20 000 ans, le niveau marin est situé à environ -120 m par niveau marin actuel (Variation niveau Marin au cours du quaternaire). Lors de la chute du niveau de base, les

fleuves côtiers sont contraints d'inciser pour atteindre un niveau topographique à l'équilibre. Ce niveau d'équilibre correspond au niveau marin. Durant cette période de chute du niveau de base, les sédiments charriés par les fleuves de la Grande terre sont à l'origine du creusement des vallées et/ou de chenaux. Les produits d'érosion sont transportés sur de plus longues distances en direction du plateau continental externe voir au-delà du talus continental.

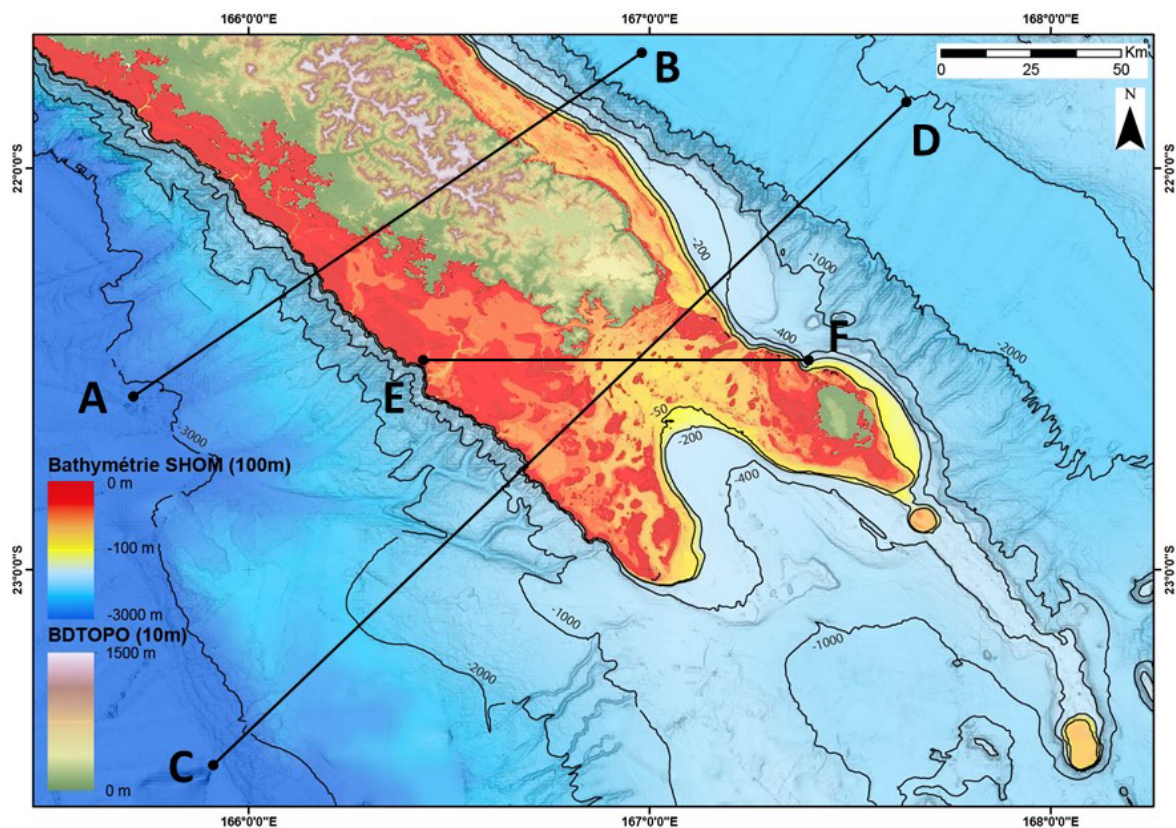
A l'échelle global de la planète, au cours des deux derniers millions d'année on enregistre de nombreux cycles de régression et transgression marine à l'origine de phases multiples d'incisions et de multiples séquences de remplissage au sein de ces paléo vallées. L'incision observée sur le profil géophysique, pourrait être d'origine polygénique.

Le remplissage sédimentaire des paléo-vallées est relatif à la dernière inondation marine (Leroy et al., 2019)

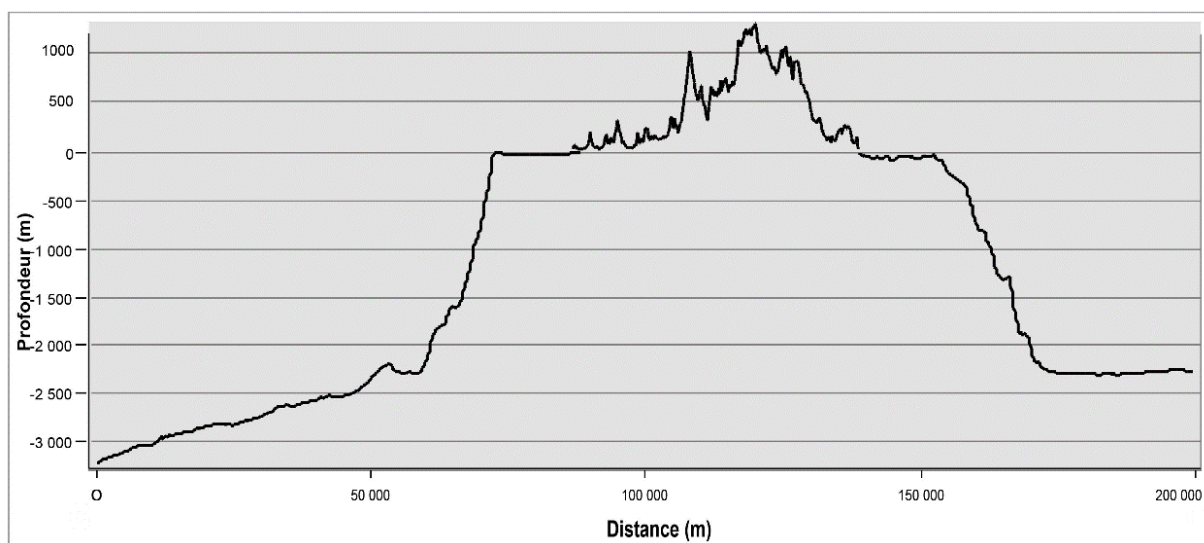
Analyse géomorphologique et environnements sédimentaires offshore récents (quaternaires) au Sud-Est de l'île de Nouvelle Calédonie

Deux coupes topographiques et bathymétriques 2D (Document V.7. à V.9.) permettent d'illustrer les variations topographique et bathymétrique depuis la mer de Corail en direction de l'Océan Pacifique et à travers la grande Terre de l'île de la Nouvelle Calédonie. Les documents V 11 & 12 apportent des informations complémentaires sur le sujet du contexte morpho sédimentaire « Terre et en Mer ».

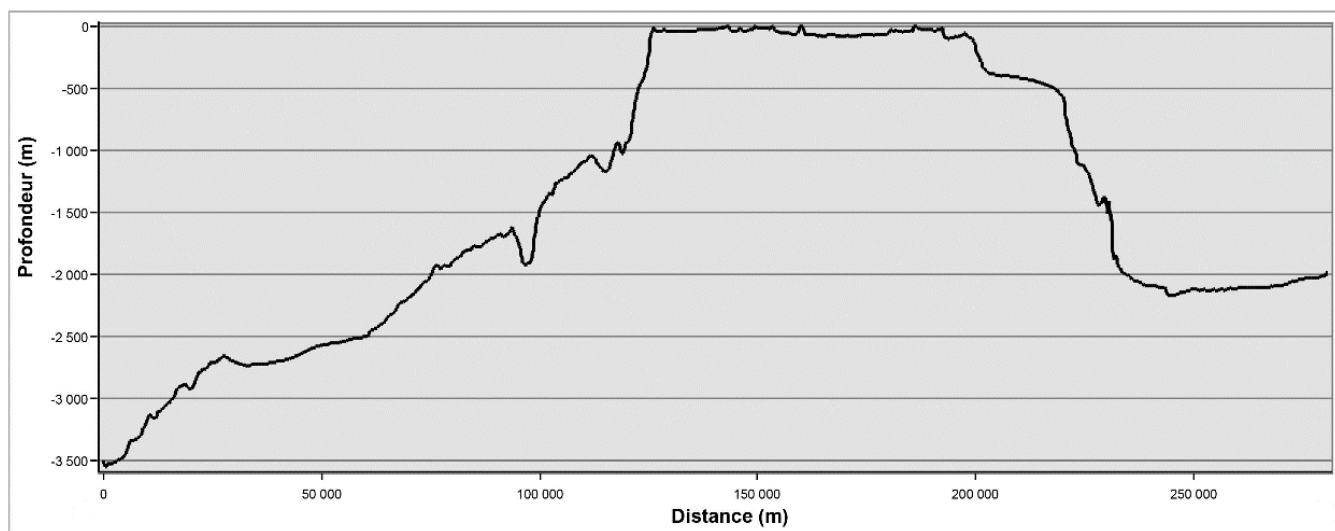
Document V.7. Modèle Numérique de Terrain Terre-Mer et localisation des 3 coupes topographiques et morpho-bathymétrique.



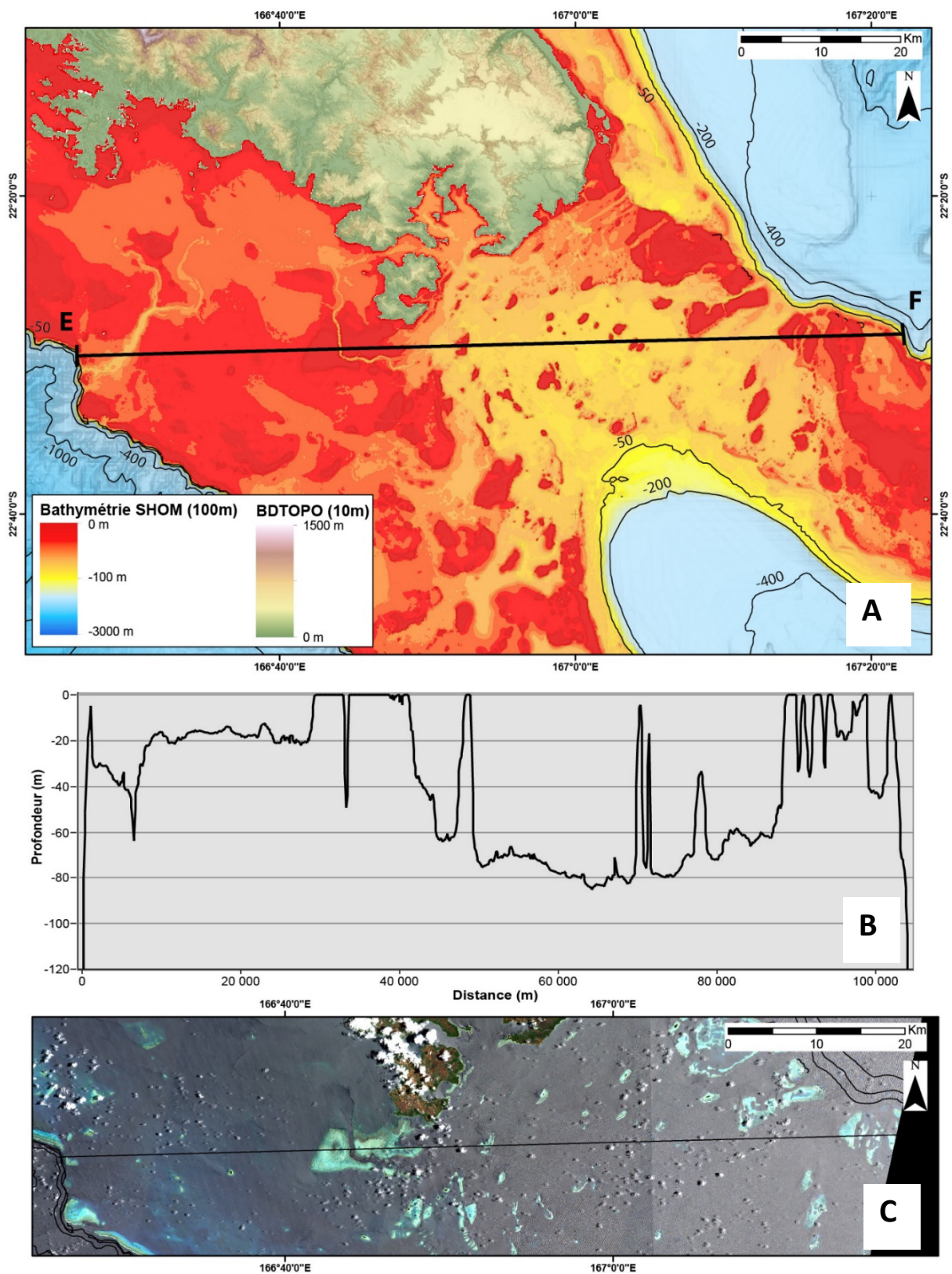
Document V.8. Coupe A-B



Document V.9. Coupe C-D



Document V.10. A. Carte morphobathymétrique Terre-Mer, **B.** Coupe topographique et bathymétrique E-F au Sud-Est de l'île de Nouvelle Calédonie (position du profil sur Document V.7. et sur V.10.A et **C.** Image Satellitaire Google Earth.



Question V.8- À l'aide de vos connaissances, de l'analyse des coupes AB, CD et EF (documents V.7 à V.10), montrez en quoi la production carbonatée contrôle le profil bathymétrique.

Réponse à la série de la question V.8.

A l'échelle globale, les formations carbonatées ont été affectées par les changements climatiques au cours du Cénozoïque. On sait qu'une glaciation a affecté l'Antarctique à l'Oligocène, s'est achevée vers 21 Ma, pour reprendre et s'étendre vers 15 Ma tandis que la glaciation arctique débutait vers 6 Ma.

Les genres des espèces coralliennes actuelles étaient déjà représentés au début du Tertiaire et les récifs qu'ils ont élaborés ont été influencés par les variations climatiques provoquées lors des différentes glaciations. Les organismes constructeurs ont subi les variations climatiques et tectonique depuis la fin du tertiaire. Les organismes coralliens sont très exigeants vis-à-vis des facteurs écologiques (Question IV.5). L'installation de la plateforme carbonatée actuelle autour de la Nouvelle Calédonie a débuté il y a 400 000 ans.

A l'issue du dernier maximum glaciaire, les récifs s'installent et se développent majoritairement sur la bordure du talus continental. Si les conditions écologiques le permettent, les organismes constructeurs colonisent l'intérieur du lagon., ce qui semble avoir été le cas pour ceux associées à la Grande terre (mise en place de biohermes).

Ces formations carbonatées ont pris naissance sur substrat consolidé constitué par des formations géologiques (roches basiques et ultramafiques) issus des processus géodynamiques à l'origine des hauts fonds, permettant l'installation des plateformes carbonatées où les conditions écologiques sont réunies.

Les profils morpho-bathymétriques et données d'imagerie (Google earth) permettent d'illustrer différentes morphologies des systèmes carbonatés : système barrière / pinacle / biohermes.

La majorité des plateformes carbonatées situées sur la bordure externe du plateau continental et à l'intérieur du lagon présentent schématiquement des profils morpho-bathymétriques de type subhorizontales (Coupe A-B et C-D).

La coupe EF nous indique des profondeurs du lagon pouvant atteindre jusqu'à 80 m de profondeur. On notera à l'OUEST des plateformes carbonatées dont la morphologie en surface apparaît également très nettement subhorizontale.

Elle peut être découpée verticalement, par des incisions dont les causes sont probablement climatiques et associées à la chute du niveau marin lors du dernier maximum glaciaire et/ou lors des chutes du niveau marin précédentes. Il n'est pas clairement possible de distinguer des karsts, qui auraient pu prendre naissance durant les périodes d'exondation (période de bas niveau marin).

Depuis le rebord du plateau à l'intérieur du lagon, on note donc la présence des plateformes continues à semi continues, découpées par la présence de chenaux (passes tidales) sur la bordure externe passant vers l'intérieur du lagon à des systèmes carbonatés isolés verticale.

Le lagon demeure généralement entièrement émergé à marée basse, alors que des secteurs carbonatés situés en arrière du récif émergent à marée basse. Le récif, lui, reste submergé

Les récifs présentent un développement optimal dans la zone photique et on note des récifs à des profondeurs situés entre 20 et 40 mètres de profondeur. Cette zone photique est clairement dépendant de la bathymétrie, elle-même contrôlée par le niveau marin. C'est pour cette principale raison que les plateformes carbonatées apparaissent avec des morphologies sub-horizontales.

Les facteurs de contrôle de la sédimentation carbonatée (exemples des constructions hermatypiques)

Sur le temps court : rôles des facteurs écologiques dont la pénétration de la lumière, captation des rayons lumineux pour la photosynthèse, la transparence de l'eau (faible turbidité)

Les organismes constructeurs sont contraints par de nombreux facteurs écologiques dont la bathymétrie. En effet, les récifs sont présents à faible profondeur, de l'ordre de 10 et 30 mètres. Il s'agit de la zone photique où la production carbonatée sera la plus favorable. Les organismes constructeurs développent des stratégies de colonisation leur permettant d'optimiser la captation du rayonnement solaire, dans des milieux où les eaux seront claires la grande majorité du temps. Dans ces conditions, les plateformes carbonatées, présentent des profils bathymétriques horizontaux ou sub-horizontaux. Il s'agit de garantir une captation optimale du rayonnement solaire afin de renforcer l'activité photosynthétique des zooxanthelles et ainsi participer à la stimulation de la calcification des coraux.

Sur le temps long

Les récifs coraliens peuvent présenter une croissance verticale qui se caractérisera par des empilements verticaux de la production carbonatée. Ces empilements verticaux sont visibles sur des profils géophysiques où la morphologie des unités sismiques apparaîtront avec une configuration de type aggradante.

L'aggradation verticale (ou croissance verticale) des plateformes carbonatées peut être associée à taux de subsidence des formations du sous-sol ou relatif à une augmentation du niveau marin ou les deux. La réponse des organismes constructeurs est de maintenir les conditions de profondeur optimales à la pérennisation des organismes coralliens.

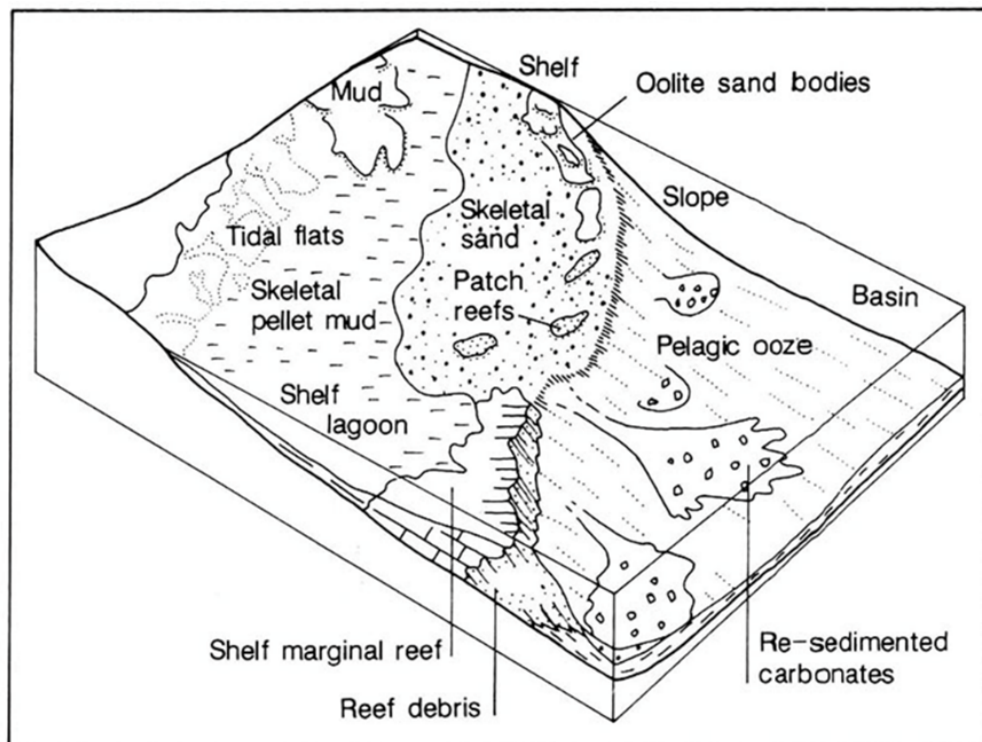
Une plateforme carbonatée peut aussi croître latéralement (ou horizontalement), ce qui conduira à une progradation latérale des formations carbonatées. La progradation carbonatée horizontale peut être associée à un niveau marin stable et à un contexte tectonique faible voir nul.

Inversement, on peut aussi noter des configurations géométriques rétrogradantes (notion de backstepping). En effet, lors d'une élévation rapide du niveau marin et/ou d'un contexte tectonique favorisant une subsidence « rapide », on assiste à une rétrogradation des plateformes carbonatées (backstepping), où les organismes constructeurs migrent vers la partie centrale de la plateforme, espace qui peut être de plus en plus contraint en terme de superficie mais où les conditions écologiques permettent la survie des organismes associés aux récifs coralliens.

Question V.9- À l'aide de vos connaissances et en vous appuyant sur l'ensemble des documents de cette partie V, construisez un bloc diagramme 3D illustrant les principaux environnements de dépôts, rencontrés au Sud-Est de la Nouvelle Calédonie, depuis la côte jusqu'au bassin profond.

Réponse à la série de la question V.9.

Voici une proposition de schéma illustrant les principaux environnements de dépôts que l'on peut distinguer de la frange côtière vers la plaine abyssale. Cet exercice où il était possible de s'aider des documents précédents n'a pas été traité correctement, les schémas sont très souvent approximatifs, peu descriptifs et rarement légendé.



*The carbonate rimmed shelf depositional model. After Tucker (1985a).
in Tucker & Wright, 1990*

Quelques mots clés attendus

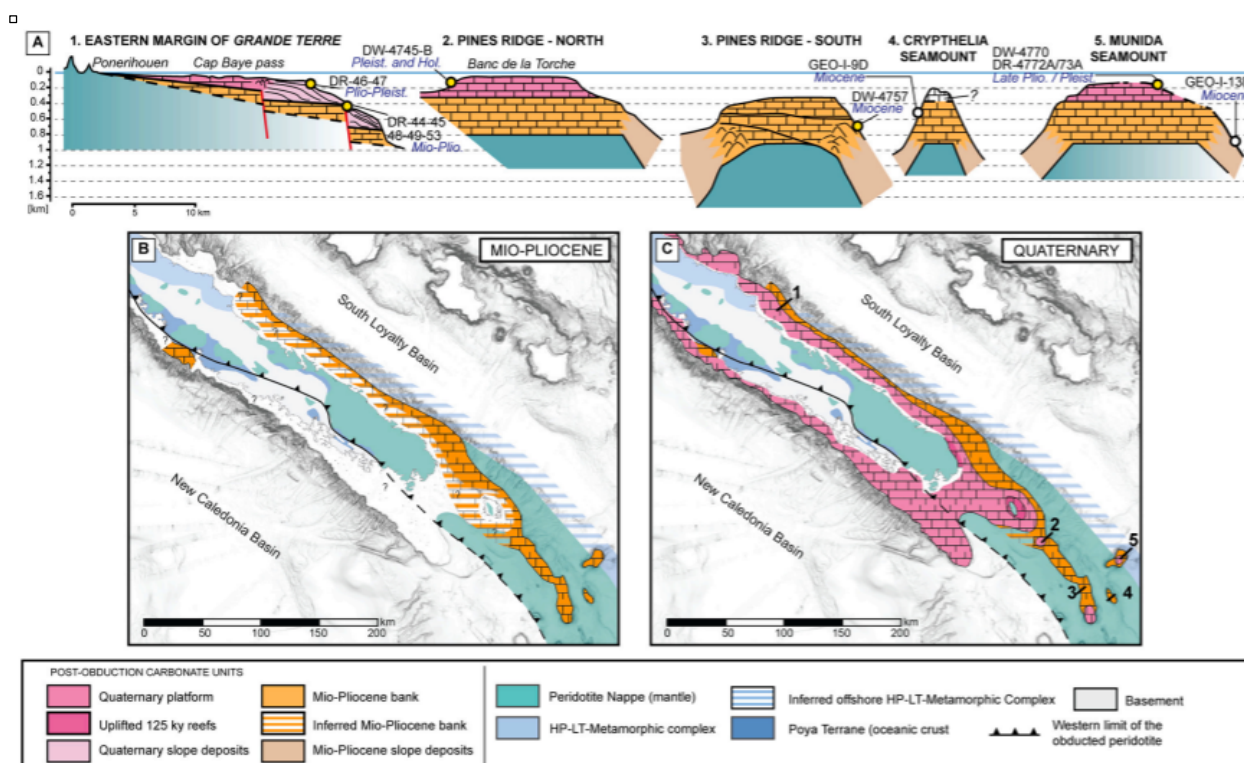
Les principaux environnements de dépôts : Lagon, Talus, Canyon, Plaine abyssale

Faciès sédimentation de type silico-clastique et/ou carbonatée

Dépôts de plateforme interne (replat de marée, boue carbonatée, sable bio-détritique)

Dépôts gravitaires de pente de type Slump et de coulée turbiditique carbonatée...

Document V.11. Coupes transversales schématiques montrant la géométrie et l'évolution des systèmes sédimentaires en contexte post-obduction sur la marge orientale proximale de la Grande Terre dans les environs de Poindimié (1), au nord de la crête des Pins le long du Banc de la Torche (2), au sud de la crête des Pins (3), et sur les hauts fonds sous-marins Crypthelia (4) et Munida (5). **B.** Reconstruction paléogéographique et distribution spatiale des bancs carbonatés du Mio-Pliocène. **C.** Reconstruction paléogéographique et distribution spatiale des récifs-barrières du récif barrière quaternaire de la Grande Terre et des plateformes isolées immergées le long des Pines Ridges et des monts sous-marins. (D'après Tournadour et al., 2021).



Question V.10- A l'aide de vos connaissances et du document V.11, discutez des facteurs de contrôle de production carbonatée sur le long terme, facteurs ayant contrôlé la mise en place, le développement voire la disparition des plateformes carbonatées successives et donc plus généralement pouvant expliquer l'évolution sédimentaire de ce domaine péri-Nouvelle Calédonie du Miocène à l'Holocène.

Réponse à la série de la question V.10.

Le document V.11 montre

De nombreuses plateformes carbonatées d'eau peu profonde se mettent en place au Mio-Pliocène, actuellement noyées à une profondeur bathymétrique de 300 à 600 m. Elles s'étendent depuis la localité de Ponerihouen au Nord Ouest de l'actuelle Grande terre en direction du Sud-Sud-Est. Pour une longueur de l'ordre d'environ 350 km, elles se situent à une profondeur comprise entre 300 et 600 m. Ces formations carbonatées prennent naissance sur des roches d'origine mantellique déformées et obductées (Péridotites). Certaines d'entre elles sont aujourd'hui exclusivement fossiles (Pines Ridges et Crypthelia Seamount).

A- La plateforme carbonatée (Doc V.11A 1), située au Nord-Ouest de la Grande Terre (Eastern Margin of Grande Terre), est affectée par des accidents d'origine tectonique (failles normales). Elle est surmontée d'une part, par des dépôts de pente progradants d'âge quaternaire et d'autre part, par des formations récifales quaternaires.

La transition entre l'aggradation du banc carbonaté du Mio-Pliocène et la plateforme carbonatée quaternaire en rétrogradation pourrait s'expliquer de la manière suivante :

- par le contexte de subsidence régional induit par un régime tectonique d'extension ou
- par un changement global associé à des variations du niveau de la mer de grande amplitude au Quaternaire.

Les organismes constructeurs poursuivent leur développement dans l'un de ces deux contextes où le taux de croissance demeure suffisant pour assurer le développement de cet écosystème carbonaté.

B- Le Banc de la Torche et le haut fond Munida (Doc V.11A 4 & 5), présentent des entités géologiques identiques à la plateforme précédente, mais aucune déformation d'origine tectonique n'est enregistrée dans les séries Mio-Pliocènes. Ces plateformes sont également affectées par un soulèvement d'origine tectonique il y a 125 ka.

Ce soulèvement aurait permis de maintenir les conditions optimales (faible profondeur, etc.) à la mise en place d'une plateforme carbonatée d'âge quaternaire à l'aplomb des séries carbonatées Mio-Pliocènes.

C- Enfin, les deux derniers hauts fonds (Pines ridge South et Crypthelia Seamount ; (Doc V.11A 2 & 3) représentent des plateformes carbonatées exclusivement d'âge Mio-Pliocène. La croissance récifale ne semble plus favorable au Quaternaire. Le taux de subsidence de cette zone pourrait être supérieur au taux de croissance des organismes constructeurs, à l'origine de l'absence de formations récifales à organismes hermatypiques dans ces deux secteurs.

Ressources, préservation et qualité des environnements côtiers

Les sédiments constituent une sorte de mémoire. En effet, ils enregistrent et peuvent concentrer et transporter les métaux sous certaines conditions environnementales.

Les analyses géochimiques et la mesure de la concentration des métaux sont particulièrement intéressantes à analyser afin de déterminer la provenance des contaminations d'origine terrestre et/ou marines, d'origine anthropiques et/ou naturels.

On peut par exemple déterminer si les sédiments proviennent de telle ou telle mine, si on a préalablement établi la signature « métallique » de chaque mine.

Selon les activités humaines qui existent à terre, les métaux à suivre ne sont pas les mêmes :

- Activité minière : Co, Cr, Ni, Mn ;
- Activité urbaine : Ag, Cd, Cu, Pb, Zn, Hg ;
- Activité portuaire : Cu et Zn notamment.

Pour obtenir les valeurs **de la concentration**, il faut prélever des sédiments. En général, on utilise une petite benne portable. Les échantillons doivent être prélevés et conditionnés avec d'extrêmes précautions car les métaux sont en très faibles concentrations. Au laboratoire, les analyses se font sur les particules les plus fines (les pélites) (source : OEIL – Observatoire de l'environnement de Nouvelle Calédonie)

Document V.12. Concentrations en cobalt (Co), chrome (Cr), fer (Fe), manganèse (Mn) et nickel (Ni) communément observées en Nouvelle Calédonie (*Beliaeff et al., 2011*)

Ces valeurs proviennent d'études effectuées dans le lagon sud (Canal de la Havannah et Baie de Prony) entre 2004 et 2009 par l'Unité de Recherches CAMELIA de l'IRD-Nouméa sur des sites peu à moyennement perturbés par les activités anthropiques.

Voici les valeurs habituellement rencontrées dans des zones non perturbées :

(µg/g)	Phase organique	Phase carbonatée	Phase hydroxydée	Phase réfractaire	Concentration totale
Co	10.1±2.4	9.6±12.3	9.5±8.5	45.9±14.5	73.0±8.6
Cr	47.3±31.7	14.6±13.4	10.9±8.3	2536±1067	2608±1014
Fe	9.7±13.4	202.5±177.6	340.5±95.5	85730 ±37340	86280 ±37080
Mn	36.6±3.3	219.0±32.5	50.6±21.6	356.0±21.2	662.5±6.4
Ni	13.8±4.5	7.6±2.9	18.8±5.9	1040±50	1080±50

Voici les valeurs habituellement rencontrées dans des zones perturbées :

(µg/g)	Phase organique	Phase carbonatée	Phase hydroxydée	Phase réfractaire	Concentration totale
Co	5.1±4.7	22.6±10.7	41.4±9.9	107.3±30.0	176.3±7.7
Cr	29.6±38.1	18.4±15.6	31.8±12.1	7740 ±3585	7820 ±3520
Fe	19.3±27.0	24.2±27.3	897.0±240.4	192970 ±74810	193900±74900
Mn	97.4±45.4	494.0±81.3	248.6±78.1	828.5±90.5	1668±83
Ni	10.6±3.3	17.3±12.1	49.7±18.8	2230 ±540	2300 ±535

Question V.11. À partir des valeurs mesurées dans les sédiments et de vos connaissances, discutez les conséquences des activités minières sur les écosystèmes des lagons de Nouvelle Calédonie

Réponse à la question V.11.

Les sédiments sont la mémoire des événements hydro-sédimentaires et ont la propriété d'accumuler et de larguer les polluants. Le paramètre suivi est la concentration en métal dans différentes phases géochimiques des sédiments du lagon. Comme indiqué dans le tableau, elle s'exprime en $\mu\text{gr} / \text{g}$ (mg/kg) de masse sèche.

Tous les réceptacles naturels tels que les baies, les formations estuariennes et bassins naturels de décantation au sein du lagon de la Nouvelle Calédonie sont concernés par le suivi des concentrations en métaux issus de l'exploitation minière dans les sédiments marins et fluviaux.

On notera des zones fortement perturbées par des concentrations anormalement élevées par rapport à des valeurs « étalon » en cobalt, Chrome, Fer, Manganèse et Nickel.

Ces différents éléments, issus des minéraux de roches ultrabasiques (Ni ; Cr) et basiques et ou des altérites (Fe) doivent faire l'objet d'une attention particulière, plus spécifiquement dans les zones exploitées par l'homme, en particulier les zones de pêche (poissons, crustacés, coquillages). L'ensemble d'une chaîne alimentaire peut être perturbé dans le temps et dans les espaces. Tous les contaminants venant de l'exploitation minière et/ou liés aux activités humaines font l'objet d'études conduites par le monde industriel placées sous la responsabilité des services de l'état. Il existe le code Minier, mais aussi de nombreux décrets souvent scientifiquement validés par les services de l'IFREMER et/ou du BRGM. Les mesures géochimiques doivent suivre les recommandations de guides méthodologiques et effectuer les mesures en amont, durant et après la durée de l'exploitation minière.

NB. Exemples de d'impact du chrome, du nickel et du cobalt (source : <https://www.lenntech.fr/data-perio/cr.htm>)

Une exposition chronique au chrome VI via l'eau de boisson entraîne des effets gastro-intestinaux (ulcérations buccales, diarrhées, douleurs abdominales, dyspepsies et vomissements) et hématologiques (anémies, leucocytoses et neutrophiles immatures)

En petites quantités, le nickel est essentiel mais, quand l'absorption est trop importante il peut présenter un risque pour la santé. L'absorption de quantités trop importantes de Nickel peut avoir les conséquences suivantes : Plus de risque de développer un cancer des poumons, du larynx et de la prostate...

Les sols près des exploitations minières peuvent contenir des quantités importantes de cobalt. Par conséquent, la consommation de plantes ayant poussé sur ce sol par l'homme peut avoir quelques effets. Les effets résultants d'une consommation de concentrations élevées de cobalt sont : Vomissements et nausées ; Problèmes de vision ; Problème de cœur ; Détérioration de la thyroïde

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

L'épreuve pratique de contre-option du secteur A de la session 2022 avait pour thématique « Quelques propriétés des anticorps et des cellules qui les produisent ». Partant de la réalisation et de l'observation microscopique d'un frottis sanguin, elle proposait une étude des cellules impliquées dans la production d'anticorps au moyen de techniques microscopiques et d'immunodétection ; elle s'intéressait ensuite aux anticorps contre le virus grippal pour lesquels il était demandé de mettre en œuvre un dosage par ELISA et une réflexion sur une autre méthode de titrage, alors que la dernière partie abordait des aspects moléculaires de la structure et la spécificité des anticorps, au moyen de logiciels couramment employés dans l'enseignement secondaire.

Les trois parties étaient indépendantes, comme cela était précisé sur la page de garde du sujet, la deuxième partie nécessitant de prévoir les temps d'incubation nécessaires à la bonne exécution du test ELISA, comme indiqué également sur la page de garde. Malheureusement beaucoup de candidats n'ont pas tenu compte de cette précision et n'ont pas eu le temps d'entamer ou terminer leur dosage. Il est rappelé qu'il est indispensable de lire de façon très attentive cette page de garde, condition nécessaire à une organisation rigoureuse du temps nécessairement limité pour ce TP de contre-option. Certains candidats ont fait le choix, délibéré ou non, de ne pas consacrer de temps aux aspects expérimentaux ; a contrario, d'autres ont fait toutes les manipulations, et parfois de façon très soignée et rigoureuse : leurs efforts, parfois au détriment de la rédaction d'autres parties, ont été récompensés par une bonification des items portant sur ces capacités expérimentales.

Le frottis sanguin a été assez souvent convenablement effectué, bien que l'adéquation entre le schéma et le champ d'observation montré à l'examineur n'ait pas toujours été évidente... L'usage du microscope a également été évalué : il est regrettable de constater que de nombreux candidats n'utilisent pas un objectif adéquat (l'objectif X40 était souhaitable, avec éventuellement un passage au X100, sans oublier alors l'immersion dans l'huile !), ou ignorent l'usage du diaphragme pour moduler la quantité de lumière, le contraste et la profondeur de champ. Les connaissances générales sur la microscopie électronique et le principe du contraste par l'utilisation de sels métalliques ne sont généralement pas acquis ; ces points sont pourtant traités dans toutes les licences au cours des enseignements de biologie cellulaire, et débordent largement le thème de l'immunologie (qui semble avoir dérouté beaucoup de candidats). Il en est de même pour l'immunofluorescence, qui trouve des applications dans tous les champs de la biologie. Les électronographies ont été, pour la plupart des candidats, correctement légendées. Cependant, les caractéristiques cytologiques des plasmocytes, cellules sécrétrices d'anticorps, sont, pour beaucoup de candidats, non maîtrisées. De même, les différentes étapes de différenciation d'un lymphocyte B en plasmocyte, ne sont pas connues pas de nombreux candidats.

La deuxième partie a été traitée de manière très incomplète, et la partie dosage en particulier a été décevante. Très peu de candidats sont capables d'exposer le principe de l'ELISA, qui est pourtant exigible au lycée (1ère spécialité SVT, et souvent thème d'ECE). Nous ne reviendrons pas sur le manque d'organisation qui n'a pas permis d'effectuer le dosage, ou pas pour toutes ses étapes. La réalisation de pipetages réguliers, ainsi que celle d'une gamme de dilutions simple, ne sont pas maîtrisées par tous, ce qui pose question à ce niveau d'études. Il est inquiétant également qu'un certain nombre de candidats ne soient pas capables de tracer une courbe de titrage/dosage à partir de valeurs simples, en n'ayant pas de réflexion sur le type d'échelle à employer par exemple. Le principe du test d'inhibition d'agglutination a été très généralement incompris ; il est certes beaucoup moins connu et utilisé que le test ELISA, mais ici il était essentiellement demandé de transcrire par un schéma de principe ce qui était explicité dans le texte... La maîtrise de la représentation habituelle des interactions spécifiques entre antigènes et anticorps, ainsi que de la notion de compétition à la base de ce test, sont attendues à ce niveau d'étude, même si on découvre comme ici une situation expérimentale nouvelle. De même, et avec des conséquences plus graves sans doute, les applications et conséquences en santé publique de l'émergence des mutants (grippe, Covid...) en lien avec les pratiques vaccinales, et la fonction de neutralisation des anticorps, ne sont pas connues ou comprises

par tous les candidats ; c'est d'autant plus étonnant dans le contexte de l'actualité sanitaire récente ! Ce sont des aspects exigés dans les programmes scolaires que trop peu de candidats peuvent expliciter de façon claire, et/ou exempte de finalisme ; on attend des candidats à l'agrégation un peu de curiosité scientifique qui devrait les amener à se documenter de façon rigoureuse et approfondie sur ces sujets scientifiques à fort impact sociétal.

La troisième partie demandait quelques connaissances théoriques sur la structure moléculaire des anticorps en lien avec leurs fonctions, sur les notions de variabilité et de spécificité épitope/paratope, ainsi qu'une maîtrise minimale de l'utilisation des logiciels de modélisation en usage dans le secondaire. Les fiches techniques des logiciels étaient fournies aux candidats. Cette partie a été traitée de façon très inégale selon les candidats, certains l'abordant à peine (sans doute par manque de temps et/ou d'organisation puisque c'était la dernière), certains autres maîtrisant bien à la fois les concepts et les logiciels. La comparaison de fragments Fab d'anticorps grâce au logiciel Geniegen2 a été très peu abordée par les candidats. Il s'agissait pourtant d'une comparaison très simple comme pratiquée couramment au niveau lycée.

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2022

TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE OPTION DU SECTEUR A CANDIDATS DES SECTEURS B ET C Durée totale : 2 heures

Quelques propriétés des anticorps et des cellules qui les produisent

Au cours de cette épreuve de travaux pratiques, des aspects cellulaires et moléculaires de l'immunité humorale seront abordés, ainsi que quelques applications technologiques des anticorps.

Les 3 parties sont indépendantes.

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

Partie I : 6 pages

Durée conseillée : 40 minutes – barème : 30 / 100

Partie II : 8 pages

Durée conseillée : 1 heure – barème : 50 / 100

Partie III : 4 pages

Durée conseillée : 20 minutes – barème : 20 / 100

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

N'oubliez pas d'appeler les correcteurs lorsque cela est demandé.

Certaines observations nécessitent que vous respectiez un planning de passage qui sera indiqué au tableau.

Vous pouvez disposer d'une calculatrice non programmable.

**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 cellulaire de lymphocytes

I.A – Réalisation et observation d'un frottis sanguin

Vous disposez d'un tube contenant du sang de bœuf, de deux lames de verre et de réactifs vous permettant de réaliser une coloration de May-Grünwald et Giemsa selon le protocole ci-dessous :

- Réaliser un frottis sanguin à partir d'une goutte de sang
- Tenir la lame avec une pince
- Plonger la lame 5 fois 1 seconde dans le flacon 1 de fixateur (= méthanol)
- Egoutter l'excédent sur du papier absorbant
- Plonger la lame 5 fois 1 seconde dans le flacon 2 d'éosine
- Egoutter l'excédent sur du papier absorbant
- Plonger la lame 5 fois 1 seconde dans le flacon 3 de bleu de méthylène
- Laver rapidement à l'eau déminéralisée
- Observer au microscope après séchage.

I. A- 1) A l'issue de la coloration du frottis :

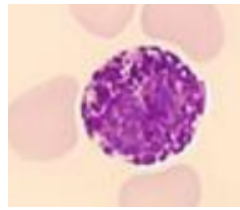
- **vous présenterez à un surveillant** un champ présentant au moins 2 types de cellules sanguines (hors hématies) dont des lymphocytes.
- vous ferez un schéma légendé de ce champ d'observation dans le cadre ci-dessous.

Réponse à la question I. A- 1

Rappels sur la morphologie des cellules sanguines :



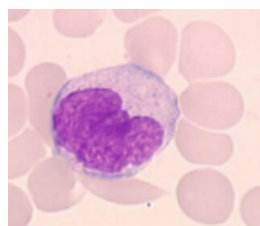
Hématies et plaquettes



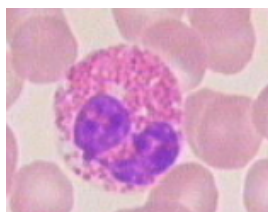
Polynucléaire basophile



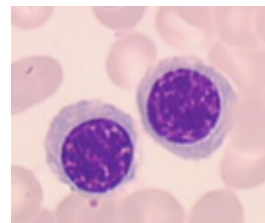
Polynucléaire neutrophile



Monocyte



Polynucléaire éosinophile



Lymphocytes

Le schéma légendé devait comporter une échelle ou un grossissement, qui n'ont presque jamais été spécifiés sur les copies. Il devait correspondre à l'observation.

Lors de la notation en salle, il a été tenu compte de la qualité du frottis réalisé (pas trop épais, bien étalé) ainsi que du maniement du microscope (choix de l'objectif, réglage de la lumière/réglage du diaphragme).

I.A- 2) Préciser les caractères cytologiques des lymphocytes

Réponse à la question I. A- 2

Les lymphocytes sont de petites cellules rondes à gros noyau (rapport nucléocytoplasmique élevé), de taille comprise entre 7 et 15 μm , sans granulations.

I.B – Etude en microscopie électronique

I.B -1) Les micrographies proposées ci-après correspondent à un lymphocyte B et un plasmocyte.

Rappeler le principe de cette microscopie et préciser les différentes étapes nécessaires à l'obtention de ces images.

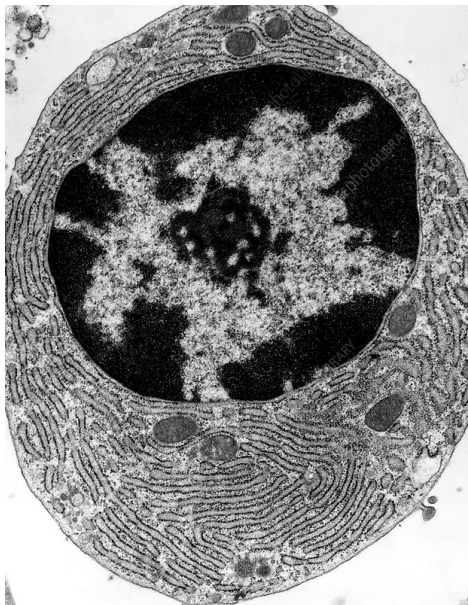
Réponses à la question I.B -1

La microscopie électronique utilise un faisceau d'électrons à la place des photons de la microscopie optique afin d'augmenter la résolution, qui est de l'ordre du nanomètre (200 nm en microscopie optique). La résolution étant limitée physiquement par la longueur d'onde du rayonnement utilisé, on obtient une meilleure résolution avec les électrons dont la longueur d'onde est beaucoup plus faible que celle des photons.

La préparation d'un échantillon en vue de son traitement en microscopie électronique en transmission (images proposées ici en transmission) nécessite la réalisation de coupes ultrafines (épaisseur inférieure à 100 nm) de tissu fixé (aldéhyde pour réticuler les protéines, tétroxyde d'osmium pour les lipides), déshydraté, et inclus dans une résine généralement durcie par polymérisation.

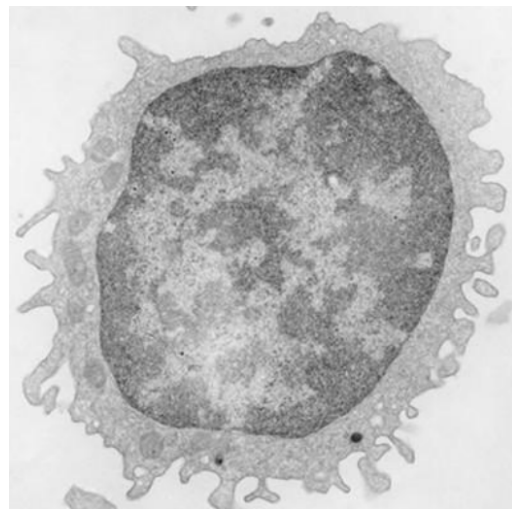
Les atomes des molécules biologiques étant très peu capables d'arrêter différenciellement les électrons, il est nécessaire d'augmenter le contraste par métallisation de l'échantillon : ceci se fait par traitement par des sels de métaux lourds (généralement un mélange de citrate de plomb et d'acétate d'uranyle, qui ont une affinité particulière pour les membranes et/ou les acides nucléiques).

Cette question a été très mal traitée par les candidats (il s'agit pourtant de connaissances de niveau licence en biologie cellulaire).



Cellule A **PLASMOCYTE**

2 μm



cellule B **LYMPHOCYTE B**

1 μm

Les légendes communes attendues étaient les suivantes : enveloppe nucléaire (et non paroi, ou membrane), mitochondrie, noyau, chromatine (euchromatine/hétérochromatine), membrane plasmique.

Pour le plasmocyte, on attendait en plus : REG très développé, cytoplasme très granulaire.

Pour le lymphocyte B, on attendait spécifiquement : noyau de grande taille (ou rapport nucléocytoplasmique élevé), cytoplasme faiblement granulaire.

I.B -2) Identifier chaque cellule en proposant un titre pour chaque micrographie, que vous écrirez sous chacune d'elle. Les légendier précisément pour faire apparaître les points communs et les différences entre ces deux types cellulaires.

Préciser dans le cadre ci-dessous la fonction de la cellule (A) ainsi que les caractéristiques ultrastructurales de cette cellule en lien avec sa fonction.

Réponses à la question I.B -2

La cellule A est un plasmocyte, correspondant à l'état différencié d'un lymphocyte B ; cette cellule synthétise et sécrète en grande quantité des anticorps. Les chaînes d'immunoglobulines sont synthétisées au niveau des ribosomes liés au réticulum (REG) ; elles transitent par l'appareil de Golgi, puis vers des vésicules de sécrétion qui assurent leur exocytose. L'importance du REG bien observable en MET montre la fonction orientée vers la synthèse et la sécrétion d'anticorps de ce plasmocyte.

I.B -3) Expliciter les événements cellulaires et moléculaires qui aboutissent à la cellule la plus différenciée.

Réponse à la question I.B -3

Le plasmocyte est issu de la différenciation originelle d'un lymphocyte B (LB) qui a été activé suite à la reconnaissance spécifique d'épitopes antigéniques par ses récepteurs spécifiques (BCR / *B cell receptor* / récepteur B à l'antigène / immunoglobuline membranaire).

Le LB s'est d'abord multiplié (prolifération clonale) avant de se différencier en plasmocyte. La différenciation complète d'un LB nécessite le plus souvent l'aide de LT auxiliaires qui auront pu interagir avec lui par la reconnaissance via leurs TCR (*T cell receptor* / récepteurs T à l'antigène) de complexes « CMH-peptide antigénique » présentés par le LB (qui agit ici comme cellule présentatrice de l'antigène) ; elle nécessite également des signaux moléculaires sous forme de cytokines/interleukines sécrétées par les LT auxiliaires (communication juxtacrine / paracrine).

I.C – Immunodétection

I.C -1) On se propose de localiser les immunoglobulines dans chacune de ces cellules.

Proposer des hypothèses sur cette localisation.

Réponse à la question I.C -1

Les LB expriment des Ig membranaires (récepteurs à l'antigène), alors que les plasmocytes présentent des Ig intracellulaires (en cours de synthèse, de maturation et d'exocytose, donc au niveau du REG, du Golgi, de vésicules de sécrétion)

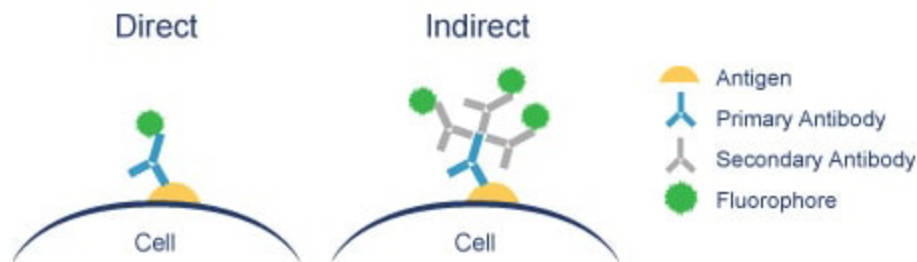
I.C-2) Après avoir explicité le principe général de la technique d'immunofluorescence par un schéma, préciser les étapes principales d'un protocole qui permettrait de tester vos hypothèses. Indiquer les résultats attendus.

Réponses aux questions I.C -2

Attention de ne pas confondre principe et protocole (erreurs très fréquentes sur ces exercices)

Principe : l'immunofluorescence utilise un marqueur fluorescent (fluorochrome/fluorophore) couplé à un anticorps spécifique (anticorps « conjugué ») qui permet d'observer au moyen d'un microscope optique particulier (à épifluorescence, ou confocal) la localisation de molécules reconnues par cet anticorps. Elle peut être directe ou indirecte, et elle est plus sensible dans le cas d'une procédure indirecte qui « amplifie le signal » par la possibilité de liaison de plusieurs anticorps conjugués à l'anticorps primaire de détection.

Un schéma de ce type était attendu pour le principe :



Protocole : les principales étapes pour un protocole qui permettait de tester les hypothèses de localisation des Ig sont les suivantes :

- Coupe d'organe contenant des LB et des plasmocytes (ganglion lymphatique, rate)
- Incubation avec les anticorps (1 ou 2 étapes, selon technique directe ou indirecte)
- Lavage pour éliminer les excès de réactifs
- Observation en microscopie à épifluorescence ou confocale (le confocal doit être préféré pour mieux préciser la localisation des Ig, car il permet d'obtenir des « coupes optiques », de très faible profondeur de champ, et de meilleure résolution).

Résultats attendus : Les LB devraient être fluorescents en surface, alors qu'on devrait observer de la fluorescence intracellulaire dans les plasmocytes.

I.C -3. a) Une immunodétection des anticorps est également possible en microscopie électronique. Expliquer en quoi cette technique diffère de la précédente.

Réponse à la question I.C -3. a

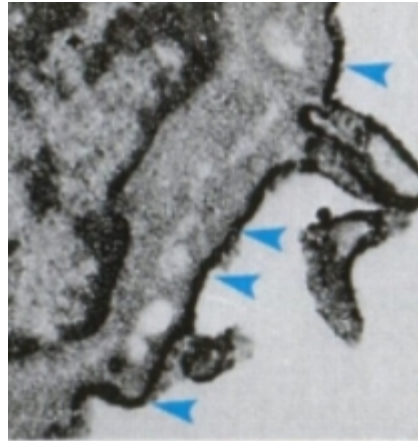
La microscopie électronique ne permet pas l'usage de la fluorescence (pas de source de photons pour exciter les fluorochromes et permettre l'émission de fluorescence)

On doit utiliser pour la détection de molécules spécifiques en microscopie électronique des marqueurs différents conjugués à l'anticorps (primaire ou secondaire) : par exemple une enzyme dont le substrat donnera un produit dense aux électrons, ou des microbilles d'or colloïdal (technique dite *Immunogold*)

I.C -3. b) Les images suivantes sont obtenues grâce à cette technique : les flèches bleues indiquent la localisation du marquage.
Commenter ces résultats.



Cellule (A)



Cellule (B)

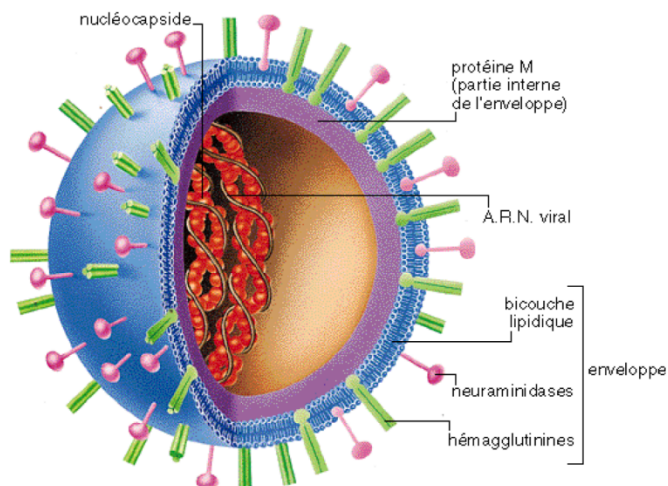
Réponse à la question I.C-3.b

On observe un marquage noir (dense aux électrons) au niveau du REG dans le plasmocyte (cellule A, marquage bien identifié par les flèches), et très peu/pas de marquage au niveau de la membrane plasmique : les Ig sont en cours de synthèse.

Au contraire, la cellule B (lymphocyte B, à droite) présente un marquage sombre au niveau de la membrane plasmique, correspondant à l'expression de nombreuses Ig membranaires (récepteurs à l'antigène, BCR).

Partie II : Dosages sérologiques dans le cadre de la grippe aviaire

Des dosages sérologiques d'anticorps peuvent être mis en œuvre pour le suivi de l'infection des oiseaux par le virus grippal de type A et de sous-type H5N1, dit de « grippe aviaire ». Ce virus peut être représenté par le schéma suivant :



II.A – Le test qui sera mis en œuvre dans un 1^{er} temps est un test ELISA qui permettra de titrer les anticorps dirigés contre l'hémagglutinine (HA) dans le sérum de poulets d'élevage.

II.A-1 - Rappeler quel est le principe d'un test ELISA de recherche d'anticorps, et schématiser à l'aide des représentations habituelles les étapes réactionnelles successives, telles qu'elles auront lieu dans un micropuits « positif » de la plaque de test ELISA, appliqué à cette recherche chez le poulet.

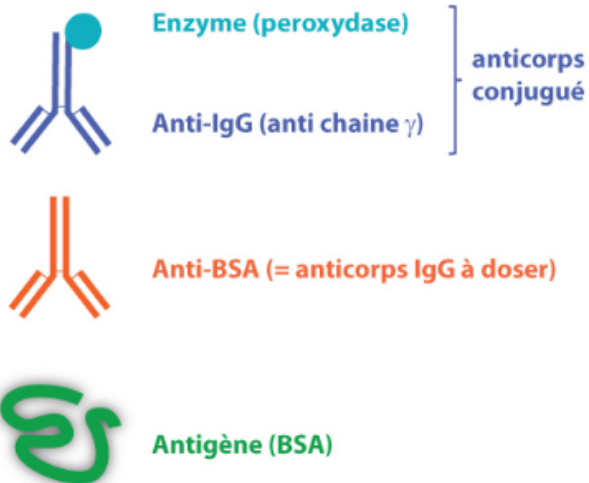
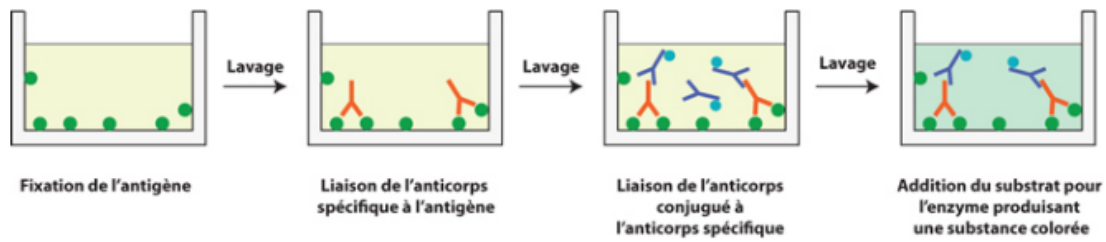
Réponses à la question II.A-1

Là encore, ne pas confondre principe et protocole !

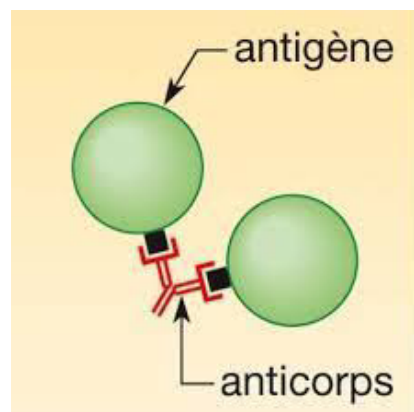
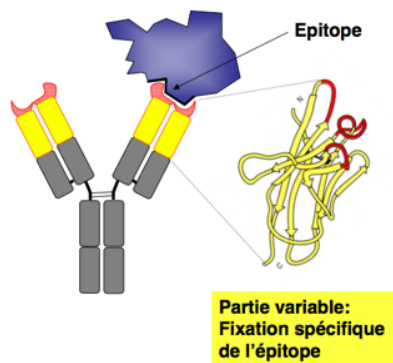
PRINCIPE : Un test ELISA est un test immuno-enzymologique (Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay) qui permet de détecter ou doser des antigènes ou des anticorps. Ici on souhaite quantifier / titrer les anticorps spécifiques de l'HA du virus grippal dans un sérum de poulet.

Les anticorps qui se lient avec une affinité suffisante (dits « spécifiques ») à l'antigène (HA) adsorbé sur le plastique d'une plaque ELISA sont eux-mêmes détectés par des anticorps secondaires anti-Ig de poulet, liés/conjugués à une enzyme. L'ajout d'un substrat adéquat de l'enzyme donne par réaction enzymatique un produit coloré, dont l'absorbance qui peut être mesurée en spectrophotométrie est proportionnelle à la quantité d'anticorps primaire fixé à l'antigène.

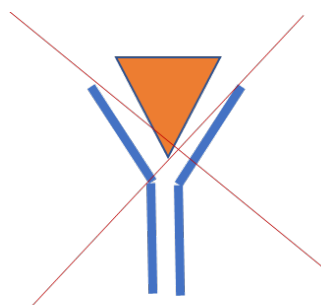
SCHEMA : le schéma ci-dessous est donné à titre d'exemple (l'antigène « BSA » doit être remplacé par l'hémagglutinine de virus grippal)



Un schéma légendé et précis était attendu, avec une représentation exacte des sites moléculaires de reconnaissance (la liaison anticorps-antigène se fait aux extrémités variables de la molécule d'anticorps, et non dans le « creux » entre les chaînes !)



OUI !



NON !

Vous disposez de :

- . 2 barrettes de 8 puits déjà « coatés » (recouverts) avec l'antigène
- . Un échantillon de sérum de poulet à tester
- . Un sérum de poulet séropositif et un sérum de poulet séronégatif
- . Un tube contenant le « traceur » (anticorps de détection couplé à la peroxydase)
- . Du tampon de dilution des sérums, noté PBS (Phosphate Buffer Saline)
- . Un tube de substrat de la peroxydase (TMB)

Voici le protocole que vous aurez à suivre :

- . Préparer directement les dilutions en série au $\frac{1}{2}$ du sérum positif, sur 12 puits, le 1^{er} puits contenant le sérum pur (1 barrette et demie, C1 à C12). Les volumes finaux dans les puits seront de 80 μ l.
- . Déposer 80 μ l de sérum test (non dilué), et 80 μ l de sérum témoin négatif dans 2 puits suivants (il reste 2 puits qui ne contiendront pas de sérum, mais du tampon).
- . Incuber 15 minutes à température ambiante.
- . Rincer 3 fois (retourner la barrette sur un papier absorbant, tapoter, rincer les puits en les remplissant de 200 μ l de tampon de lavage).
- . Ajouter 80 μ l dans tous les puits d'anticorps de détection.
- . Incuber 15 minutes à température ambiante, puis rincer de nouveau 3 fois.
- . Ajouter 80 μ l de TMB, laisser la réaction se développer jusqu'à une coloration bleue franche de certains puits.
- . **La lecture doit être faite dans les 10 minutes après ce dernier ajout : appeler à temps l'examineur !**

II.A -2 - Détailler le mode opératoire qui vous a permis de réaliser la gamme de dilution du sérum témoin positif.

Réponse à la question II.A -2

La réalisation d'une gamme de dilution « en cascade » nécessite de déposer d'abord le même volume de tampon de dilution dans tous les puits (à partir du second), puis de prélever, dans chaque puits à partir du 1^{er}, un volume identique de solution qui sera ajouté dans le puits suivant, mélangé, avant prélèvement et dépôt de la même manière sur toute la série à préparer.

Ici on dépose 80 μ l de tampon de dilution dans tous les puits à partir du second de la série, et 160 μ l de sérum pur dans le 1^{er} puits. Puis on prélève 80 μ l dans le 1^{er} puits qu'on mélange aux 80 μ l de tampon du second puits, réalisant ainsi une dilution au $\frac{1}{2}$. On fait de même dans les puits suivants pour une dilution « en cascade » (ou « en série »), et les derniers 80 μ l seront jetés pour que le dernier puits contienne le même volume que les autres.

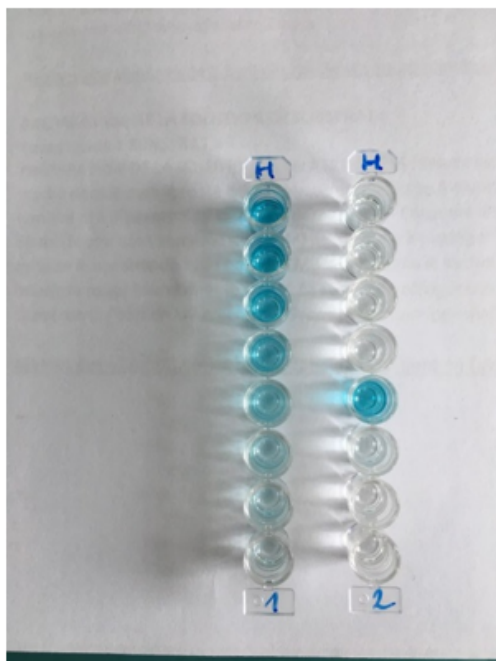
Cette manipulation classique a été très peu réalisée, elle est pourtant attendue des élèves de lycée...

II.A - 3 : Évaluation qualitative du titre en anticorps du sérum test

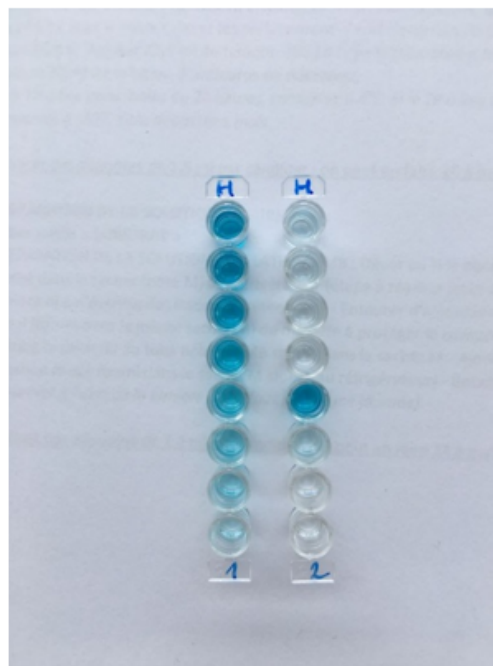
- Procéder à la réalisation du dosage selon le protocole ci-dessus.
- **Quand vous estimez que la coloration est suffisamment développée, appeler un surveillant pour lui montrer les résultats de votre dosage.**
- Estimer visuellement si le sérum test est positif ou négatif.

Réponse à la question II.A - 3

Résultats types obtenus selon le protocole proposé :



Lecture à 5'



Lecture à 10'

Le sérum test est positif : **OUI / NON**

Le sérum test devait être déposé dans le 5^{ème} puits de la seconde barrette : il était clairement positif, au bout de quelques minutes d'incubation.

La qualité de la manipulation pour ce test a été très décevante, de nombreux candidats ne l'ayant pas du tout commencée. Il a été tenu compte dans la notation en salle par les surveillants de la qualité de la gamme (décroissance de la coloration du 1^{er} au dernier puits de la gamme), ainsi que de la régularité des volumes déposés dans les puits, et du respect du plan imposé sur le protocole.

Ce test est réalisé au lycée, en 1^{ère} spécialité SVT, et fait souvent l'objet d'exercice aux ECE du baccalauréat : il doit être maîtrisé par tous les enseignants.

Les points obtenus à cette manipulation ont été bonifiés afin de récompenser les candidats qui n'ont pas négligé les aspects expérimentaux de cette épreuve de TP.

II.A - 4 : Evaluation quantitative du titre en anticorps du sérum test

Une expérimentation quantitative a été menée dans les mêmes conditions et les absorbances ont été lues à 620 nm. Les valeurs obtenues sont données dans le tableau suivant :

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
0.918	0.629	0.354	0.171	0.115	0.074	0.055	0.062
C9	C10	C11	C12	Sérum positif	Sérum négatif	Tampon	Tampon

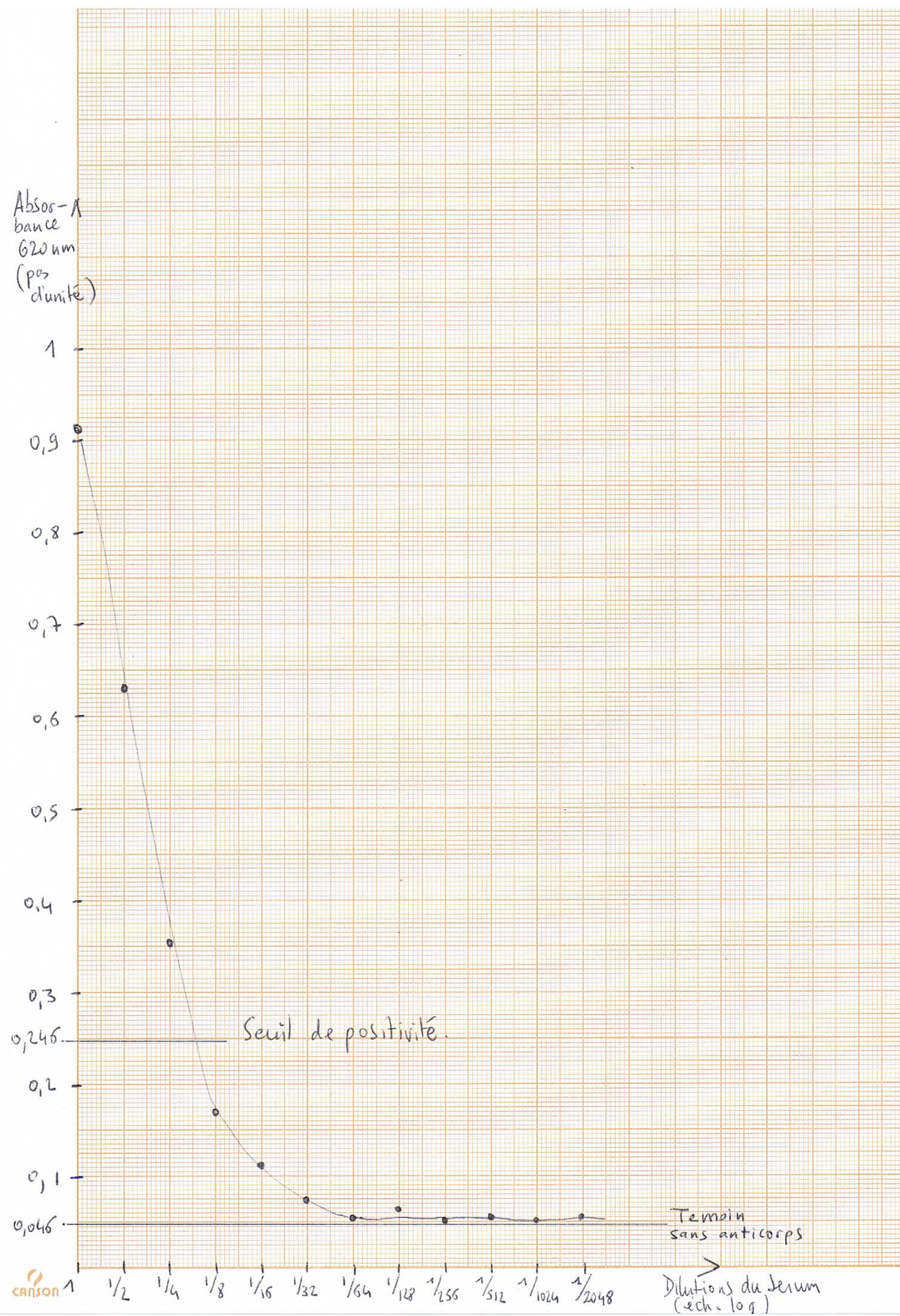
0.052	0.054	0.051	0.056	0.615	0.069	0.042	0.051
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

II.A -4.a : Tracer la courbe représentant l'absorbance en fonction de la dilution du sérum positif sur le papier millimétré dessiné ci-dessous :

Cet exercice simple a été décevant car beaucoup de candidats n'ont pas pris le temps de placer les points pour tracer une simple courbe...

Il était important de représenter les valeurs d'absorbance sur une échelle linéaire, et les dilutions sur une échelle logarithmique (les points écartés d'une même distance représentant des valeurs dans le même rapport).

Des erreurs de représentations difficiles à admettre à ce niveau ont été relevées : graduations non homogènes (par exemple 2 cm pour 0.1 unité d'absorbance sur une partie du graphe, et 1 cm sur l'autre partie), échelles arithmétiques pour les dilutions, axes mal identifiés (axe des abscisses donnant des numéros de puits à la place de dilutions), points mal placés, très rarement reliés...



II.A-4 .b : Le titre d'un sérum est exprimé par l'inverse de la dernière dilution donnant une valeur d'absorbance significativement différente des puits témoins (sans anticorps). On considérera cette valeur significativement positive si elle est au moins supérieure de 0,2 unité DO par rapport au témoin.

Réponses à la question II.A-4 -b

Indiquer le titre en anticorps pour le sérum positif :

Le principe de calcul du titre est clairement explicité ; il ne s'agit pas d'une dilution, mais de l'inverse d'une dilution, donc c'est une valeur d'autant plus élevée qu'il y a beaucoup d'anticorps dans le sérum testé.

Les puits témoins sans anticorps présentent une absorbance moyenne de 0.046.

Si on ajoute 0.2 unités DO à cette valeur, on obtient une valeur de 0.246 : la plus faible valeur d'absorbance encore supérieure à 0.246 est 0.354, obtenue avec une dilution au 1/4 du sérum positif. Le titre correspond à l'inverse de cette dilution, **sa valeur est donc 4.**

Proposer le principe d'une méthode qui permettrait d'évaluer le titre du sérum test :

Il est nécessaire de réaliser une gamme de dilution en série à partir du sérum test.

Le sérum test présente une absorbance à l'état non dilué inférieure au sérum positif, mais qui reste supérieure au seuil de positivité (on le voit « positif » par la simple observation) : on peut s'attendre à ce que son titre soit plus faible, mais il peut aussi présenter une décroissance plus lente que le sérum positif... Il n'est donc pas possible de donner une valeur de titre sans réaliser de gamme de dilution.

II.B – Un autre type de test sérologique, dit « d'inhibition d'hémagglutination » (HI) peut être utilisé chez l'être humain pour le suivi sérologique des anticorps anti-hémagglutinine ; il utilise la propriété de l'hémagglutinine (HA) virale de provoquer *in vitro* l'agglutination des érythrocytes de cochon d'Inde. Ce test est réalisé dans des micropuits à fond rond : un « voile » rouge uniforme au fond des micropuits correspond à une hémagglutination, alors qu'une absence d'hémagglutination se manifeste par un culot de petite taille au fond du puits, en raison de la sédimentation des hématies.

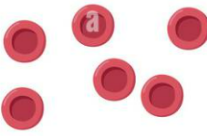

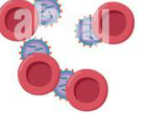

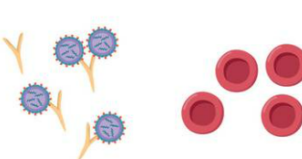

On peut calculer un titre HI, correspondant à la plus grande dilution de sérum qui peut bloquer l'hémagglutination.

II.B-1 : Dessiner un schéma de principe du test d'inhibition d'hémagglutination dans la cadre ci-dessous.

Réponse à la question II.B-1

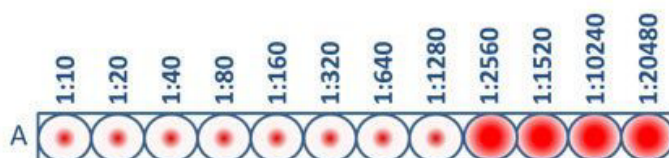
Un schéma de ce type était attendu, il devait indiquer ce qui se passe dans les puits en présence et en absence d'anticorps anti-HA.

On devait voir que les anticorps spécifiques de l'hémagglutinine, en se liant à cette protéine, l'empêchaient d'agglutiner les hématies.

Components	Interaction	Microtiter Results
RBCs		 No reaction
Virus RBCs		 Hemagglutination
Virus Antibody RBCs		 Hemagglutination inhibition

II.B-2

Un test HI a été mis en œuvre avec le sérum d'un patient vacciné en 2015 contre la grippe, en présence d'hématies de cochon d'inde et de virus Influenza de la souche vaccinale : le résultat est représenté ci-dessous.



Proposer une conclusion à ce résultat, et donner le titre HI du sérum testé.

Réponses à la question II.B-2

Les 8 premiers puits montrent une absence d'hémagglutination, ce qui montre qu'il y a suffisamment d'anticorps anti-HA dans les dilutions correspondantes pour bloquer l'hémagglutinine et l'empêcher d'agglutiner les hématies.

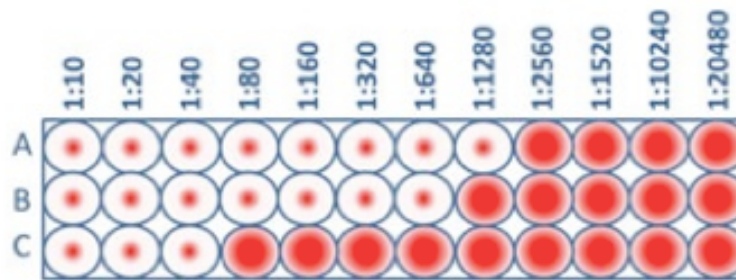
Ce patient présente donc des anticorps anti-HA contre la souche vaccinale, ce qui semble montrer que la vaccination a bien induit chez lui des anticorps spécifiques (et/ou il a été en contact avec le virus grippal de l'année).

Le titre HI est comme indiqué l'inverse de la dernière dilution de sérum qui inhibe l'agglutination, donc ici le titre HI est de **1280**.

II.B-3

Des tests similaires ont été menés en utilisant des souches de virus circulant en 2016 (ligne B/virus 1) et 2017 (ligne C/virus 2).

La figure suivante montre les résultats de ces tests, en comparaison (ligne A) du test précédent (souche vaccinale de 2015).



Analyser les résultats des lignes B et C, et en donner une conclusion ; en déduire des conséquences sur les stratégies vaccinales antigrippales.

Réponses aux questions II.B-3

Dans les lignes B et C, on observe moins de puits avec inhibition de l'agglutination : il y a donc moins d'anticorps capables de se lier à l'hémagglutinine présentée (celle qui domine en 2016 pour la ligne B, et celle qui domine en 2017 pour la ligne C), et celle-ci est davantage disponible pour agglutiner les hématies.

Les titres HI sont respectivement de 640 pour la ligne B, et 40 pour la ligne C.

Les anticorps du patient vacciné en 2015, qui étaient très efficaces (titre HI = 1280) dans leur liaison à l'HA de 2015, reconnaissent un peu moins les hémagglutinines virales des souches dominantes en 2016 et beaucoup moins celles des souches grippales de 2017, suite à des mutations des virus qui s'accumulent au cours du temps et génèrent des protéines différentes, de moins en moins reconnues par les anticorps « historiques ».

Il y a un échappement des variants/mutants aux anticorps produits suite à la vaccination (ou au contact avec le virus). Il est donc nécessaire de revacciner contre la grippe chaque année les personnes à risque de développer une forme grave, avec des vaccins « actualisés » chaque année, qui sont reformulés pour être en adéquation avec les souches dominantes en circulation à cette saison-là (des séquençages sont pratiqués à de nombreux points géographiques afin de suivre au mieux l'évolution et la circulation mondiale des souches grippales).

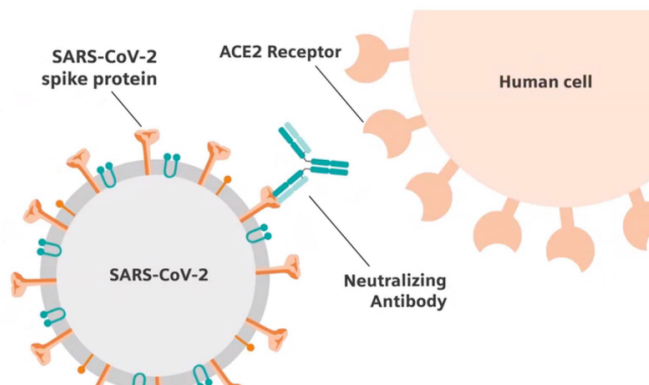
II.C – Les anticorps protecteurs contre les infections virales sont dits « neutralisants ».

II.C-1 : expliquer leur mode d'action par un schéma.

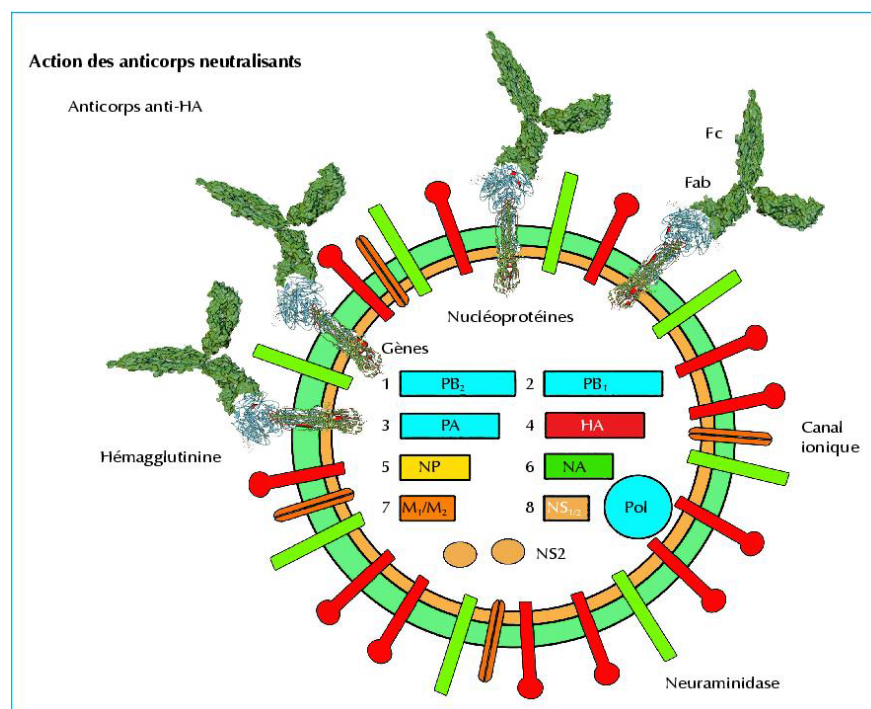
Réponse à la question II.C-1

Les anticorps neutralisants sont spécifiques des protéines virales responsables de la liaison des particules virales à leurs cellules cibles (exemples : gp120 pour le VIH, spike pour le SARS-CoV2, HA pour le virus Influenza...). Leur fixation sur ces protéines inhibe l'infection virale.

(ici, nombreuses confusions avec le phénomène d'opsonisation, de formation de complexes immuns...)



Anticorps neutralisants contre le SARS-CoV-2



Anticorps neutralisants contre le virus Influenza, spécifiques de l'HA

II.C-2) On parle pour les infections grippales, ou par le virus SARS-CoV2, de l'émergence de « variants d'échappement ». Expliquer la conséquence attendue du développement de ces mutants vis-à-vis de la neutralisation.

Réponse à la question II.C-2

Les mutations qui touchent l'ARN codant les protéines virales responsables de la liaison des virus à leurs cellules-cibles peuvent avoir plusieurs conséquences : elles peuvent être neutres, ou empêcher l'infection virale (dans ce cas, ces mutations non favorables au virus ne seront pas conservées), ou bien conduire la synthèse de protéines qui ne sont plus reconnues par les anticorps neutralisants générés contre la souche originelle (par contact infectieux ou vaccination). Les nouveaux virus (appelés variants, ou mutants) échappent ainsi à l'action neutralisante des anticorps issus de la mémoire immunitaire, et deviennent plus infectieux et dominants dans les populations virales.

III. Structure et spécificité des anticorps

III.A- Étude de la structure d'un anticorps soluble et de sa liaison avec un antigène

III.A-1) Etude structurale d'un anticorps soluble

Matériel :

- Logiciel Libmol et fiche technique (fournie en annexe)
- 2 fichiers des structures protéiques :
 - o un modèle théorique d'un anticorps complet
 - o un fragment Fab de l'anticorps H5.31 humain en complexe avec le domaine de tête d'hémagglutinine du virus H5N1 (6P3R.pdb)

Charger le fichier modèle théorique d'un anticorps complet.

III.A-1.a) En utilisant les fonctionnalités du logiciel, proposer une représentation d'un anticorps complet mettant en évidence :

- ses propriétés structurales ;
- les interactions entre les groupes moléculaires.

Mettre en évidence deux acides aminés impliqués dans les liaisons avec l'épitope

Mettre en évidence les groupements non peptidiques et préciser leur nature.

Appeler l'examineur pour vérification de votre modèle

III.A-1.b) Représenter schématiquement la molécule obtenue. Les légendes indiqueront :

- le nom des chaînes peptidiques
- le nombre d'acides aminés pour chacune
- les liaisons dont vous préciserez la nature

Réponse à la question III.A-1-b

Grâce à l'utilisation du logiciel Libmol, le candidat devait présenter à l'examineur une molécule d'anticorps avec les chaînes lourdes et légères colorées ; au moins un pont disulfure entre deux cystéines et le groupement glucidique devaient être mis en évidence.

L'utilisation de ce logiciel est très peu maîtrisée par les candidats.

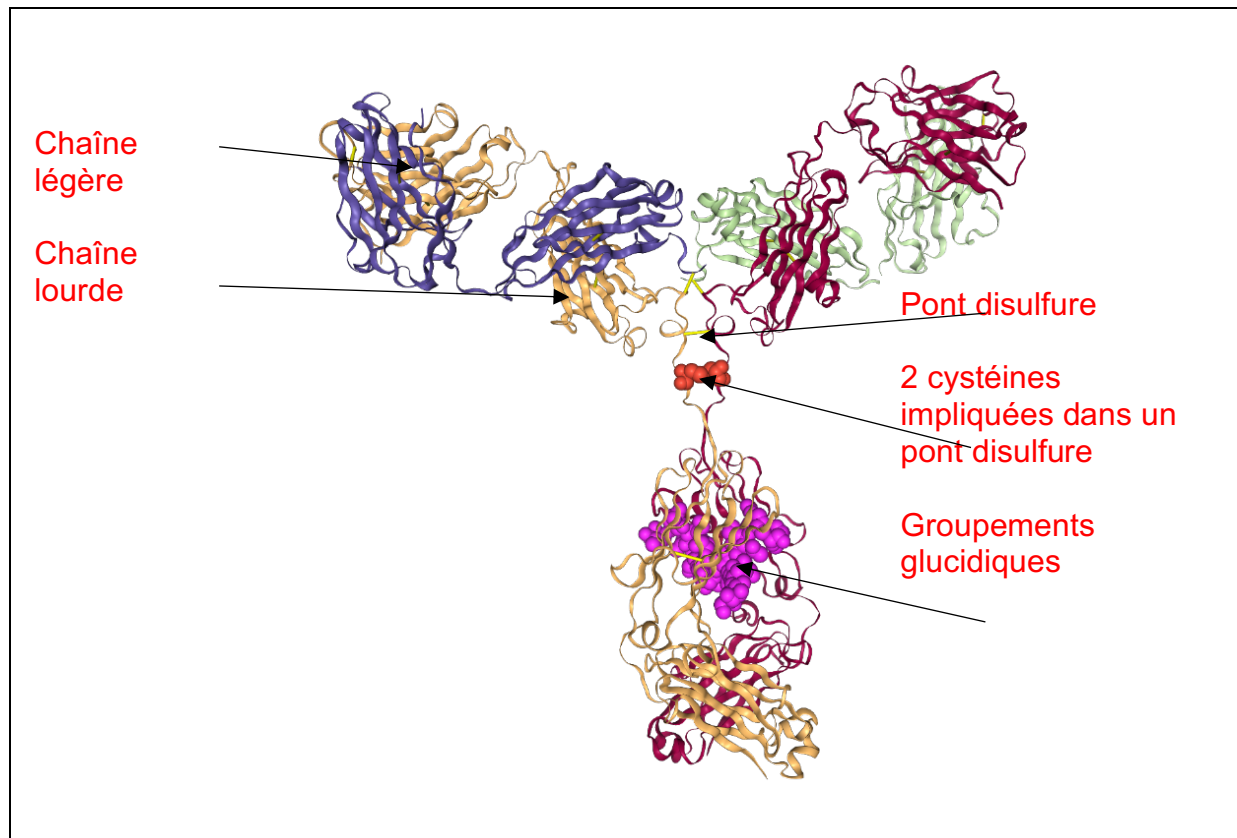
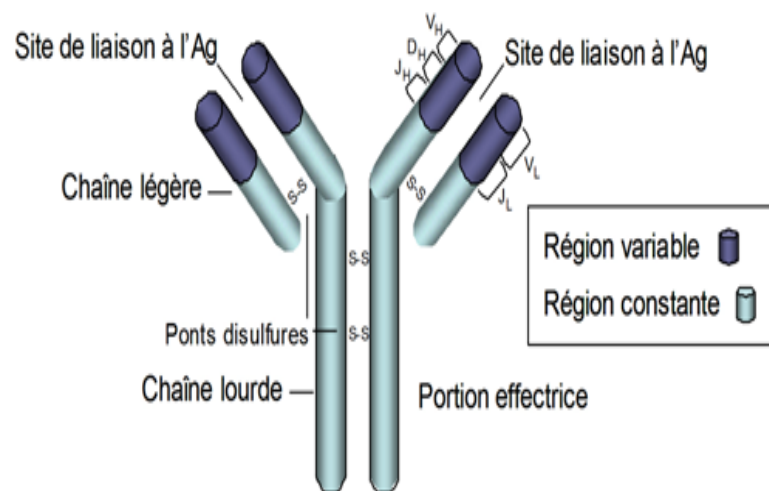


Schéma attendu :



2 chaînes lourdes acides aminés ; 2 chaînes légères (216 acides aminés)

(452

III.A-2) Etude de la liaison antigène-anticorps.

Charger le fichier 6P3R.pdb

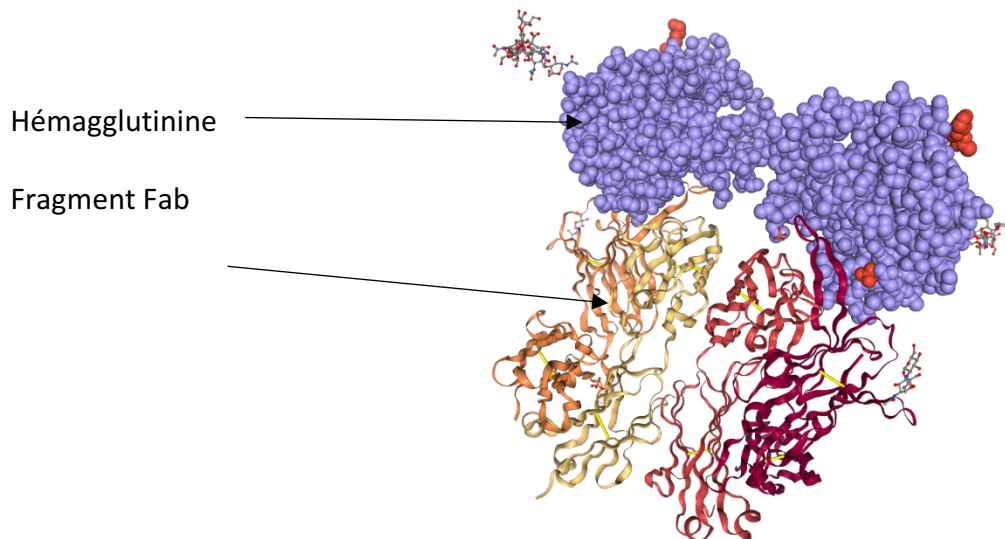
III.A-2- a) Expliquer ce qu'est un fragment Fab et comment il est obtenu.

Réponses à la question III.A-2-a

Fragment Fab : région fonctionnelle d'un anticorps, impliqué dans la liaison avec l'antigène. Il est obtenu grâce à l'hydrolyse par la papaïne.

III.A-2- b) Utiliser les fonctionnalités du logiciel pour mettre en évidence le site de liaison entre l'anticorps et l'antigène.

Appeler l'examineur pour vérification de votre modèle.



III.A-2- c) Préciser les types de liaison impliqués dans le contact anticorps – antigène. Conclure sur les sites de liaison de l'antigène.

Réponses aux questions III.A-2-c

Liaisons faibles : liaisons ioniques, liaisons hydrogène, contact hydrophobe

La liaison d'un anticorps à son antigène spécifique s'effectue à l'extrémité des branches du « Y ». Il existe donc deux sites de liaison à l'antigène.

III.B : Etude de la spécificité d'un anticorps

Matériel :

- Logiciel Geniegen2 et fiche technique (fourni en annexe)
- Séquences d'acides aminés des chaînes lourdes et légères des Fab de différents anticorps:
 - o Fab de l'anticorps CH67 humain spécifique d'un épitope de l'hémagglutinine HA1 d'une souche A/H1N1 du virus *Influenza* : séquence 4 HKX (4 HKX -2 : chaîne lourde ; 4 HKX-3 : chaîne légère)
 - o Fab de l'anticorps 8F8 humain spécifique d'un épitope de l'hémagglutinine HA1 d'une souche A/H2N2 du virus *Influenza* : séquence 4 HF5 (4 HF-3 : chaîne lourde ; 4 HF-4 : chaîne légère)

- Fab de l'anticorps CR6261 humain spécifique d'un épitope de l'hémagglutinine HA1 d'une souche A/H5N1 du virus *Influenza*: séquence 3 GBM (3 GBM-3 : chaîne lourde ; 3 GBM-4 : chaîne légère)

III.B-1 Donner la définition d'un épitope

Réponse à la question III.B-1

Un épitope ou déterminant antigénique est la partie de l'antigène à laquelle se lie l'anticorps qui le reconnaît.

III.B- 2-a) En utilisant les fonctionnalités du logiciel, décrire et comparer les séquences des différents Fab.

Réponse à la question III.B- 2-a

Chaînes lourdes : région constante : à partir de l'aa 126 ; région hypervariable : 98-117

Chaînes légères : région constante : à partir de l'aa 117 ; région hypervariable : 77-83 ; 94-100

Très peu de candidats ont traité cette question. L'utilisation de ce logiciel est pourtant très classique dans les programmes de lycée.

III.B-2.b) En conclusion générale à ces comparaisons, dégager la notion de paratope.

Réponse à la question III.B-2.b

Le paratope d'un anticorps en est la partie qui assure la fonction de reconnaissance de l'antigène. C'est ainsi le site de reconnaissance de l'anticorps.

Chaque paratope reconnaît de façon spécifique une partie de l'antigène, partie appelée épitope.

Le paratope se trouve aux extrémités des chaînes lourdes (*heavy*) et légères (*light*) d'un anticorps, dans sa partie variable / hypervariable (il implique des régions hypervariables appelées CDR, pour *Complementary Determining Region*).

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

L'épreuve de travaux pratiques de contre-option du secteur B portait sur l'étude du plan d'organisation et de l'écophysiologie d'Eumétazoaires.

La **partie I** (Étude de 3 animaux métamérisés) présentait cinq parties indépendantes : étude morpho-anatomique ; plan d'organisation et mode de vie ; étude du tégument ; étude de la reproduction ; étude de l'excrétion.

La **partie II** (Reconnaissance d'organismes), en temps limité, testait les capacités de reconnaissance de huit organismes et demandait de préciser certains critères (présence ou non de métamérie, milieu de vie, gonochorisme ou hermaphrodisme).

L'épreuve comportait **33 questions**. Sa durée était de 2 heures. Les candidats étaient libres de traiter les questions dans l'ordre de leur choix.

Le sujet évaluait non seulement des compétences pratiques variées lors des manipulations et des dissections (6 questions / 33) mais aussi la capacité de raisonnement à partir de données expérimentales et de la conception d'un protocole, de l'observation et de l'interprétation d'objets biologiques à différentes échelles et des études comparatives (5 questions / 33), et la mobilisation de connaissances naturalistes (22 questions / 33).

Le succès de l'épreuve demandait de solides capacités organisationnelles et une bonne gestion du temps alliant rapidité d'exécution des manipulations et réponses précises, rigoureuses et synthétiques aux questions.

L'analyse des résultats indiquent que l'épreuve a été réussie avec succès pour 14,86% (11/74) des candidats [10,81% et 4,05% des candidats des secteurs A et C, respectivement].

Commentaire sur les compétences manipulatoires.

Les compétences pratiques (6 questions / 33) consistaient en une extraction et présentation de trois appendices et des glandes excrétrices antennaires de l'écrevisse, la réalisation de préparations microscopiques à partir de tégument et de vésicules séminales de lombric et la dissection et la mise en évidence des organes génitaux de l'écrevisse.

Certains candidats ont pris la décision de réaliser l'ensemble des manipulations et nous les en félicitons. De trop nombreux candidats ont complètement délaissé les manipulations ou ont effectué un nombre réduit de gestes pratiques.

Ne pas réaliser les manipulations s'est avéré extrêmement pénalisant. Chaque année, il est rappelé aux candidats qu'enseigner les sciences de la vie, de la Terre et de l'Univers, c'est avant tout enseigner en travaux pratiques.

La réalisation de manipulations classiques du matériel biologique, la prise d'initiative face à des gestes techniques inconnus, la minutie manipulative et la réflexion interprétative sont des compétences fondamentales que le jury affectionne et continuera de tester.

Il est rappelé que la présentation du travail manipulative nécessite de faire preuve d'un minimum de soin et d'initiative (présentation sous loupe si nécessaire, utilisation de papier couleur, apposition d'un minimum de légendes et indication de l'orientation des structures).

L'extraction et la présentation de trois appendices et des glandes excrétrices antennaires de l'écrevisse ne présentait aucune difficulté particulière aux candidats ayant des connaissances sur l'animal et pouvaient facilement rapporter des points.

Dès lors que la réalisation de la préparation microscopique de tégument de lombric était effectuée, les résultats ont été très concluants. Il suffisait de réaliser le montage d'un petit fragment tégumentaire sur la bonne face pour visualiser la vascularisation.

La préparation microscopique de vésicules séminales de lombric était certes moins traditionnelle. L'énoncé donnait la position anatomique des vésicules séminales pour ne pas dissuader les candidats.

L'analyse des résultats indique que les questions manipulatoires ont été réussies pour 20,27% des candidats (12,70% et 7,57% des candidats des secteurs A et C, respectivement).

Commentaire sur les observations biologiques à différentes échelles, les études comparatives et la mobilisation des connaissances.

Cette compétence faisait appel non seulement à des connaissances générales mais aussi à des capacités d'observation et de bon sens.

La première remarque est la non prise en compte de l'énoncé. Une lecture attentive des consignes est indispensable à l'attribution des points. Par exemple, des candidats listent l'ensemble des caractères pour justifier la position phylogénétique d'un organisme alors que seuls les caractères observables sur les supports étaient demandés. L'absence d'annotation des planches histologiques et l'absence d'indication explicite sur la correspondance selon la consigne de la question ont été sanctionnés.

Trop souvent, le dessin d'observation de l'écrevisse était approximatif ou mal légendé. Certains ont même confondu l'écrevisse avec une langoustine.

De même, le positionnement des organes de la souris était approximatif ou incomplet et l'interprétation des documents histologiques était très variable.

Malheureusement, les constats déjà réalisés lors des épreuves pratiques mais aussi orales se répètent. Il va de soi qu'un minimum de connaissances histologiques est un préalable à toute analyse.

Par exemple, la délimitation des téguments sur les documents nécessitait une reconnaissance d'un épithélium, d'un muscle et d'une cuticule.

Les coupes d'utérus ont donné lieu à des légendes consternantes (ex : foie, pancréas...) alors que la légende indiquait bien qu'il s'agissait d'un utérus avant et après œstrus.

Certains candidats ne lisent pas les titres et les échelles des documents.

Globalement, les candidats ont su mobiliser leurs connaissances et faire appel aux documents proposés pour remplir le tableau comparatif des trois téguments et comparer l'organisation métamérique du lombric et de la souris.

La culture naturaliste des candidats a pu être évaluée à de nombreuses reprises lors de l'épreuve : milieu de vie des organismes ; régime alimentaire ; mode de déplacement et de reproduction ; rôles écologiques des lombrics ; justification de l'utilisation des lombrics en écotoxicologie.

Si certains candidats ont une excellente culture naturaliste, d'autres en manquent totalement.

Les réponses sont souvent imprécises et dépourvues d'argumentation, voire parfois farfelues.

Les candidats se sont contenté par exemple des termes « espèce ingénieur » ou « espèce architecte » d'autant que les rôles écologiques des lombrics étaient demandés en lien avec leur mode de vie et leur régime alimentaire.

L'explication de la reproduction du lombric était trop souvent réduite à son hermaphrodisme.

Le mode de déplacement de la souris domestique se résumait parfois à « sur ses pattes ou en marchant » et son milieu de vie « sur Terre ».

L'analyse de cette partie indique que 41,51% des candidats (19,08% et 22,43% des candidats des secteurs A et C, respectivement) ont réussi les questions relatives à l'observation biologiques à différentes échelles, aux études comparatives et à la mobilisation des connaissances. La réussite est globalement satisfaisante.

Commentaire sur le raisonnement à partir de données expérimentales et la conception d'un protocole

Plus des deux tiers des candidats ont traité les questions mobilisant les compétences liées au raisonnement à partir de données expérimentales et la conception d'un protocole. Il est probable que les formules mathématiques dans le corpus documentaire aient dissuadé des candidats. Pourtant, ces équations ne présentaient aucune difficulté de compréhension.

Certains candidats ont réalisé un travail méthodique approfondi, en croisant les différentes données. Cependant, des candidats se bornent à décrire les documents sans conclure sur l'origine anthropique des contaminations ni formuler des hypothèses sur les sources exogènes.

La proposition d'un protocole pour quantifier le comportement d'évitement de l'espèce de lombric *Aporrectodea trapezoides* au cadmium n'a donné entière satisfaction qu'une seule fois. La grande majorité des candidats n'ont pas proposé pas de témoins. Très rares sont les candidats qui ont mentionné une nécessité de répétition et d'étude statistique.

Le jury insiste sur le fait qu'un futur enseignant en sciences de la vie, de la Terre et de l'Univers doit pouvoir mener une démarche expérimentale rigoureuse.

L'analyse de cette partie indique que 31,98% des candidats (16,67% et 15,31% des candidats des secteurs A et C, respectivement) ont réussi les questions faisant appel à une capacité de réflexion.

Conclusion

En conclusion, le jury est très attaché à ce que les candidats démontrent leur capacité à utiliser du matériel concret, à concevoir des expériences et à mettre en œuvre des étapes d'une démarche expérimentale. Le jury conseille également aux futurs candidats de développer leurs connaissances en histologie et leur culture naturaliste. Ces compétences restent une base indispensable du métier d'enseignant pour construire les concepts biologiques, nourrir leur réflexion vers une vision fonctionnelle des systèmes biologiques et transmettre le goût de l'observation et de la manipulation aux élèves.

AGREGATION SCIENCES DE LA VIE, SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – Session 2022

**TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE OPTION DU SECTEUR
B**

CANDIDATS DES SECTEURS A ET C

Durée totale : 2 heures

Plan d'Organisation et Ecophysiologie d'Eumétazoaires

Partie I : Étude de 3 animaux métamérisés

Les quatre parties sont indépendantes.

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

A - Étude morpho-anatomique, plan d'organisation et mode de vie

B - Étude du tégument

C - Étude de la reproduction

D - Étude de l'excrétion

Partie II : Reconnaissance d'organismes

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 de 3 animaux métamérisés

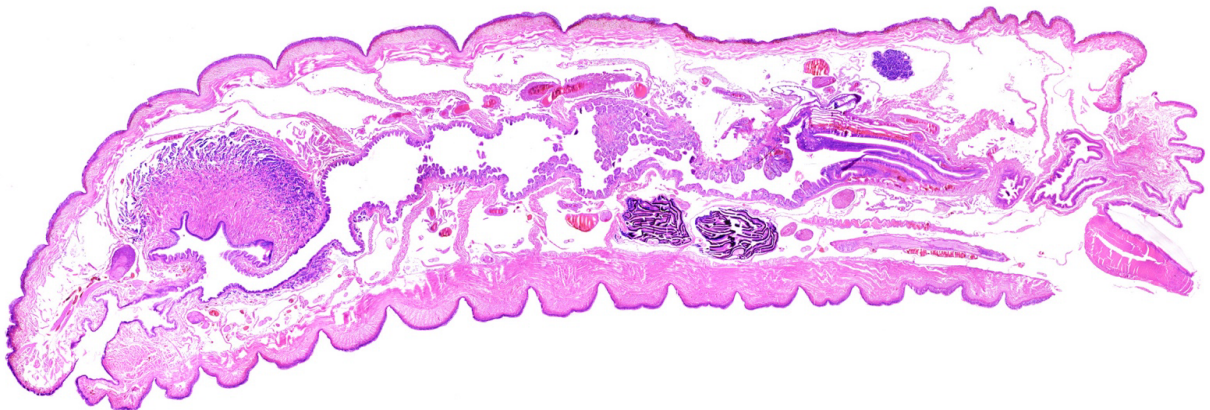
I.A - Étude morpho-anatomique, plan d'organisation et mode de vie

I.A.1 - Le lombric

Vous disposez d'un échantillon de lombric, d'une photo en vue externe et de deux coupes longitudinales de l'animal.



Lombric, grossissement x 1



Lombric, région antérieure, coupe sagittale médiane. Hématoxyline éosine (x4).



Lombric, région postérieure, coupe longitudinale para sagittale. Hématoxyline éosine (x4).

I.A.1.a - Argumentez la métamérie observable sur les documents.

Réponse I.A.1.a :

Les documents montrent une répétition d'unités semblables le long de l'axe antéro-postérieur en lien avec la répétition de **cavités coelomiques** délimitées par des **dissépiments**, de muscles sous tégumentaires, de métanéphridies (visibles en coupe para sagittale) et de ganglions de la chaîne nerveuse ventrale (non discernables).

La métamérie est **homonome** : faible régionalisation. La régionalisation concerne essentiellement les organes génitaux.

I.A.1.b - Situez le lombric dans la phylogénie des Eumétazoaires en vous appuyant uniquement sur les caractères visibles sur l'échantillon et sur les coupes longitudinales. Vous annoterez pour cela les documents en notifiant la correspondance entre les caractères retenus et le niveau taxonomique.

Réponse I.A.1.b :

Bilatérien (polarités dorso-ventrale et antéro-postérieure ; mésoderme creusé d'une cavité coelomique)

Annélide (forme allongée et organisation métamérique, appareil circulatoire clos)

Clitellate (présence d'un clitellum)

Oligochète (attention : groupe des oligochètes est paraphylétique mais pas de parapodes et soies peu nombreuses et

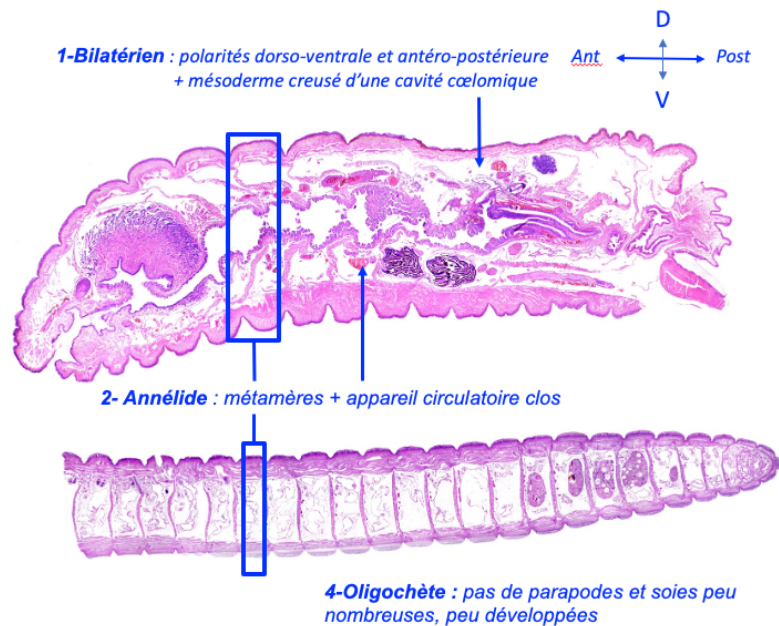
réponse acceptée
peu développées)

Lombricidé (clitellum postérieur au 6^{ème} segment)

3-Clitellate : clitellum



5- Lombricidé :
clitellum postérieur
au 6^{ème} segment



La réponse devait s'appuyer uniquement sur les caractères visibles sur l'échantillon et les documents. Les documents étaient à annoter pour notifier la correspondance souhaitée.

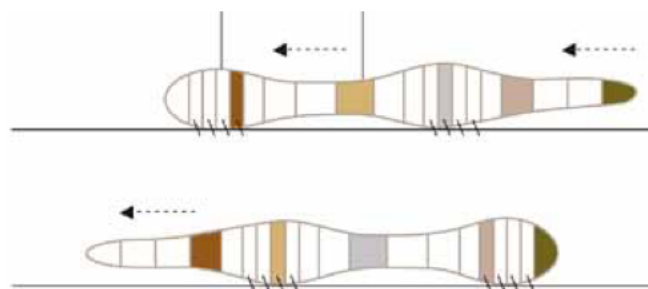
I.A.1.c - Expliquez comment se déplacent les lombrics. Vous pouvez utiliser les photos de tégument proposées en B.1.a.

Réponse I.A.1.c :

Le liquide coelomique déformable et incompressible contenu dans les cavités coelomiques fonctionne comme un **squelette hydrostatique** sur lequel agissent les muscles : 2 couches musculaires visibles sous le tégument (document B.1.a). Les contractions et relâchements coordonnés des muscles constituent un **péristaltisme**.

Les métamères sont raccourcis par contractions des fibres longitudinales alors que leurs soies (document B.1.a) sont ancrées au sol. Puis la contraction des fibres musculaires circulaires provoque l'allongement de ces métamères et libère les soies du sol. Le déplacement implique ainsi des **structures motrices, les muscles et des structures de transmission des forces, les cavités coelomiques et les soies**.

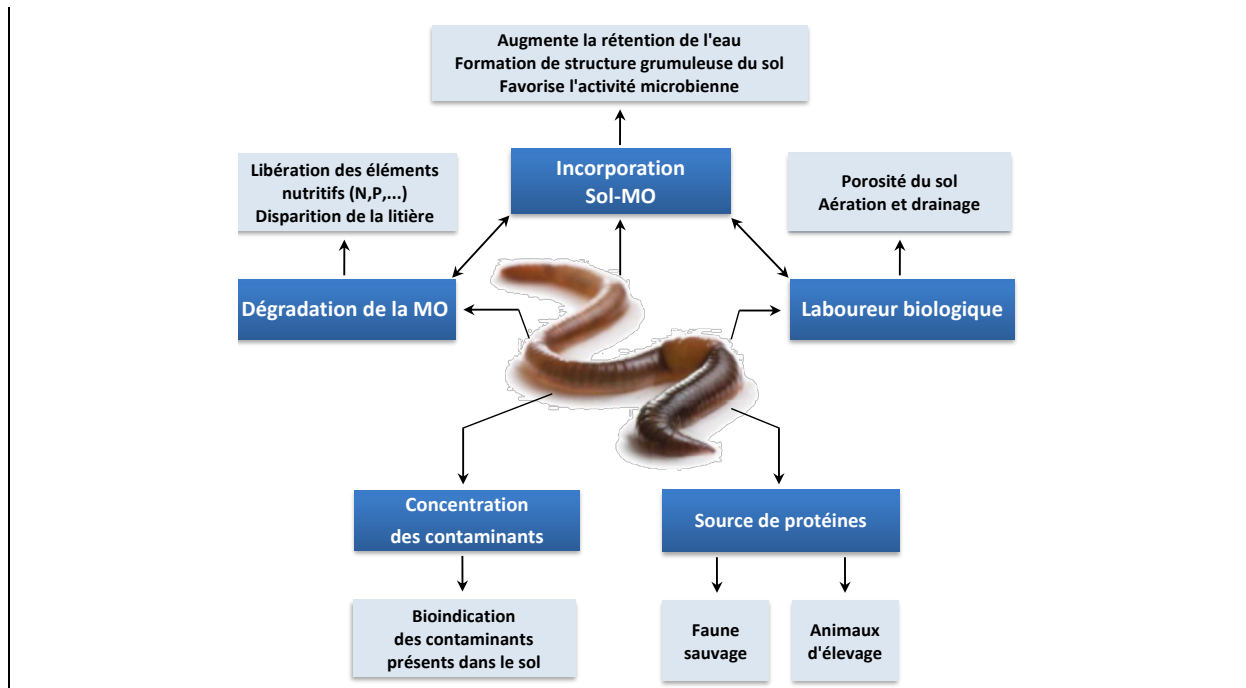
Schéma possible (à privilégier) :



I.A.1.d - Précisez les rôles écologiques des lombrics en lien avec leur mode de vie et leur régime alimentaire.

Réponse I.A.1.d :

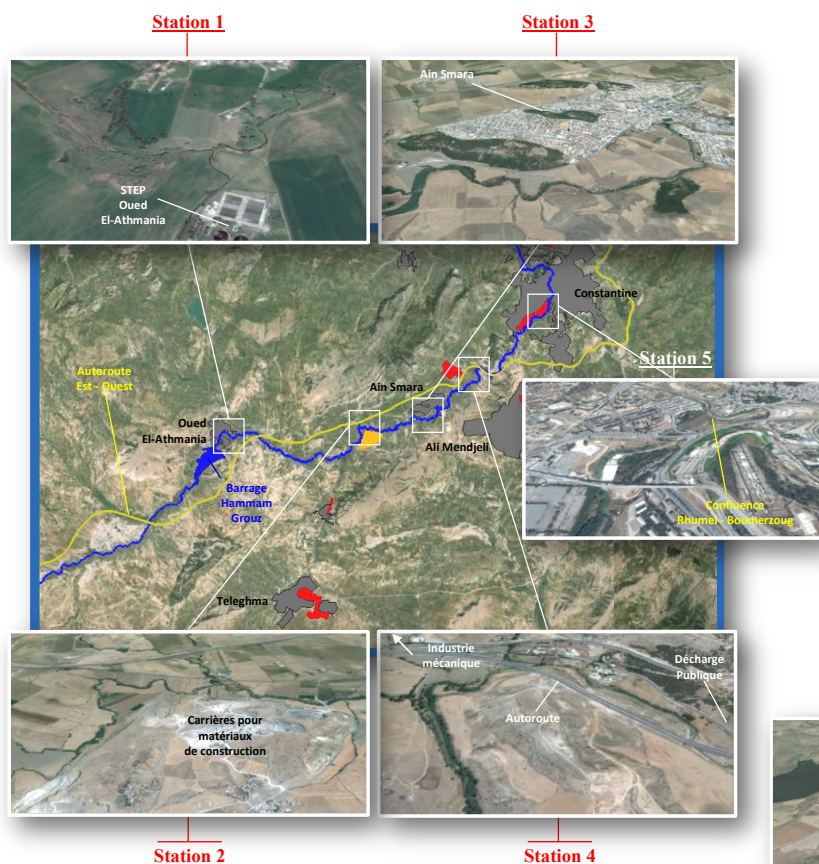
Les lombrics se nourrissent en surface mais sont **anéciques** car ils vivent en permanence dans des galeries verticales qu'ils creusent dans le sol. Les principaux rôles des lombriciens dans le sol sont résumés sur la photo ci-dessous.



I.A.1.e - Pollution des sols en éléments traces métalliques (ETMs) et étude de la bioaccumulation (BAF) du lombric *Aporrectodea trapezoides*.

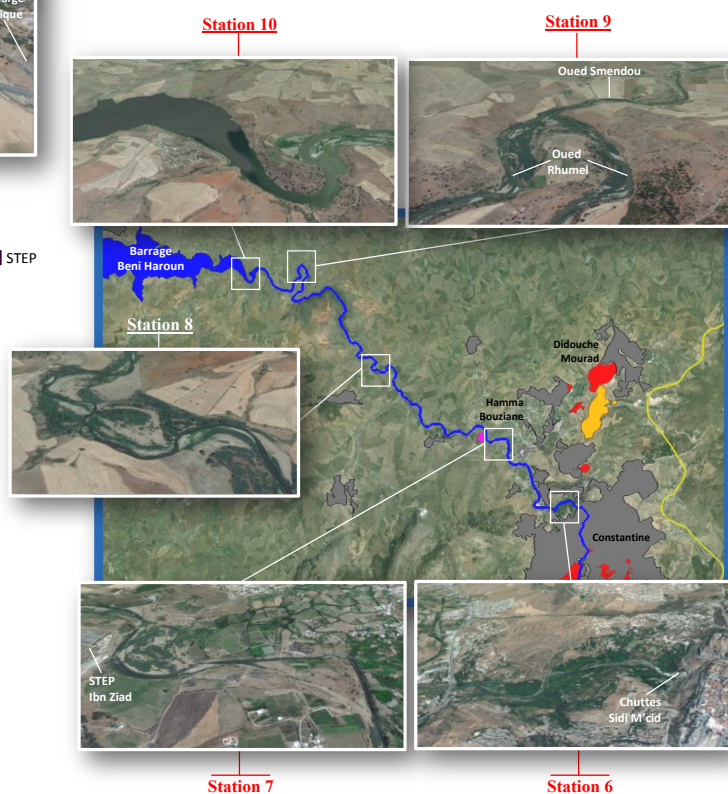
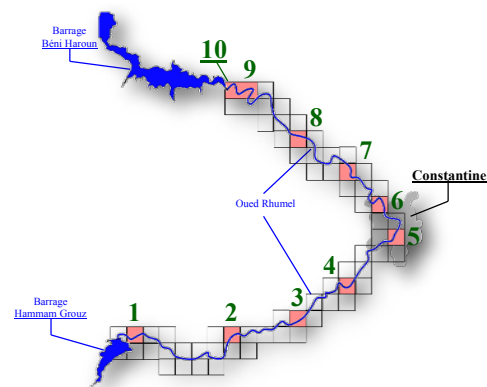
Les mesures portent sur 6 ETMs, à savoir cadmium (Cd), chrome (Cr), cuivre (Cu), nickel (Ni), plomb (Pb) et zinc (Zn) et un seul taxon lombricien. Les résultats montrent que le peuplement lombricien du bassin versant Kébir-Rhumel est représenté par deux familles et 10 taxons, cependant *Aporrectodea trapezoides* représente le taxon le plus abondant, le plus dominant, le mieux distribué, et donc le plus représentatif.

Localisation et description des 10 stations de prélèvement (images réalisées avec Google Earth).



■ Agglomérations urbaines ■ Zones industrielles et d'activités ■ Mines et carrières ■ STEP

Localisation des 10 stations d'échantillonnage le long de l'oued Rhumel dans la zone d'étude.



Dans la présente étude, les indices d'évaluation du niveau de contamination métallique des sols sont calculés par rapport aux teneurs métalliques de la station de contrôle (témoin) située au niveau de la source de l'oued Rhumel dans la région de Belaa (Wilaya de Sétif). Cette région est supposée être loin de toute influence anthropique susceptible d'introduire ces éléments dans le sol. Les teneurs semblent donc refléter le fond géochimique (background) de la région d'étude sauf pour le Cd qui présente des teneurs élevées. Il pourrait s'agir d'une contamination d'origine agricole suite à l'application des engrais

phosphatés riches en Cd. La valeur de référence de cet élément a été remplacée par la moyenne des sols dans le monde.

- Facteur de contamination (C_f)

$$C_f = \frac{[C]_n}{[C]_{ref}}$$

$[C]_n$: teneur totale de l'élément donné dans l'échantillon de sol.
 $[C]_{ref}$: teneur de référence pour l'élément donné.

- Facteur de risque écologique (E_r)

$$E_r = T_r \times C_f$$

C_f : facteur de contamination.
 T_r : facteur de la réponse toxicologique lié à l'ETM en question.

- Indice de géoaccumulation (I_{geo})

Cet indice compare les concentrations actuelles et préindustrielles.

$$I_{geo} = \log_2 \left[\frac{[C]_n}{1,5 \times [C]_{ref}} \right]$$

$[C]_n$: teneur totale de l'élément donné dans l'échantillon de sol.
 $[C]_{ref}$: teneur de référence pour l'élément donné.

- Facteur d'enrichissement (EF)

$$EF = \frac{\frac{[C]_n}{[C_{Fe}]_n}}{\frac{[C]_{ref}}{[C_{Fe}]_{ref}}}$$

$[C]_n$: teneur totale de l'élément donné dans l'échantillon de sol.
 $[C]_{ref}$: teneur de référence pour l'élément donné.
 $[C_{Fe}]_n$: teneur totale du Fe dans l'échantillon de sol.
 $[C_{Fe}]_{ref}$: teneur de référence du Fe.

L'élément de référence est celui caractérisé par une faible variabilité. Dans cette étude, le Fe est utilisé comme élément de référence.

- Degré de contamination (C_d)

$$C_d = \sum_{i=1}^{i=n} C_{fi}$$

C_f : facteur de contamination.

i : ETM en question qui varie de 1 à 6

n : nombre d'ETMs analysés (6 éléments)

- Indice du risque écologique potentiel (RI)

$$RI = \sum_{i=1}^{i=n} E_{ri}$$

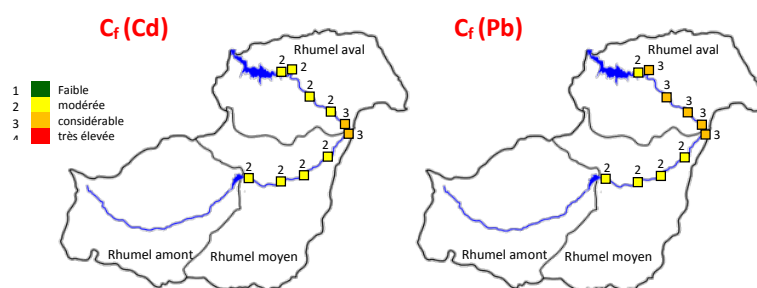
E_r : risque écologique élémentaire.

i : ETM en question qui varie de 1 à 6

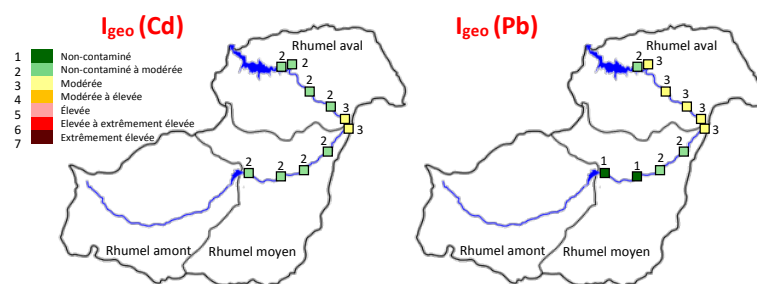
n : nombre d'ETMs analysés (6 éléments)

Répartition de la contamination métallique des stations étudiées pour le Cadmium (Cd) et le Plomb (Pb).

Facteur de contamination (C_f)

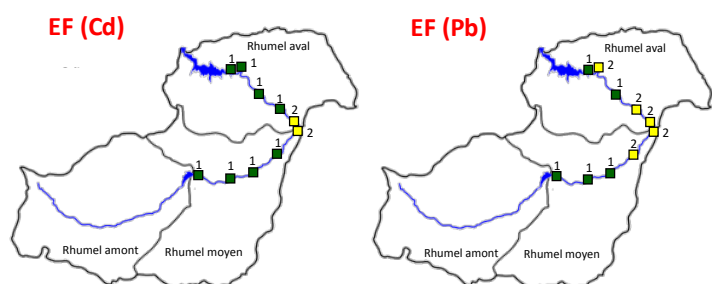


Indice de géoaccumulation (I_{geo})

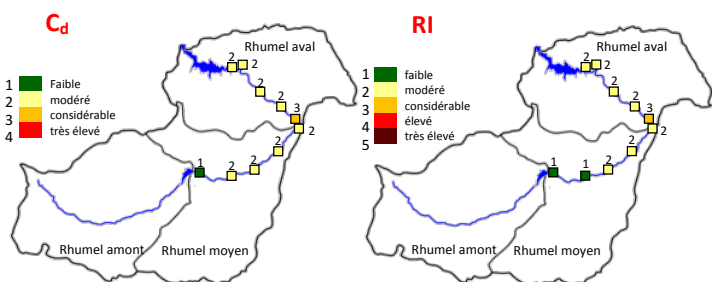


Facteur d'enrichissement (EF)

- 1 Déficient à un enrichissement minimal
- 2 Enrichissement modérée
- 3 Enrichissement élevé
- 4 Enrichissement très élevé
- 5 Enrichissement extrêmement élevé



Degré de contamination (C_d)
et Indice du risque écologique potentiel (RI)



Précisez l'intérêt d'utiliser ces différents indices et analysez les résultats.

Réponse I.A.1.e :

Cette évaluation classe les stations en fonction du degré de contamination des sols en comparant à un **témoin**. Les **indices multi-élémentaires** intègrent la présence simultanée de plusieurs ETMs et leurs interactions éventuelles.

- L'indice de géoaccumulation (I_{geo}) permet l'évaluation de la contamination en comparant à des concentrations préindustrielles. La valeur 1,5 est un facteur de correction (dû à des effets lithogènes). Il permet donc d'analyser les fluctuations naturelles du contenu métallique dans les sols analysés et les très petites influences anthropiques.

- Le facteur d'enrichissement (EF) permet d'évaluer quantitativement les **contributions de sources anthropiques** aux concentrations des ETMs observées dans le sol. Il est basé sur la standardisation d'un élément métallique testé contre une référence : le Fe est un élément de référence (normalisateur) compte tenu de sa faible variabilité.

- Le RI est la somme des risques écologiques de tous les éléments métalliques.

Analyses des résultats :

- $C_f(Pb) > C_f(Cd)$: contamination modérée à considérable. Contamination considérable : Pour le Cd, il s'agit des stations 5 (au niveau de la ville de Constantine) et 6 (juste en aval de cette ville). Pour le Pb, ce sont les stations 5, 6, 7, 8 et 9.

- $I_{geo}(Pb) > I_{geo}(Cd)$: non contamination à contamination modérée. Les valeurs moyennes les plus élevées de cet indice sont enregistrées dans les stations 5 et 6 pour le Cd, dans les stations 5 à 9 pour le Pb.

- $EF(Pb) > EF(Cd)$: Dans certains points de prélèvement, enrichissement modéré des sols. Cet enrichissement est enregistré dans les stations 5 et 6 pour le Cd et le Pb (au niveau de la ville de Constantine).

- Degré de contamination (Cd) : Seule la station 1 enregistre un faible degré de contamination alors que la station 6 est considérablement contaminée. Les autres stations présentent des degrés de contamination modérés.

- Risque écologique potentiel RI : le risque écologique est faible dans les stations 1 et 2 et considérable dans la station 6. Le reste des stations enregistre des risques modérés.

Bilan : Le Cd et le Pb contaminent les sols des bordures de l'oued Rhumel dans la région étudiée. Ce dépassement est produit par un enrichissement des sols du fait des différentes activités humaines, en particulier au niveau de la ville de Constantine (stations 5 et 6). En effet, l'EF indique **une origine exogène de l'ETM**, ce qui **prouve que ce sont les apports anthropiques qui enrichissent les sols** de bordures de l'oued Rhumel.

Il y a une contamination métallique considérable des sols de la station 6. Située en contrebas et en aval de la ville de Constantine, **cette station reçoit tous types de rejets (urbains et industriels)**.

Globalement, le **degré de contamination ainsi que les risques associés sont inversement proportionnels à la distance de la ville de Constantine**.

I.A.1.f - L'indice de bioaccumulation (BAF) constitue l'outil le plus simple pour estimer l'accumulation des ETMs dans les corps des vers de terre. Il est déterminé pour chaque ETM par le rapport entre sa teneur biologique et celle dans le sol (fraction totale), soit :

$$\bullet \quad BAF = [ETM]_{ver} / [ETM]_{sol}$$

Par ailleurs, une classification des organismes accumulateurs en fonction des valeurs du BAF enregistré a été établie :

- $BAF > 2$: macro-accumulateurs
- $2 > BAF > 1$: Micro-accumulateurs
- $1 > BAF$: non-accumulateur

Résultats des moyennes des BAFs en fonction des stations.

Stations	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
1	1,39±0,52 _a	0,05±0,02 _a	0,50±0,03 _{ab}	0,14±0,05 _a	0,35±0,17 _a	2,53±0,32 _{bc}
2	1,60±0,41 _a	0,04±0,01 _a	0,60±0,09 _{bc}	0,13±0,03 _a	0,99±0,71 _a	2,67±0,37 _{bc}
3	3,06±0,99 _b	0,05±0,02 _a	0,76±0,10 _c	0,09±0,02 _a	1,50±1,06 _a	2,61±0,32 _{bc}
4	4,11±1,46 _{bc}	0,06±0,02 _a	0,31±0,04 _a	0,11±0,01 _a	1,18±1,04 _a	2,66±0,15 _{bc}
5	5,35±0,72 _c	0,07±0,02 _a	0,43±0,09 _{ab}	0,10±0,02 _a	1,23±0,63 _a	2,36±0,21 _{bc}
6	5,51±0,57 _c	0,07±0,02 _a	0,47±0,11 _{ab}	0,14±0,02 _a	1,24±0,31 _a	2,31±0,26 _b
7	5,59±0,64 _c	0,10±0,03 _a	0,44±0,07 _{ab}	0,11±0,03 _a	1,05±0,34 _a	3,06±0,70 _c
8	4,44±0,76 _{bc}	0,07±0,03 _a	0,62±0,06 _{bc}	0,12±0,02 _a	1,11±0,23 _a	1,27±0,24 _a
9	3,34±0,41 _b	0,08±0,01 _a	0,63±0,11 _{bc}	0,12±0,03 _a	0,95±0,15 _a	0,99±0,19 _a
10	3,69±1,26 _b	0,07±0,03 _a	0,73±0,18 _c	0,15±0,02 _a	1,60±0,64 _a	1,11±0,24 _a

a,b,c : groupes homogènes selon le test post-hoc de SNKt.

Analysez les résultats. Formulez des hypothèses pouvant expliquer les valeurs de BAFs inférieures à 1 et les différences observées pour le Cd et le Pb.

Réponse I.A.1.f :

Les valeurs les plus élevées, notamment pour le Cd et le Pb, sont observables dans les sols aux alentours de Constantine. Ces résultats sont à relier aux résultats précédents.

Selon le tableau, les lombrics *A. trapézoïdes* accumulent les ETMs du sol selon la séquence décroissante suivante : $BAF_{Cd} > BAF_{Zn} > BAF_{Pb} > BAF_{Cu} > BAF_{Ni} > BAF_{Cr}$. De plus, les valeurs les plus élevées sont

Les vers sont considérés comme macro-accumulateurs pour le Cd et le Zn, micro-accumulateurs du Pb et non accumulateurs pour les autres éléments (cas du Cr, Cu et Ni).

Différentes hypothèses sont envisageables pour des valeurs inférieures à 1 :

- soit l'ETM n'est pas lié au tissu de l'animal car il est rapidement éliminé via les urines, les fèces ou par voie épidermique.
- soit l'élément est fortement fixé sur les particules du sol, ce qui empêche son transfert à travers le tégument et/ou son absorption lors du transit intestinal.

Le Cd est plus accumulé dans l'organisme alors que le Pb alors que les résultats précédents montrent un taux de contamination supérieur pour le Pb. Cette accumulation du Cd est probablement due à sa grande distribution (fonction de l'adsorption et de la précipitation), sa mobilité dans le sol et par conséquent sa grande disponibilité pour les vers de terre. Au contraire, le Pb est très peu mobile dans le sol. En effet, la solubilité des ETMs peut constituer un facteur important dans le processus de leur bioaccumulation par les vers de terre.

On peut également formuler l'hypothèse d'une concentration plus importante dans l'organisme ou d'une excrétion moins efficace pour le Cd à l'inverse du Pb.

La mise en relation des documents et la formulation d'hypothèses plausibles, réalisées par certains candidats, furent appréciées.

I.A.1.g – Nommez 3 prédateurs des lombrics dans la région de Belaa (Wilaya de Sétif). Précisez les conséquences écologiques de la bioaccumulation des ETMs et justifiez de l'utilisation des lombrics en tant que bio-indicateurs de la qualité des sols en écotoxicologie.

Réponse I.A.1.g :

Nombreux exemples possibles de prédateurs : nombreux oiseaux (rouge gorge, chouette hulotte, merle noir...), taupe, hérisson d'Algérie, lézard, crapaud berbère, couleuvre, musaraigne, sanglier et renard roux...

*Le temps de résidence dans les sols est long et plusieurs ETMs peuvent pénétrer dans les réseaux trophiques par le biais de leurs transferts vers les organismes terrestres (voire marins via les oiseaux comme les mouettes) et par conséquent atteindre des seuils de toxicité en fin de chaîne trophique : **notion de bioaccumulation** dont les vers de terre constituent un **réservoir important**.*

*Le Cd et le Pb sont **très toxiques** sous toutes leurs formes (cancérogénicité du Cd, saturnisme lié à l'intoxication au plomb). Ils présentent un risque écologique considérable pour les organismes des sols, les végétaux et la santé humaine.*

Utilisation des lombrics en tant que bio-indicateurs de la qualité des sols en écotoxicologie :

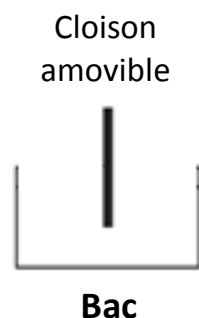
*- **Bonne représentativité et large répartition géographique** : colonisent des espaces géographiques très étendus ; présents presque dans tous les sols et sous divers climats et presque toute l'année ; peuvent coloniser le sol à plus d'un mètre de profondeur ; constituent la partie la plus importante de la faune de sol (60 à 80 % en biomasse).*

*- **Intégration rapide des variations du milieu** : vivent là où se déroulent les échanges entre les éléments abiotiques et les compartiments biotiques du sol ; sont en contact permanent avec les éléments par voies cutanée et intestinale ; activités et déplacement continuels ; capacité à concentrer les ETMs et leurs concentrations corporelles reflètent leur niveau dans le sol.*

*- **Facilité d'échantillonnage et de conservation des prélèvements** : leur taille et leur masse facilitent leur capture in situ ; ils sont assez robustes pour être élevés au laboratoire et subir des tests d'écotoxicité ; constitution corporelle relativement constante ; système physiologique simple ; durée de vie assez longue (plusieurs mois à plusieurs années) ; apport de vers allochtones est facile s'il y a absence de vers autochtones...*

Justification des lombrics en tant que bio-indicateurs : quelques arguments étaient attendus. Les candidats font rarement appel à plusieurs justifications.

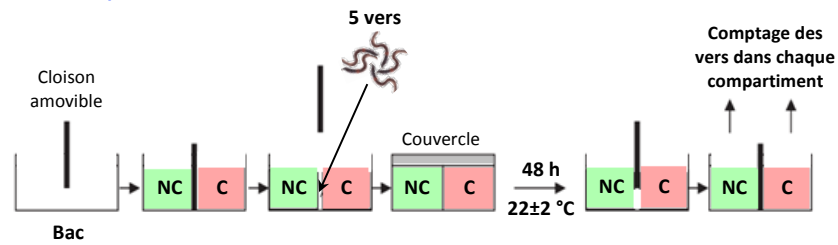
I.A.1.h - Des tests d'évitement peuvent être effectués pour tester l'influence des EMTs sur le comportement des vers de terre et leur éventuelle migration dans les sols. Vous disposez de bacs divisés en deux chambres par une séparation amovible comme dans le schéma suivant.



Élaborez un protocole pour quantifier le comportement d'évitement de cette espèce de lombric au Cd et présentez ce protocole sous forme graphique.

Réponse I.A.1.h :

*Dimensionnement des bacs en lien avec densité possible/comportement des vers/effets bords - **témoin négatif (2 compartiments non contaminés NC/NC) et témoin positif C/C** - Terre homogénéisée et lots de lombrics homogènes (âge, taille/masse) ; **répétabilité et étude statistique.***
Exemple de schéma de protocole



La présentation sous forme graphique fut respectée mais la proposition de témoin(s) fut très rarement proposée.

I.A.2.b - Prélevez et présentez les appendices suivants : maxille, pattes-mâchoires 2 et péréiopode 1

Appelez l'examineur afin de faire valider votre dissection

Réponse I.A.2.b :

La qualité de l'extraction, le soin de la présentation ainsi que l'orientation des appendices sont pris en compte dans l'évaluation.

I.A.2.c - Remplissez le tableau ci-après.

Réponse I.A.2.c :

	Position Tagme/métamère	Fonction(s)
Maxille	Tête métamère 5	Masticateur + respiratoire (ventilation) (+ sensoriel)
Patte-mâchoire 2	Thorax métamère 2	Ravitailleur + respiratoire branchial (+ sensoriel)
Périopode 1 Autre réponse/prélèvement acceptés selon nomenclature adoptée	Thorax métamère 4 Thorax métamère 1	Locomoteur + préhenseur + respiratoire branchial Masticateur (+ sensoriel)

I.A.2.d - Situez l'écrevisse dans la classification phylogénétique des Eumétazoaires en vous appuyant uniquement sur les caractères visibles sur l'échantillon.

Réponse I.A.2.d :

Bilatérien (symétrie bilatérale)

Ecdysozoaire (corps recouvert d'une cuticule)

Euarthropode (corps métamérisé et articulé et appendices articulés ; yeux composés)

Mandibulate (présence de mandibules, et d'antennes : antennates)

Malacostracé (tête et thorax fusionnés en un céphalothorax)

Macroure (abdomen segmenté et uropodes en éventail développés)

Décapode (cinq paires de pattes ambulatoires)

I.A.2.e - Indiquez où vit l'écrevisse, son mode de vie et son régime alimentaire. Précisez son mode de déplacement. Définissez le terme « dulçaquicole » et indiquez si l'organisme observé est dulçaquicole.

Réponse I.A.2.e :

Les écrevisses occupent presque tous les **habitats d'eau douce** (lacs, rivières, étangs, zones humides...) sauf en Antarctique et en Afrique (niche écologique occupée par les crabes d'eau douce et les crevettes d'eau douce) et en Asie centrale. On observe une expansion forte des espèces exotiques (écrevisses du Pacifique, de Louisiane et d'Amérique et le recul des espèces natives (écrevisses à pattes blanches, à pattes rouges et de torrent).

Les écrevisses se nourrissent de **matière organique : animaux morts ou vivants** (comme les œufs et les larves d'insectes, amphibiens, poissons) et **de végétaux** prélevés dans le sédiment mais elles peuvent également fouir les berges. Elles déplacent ainsi des éléments nutritifs de la zone benthique à la colonne d'eau.

L'écrevisse comporte de nombreux appendices lui permettant d'assurer la **marche** (péréiopodes) mais également la **nage** (pléopode 6 ou uropode). Selon la situation, l'animal est amené à utiliser l'un ou l'autre des moyens de déplacement.

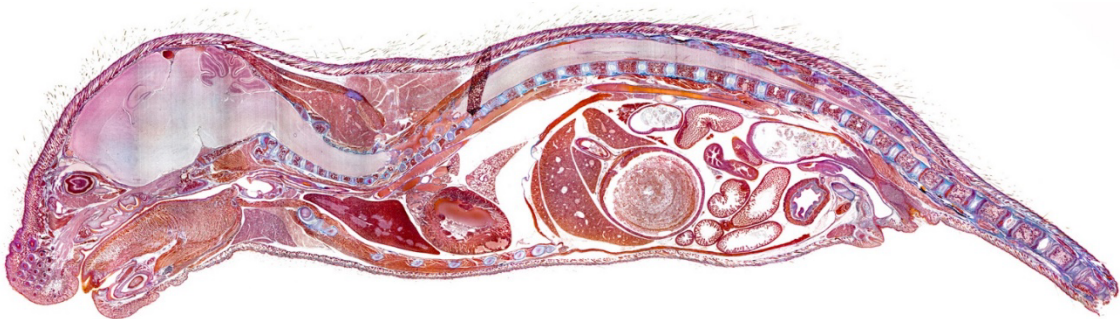
Un organisme dulçaquicole, ou dulcicole, est un organisme qui **vit et se reproduit en eau douce**.
L'écrevisse est un organisme dulçaquicole.

I.A.3 - La souris domestique (*Mus musculus*)

Vous disposez des photos suivantes :



Photo d'une souris domestique adulte (gauche) et crâne de Souris sylvestre (droite)

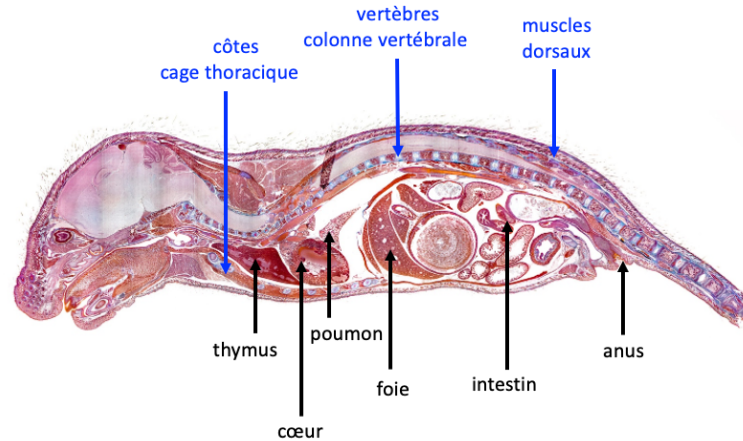


Jeune souris, coupe sagittale médiane, photomosaïque de 226 clichés (x4)

I.A.3.a - Positionnez les légendes suivantes sur la coupe de jeune souris : foie, thymus, intestin, cœur, poumon, anus.

Réponse I.A.3.a :

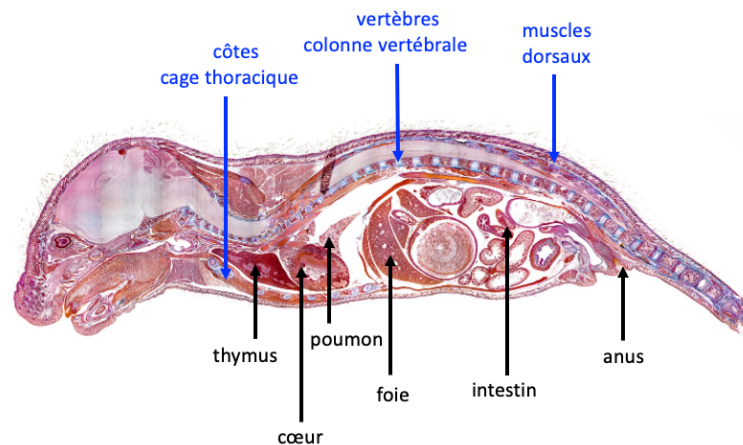
Légendes (en noir) positionnées sur le document.



I.A.3.b - Légendez également la coupe de jeune souris (en changeant de couleur de légendes) pour mettre en évidence la métamérie de l'organisme. Comparez cette organisation métamérique à celle du lombric.

Réponse I.A.3.b :

Organes métamérisés pointés (en bleu) sur le document : vertèbres, les côtes de la cage thoracique muscles dorsaux (somites/myomères).



La régionalisation est forte (tête, tronc, membres). Le coelome n'est pas affecté par la métamérie. Le tube digestif non affecté par la métamérie, est régionalisé (comme pour les annélides).

I.A.3.c - A partir des photos précédentes, situez la souris dans classification phylogénétique des Eumétazoaires en vous appuyant uniquement sur les caractères visibles sur les documents précédents.

Réponse I.A.3.c :

Bilatérien (symétrie bilatérale)
Vertébré (présence de vertèbres)
Crânié (présence d'un crâne)
Tétrapode (présence de quatre membres chitidiens)
Mammifère (poils, oreille avec pavillon externe)
Rongeur (une incisive par demi-mâchoire)

I.A.3.d – Indiquez où vit la souris domestique et précisez son régime alimentaire et son mode de déplacement.

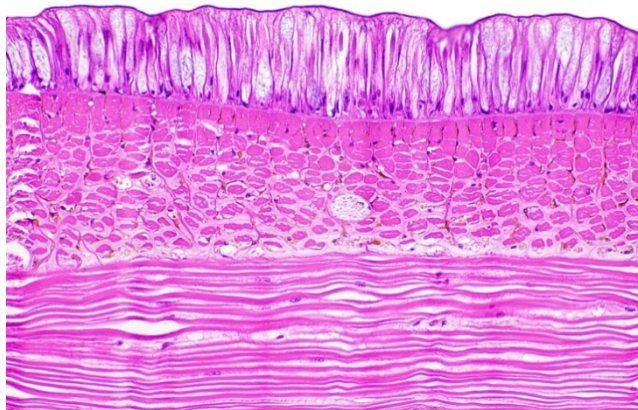
Réponse I.A.3.d :

La souris domestique (Mus musculus) est un mammifère appartenant au taxon des rongeurs, qui à lui seul représente environ la moitié des espèces de mammifères. La souris domestique (Mus musculus) est endémique de l'Eurasie, et fait partie des espèces toujours rencontrées à proximité de l'Homme (la souris et l'Homme sont commensaux). Elle est essentiellement active la nuit, et a un régime omnivore à tendance granivore. La souris se déplace en marchant et est plantigrade.

I.B - Étude du tégument

I.B.1 - Le lombric

I.B.1.a - Délimitez le tégument. Légendez les documents en précisant le nom de la structure légendée X



Lombric, CL dorso-ventrale, région dorsale (x20)
dorsale (x10)



Lombric, CL dorso-ventrale, région dorsale

Réponse I.B.1.a :

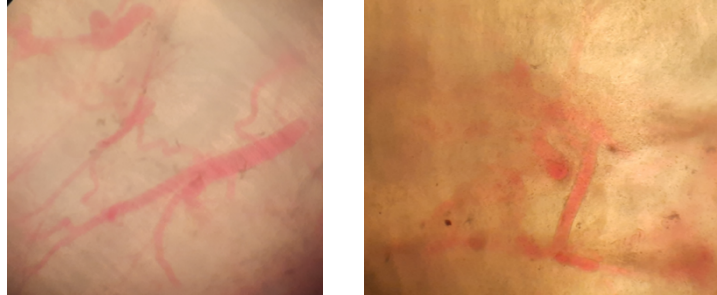
Tégument = épiderme + cuticule
Légendes : 1 = Cuticule, 2 = cellules épidermiques (muqueuses), 3 = fibres musculaires circulaires (externes) et 4- longitudinales (internes). **X = soie**

I.B.1.b - Réalisez une préparation microscopique montrant la vascularisation tégumentaire.

**Appelez l'examineur afin de faire valider votre
préparation microscopique**

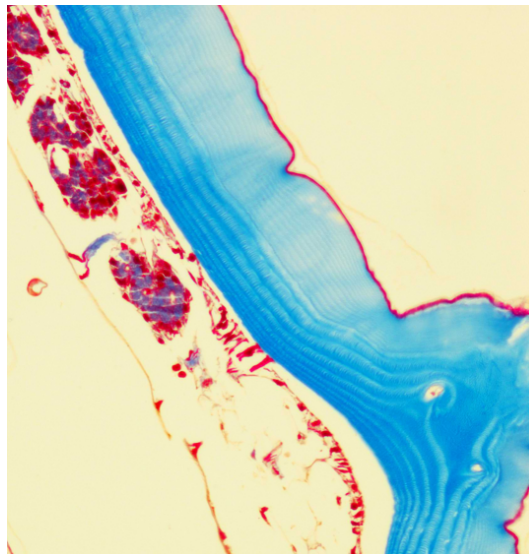
Réponse I.B.1.b :

Montage à plat d'un fragment de tégument (face interne visible) x100



I.B.2 - L'écrevisse

I.B.2.a - Délimitez le tégument et légendez la planche proposée.

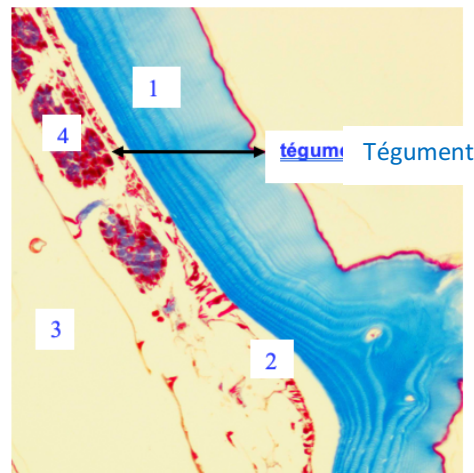


Coupe de tégument de crustacé. Coupe transversale x 400

Réponse I.B.2.a :

Tégument = épiderme + cuticule

Légendes attendues : 1 = cuticule, 2 = épiderme, 3 = hémocoèle, 4 = fibres musculaires.



I.B.2.b - Mise en évidence de la composition chimique de l'exosquelette de l'écrevisse.

Afin de mettre en évidence le constituant majeur de l'exosquelette, une extraction de ses constituants est réalisée et différents tests sont réalisés. Les résultats de ces tests sont résumés dans le tableau suivant :

Test au nitrate d'argent (50 g/l)	Ø
Test au chlorure de baryum (100 g/l) et de quelques gouttes d'acide chlorhydrique	Ø
Test au sulfate ferreux	Ø
Test au réactif ammoniaco-magnésien	Léger précipité blanc
Test à l'acide chlorhydrique	Effervescence
Test à l'oxalate d'ammonium (50 g/l)	Précipité blanc
Test au cobaltinitrite de sodium	Ø
Test au thiocyanate de potassium	Ø
Test au réactif de Kastle-Meyer (phénolphthaléine) et de peroxyde d'hydrogène	Ø
Test au réactif de Nessler (iodure de potassium, chlorure de mercure, iodure de mercure, hydroxyde de sodium)	Ø

Ø = aucune réaction

Que peut-on en déduire sur la composition chimique de l'exosquelette de l'écrevisse ?

Réponse I.B.2.b :

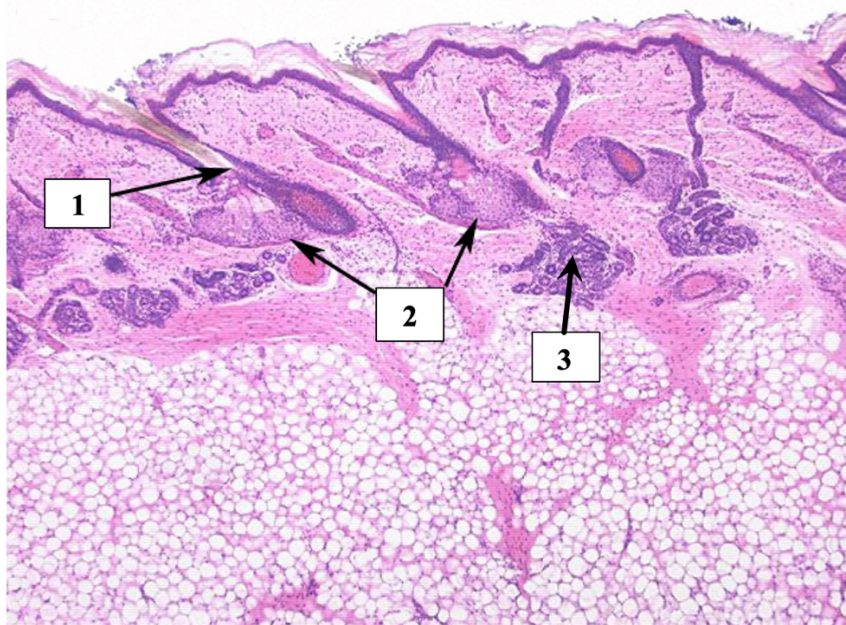
L'exosquelette est composé de carbonate de calcium (CaCO_3) et d'un peu de phosphate de calcium ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$).

Le carbonate de calcium (CaCO_3), composé d'ions carbonate (CO_3^{2-}) et d'ions calcium (Ca^{2+}) réagit à l'acide chlorhydrique et à l'oxalate d'ammonium. Test à l'acide chlorhydrique : effervescence sur un échantillon solide contenant des ions carbonates (CO_3^{2-}). $\text{CaCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

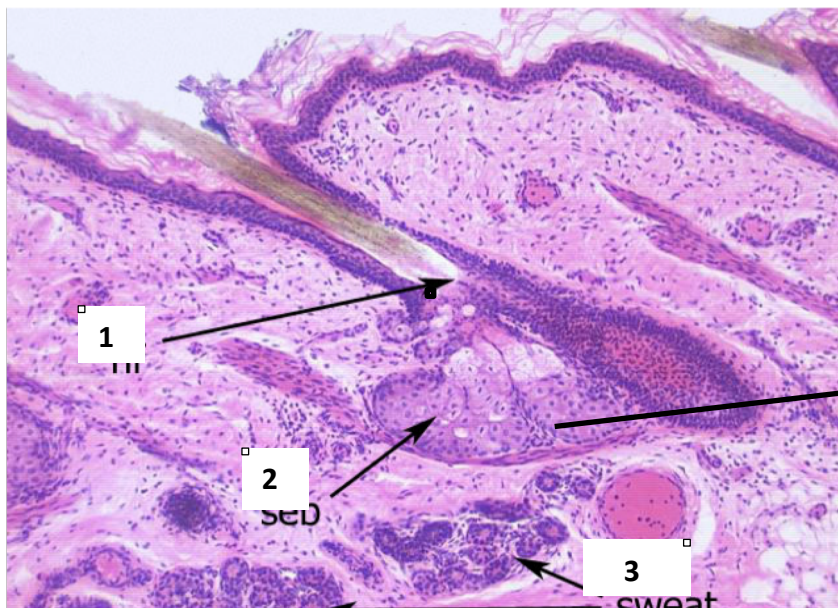
Le phosphate de calcium ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), composé d'ions phosphate (PO_4^{3-}) et d'ions calcium (Ca^{2+}) réagit à l'acide chlorhydrique et au réactif ammoniaco-magnésien.

I.B.3 - La souris domestique (*Mus musculus*)

I.B.3.a – Délimitez et nommez les zones du tégument sur la coupe au grossissement x40. Complétez les légendes 1, 2 et 3 en vous aidant des différents grossissements.



Coupe de tégument x 40 (hématoxyline et éosine)

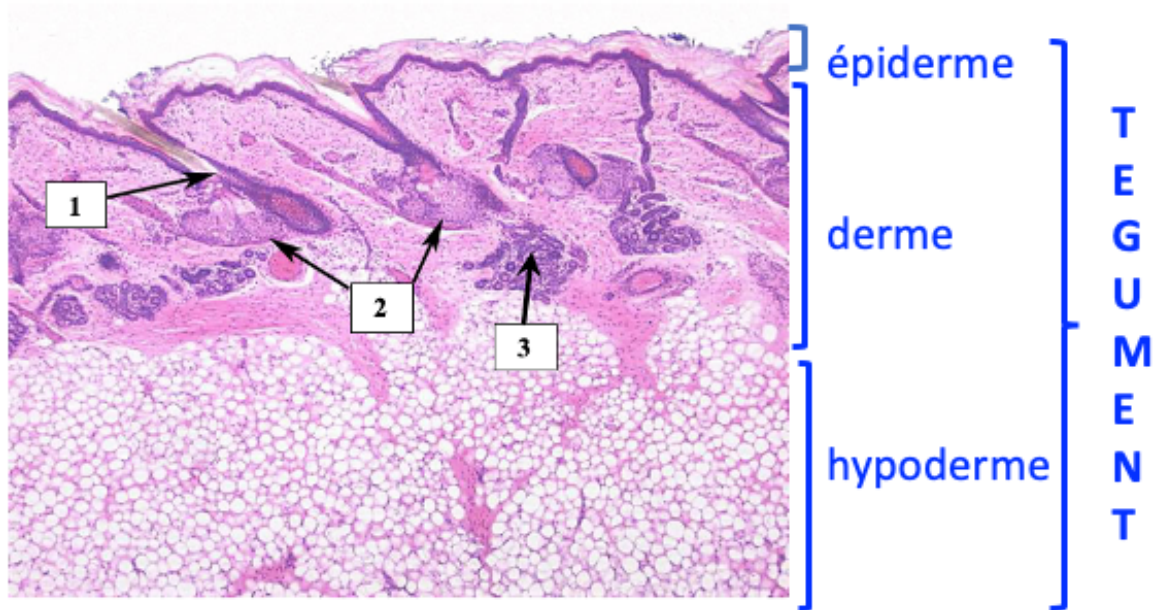


Coupe de tégument x 100 (hématoxyline et éosine)



Détail x 400

Réponse I.B.3.a :



1. Follicule pileux (poil kératinisé dans une gaine)

2. Glande sébacée

3. Glande sudoripare

Tégument = peau = épiderme + derme + hypoderme

I.B.3.b – Indiquez pourquoi la souris est qualifiée d'homéotherme et quels sont les avantages et les inconvénients de l'homéothermie.

Réponse I.B.3.b :

La souris est un animal couvert de poils qui maintient tout au long de sa vie une température moyenne de 37°C. Elle est dite homéotherme. Cette température de 37°C permet aux enzymes de l'organisme une efficacité optimale. Elle permet également à l'organisme d'être largement indépendant des conditions climatiques et de coloniser des habitats variés, à l'inverse des organismes ectothermes dont la vie est ralentie pendant la saison froide. Le maintien de la température est permis par la présence sur l'épiderme de phanères et de poils qui permettent une isolation thermique. Toutefois, cette homéothermie représente une contrainte dans la mesure où elle représente un coût énergétique en lien avec un rapport surface/volume élevé ; la majeure partie de la nourriture ingérée est utilisée lors du maintien de la température corporelle, ce qui impose de disposer de ressources alimentaires importantes.

I.B.4 - Étude comparative des téguments des 3 organismes

Complétez le tableau comparatif des 3 téguments en intégrant uniquement les caractéristiques des téguments des documents proposés.

Réponse I.B.4 :

	Lombric	Langoustine	Souris
Épaisseur	Faible (environ 20 μm)	Forte (environ 200 μm)	Forte (environ 400 μm)
Caractéristique de l'épiderme	Epiderme simple , fine cuticule, nombreuses cellules muqueuses.	Epiderme simple + épaisse cuticule.	Epiderme pluriestratifié : Couche basale germinative à cellules vivantes en division mitotique \Rightarrow renouvellement continu + Couche kératinisée desquamante de cellules mortes (= couche cornée).
Relation structure/fonction	Protection (contre la dessiccation). Motilité (soies)	Protection (mécanique et chimique)) Motilité : exosquelette et insertion musculaire Fonction de relation : pigmentation/couleur et relations inter- intraspécifiques	Protection (mécanique + chimique + immunitaire) + protection hydrique Thermorégulation : poils Fonction de relation : glandes, sudoripares, pigments et couleur (+ émission de phéromones) Mise en réserve : tissu adipeux

I.C - Étude de la reproduction

I.C.1. Le lombric

I.C.1.a - Expliquez brièvement comment se reproduisent les lombrics.

Réponse I.C.1.a :

Le lombric est hermaphrodite. Avant l'accouplement, le clitellum sécrète un mucus collant qui aide deux individus à s'associer tête-bêche. Les 2 vers échangent ainsi leurs semences ; chaque individu possède une spermathèque et des vésicules séminales produisant le sperme.

Le partenaire émet du sperme qui sera provisoirement conservé dans les réceptacles séminaux (9^{ème} et 10^{ème} segments) du partenaire. Une sorte de cocon sécrété par le clitellum est poussé vers l'avant par le ver, de manière que les spermatozoïdes puissent y pénétrer lorsqu'il passe devant les 9^{ème} et 10^{ème} segments : la fécondation a lieu. Les deux vers produisent alors des cocons libérés dans l'environnement.

En général, un ver adulte peut produire 2 à 3 cocons par semaine.

Rq : certaines espèces se reproduisent sans accouplement par autofécondation ou par parthénogenèse.

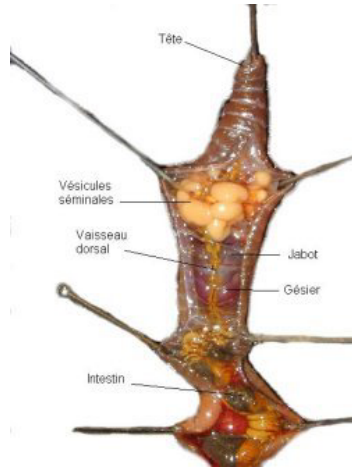
I.C.1.b - Disséquez le lombric pour mettre en évidence les vésicules séminales (masses blanchâtres proche du jabot, les plus antérieures).

A partir des vésicules séminales, réalisez une préparation microscopique colorée au bleu de méthylène. Déterminez les structures et les éléments figurés observés.

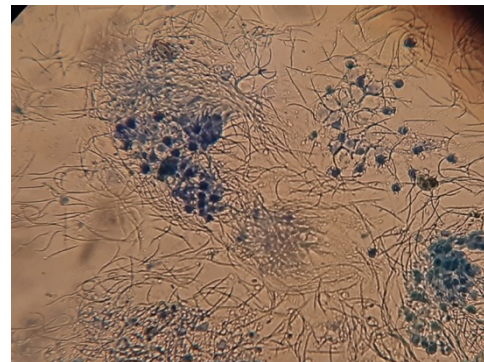
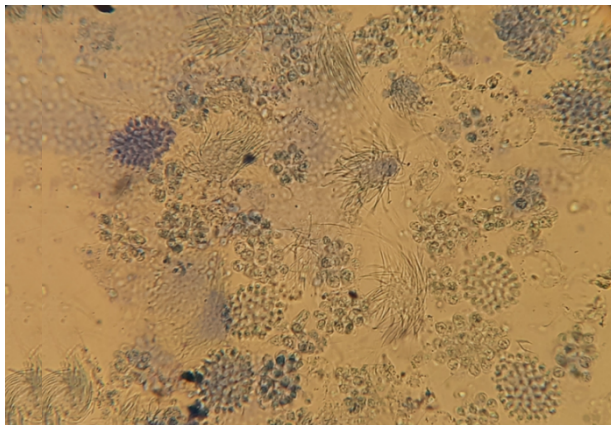
Appelez l'examineur afin de faire valider votre préparation microscopique

Réponse I.C.1.b :

Dissection de la partie antérieure (x3)



Préparations microscopiques (x 400)



Éléments figurés = cellules reproductrices à différents stades de leur maturation. Nombreux spermatozoïdes visibles.

Remarque : La présence de spermatozoïdes dans les vésicules séminales s'explique ainsi : les testicules ne produisent que des spermatogonies qui sont directement répandues dans le liquide coelomique. Elles vont ensuite migrer vers les vésicules séminales (celles-ci sont en fait au contact des testicules). De plus le coelome est cloisonné par les dissépinements ce qui rend leur migration possible et dirigée. Il n'existe pas à proprement parler de muqueuses aux limites bien définies comme on l'obtient dans une préparation de testicule humain mais un regroupement cellulaire dont l'ensemble est limité par une fine membrane.

I.C.2 - L'écrevisse

Isolez les appendices reproducteurs de l'écrevisse et précisez le sexe.

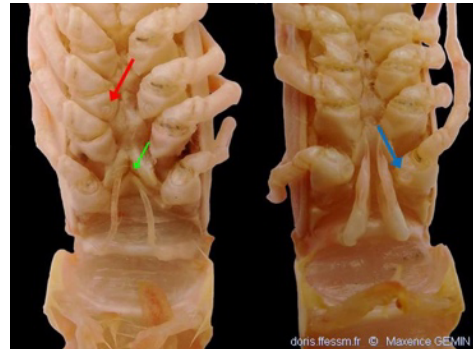
Réalisez la dissection de l'organisme pour mettre en évidence les organes génitaux internes (gonades et gonoductes). Vous utiliserez des étiquettes numérotées (que vous découperez et que vous positionnerez de manière pertinente dans la cuvette grâce aux épingles). Vous mettrez à disposition du correcteur une feuille où vous aurez noté le numéro de l'étiquette et la légende correspondante.

Appelez l'examineur afin de faire valider votre dissection

Réponse I.C.2 : Les sexes sont séparés

Dimorphisme sexuel :

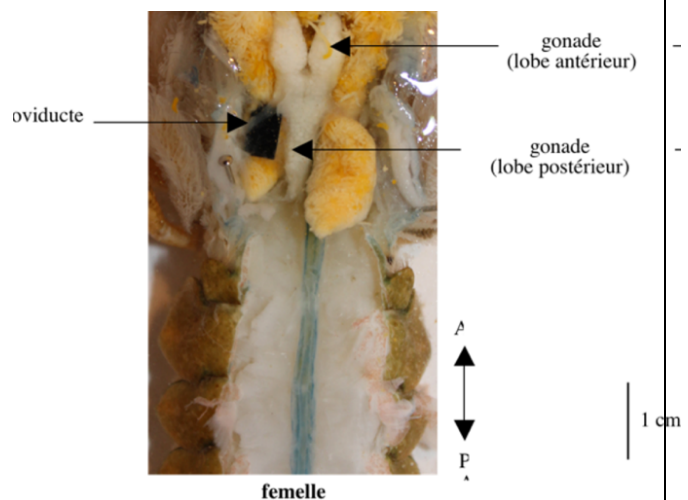
- mâle à droite (pléopode 1 développé et dur + orifice génital sur P5 : flèche bleue).
- femelle à gauche (pléopode 1 atrophié + orifice génital sur P3 : flèche rouge) + orifice de la spermathèque (flèche verte).



Les gonades se présentent sous la forme de deux lobes soudés situés entre le cœur et le tube digestif. Les voies génitales sont constituées par les oviductes (femelles) et les spermiductes (mâles).



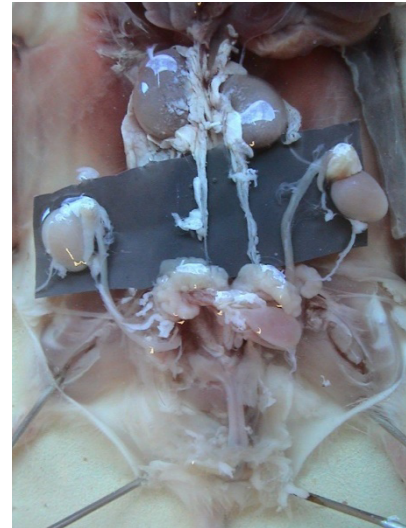
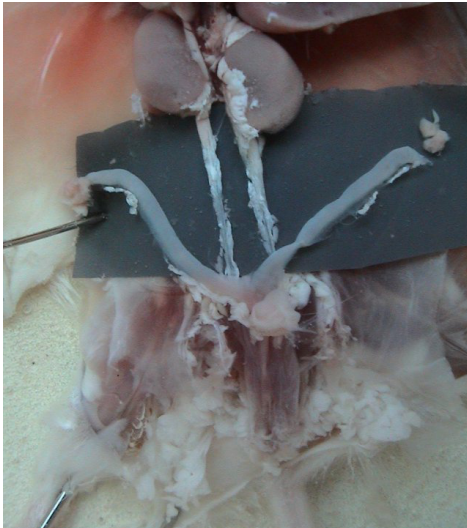
Mâle



femelle

I.C.3 - La souris domestique (*Mus musculus*)

I.C.3.a - Légendez les appareils génitaux des dissections de souris présentées sur les photos ci-dessous.



Réponse I.C.3.a :

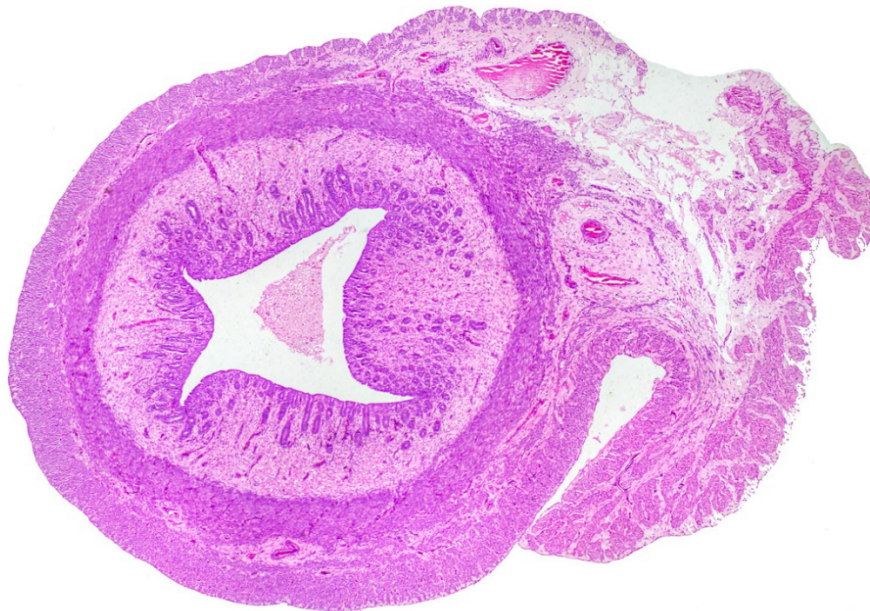
Légendes attendues :

Femelle (gauche) : ovaire - corne utérine/utérus- vagin-vulve

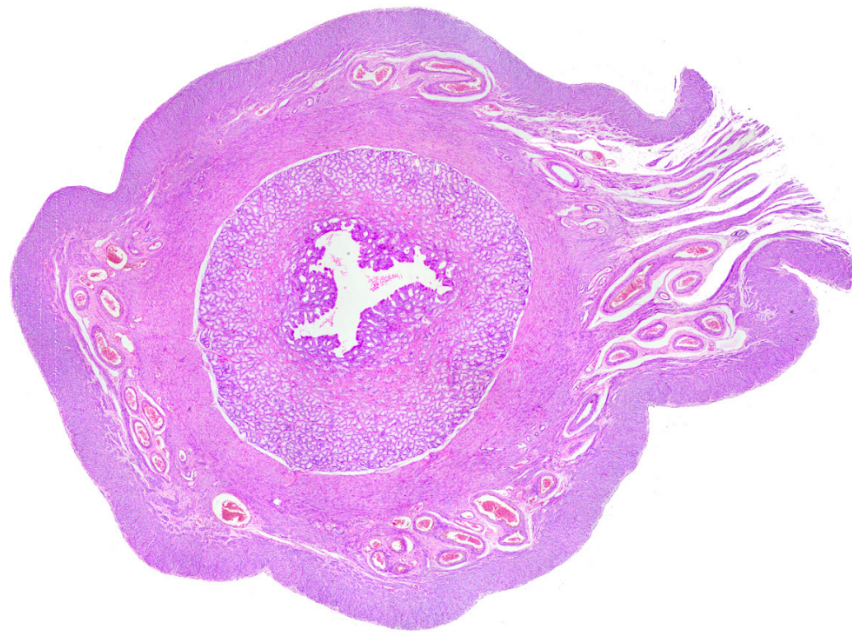
Mâle (droite) : testicule - canal déférent - pénis- vésicule séminale.

Les légendes concernant l'appareil excréteur ne devaient pas être notées.

I.C.3.b - Comparez les 2 coupes d'utérus de souris avant œstrus et après œstrus.



Utérus de souris avant œstrus, coupe transversale (x40)



Utérus de souris après œstrus, coupe transversale (x40)

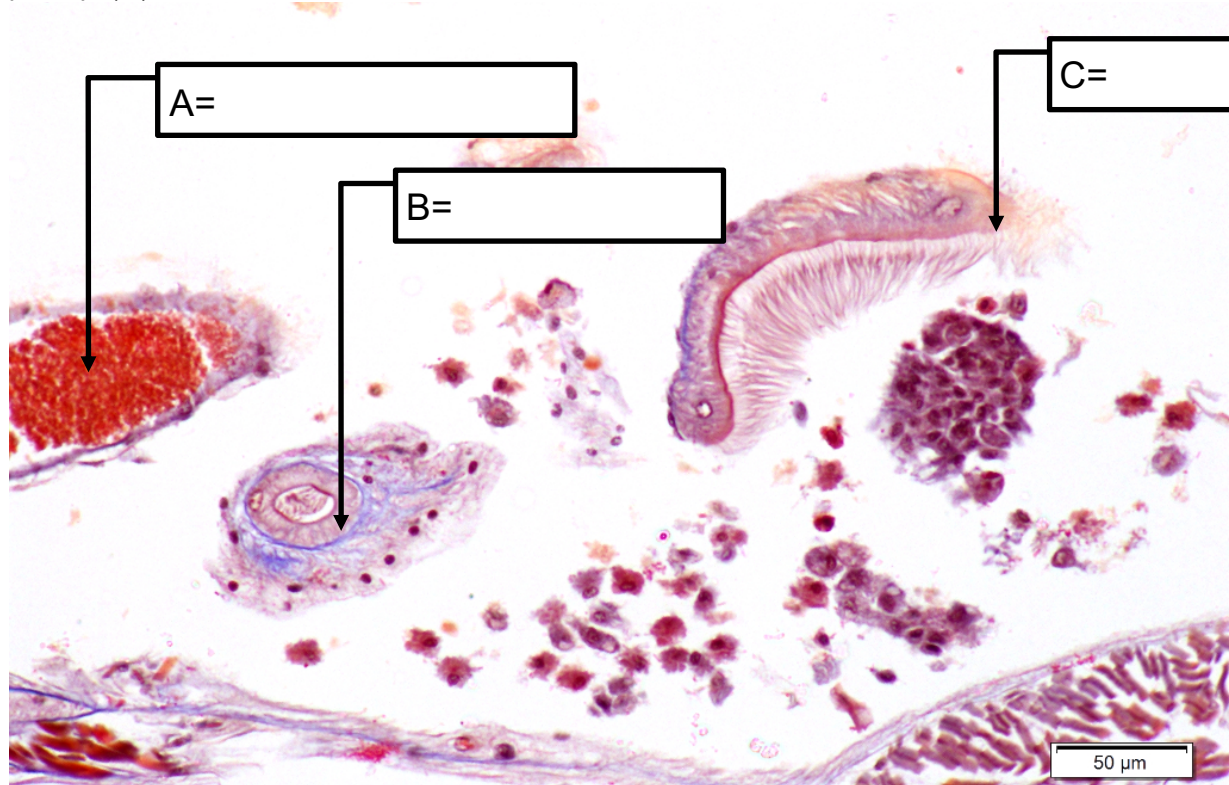
Réponse I.C.3.b :

Comparaison de l'épaisseur myomètre-endomètre. Augmentation de la vascularisation (visible entre périmètre et myomètre) et prolifération des glandes utérines de la muqueuse.

I.D - Étude de l'excrétion

I.D.1 - Le lombric

Nommez l'organe excréteur du lombric et expliquez son fonctionnement à l'aide d'un schéma simple. Sur la coupe de lombric ci-dessous, nommez les sections A, B et C. Indiquez quelle(s) section(s) participe(nt) à l'excrétion et situez ces structures au niveau de votre schéma fonctionnel.



Détail d'une coupe transversale de Lombric

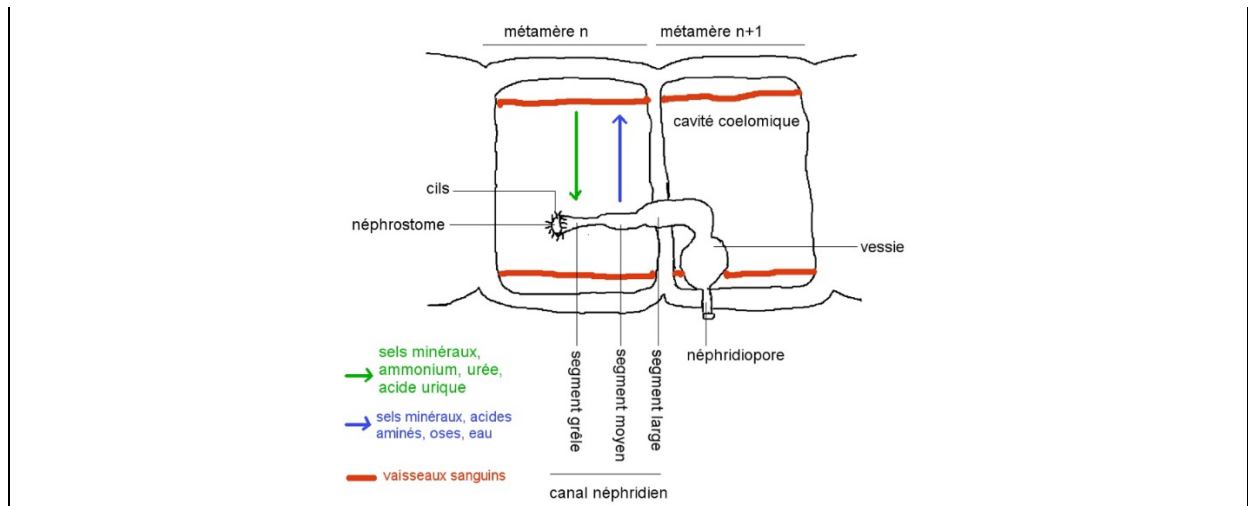
Réponse I.D.1 :

A : Vaisseau sanguin, B : Tube néphridien, C : Néphrostome

Métanéphridie = organe excréteur

L'excrétion est réalisée par chaque métamère, indépendamment.

Les déchets du métabolisme sont pris en charge par le sang circulant dans l'appareil circulatoire. Ils sont transférés au liquide coelomique par filtration à travers la paroi des vaisseaux sanguins (A) et l'enveloppe des cavités coelomiques. Les déchets pénètrent dans les métanéphridies par le néphrostome (C), déplacé par les battements de sa ciliature. Il forme l'urine primitive. Sa composition est modifiée par des réabsorptions et sécrétions intervenant le long du tube néphridien (B). Elle est ainsi transformée en urine définitive, évacuée dans le milieu par le néphridiopore.



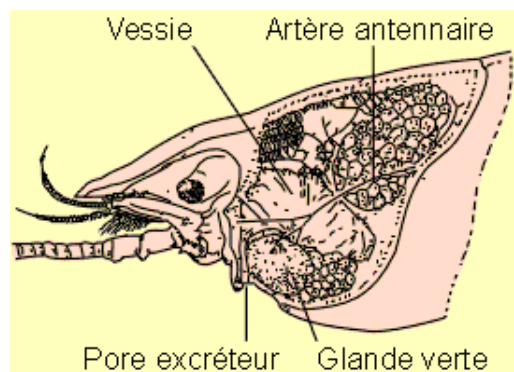
I.D.2 – L'écrevisse

Nommez les glandes excrétrices de l'écrevisse de fonctionnement similaire au lombric et réalisez leur extraction.

Présentez ces organes avec le matériel de votre choix.

Appelez l'examineur afin de faire valider votre dissection

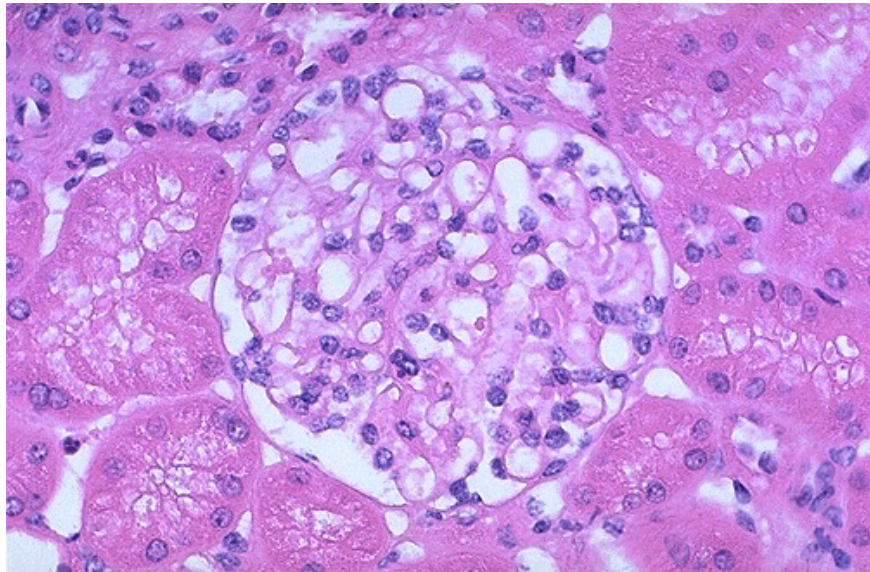
Réponse I.D.2 :



Glande antennaire, ou glande verte, qui comprend une partie coelomique, un canal excréteur et une vessie s'ouvrant à l'extérieur par le pore antennaire.

I.D.3 - La souris domestique (*Mus musculus*)

Légendez la photo suivante.



Coupe de rein x 400

Réponse I.D.3 :

Légendes attendues : tubules rénaux - capsule de Bowman - espace de Bowman - glomérule (capillaires)

Partie II : Reconnaissance d'organismes

	Nom de l'échantillon	Métamérisé (oui/non)	Milieu de vie	Reproduction (Gonochorique/Hermaphrodite)
Echantillon 1	Ascaris (Lombricoïdes)	Non	Intestin	Gonochorique
Echantillon 2	Planaire	Non	Eau douce	Hermaphrodite
Echantillon 3	Sangsue	Oui	Eau douce (voire estuaire, eau de mer)	Hermaphrodite
Echantillon 4	Tænia	Non	Intestin	Hermaphrodite
Echantillon 5	Néréis	Oui	Milieu marin (la plupart)	Gonochorique
Echantillon 6	Araignée de mer	Oui	Milieu marin	Gonochorique
Echantillon 7	Crabe vert	Oui	Milieu marin	Gonochorique
Echantillon 8	Langoustine	Oui	Milieu marin	Gonochorique

Remarque : Les noms courants ou scientifiques ont été acceptés.

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

Le TP de contre-option de géologie était centré sur quelques aspects du volcanisme, avec des objectifs simples de vérification des acquis sur les dynamismes volcaniques, la pétrologie volcanique, la cartographie et la géochimie des éléments majeurs et traces. L'épreuve était constituée de 4 parties indépendantes, dont les barèmes étaient indiqués (respectivement 4, 4, 5 et 7 points). La majorité des questions était de niveau L2 – seule une question de minéralogie faisait appel à des connaissances exigibles à un niveau supérieur.

La première partie, réalisée sur un poste tournant, amenait les candidats à analyser des séquences vidéo d'éruptions volcaniques, à caractériser les dynamismes éruptifs et à relier les éruptions observées à des échantillons macroscopiques.

La deuxième partie, était ciblée sur l'étude de cristaux d'olivine prélevés dans des projections volcaniques. L'olivine devait être identifiée (ainsi que ses caractéristiques cristallographiques, qu'il était possible d'établir à partir des échantillons fournis, subautomorphes). Elle était aussi fournie sous forme d'agrégats polycristallins, ce qui amenait à s'interroger sur quelques aspects de la dynamique d'une chambre magmatique. Pour le lecteur intéressé, cette partie a été conçue à partir des travaux publiés de B. Welsch (notamment la thèse de 3e cycle « Signification des Océanites dans le fonctionnement du Piton de la Fournaise, Île de La Réunion, 2010, Univ. Réunion).

La troisième partie était consacrée à l'étude cartographique d'édifices volcaniques monogéniques du Massif Central (nord de la Chaîne des Puys), qui suivait la réalisation d'un schéma structural d'un extrait de la carte d'Aigueperse au 1/50 000.

La dernière partie était ciblée sur le volcan polygénique cantalien, et demandait l'exploitation de données pétrologiques (dont une lame mince de phonolite présentée sur un poste tournant) et diverses données géochimiques (majeurs et traces), où les diagrammes classiquement présentés en L1-L2 avaient la part belle (ex : diagramme TAS). Le sujet était long mais abordable dans sa totalité en deux heures, d'autant que les dimensions des encadrés destinés aux réponses engageaient les candidats à formuler des réponses brèves. Nous répétons par ailleurs là le conseil classique de bien prendre en compte le barème fourni afin de distribuer leur effort de façon proportionnée sur les différents exercices.

Cette épreuve avait pour objectif principal la validation d'acquis des bases de la volcanologie et de la pétrologie magmatique. Les compétences graphiques avaient par ailleurs une importance notable dans cette épreuve (croquis d'interprétation des dynamismes éruptifs déduits des vidéos, dessin d'observation légendé du cristal d'olivine, dessin d'interprétation de l'observation microscopique de phonolite, séquences de schémas reconstituant une série d'événements géologiques). L'évaluation des productions graphiques de bonne qualité (formelle et scientifique) étaient particulièrement bonifiée.

Les capacités d'analyse et de raisonnement scientifique des candidats étaient également sollicitées. Le jury rappelle que tous les documents proposés dans le sujet apportent des informations utiles et nécessaires à la résolution des questions et qu'il est toujours préférable de bâtir un raisonnement à partir des données observées qu'à partir des seules connaissances sur le sujet.

Enfin, nous attirons l'attention des candidats sur la nécessité d'accorder de l'importance à la présentation de leurs réponses : plus de la moitié des copies étaient réalisées sans aucun effort de présentation. Les réponses livrées en style télégraphique, au crayon de papier, raturées, sans veiller à une occupation logique de l'espace (écrire droit est un minimum...), ont été pénalisées.

SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2022

TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE OPTION DU SECTEUR C

CANDIDATS DES SECTEURS A ET B

Durée totale : 2 heures

Volcans, produits et éruptions volcaniques

Les différentes parties sont indépendantes.

Partie I : Quelques dynamismes et produits volcaniques (POSTE 1) page 2

Durée conseillée : 20 minutes (dont 15 minutes sur le poste 1) – barème : 4 points

Partie II : Un minéral du volcanisme

Durée conseillée : 25 minutes – barème : 4 points page 6

Partie III : Quelques édifices monogéniques et leur socle page 9

Durée conseillée : 35 minutes – barème : 5 points

Partie IV : Un édifice volcanique polygénique : le Cantal (POSTE 2) page 13

Durée conseillée : 40 minutes – barème 7 points

La durée maximale d'occupation du poste 2 (question IV-2-F) : durée 10 mn

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, qui contient 25 pages numérotées de 1 à 25, une carte géologique et deux pages de légendes.

Partie I : Quelques dynamismes et produits volcaniques

Seules les questions IA et IB nécessitent d'être présent sur le poste 1.

I-A Analyse de séquences vidéo

Question I-A Sur le poste équipé d'un ordinateur, vous avez accès à **trois enregistrements vidéo** d'éruptions volcaniques. Chaque séquence dure moins d'une minute et vous pouvez la regarder plusieurs fois.

Dans les cadres ci-dessous, identifiez le type éruptif et produisez un croquis légendé de l'éruption. Les légendes feront apparaître les éléments caractéristiques du dynamisme éruptif.

ÉRUPTION A

Il s'agissait d'une éruption explosive de type péléen, filmée de jour par une webcam de surveillance, avec deux composantes bien marquées (un panache vertical et une petite coulée pyroclastique - nuée ardente, donc latérale). *Le caractère explosif a été reconnu par la totalité des candidats qui ont répondu à cette question, mais la notion de nuée ardente est souvent associée par erreur à la composante verticale de l'éruption, et le vocabulaire utilisé est fréquemment inadapté (plus de la moitié des candidats parlent de « fumée » pour désigner les projections).*

ÉRUPTION B

Il s'agissait d'une éruption surtseyenne, filmée de jour, par drone. Les deux composantes de l'éruption (vapeur d'eau – panaches blancs et projections cendreuse – panaches noirs, cypressoïdes) étaient bien repérables. *La grande majorité des candidats ayant abordé cette question reconnaissant une éruption hydromagmatique (parfois appelée à tort « phréatomagmétique »). Les composantes blanches et noires sont fréquemment reconnues sur les schémas mais mal ou non identifiées. Le caractère cypressoïde de l'éruption n'est jamais signalé.*

ÉRUPTION C

Il s'agissait d'une éruption hawaïenne filmée de nuit par drone. Des fontaines de lave étaient repérables, ainsi que la coalescence des retombées fluides en coulées. L'alignement des bouchés éruptives indiquait le caractère fissural de l'éruption.

Le caractère effusif a été reconnu par la majorité des candidats qui ont répondu à cette question, mais là encore le vocabulaire utilisé pour la légende était fréquemment très imprécis (encore beaucoup trop de « fumée » !!).

Plus généralement, l'ensemble de cet exercice a été convenablement abordé par environ un tiers des candidats. Les croquis demandés devaient être tirés des observations des séquences filmées : nous déplorons que beaucoup de schémas présentés étaient des esquisses théoriques contenant des données non observables sur les vidéos (schéma théorique de l'infrastructure d'un volcan « lambda », avec conduits et chambre magmatique par exemple).

I-B Analyse d'échantillons

Quatre échantillons prélevés au voisinage de volcans récents sont fournis.

Question I-B Procédez à leur identification raisonnée et attribuez à chacun un (ou plusieurs) dynamisme(s) éruptif(s) caractérisés dans la question IA.

Échantillon 1

Il s'agissait de pouzzolane : scories centimétriques basaltiques, rouges et noires, aphyriques et vacuolaires. L'échantillon pouvait être rattaché à l'éruption C.

Échantillon 2

Lave en plaque, portion de toit de coulée pa hoe hoe (cordée) : basalte à olivine, à texture vacuolaire marquée. Échantillon rattaché à l'éruption C.

Très peu reconnu, cet échantillon a souvent été confondu avec un pillow-lava.

Échantillon 3

Échantillon de ponce aphyrique, trachytique ou rhyolitique, à texture tubulaire, pouvant être rattaché à l'éruption A.

Échantillon 4

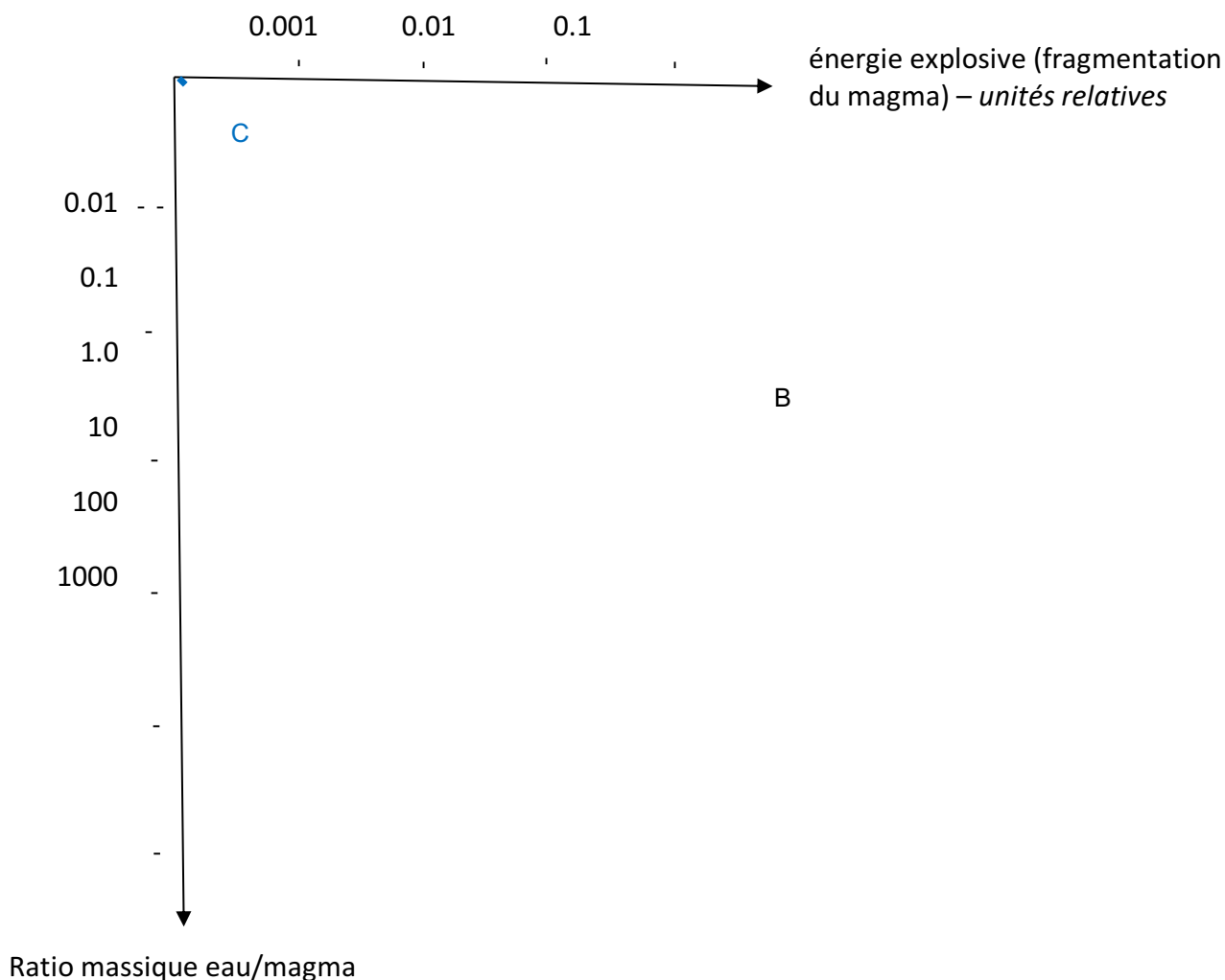
Hyaloclastite palagonitisée, localement stratifiée, contenant des fragments basaltiques bréchifiés dans une matrice palagonitisée. Échantillon rattaché à l'éruption B.

Cet exercice n'a été réussi que par moins de 20% des candidats : la ponce a été reconnue par l'essentiel des candidats, mais curieusement les scories basaltiques en ont déconcerté plus de la moitié. Les hyaloclastites palagonitisées n'ont été reconnues que par un.e candidat.e. Certains ont cependant vu leur réponse valorisée: sans identifier précisément sa nature de l'échantillon, ils ont proposé une nature volcano-sédimentaire de l'échantillon, et l'ont rattaché à un phénomène hydromagmatique).

Plus généralement, nous avons été surpris des incohérences dans les associations proposées entre les échantillons et le type de volcanisme éruptif (les scories basaltiques sont fréquemment rattachées aux nuées ardentes, les ponces à l'éruption hydromagmatique).

I-C Energie explosive des éruptions

Question I-C-1 A partir de vos connaissances, tracez dans le repère ci-dessous l'allure approximative de la courbe reliant l'énergie explosive d'une éruption volcanique produisant une lave de composition basaltique (axe horizontal) et le ratio $\frac{\text{masse d'eau}}{\text{masse de magma}}$ (axe vertical).



Cette question a été correctement abordée par 5 candidats seulement.

Les candidats ignorent généralement que le dynamisme d'une éruption volcanique ne dépend pas que de la chimie du magma (et sa teneur en silice notamment), mais également du ratio entre la masse d'eau présente dans l'environnement du magma dans des conditions de subsurface, et de la masse du magma. Pour une éruption produisant du basalte, le maximum d'explosivité correspond à un ratio $M_{\text{eau}}/M_{\text{magma}}$ de l'ordre de 1, conditions de l'éruption phréatomagmatique ou surtseyenne.

La courbe proposée par les candidats qui ont répondu à cette question était le plus souvent une droite, généralement de pente positive (beaucoup considèrent à tort que plus le ratio eau/magma est fort, plus de degré d'explosivité de l'éruption est important), plus rarement de pente négative.

Question I-C-2 Est-il possible de positionner sur cette courbe les dynamismes éruptifs A, B et C ? Justifiez votre réponse dans le cadre ci-dessous. Si oui, positionnez les lettres A ou/et B ou/et C sur la courbe.

Réponse I-C-2 :

A Cette éruption explosive, typique des volcans « gris » émettant des produits différenciés (trachytes, rhyolites, ...), ne correspond pas à la situation évoquée (qui concerne des volcans émettant des laves basaltiques). La lettre « A » ne pouvait être positionnée nulle part sur la courbe.

Beaucoup de candidats n'ont pas tenu compte des données de l'énoncé, qui limitait l'étude aux volcanismes produisant des basaltes.

B Eruption surtseyenne, correspondant au maximum d'explosivité d'une éruption émettant des laves basaltiques.

C Eruption hawaïenne, d'explosivité faible et limitée à l'émission des fontaines de lave.

Partie II : Un minéral du volcanisme

Dans les boîtes de Petri fournies, vous disposez de deux échantillonnages (A et B) du même minéral prélevés dans les projections volcaniques d'un cône strombolien du Piton de la Fournaise (Réunion)..

II-A Analyse cristallographique

Question II-A - Réalisez ci-dessous un dessin légendé d'un spécimen de l'échantillonnage A. Vous y ferez apparaître les caractéristiques cristallographiques du minéral (notamment le système cristallin auquel elle appartient). Votre commentaire contiendra l'identification argumentée du minéral.

Matériel fourni : loupe binoculaire ; feuille de papier millimétré (que vous pouvez découper si besoin).

Réponse II-A

Les deux échantillons fournis ont été prélevés au niveau du Piton de Caille, édifice strombolien dans le secteur du Piton de la Fournaise (Réunion).

Il s'agissait :

A : d'un cristal d'olivine subautomorphe, plurimillimétrique.

B : d'un agrégat polycristallin d'olivines subautomorphes également.

Chaque candidat disposait d'un échantillon de chaque spécimen, dans une boîte de Petri étiquetée, d'une loupe binoculaire et de papier millimétré qui pouvait constituer une échelle. Il n'y avait donc pas de temps imposé pour l'observation des échantillons.



Échantillon A
(barre = 1 mm)



Echantillon B
(barre = 1 mm)

L'olivine a été reconnue par moins de 20% des candidats et un seul candidat a correctement argumenté l'identification. Seuls quelques candidats proposent un croquis réaliste de la structure du cristal A.

Étonnamment, environ 25% des candidats croient reconnaître du quartz (ce qui trahit là encore, une lecture trop rapide de l'énoncé, dans lequel il était précisé que les cristaux venaient de projections basaltiques).

Le système cristallin orthorhombique n'a été attribué à l'olivine que par quelques candidats, un.e seul.e ayant argumenté l'appartenance du cristal à ce système (en relevant l'angle de 90° entre les axes a, b et c, et en proposant des estimations relatives de leurs longueurs).

Plus de 50% des candidats ayant répondu à cette question croient reconnaître le système rhomboédrique.

Question II-B – Décrivez les échantillons « B » (aucun schéma n'est demandé). Quelles hypothèses pouvez-vous proposer pour leur formation ?

Réponse II-B

Description : Il suffisait d'indiquer là qu'il s'agissait d'un agrégat polycristallin d'olivines subautomorphes.

Hypothèses explicatives :

L'hypothèse la plus simple était la nature cumulative de ces cristaux.

Cette question et la suite du problème II, n'ont été abordés que par environ la moitié des candidats. Les réponses étaient souvent erronées : beaucoup se sont persuadés que les spécimens A et B ne pouvaient pas être de même nature, et à part quelques exceptions, ceux qui ont identifié l'olivine en A ont proposé un autre minéral pour B : pyroxène, ou feldspath ou amphibole ou quartz... bref, tous les minéraux de la « série de Bowen » ont été proposés !

Les candidats se sont en effet en majorité persuadés que l'on cherchait ici à mettre en évidence un processus de différenciation par cristallisation fractionnée et beaucoup ont utilisé ce cadre réponse ou le suivant pour présenter les séries de Bowen, totalement hors de propos ici.

Lors d'éruptions volcaniques récentes du Piton de la Fournaise (janvier 2002, décembre 2005, avril 2007) il a été constaté que les coulées basaltiques contenaient en début d'éruption les minéraux A, puis s'enrichissaient progressivement en minéraux B.

Le schéma page suivante (**fig. 1**) présente la structure schématique de la chambre magmatique d'où sont supposés provenir les laves des éruptions de 2002, 2005 et 2007.

Question II-C. D'après les caractéristiques des minéraux de type A et B et vos connaissances sur l'organisation et la dynamique des chambres magmatiques, formulez une ou des hypothèses explicatives de l'enrichissement progressif en spécimens de type B des laves basaltiques au cours des éruptions. Vous illustrerez votre propos par des schémas (en vous inspirant du modèle schématique de chambre magmatique fourni par la **fig. 1**).

Réponse II-C

Cette question s'inscrivait dans le prolongement immédiat de la question II-B. Il s'agissait d'illustrer la mise en place de cumuls d'olivines en base de chambre magmatique. En exploitant les données de l'énoncé, on pouvait proposer le scénario suivant : les premières éruptions (flèches rouges) purgent le sommet de la chambre où sont présents des liquides aphyriques ou contenant des olivines monocristallines, les éruptions suivantes (flèches oranges), échantillonnent les cumuls polycristallins, en base de chambre.

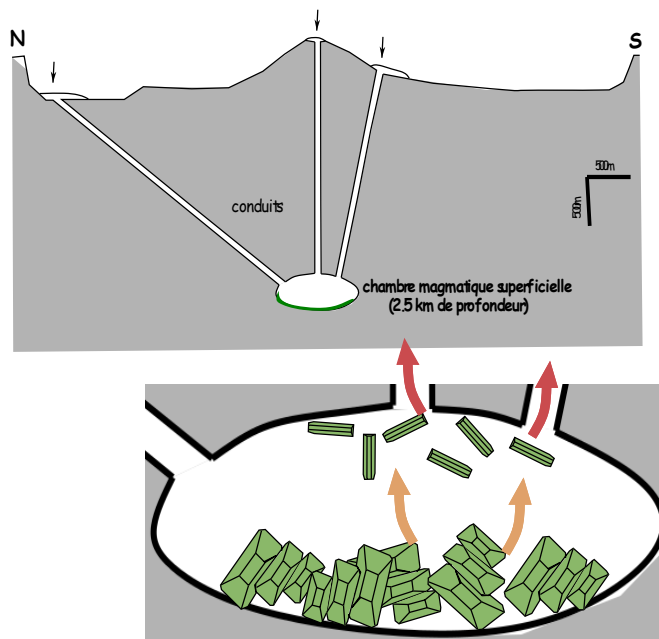
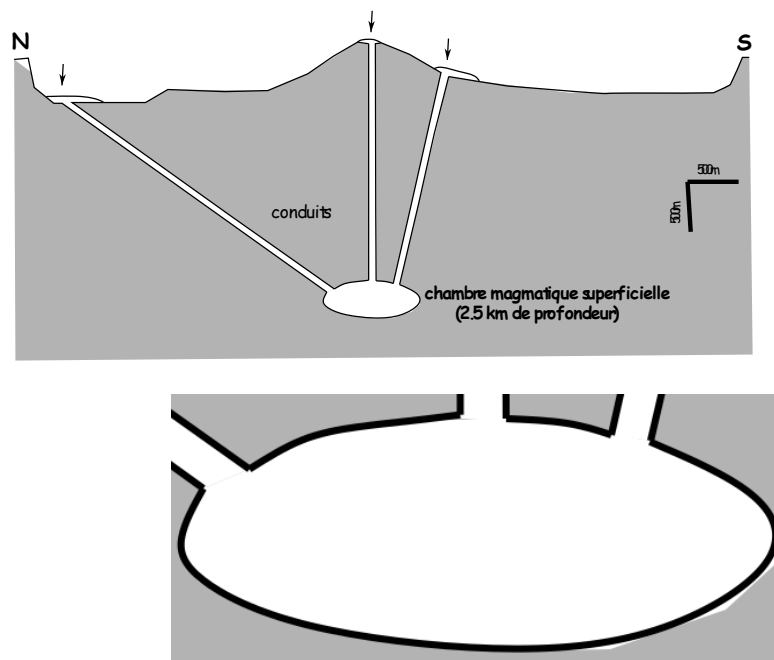


Figure 1 – Coupe schématique Nord-Sud du Piton de la Fournaise avec position de la chambre magmatique superficielle et lieux de quelques éruptions récentes (flèches) et vue agrandie de la chambre magmatique .



Partie III : Quelques édifices volcaniques monogéniques et leur socle

Question III-A – Réalisez un schéma structural légendé de l'extrait de la carte géologique fournie (extrait de la carte d'Aigueperse – 1/50 000).

L'extrait de carte était de format A3, à la même échelle que la carte originelle (1/50 000).

Le schéma structural et sa légende devaient conduire :

- À la distinction claire du socle paléozoïque (ouest de l'extrait de carte) et de la couverture cénozoïque (à l'est)
- À l'identification et à l'interprétation du contact entre la couverture et le socle, via des failles normales à fort pendage (au sud de la carte). Au nord de l'extrait, l'interprétation de ce contact par une discordance des terrains sédimentaires cénozoïques était acceptée.
- Au sein du socle, les ensembles lithologiques volcano-sédimentaires du Viséen (Carbonifère), gneissiques et plutoniques pouvaient être distingués, et la postériorité des formations viséennes, non métamorphisées, sur les autres composantes du socle pouvait être supposée. En l'absence d'indications sur les foliations des secteurs métamorphiques, la structuration interne est réduite à la mention du réseau de filons granitiques (direction dominante NNE-SSO), d'âges paléozoïques et des failles (post-paléozoïques).
- Sur le socle et la couverture, les édifices volcaniques monogéniques et les coulées associées, recouvrant l'ensemble, pouvaient être reportés.

Cette question a été abordée par plus de 80% des candidats et a été réussie par environ un tiers. La réalisation d'un schéma structural simple a visiblement posé des problèmes à de nombreux candidats, qui se contentent de quelques traits de crayons ou au contraire, reproduisent la quasi-intégralité de la carte. Très chronophage, cette reproduction conforme de la carte est stérile, car dénuée de toute part d'interprétation, et a été pénalisante.

La nature du contact entre socle et couverture a rarement été interprétée.

Les maars ont été fréquemment interprétés comme des nappes de charriage - klippen (cf. réponse à la question III-D)

Question III-B – Reconstituez les grandes étapes de l'histoire géologique de ce secteur sous forme d'une frise chronologique (vous ne détaillerez pas la chronologie des phénomènes volcaniques récents, objet des questions suivantes).

Réponse III-B

La frise chronologique devait faire apparaître la succession suivante

* au Paléozoïque, structuration de cette portion de croûte continentale moyenne : plutonisme et métamorphisme anté-viséens. La chronologie relative entre les formations gneissiques et plutoniques ne pouvait être précisée mais toute hypothèse argumentée était valorisée.

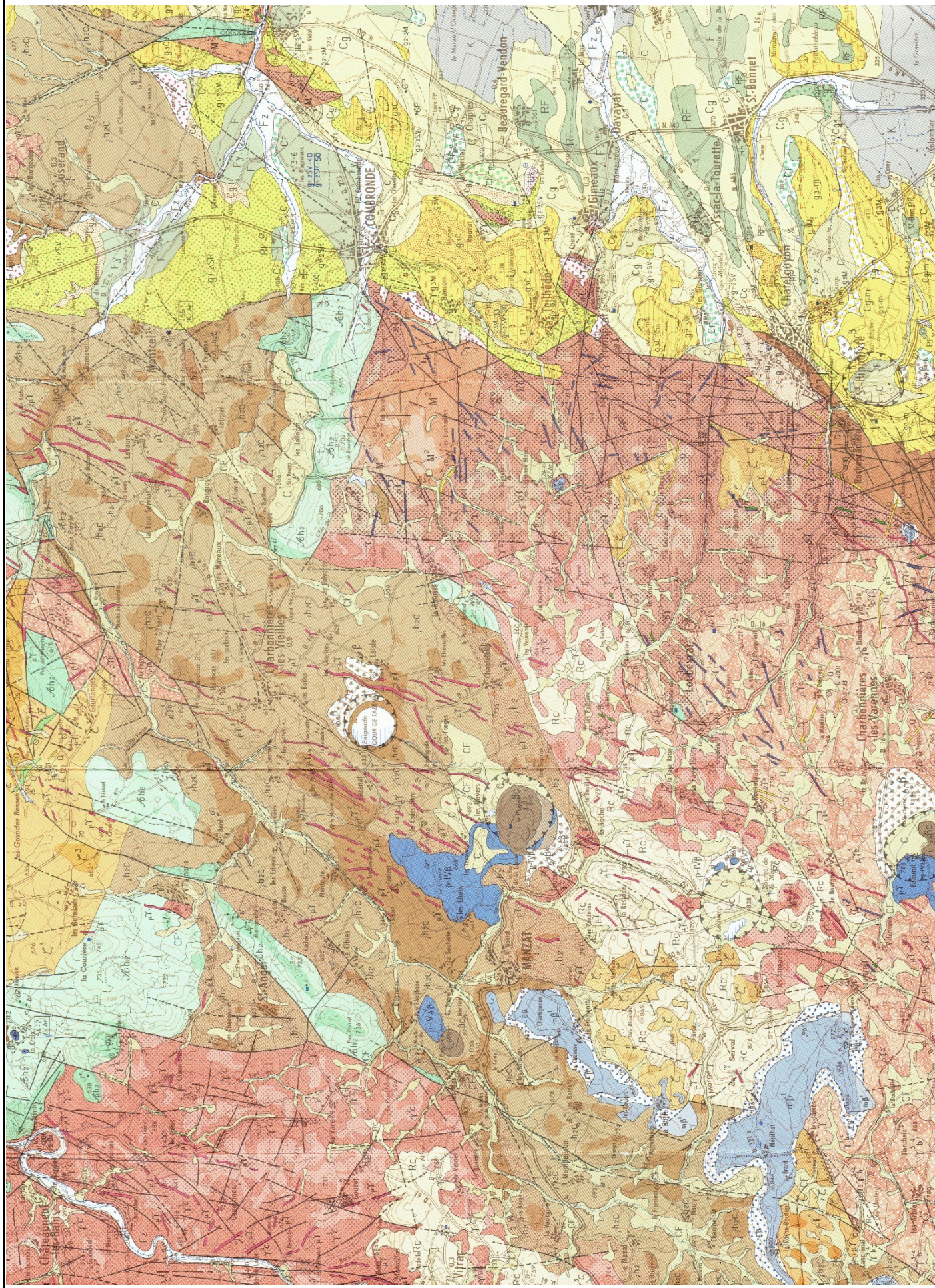
* Paléozoïque (Carbonifère – Viséen) : formations volcano-sédimentaires

* Erosion (lacune post-viséenne et anté-oligocène)

* Oligocène : extension crustale, sédimentation (les quelques indications paléontologiques suggèrent un milieu d'eau douce – lacustre par exemple).

*volcanisme post-oligocène.

Cet exercice a été peu abordé et, quand il l'a été, c'est fréquemment en négligeant le soin apporté à la production. Les réponses ont trop souvent consisté en quelques mots livrés sans organisation. Les rares productions qui proposaient une séquence hypothétique et argumentée d'événements, associée à un calendrier stratigraphique même sommaire ont été fortement valorisées.



Formations volcaniques viséennes

Tufs ignimbriques

7

micas

Gneiss à biotite et sillimanite

 χ

Migmatites

Amphibolites

cordierite)


ÉLÉMENTS STRUCTURAUX

(Valeur des pendants et des plonges)

 χ^2 Perdigão de la

1 - Contour géométrique
2 - Contour géométrique
3 - Limite de l'écoulement

4 - Faltte Obs
5 - Faltte supp

	Cataclasites
	Detrital isotopy

 $\frac{K_1}{K_2}$

Question III-C

Est-il possible, exclusivement sur des arguments cartographiques, d'établir la chronologie relative de la mise en place des terrains **p-IV β** , **p-IVA β** , **p-IVL β** d'une part et **m β ¹** d'autre part ? Si oui, établissez-la ; si non, justifiez votre réponse.

Réponse III-C

Les terrains volcaniques **p-IV β** , **p-IVA β** , **p-IVL β** sont des coulées basiques rattachées à des édifices volcaniques monogéniques (de type cône strombolien).

Les terrains volcaniques **m β ¹** ont un aspect cartographique sensiblement différent : il s'agit là encore de coulées basiques (basanites) mais systématiquement frangées d'éboulis ce qui suggère leur position en relief. Aucun édifice (cône) n'est associé à ces coulées.

Aucun critère direct ne peut être utilisé pour établir une chronologie relative (les coulées n'étant jamais en contact), mais la position en relief positif (inversé) des coulées **m β ¹**, et l'absence d'édifice associé, suggère qu'elles ont été produites lors d'éruptions suffisamment anciennes pour que l'érosion exerce ses effets, antérieurement aux éruptions associées à la production des formations **p-IV β** , **p-IVA β** , **p-IVL β** .

Cette question a désarçonné la majorité des candidats et n'a été abordée que par 50% environ.

Les réponses proposées se limitaient à l'absence de critères de « recoupement » (sic), et concluaient en l'absence de possibilité d'établir une chronologie relative.

NB : des coulées volcaniques peuvent éventuellement se recouvrir (« recouvrement », principe de superposition), mais pas « se recouper » (principe de recoupement). Les imprécisions de vocabulaire ont été particulièrement pénalisantes sur cette question.

Un.e seul.e candidat.e a su répondre à cette question, en repérant les éboulis, l'inversion de relief, et l'absence d'édifices volcaniques, suggérant ainsi l'antériorité des formations « m » sur les « p ».

Question III-D

Sur quatre secteurs (du Sud au Nord : *Beaunit*, *Étang de Lachamp*, *Les Noyers*, *Gour de Tazenat*), le symbole suiv :



Expliquez la signification de ce symbole.

Reconstituez à l'aide d'une séquence de schémas, la mise en place de cette structure sur un des quatre secteurs signalés (vous préciserez le secteur que vous avez choisi d'interpréter par vos illustrations).

Réponse question III-D

Explication de la signification du symbole :

La forme circulaire du symbole et son association systématique avec les formations géologiques *br β* identifiées dans la légende comme étant des « brèches de maar », suggèrent qu'il s'agit de la délimitation d'une dépression d'origine phréatomagmatique (maar).

Cette question a été abordée par environ 50% des candidats.

Deux confusions ont été récurrentes :

** près de la moitié des réponses évoquent des klippes (confusion due au figuré par ailleurs effectivement utilisé pour symboliser les chevauchements). Le contexte géologique général, les formations *br β* auraient dû proscrire ce type d'erreur.*

** un quart des réponses évoquent une caldera, terme à réserver aux structures résultant d'effondrements sommitaux de volcans polygéniques, et inadapté ici.*

Réponse question III-D (suite)

Séquence de schémas interprétatifs du secteur
de Tazenat

Beaunit, / Étang de Lachamp / Les Noyers / Gour

(entourez le nom du secteur choisi)

Quelque soit le secteur choisi, on pouvait s'attendre à la schématisation d'une éruption phréatomagmatique, avec formation d'un croissant pyroclastique et d'une dépression circulaire. Suivant le site, le schéma était complété par la formation d'un lac (Tazenat), le comblement de celui-ci (Lachamp). Dans le cas des sites de Beaunit et des Noyers, la séquence devait se prolonger par la schématisation d'une éruption strombolienne classique, dont les projections (cône) et la coulée, recouvrent partiellement le maar.

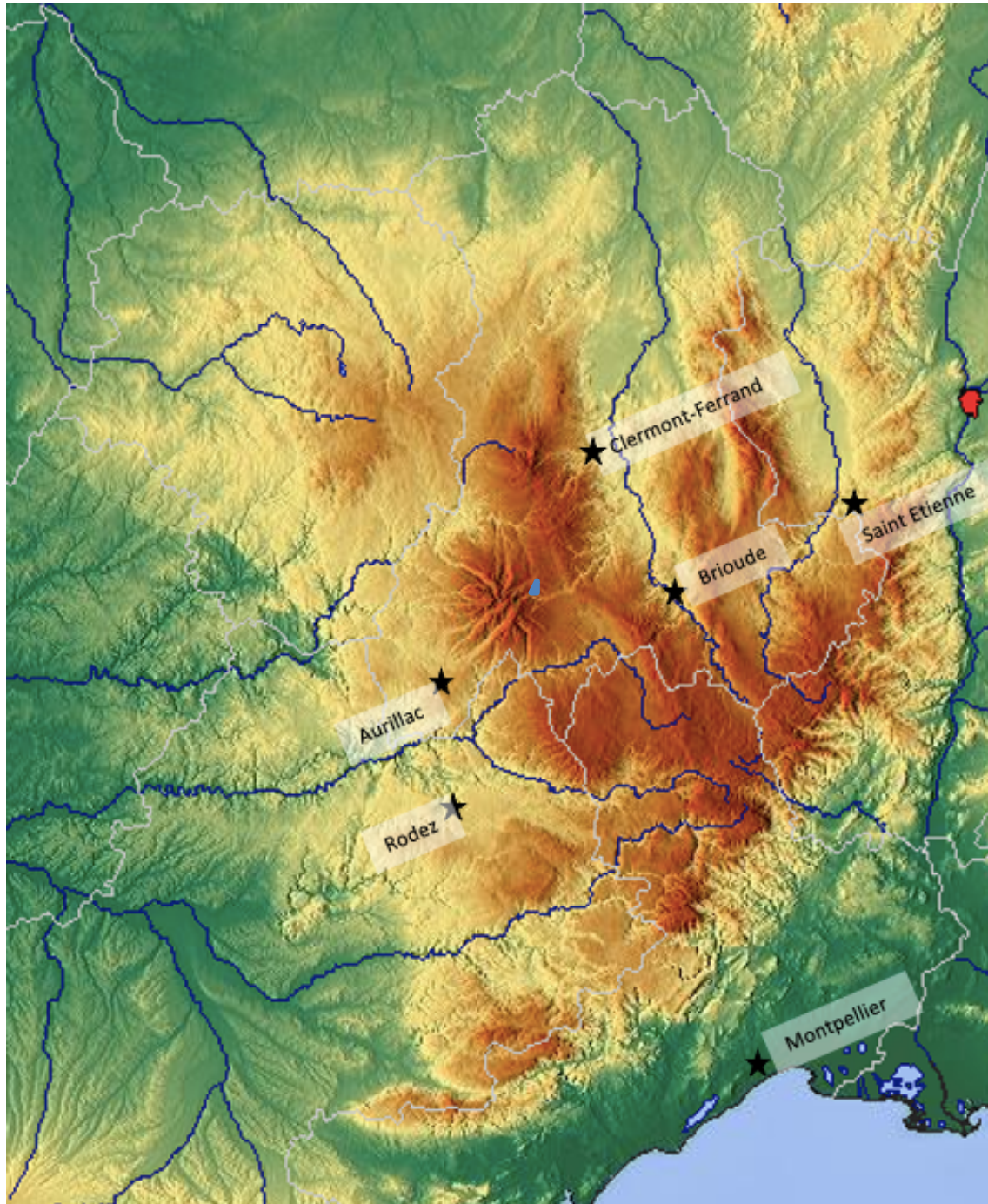
Une dizaine de candidats proposent une schématisation d'éruption phréatomagmatique. Aucun en revanche n'a produit une schématisation représentative du secteur choisi, se limitant à un schéma théorique.

Partie IV: Un édifice volcanique polygénique : le Cantal

IV-1 : localisation du Cantal

Question IV-1-Localisation : Délimiter le massif du Cantal sur la carte géographique de la fig. 1

Réponse IV-1



<https://fr.m.wikipedia.org>

25 km

Figure 2 – carte géographique d’une partie de la France

20% des candidats ne traitent pas cette question, 30% entourent entièrement le Massif Central, et 10% localisent le Cantal dans la chaîne des Puys.

IV-2 : produits magmatiques dans le Cantal

Seule la question IV-2-F nécessite d'être présent sur le poste 2.

Les questions de la partie IV-2 portent sur l'étude géochimique de 5 roches issues de la région ouest du Cantal et datées du Miocène

A partir du tableau IV-1, les documents sont issus de C. Legendre et al. / C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la Terre et des planètes / Earth and Planetary Sciences 332 (2001)

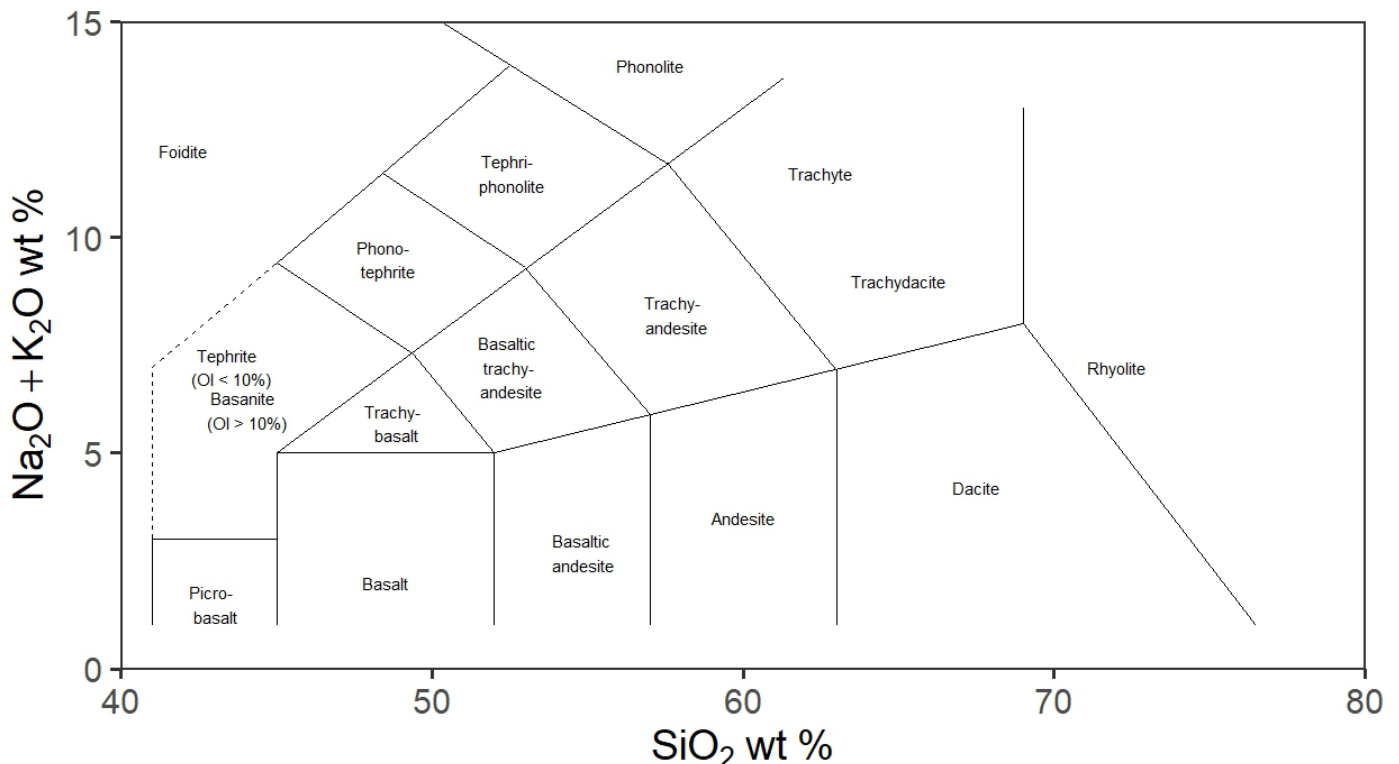


Figure 3 : classification TAS (wt% = pourcentage massique)

Question IV-2-A : justifier l'utilisation des éléments Na, K et Si pour discriminer les roches volcaniques, quelles informations pétrogénétiques l'utilisation de ces éléments fournit-elle ?

Réponse IV-2-A :

Les éléments alcalins, Na et K sont des éléments hygromagmatophiles (ou incompatibles), leur teneur dans les termes primaires permet d'estimer le taux de fusion partielle à l'origine des roches d'une série. Plus le %FP important plus le %Na₂O et K₂O est faible. L'ordonné d'un TAS est relatif au taux de FP du protolithe.

En abscisse, le taux de SiO₂ permet d'estimer la différenciation magmatique → Différenciation magmatique / cristallisation fractionnée.

La position d'une roche dans TAS permet de la nommer. Si différentes roches issues d'un même magma parent s'alignent dans un tel diagramme, on peut définir la série magmatique auxquelles elles appartiennent et comprendre leur évolution par cristallisation fractionnée.

La question est souvent traitée de manière parcellaire par les candidats qui ne commentent que l'évolution des teneurs en silice

Tableau 1 : analyse géochimique (éléments majeurs en pourcentages pondéraux d'oxydes) de différentes roches volcaniques de la partie ouest du Cantal

PF = Perte au feu

Échantillon Roche	CL VI	CL 10	CL III	CL 5	CL 9
SiO ₂	43,88	50,47	49,19	53,22	58,29
TiO ₂	2,59	2,12	2,40	1,87	1,47
Al ₂ O ₃	12,26	13,95	14,61	16,62	16,28
Fe ₂ O ₃	6,37	5,27	6,76	6,04	5,54
FeO	4,29	5,11	3,81	2,57	1,59
MnO	0,16	0,15	0,20	0,17	0,15
MgO	10,96	7,46	5,55	3,28	2,15
CaO	13,11	8,51	9,08	7,21	5,15
Na ₂ O	1,99	3,06	3,44	4,09	4,31
K ₂ O	0,98	1,35	1,51	2,65	3,26
P ₂ O ₅	0,30	0,38	0,48	0,58	0,64
PF	2,29	1,41	2,39	1,25	0,58
total	99,18	99,24	99,42	99,55	99,41

Question IV-2-Ba :

Placer les roches

CLIV, 10, III, 5 et 9

dans la **figure 3** (classification TAS) et nommez les.

Réponse IV-2-Ba :

Noms des roches

CL VI = **Basanite**

CL 10 = **Basalte**

CL III = **Basalte / Trachybasalte**

CL 5 = **trachyandésite basaltique**

CL 9 = **trachyandésite**

80% des candidats traitent correctement cette question

Question IV-2-Bb : En tenant compte de l'ensemble des informations fournies précédemment, interprétez la position des 5 roches précédentes dans la classification TAS (fig. 3)

Réponse IV-2-Bb :

Les différentes roches ont une localisation proche (Ouest du Cantal) et des âges proches (Miocène) : elles appartiennent à la même série magmatique alcaline, caractérisé par un taux de fusion partielle intermédiaire.

La réponse « série alcaline » est trop souvent proposée sans les arguments d'unité temporelle et locale.

Ligne continue : droite de corrélation

r = coefficient de corrélation

Les teneurs Al_2O_3 , MgO et SiO_2 sont fournies en pourcentages pondéraux.

Les teneurs de Rb et Th sont fournies en ppm

CL VI

CL10

CLIII

CL5

CL9

*

●

+

◆

▲

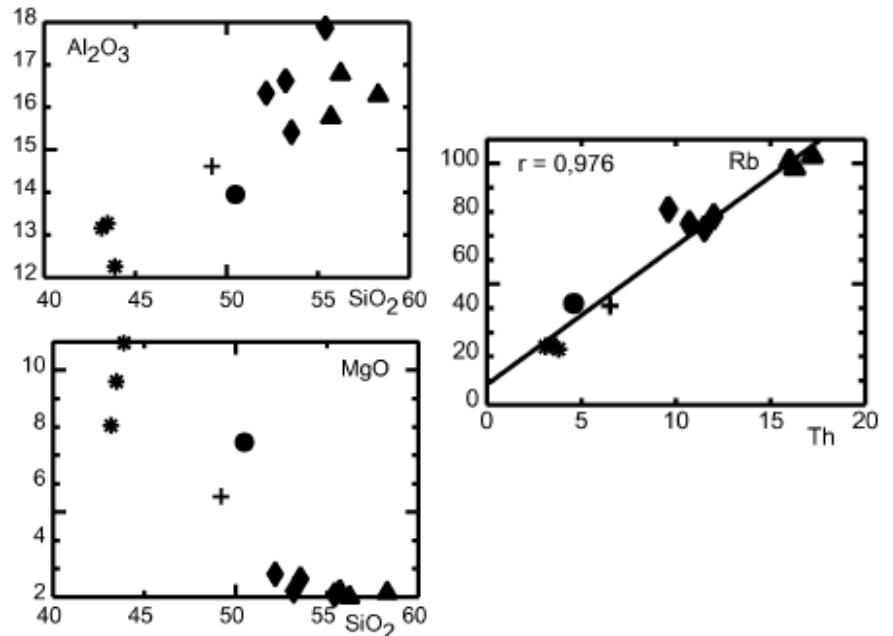


Figure 4 : Teneurs en Al_2O_3 et MgO des roches du tableau IV-1 en fonction de leurs teneurs en SiO_2 et teneurs en Rb en fonction de Th (en ppm)

Question IV-2-Ca : Justifier l'intérêt de l'étude des teneurs en MgO et Al_2O_3 en fonction de la teneur en SiO_2 ainsi que Rb en fonction de Th

Réponse IV-2-Ca :

MgO : le magnésium est élément majeur compatible (cristallise en premier dans olivine, puis px, amp...), plus le magma se différencie moins il y a de MgO .

Al_2O_3 : l'aluminium est un élément majeur incompatible, se concentre dans le magma, les roches les plus différenciées sont plus riches en Al.

Les teneurs de MgO et Al_2O_3 permettent de suivre chimiquement la cristallisation fractionnée du magma

Rb et Th : éléments traces très incompatibles, ils sont très sensibles aux processus de différenciation magmatique ; ici Rb augmente régulièrement en fonction de Th. L'ensemble des éléments permet de suivre chimiquement l'évolution du magma et les processus mis en jeu.

Beaucoup de candidat assimilent directement le Rb à la radiochronologie et proposent la droite $\text{Rb} = f(\text{Th})$ comme une isochrone permettant de dater la série magmatique.

Question IV-2-Cb : En quoi les données de la figure 4 permet de préciser l'origine des 5 roches étudiées ?

Réponse IV-2-Cb :

La régularité des évolutions en éléments majeurs et traces plaident en faveur d'une cristallisation fractionnée des laves à l'origine de la série alcaline intermédiaire. Les différents les roches s'alignent, elles sont bien cogénétiques.

On observe dans les 5 roches étudiées précédemment, des signatures isotopiques fortement radiogéniques, notamment pour l'élément Sr.

Question IV-2-D : Formulez une ou des hypothèse(s) sur la/les sources impliquées dans la formation des 5 roches étudiées précédemment

Réponse IV-2-D

Sr issu de la désintégration de Rb, élément lithophile (et incompatible). Rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0,710$ dans la croûte vs $0,702$ dans le manteau supérieur

→ Hypothèse 1 : l'enrichissement des roches en Sr peut être lié à la contamination crustale lors de la remontée/cristallisation du magma

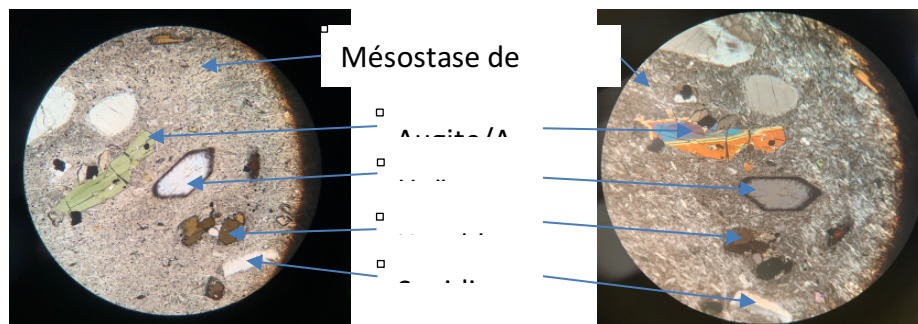
→ Hypothèse 2 : une origine magmatique dans le manteau inférieur profond (enrichi en incompatible car pas ou peu appauvrit lors de l'extraction de la croûte continentale à l'Archéen)

Cette question a peu été traitée.

Sur le **POSTE n°2**, réaliser l'observation de la lame mince fournie.

QUESTION IV-2-E réaliser un dessin d'observation légendé de la lame mince de roche fournie (la légende sera conçue de façon à faire apparaître les arguments permettant l'identification de la roche). Nommer la roche.

Réponse IV-2-E :



Texture microlitique porphyrique, fluidale, la présence feldspathoïdes indiquent qu'elle est sous saturée en silice. Il y a donc probablement une série alcaline saturée et sous saturée en silice au sein du Cantal.

Nom de la roche :

Phonolite

Les candidats ne prennent pas le temps d'observer la lame à l'œil nu et ne repèrent pas les cristaux d'haüyne. Les dessins de lame sont davantage des schémas et les reconnaissances assez fantaisistes avec de nombreuses association olivine+quartz...

Un.e seul.e candidat.e identifie la phonolite (mais sur des critères erronés), un.e autre repère des feldspathoïdes. Trop de candidats identifient la lame comme un basalte.

La roche observée précédemment provient de l'édifice photographié sur les **figures 5a, 5b et 5c**.

Figure 5a : un édifice cantalien (flèche)



Figure 5b: vue de détail de l'édifice (sous un autre angle)



Figure 5c : détail de la zone sommitale de l'édifice étudié



Question IV-2-F : De quel type d'édifice s'agit-il ? (vous développerez votre argumentation)

Réponse IV-2-F :

Dôme - laves plutôt visqueuses qui ne s'écoulent pas ou peu le long des flancs (cohérent avec l'observation de phonolite à la question précédente), forme dû à l'extrusion progressive et empilement de lave phonolithique

Il s'agissait ici du Puy Griou, un des édifices monogéniques du Cantal. De trop nombreux candidats ont assimilé ce dôme comme étant LE Cantal (ce qui révèle un problème d'échelle...)

Question IV-2-G : Proposer un scénario de mise en place d'un tel édifice (**figure IV-1-G-2**). Vous accompagnerez votre explication d'une série de croquis légendés.

Réponse IV-2-G

1- protrusion phonolite, mise en place du dôme

2- refroidissement et contraction thermique, à l'origine du débit en lauze observé sur la dernière photo

3- érosion, altération et éboulement finissent de donner l'aspect triangulaire à l'édifice

Beaucoup de candidats identifient correctement le dôme, mais proposent le scénario classique du Puy de Dôme sans exploiter les photos supplémentaires.

IV-3 : évolution morphologique du Cantal



□ Matrice peu

□ Blocs de natures diverses : trachyandésites, trachytes, basaltes, tufs, fragments de socles, calcaire, argile... Les éléments volcaniques sont

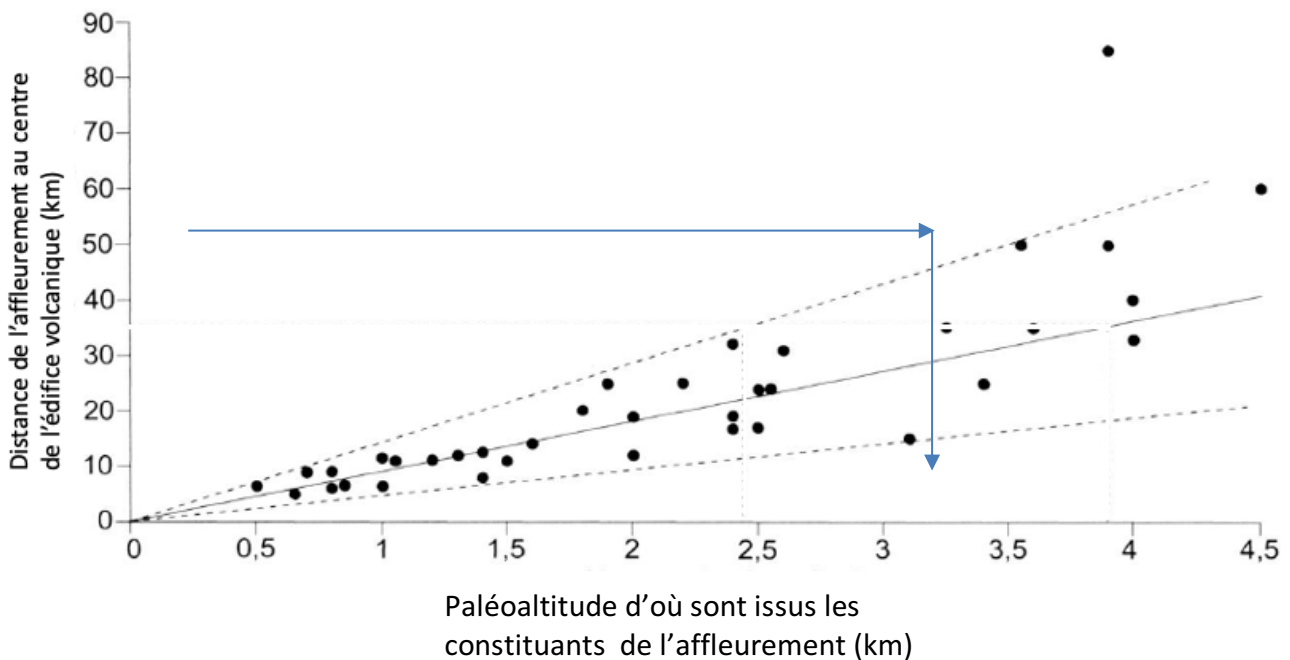
Figure 6 : détail d'un affleurement dans la région de Salers - Cantal
Question IV-3-A : Décrire et interpréter l'affleurement. Aucun schéma n'est exigé.

Réponse IV-3-A :

Bloc anguleux divers (basaltes, socle, calcaire...) de tailles hétérogènes **non granoclassés**, matrice peu indurée : transport rapide sans intervention d'eau.
Hypothèse : avalanche de débris

Si peu de candidats arrivent à l'avalanche de débris, d'autres propositions cohérentes ont été acceptées (glissement de flanc, éboulement...). Mais beaucoup de candidat se contentent de paraphraser la légende sans y ajouter d'interprétation.

L'étude du phénomène géologique mis en évidence à la question précédente a permis de mettre en évidence une relation entre la distance au centre de l'édifice à laquelle est retrouvé l'affleurement par rapport à la « paléoaltitude » de laquelle proviennent les éléments composant l'affleurement. Cette relation est représentée dans la figure IV-2-B



Modifié d'après : *Géomorphologie Relief Processus Environnement* 7(2):107-119 ; P.NEHLIG

Dans le Cantal, des affleurements de ce type ont été trouvés **jusqu'à 40 km** du centre de l'édifice.

Question IV-3-B : estimer graphiquement la paléoaltitude minimale du sommet du Cantal avant que des affleurements similaires à la figure IV-2-A se mettent en place.

Réponse IV-3-B :

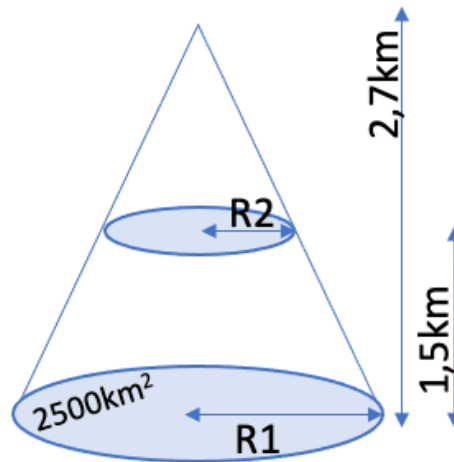
Valeur de la paléoaltitude : 2,7 km

Il s'agissait ici d'une lecture graphique, réussie par 60% des candidats.

On estime, que le Cantal à son apogée, était un cône d'une hauteur H à base ronde de $2\,500\text{ km}^2$. Actuellement, la partie supérieure de ce cône n'est plus, et se retrouve en partie dans les affleurements observés à la question IV-2-A, on acceptera 1500 m comme épaisseur moyenne de ce reste de cône cantalien actuel. On négligera tout phénomène isostatique.

Question IV-3-C : En utilisant la réponse précédente et en vous appuyant sur un schéma, estimer le volume total des affleurements identiques à ceux observés à la question IV-3-A que l'on pourrait trouver aux alentours du Cantal.

On rappelle le **volume d'un cône** : $V = \frac{1}{3} \times B \times h$ (B : surface de la base, h : hauteur)



Réponse IV-3-C

Pour trouver le volume du cône supérieur, il fallait commencer par trouver R1, puis R2 grâce au théorème de Thalès. Il fallait trouver un volume d'environ 450km³

Très peu de candidats s'aventurent dans cette question, mais ceux qui essayent en proposant des prémices de raisonnements ont été valorisés.

Plusieurs études s'accordent sur un volume de tels affleurements de 245km³

Question IV-3-D : comparer le volume obtenu à la question IV-3-C à celui accepté actuellement (245 km³). Commentez la différence obtenue.

Réponse IV-3-D :

Volume calculé > V estimé.

Cette réponse a été très peu traitée car seulement 4 candidats ont réussi la question précédente

Prise en compte de l'isostasie ? Altitude moyenne exagérée ? Effondrement de la caldeira ? Plusieurs événements d'avalanches ? Modèle de relation distance débris-paléoaltitude pas valable pour Cantal ? L'ensemble du cône supérieur n'est pas parti dans les avalanches ? Phénomènes érosion/altération et transport ?

Les hypothèses cohérentes ont été valorisées.

Question-IV-Conclusion : L'édifice cantalien est un stratovolcan. Après avoir défini cette notion préciser en quoi l'ensemble des résultats des études de la partie IV s'inscrivent dans les caractéristiques d'un stratovolcan

Réponse IV-Conclusion

Très peu de candidats concluent. Faute de temps ?

Stratovolcan : édifice construit par l'accumulation stratiforme de laves diverses et tephra, montrant la coexistence de dynamismes éruptifs différents : comme le supposent les différents termes de la série alcaline étudiés aux questions IV-2-B

Le stratovolcan du Cantal est un volcan polygénique avec plusieurs édifices monogéniques tel que le Griou étudié dans les questions IV-2-E/F et dont l'activité est associée au développement probable de deux séries magmatiques alcalines, saturée et sous-saturée en silice.

Édifice de forme étoilé au profil escarpé (voir carte), caractéristique de stratovolcans, liés aux avalanches de débris étudiées dans la partie IV-3

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, accompagné des documents imposés par le jury, 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. Il est rappelé que tous les documents et matériels demandés aux préparateurs doivent être exploités par le candidat lors de sa présentation (le jury vérifie l'adéquation de la présentation à la fiche de demande de matériel lors de l'interrogation).

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 ou des protocoles 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. La totalité des documents et matériels imposés doit être intégrée à la leçon (leur ordre de présentation est laissé à l'appréciation du candidat).

Le support numérique à l'agrégation de SV-STU

Les candidats ont à leur disposition un ordinateur équipé avec les logiciels de la suite **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. Lors de la session 2022, des maladroresses ont été constatées dans la présentation des documents numériques, notamment la suppression des légendes des figures : elles ont été évaluées dans la rubrique « communication » de la grille du barème.

Quelques principes de base :

Les divers documents utilisés doivent 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 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 concepteur du sujet peut revenir sur des aspects traités durant l'exposé, sur la façon qu'a eu le candidat de le présenter au jury, 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 ce secteur. 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 une rigueur scientifique dans leur démonstration. Par exemple, lorsque le document est une expérience, il est essentiel d'indiquer la question posée et la (ou les) hypothèse(s) testée(s), puis d'interpréter les documents afin de conclure si l'hypothèse est confirmée ou infirmée par les résultats. Partir d'un modèle théorique issu d'un ouvrage et essayer de faire coïncider les données expérimentales avec ce dernier est contre-productif et s'apparente non pas à une démonstration mais à une illustration. En revanche l'analyse d'un document peut permettre d'initier la construction d'un modèle, qui peut alors être complété en indiquant clairement ce que le document montre et ce qui n'a pas été démontré et qui est ensuite présenté pour gagner du temps dans l'exposé.

Cette épreuve porte sur les différentes rubriques du programme relevant du domaine de spécialité du candidat. 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 cherchent en 50 minutes à tout dire sur un sujet.

Le jury rappelle qu'une contextualisation servant d'appui à la construction de la problématique est nécessaire en introduction. Cependant, 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. 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, tout en évitant une ouverture faussement naïve du sujet. 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.

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 ses qualités scientifiques et pédagogiques. 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 intégralement 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. 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. 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 de 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...).

A de nombreuses reprises, des candidats présentent des corrélations et en déduisent des relations de causalité ou ne prennent pas en compte les analyses statistiques associées, ce qui n'est pas admissible à ce niveau de formation. Cela commence parfois dès la lecture des graphiques où des candidats confondent le paramètre modifié expérimentalement et le paramètre mesuré, ce qui revient à inverser cause et conséquence. Ces erreurs dans la lecture des graphiques entraînent des contresens qui mettent les candidats en difficulté et qui questionnent les jurys sur les capacités d'analyse des candidats concernés.

L'exploitation quantitative doit être effectuée quel que soit le type de graphe ou diagramme (histogramme, boîte à moustache), et le candidat ne doit pas hésiter à demander une calculatrice pendant le temps de préparation.

Il est rappelé à l'attention des futurs candidats que 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) mais que les termes spécifiques sont traduits afin qu'ils ne constituent pas un obstacle à la compréhension des documents.

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. Même si tous les documents imposés doivent être intégrés à la leçon et analysés, l'exposé ne peut donc pas être construit exclusivement autour des thèmes que les documents permettent d'aborder. Il revient donc au candidat de compléter l'illustration de sa leçon par des expérimentations, matériel concret ou documents (y compris de courtes séquences vidéo) complémentaires. L'exploitation du matériel complémentaire doit faire l'objet de la même rigueur que celle du matériel imposé, et elle est très clairement prise en compte dans l'évaluation de la leçon. Dès que cela est possible, le jury rappelle que l'observation directe d'un échantillon plutôt que sa présentation sous forme d'image doit être privilégiée. Prendre l'initiative de demander, de présenter et de manipuler du matériel est 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...), et rappelle à cette occasion que l'observation et l'analyse du réel sont fondamentales en Sciences de la Vie, de la Terre et de l'Univers.

Toutefois, **le matériel sorti doit être utilisé de façon pertinente** et doit apporter une plus-value pour la leçon. 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 est préjudiciable. A ce titre, la demande quasi systématique d'images ou d'organismes illustrant les organismes des documents imposés **est superflue et constitue une perte de temps** pour le candidat mais également pour l'équipe technique. Le jury a aussi assisté à des leçons présentant de trop nombreux supports choisis par le candidat (parfois plus de dix échantillons sortis, simplement pour illustrer un organisme), ne pouvant décemment pas être exploités dans le temps imparti. Le jury rappelle que **tout objet sorti doit être analysé et mis au service d'une notion ou d'un concept** !

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 mise en contexte, par exemple la question scientifique et l'hypothèse testée de l'expérience, puis une description des objets, spécimens ou faits expérimentaux, en lien avec la question posée. Une

interprétation raisonnée permet alors soit de conclure un paragraphe et donc de répondre à une question, soit donner lieu à une nouvelle question, et sert alors de transition avec la suite de l'exposé. L'exploitation des documents est encore 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 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 soient justifiés au cours de la présentation ou lors de l'entretien. 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. Ce schéma bilan n'est en aucun cas une obligation.

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 note de nets progrès dans la présentation avec une bonne aptitude pour beaucoup de candidats à s'exprimer. Cependant, certains candidats restent encore trop proches de leurs notes durant leur exposé. Le vocabulaire scientifique doit être employé et explicité de manière appropriée. Le jury insiste sur le fait qu'il s'agit d'une leçon dont le niveau scientifique attendu est celui d'une personne diplômée de l'université à un niveau master, ce qui implique une maîtrise et un usage adéquat du vocabulaire et des concepts scientifiques. De même, il convient d'éviter une posture dogmatique en tant que 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 à la suite d'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.

L'évaluation de cette leçon d'option s'est faite autour d'items reprenant ces points fondamentaux :

- qualité de l'introduction, du plan et de la conclusion
- démarche scientifique, qualités pédagogiques/didactiques de la leçon
- maîtrise des concepts, notions et connaissances liées au sujet
- exploitation du matériel imposé
- choix et exploitation du matériel complémentaire

- maîtrise des concepts et des connaissances, capacités de réflexion en temps réel aux différents entretiens
- communication, réactivité.

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 réplication de l'ADN ou les principes de la régulation de l'expression des gènes, la diversité du monde viral, l'organisation des matrices extracellulaires, les principes fondamentaux de l'excitabilité cellulaire, etc... ou de démontrer les relations entre structure, propriétés et fonctions des molécules biologiques fondamentales. Le jury a également constaté que beaucoup de candidats ont des lacunes dans le domaine de la biologie cellulaire végétale.

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 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 bibliothèque mise à la disposition des candidats, dont le contenu est en adéquation avec les attendus du jury, permet 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 cette seconde partie de l'intitulé et se concentrent sur des 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. Ce matériel peut être imposé dans les documents fournis par le jury ou proposés par le candidat pour illustrer les points-clés de son exposé. La liste des ouvrages, matériels, lames histologiques, matériel expérimental est disponible pendant la phase de préparation de la leçon et le candidat est accompagné durant cette phase par l'équipe technique qui lui fournit le matériel complémentaire qu'il souhaite. L'ensemble des documents et matériels, imposés et demandés, doit être intégré à la leçon (le jury vérifie l'adéquation de la liste des demandes du candidats avec le contenu de l'exposé).

Il semble encore nécessaire 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.

Les préparations histologiques doivent toujours être exploitées/léguées (par tout moyen au choix du candidat : dessin, annotation d'une capture d'image...) afin de démontrer au jury la capacité du candidat à identifier (et retrouver !) les structures présentes et à intégrer leur présentation à la problématique. C'est aussi l'occasion de rappeler que l'usage du microscope optique et de la loupe binoculaire doit être parfaitement maîtrisé par les candidats. Plus largement, les différentes échelles d'observation et le principe des différents microscopes doivent être connus. 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. Enfin, on rappelle que toute situation expérimentale nécessite d'y inclure des témoins : ils doivent être présentés, ou au moins explicités, au jury lors de la présentation des observations ou des résultats des expériences.

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 (il ne faut pas hésiter à légender, ou mettre en exergue certaines parties de documents, au service de la démarche démonstrative de l'exposé). 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 des dernières sessions.

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. Les deux entretiens permettent d'explorer les connaissances dans des domaines différents de celui de la leçon et 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 préparations 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 sensori-moteurs), la physiologie respiratoire et cardiovasculaire. L'écologie des populations ou des communautés, la biologie de la conservation, les comportements animaux et l'évolution des organismes semblent souvent négligées. Cette année encore, 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...). Le jury a aussi constaté que les mécanismes évolutifs ainsi que les méthodes de reconstruction phylogénétique sont mal maîtrisés par de nombreux candidats. Il est peu pertinent de 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, microbiologie, 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. 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 ou encore à traiter un point plus complexe, peu illustré dans la bibliographie disponible. Le jury attend une exploitation rigoureuse et approfondie des éléments du dossier et 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 que les documents sont conçus de manière bienveillante pour que les candidats puissent en extraire une information fondamentale pour traiter la leçon, en général une notion importante ; 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 est 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 (ou de prises de photos projetées) 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 ou objectif indiqué. Encore une fois, **tout objet ou échantillon doit être exploité en appui d'une notion ou d'un concept** ! Échantillons ou observations doivent être au service de la démonstration menée dans la leçon, et non une illustration évoquée. De même, il est indispensable dans une approche expérimentale d'inclure des montages qui servent de témoins et qui permettent de conclure (par exemple des colorations mettant en évidence des réserves...).

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...), la diversité des supports complémentaires (matériel frais, préparations histologiques, vidéos, bandes sonores, cartes...) 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. Le jury rappelle qu'une introduction réduite à une définition des termes et à l'annonce d'un plan ne répond pas aux attentes de l'épreuve : elle doit déboucher sur une question scientifique amenée avec une certaine cohérence dans les propos. La conclusion est aussi trop fréquemment un simple résumé des points développés sans réel retour sur la problématique posée en introduction. Le jury insiste sur le fait 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. 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. En revanche, des schémas explicatifs de notions extraites des documents, des bilans intermédiaires de parties peuvent se révéler très pertinents. 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, revenir sur des erreurs ou 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, spécimens empaillés, échantillon végétal...) ou un document (photographie d'une coupe histologique, graphe montrant les résultats d'une expérience, tableaux de données...). 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, de la Terre et de l'Univers, 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. 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 a relevé une méconnaissance quasi systématique des lois physico-chimiques permettant de raisonner et d'argumenter les concepts lors de l'échange. 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 gabbro 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 2022 :

Leçons d'option de secteur A :

La notion de spécificité dans la réponse immunitaire
Du blé au pain
Le diabète insipide
Centromères et télomères
La coopération cellulaire dans la réponse immunitaire
Microbiote et santé
Les vaisseaux et la circulation du milieu intérieur
Immunité et cancer
L'activité enzymatique et ses modulations
Les endothéliums
L'immunité innée
Phénomènes cellulaires et moléculaires de la fécondation
Virus et cancer
Réponses immunitaires et mécanismes de l'échappement
Les réplisomes
Migrations cellulaires durant le développement embryonnaire des Amphibiens
La grippe
Les cellules musculaires striées
Le rôle du néphron dans le contrôle de l'équilibre hydro-électrolytique
le système crispr/cas
ADN mitochondrial, ADN chloroplastique
Le vieillissement cellulaire
Les protéines de transport membranaire
L'auxine
Les mécanismes de la cancérogenèse
Les immunothérapies
la vaccination
La structure du génome eucaryote
Les interactions ADN-protéines

Le déterminisme floral
Le méristème apical caulinaire des Angiospermes
la myopathie de Duchenne, une maladie dégénérative
Les anticorps
Les coenzymes rédox
Paroi cellulaire et développement végétatif des Angiospermes
L'infection par le VIH
Différenciation du xylème
Les cellules méristématiques
Arabidopsis, un organisme modèle
Les modifications post-traductionnelles des protéines

Leçons d'option de secteur B :

L'espèce humaine face aux maladies infectieuses
La diversification des mammifères
Sang et pigments respiratoires
Les rythmes saisonniers
Flux de matière au sein de l'écosystème forestier
La nutrition azotée des angiospermes
Le plancton
L'adaptation dans le cadre de l'évolution
Les agrosystèmes
Biologie et écologie des êtres vivants des cours d'eau
La différenciation sexuelle chez les mammifères
Parasitisme et mutualisme
La sélection sexuelle
La fonction ovarienne chez les mammifères
Les fonctions hépatiques des mammifères
Les écosystèmes prairiaux
L'excrétion azotée et les milieux de vie des animaux
La vie en montagne
La coévolution
La domestication
La biologie des graines
Les conséquences génétiques de la reproduction
La dynamique des populations et ses modèles
Autofécondation et allofécondation
Le contrôle postural chez l'être humain
Gestation, parturition et allaitement
Interrelation cœur-vaisseaux
La fleur des Angiospermes
Les signaux sonores : chez les arthropodes
Les systèmes à contre-courant
L'autotrophie pour l'azote chez les angiospermes
Le comportement territorial
La gamétogenèse chez les mammifères
Biomes et aires biogéographiques
Le rein des mammifères
Les phylogénies, construction et utilisation
La circulation de l'eau dans la plante
Les interactions entre les champignons et les plantes
Les couleurs chez les animaux

- Les spores
- Biologie, écologie et évolution des Poacées
- Espèce et spéciation
- La fonction testiculaire
- Pollen et pollinisation
- Le parasitisme et ses conséquences dans les communautés écologiques
- Unité et diversité des arthropodes
- La dynamique des populations et ses modèles
- Structure et fonctions de la racine chez les Angiospermes
- Edification de l'appareil végétatif des Angiospermes
- Homologies et homoplasies
- Apprentissages : aspects comportementaux, neurobiologiques et évolutifs
- Le passage de la mauvaise saison chez les végétaux en milieux tempérés
- Mesurer la biodiversité
- Les endosymbioses
- Le microbiote animal dans la fonction de nutrition
- Les sèves et leur circulation
- Homéostasie et perturbations
- Les maladies neurodégénératives
- Les constructions animales
- La mise en place du comportement chez les animaux : aspects ontogénétiques et évolutifs
- Biologie et dynamique des populations au service de la conservation
- La feuille des Angiospermes et la fonction de nutrition
- Les bourgeons chez les Angiospermes
- La diversité des champignons
- Les poumons des vertébrés

Leçons d'option de secteur C :

- Les microfossiles : outils pour le géologue
- Du rift continental à la dorsale
- Analyse des marqueurs métamorphiques en France : du minéral aux contextes géodynamiques
- Les déplacements de et dans la lithosphère : trajectoires et vitesses
- Volcanisme et risques associés
- Les Alpes, une chaîne de collision
- Les grandes lignes de la géologie de l'Europe
- Le magmatisme du Massif Central
- L'océan (contenu et contenant) et ses interactions avec les autres enveloppes terrestres
- Le contrôle astronomique des climats durant le Quaternaire
- La chaîne varisque en France
- Le temps en géologie : apport des fossiles
- La Terre au Précambrien
- Les changements climatiques majeurs du Phanérozoïque
- Bioconstructions et plateformes carbonatées
- Les phyllosilicates
- Le volcanisme dans le système solaire
- Le cycle externe de l'eau
- L'habitabilité dans le système solaire.
- Enregistrement sédimentaire et cycle de Wilson
- L'importance de la géodynamique interne dans la genèse des ressources minières.
- Les ressources minérales et leurs processus de concentration
- La lithosphère océanique

- Les séries magmatiques
- Les systèmes réservoirs pétroliers et aquifères
- Les périodes glaciaires dans l'histoire de la Terre
- Les traceurs géochimiques des processus internes
- Géomorphologie continentale et océanique
- L'importance de la géodynamique externe dans la genèse des ressources minières.
- Le modèle PREM
- Genèse et évolution des bassins sédimentaires
- L'univers et les grandes étapes de la formation du système solaire
- Altération et érosion des continents
- Forces de volume, forces aux limites et dynamique des plaques.
- Les facteurs de contrôle de la sédimentation
- L'analyse tectonique à l'échelle des échantillons rocheux : de la structure aux déformations, des déformations aux contraintes.
- Tectonique active et cycle sismique
- Le noyau terrestre
- L'enregistrement sédimentaire des variations du niveau marin
- Évolution du relief des chaînes de montagne
- Géochronologie et vitesse des processus géologiques
- La subduction
- Origine et évolution de la lignée humaine
- Les variations de la biodiversité au Phanérozoïque
- Satellites et observation de la Terre

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, le candidat doit construire sa leçon, réaliser le diaporama nécessaire à son exposé et, si possible un ou plusieurs montages expérimentaux.

Tous les documents et matériels demandés à l'équipe technique doivent être intégrés à l'exposé : le jury vérifie l'adéquation entre la fiche des demandes et le contenu de la leçon.

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 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 la 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 se remobiliser avant de démarrer l'entretien.

Les leçons de contre-option ont été évaluées selon les mêmes principes que les leçons d'option.

6.2.3 Quelques particularités propres à chaque secteur

Secteur A

Le titre des leçons proposées recouvre généralement une ou plusieurs problématiques que le candidat doit énoncer de façon claire. Il s'agit d'une étape importante et difficile car elle requiert, de la part du candidat, un minimum de connaissances sur le sujet proposé et le recul nécessaire pour les mettre en perspective. Cette problématisation va souvent de pair avec une bonne maîtrise, par le candidat, du sens biologique des phénomènes concernés. Par exemple, une leçon sur la différenciation cellulaire nécessitera une mise en perspective de ce phénomène dans le cadre des processus de développement et de régénération tissulaire. C'est aussi sur la base de cette problématique claire que le candidat pourra bâtir la progression de sa leçon. Il est donc indispensable de mettre en avant les idées essentielles à traiter dans la leçon et cela permettra au candidat, lorsque c'est pertinent, d'élaborer un schéma bilan au tableau. 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, ce défaut de connaissance est particulièrement frappant dans le secteur de la biologie cellulaire végétale. De nombreux candidats ne maîtrisaient pas la structure de base de la cellule et son fonctionnement ainsi que la structure des macromolécules biologiques. On regrette également que les questions portant sur la vaccination ou les épidémies contemporaines apportent des réponses trop souvent décevantes, voire dénotent des *a priori* ou des conceptions très erronées : un enseignant ne peut pas dire que le virus SARS-CoV-2 est « un recombinant du VIH », ou que le SIDA se transmet par les moustiques, ou encore exprime des doutes non justifiés scientifiquement sur tel ou tel vaccin ou adjuvant. Le minimum attendu d'un enseignant de SVTU est d'identifier les fausses informations en circulation, de faire l'effort de les corriger, et de faire la différence entre science et opinion.

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

Si certains candidats arrivent à témoigner de réelles capacités synthétiques, pédagogiques, et démonstratives sur les sujets de biologie du secteur B, la très grande majorité des candidats propose

des réponses très partielles, trop peu didactiques et qui s'apparente à une juxtaposition de concepts plutôt qu'à une leçon construite à partir d'une démarche scientifique.

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 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 certains paramètres. 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 des candidats ayant choisi le secteur A ou B :

- Le noyau terrestre
- Reconstitution d'un cycle orogénique en France au choix du candidat à partir des marqueurs métamorphiques
- Les marqueurs de la collision continentale
- Sources et transferts de chaleur dans le système Terre
- Fossiles et paléoenvironnements
- La mesure du temps en géologie
- Risques et aléas sismique
- Genèse et évolution de la lithosphère océanique
- Les séries magmatiques
- Les grands ensembles géologiques de France à partir de la carte au millionième
- La conquête du milieu terrestre par la lignée verte
- Expérimentation et modélisation en géologie
- Géologie et reconstitution de contextes géodynamiques : le cas des îles des Antilles françaises
- La crise Crétacé-Paléocène
- Risques sismiques et aléas volcaniques
- La structure et la dynamique interne des planètes telluriques
- Les évaporites
- Les magmas dans leur contexte géodynamique
- Les géomatériaux
- La reconstitution des chemins Pression - Température des roches métamorphiques
- Les bassins houillers
- Les ressources énergétiques fossiles
- Les grands cycles orogéniques à partir de la carte géologique de France au millionième

Paléogéographie et glaciations paléozoïques
 Données géologiques, chimiques et biologiques sur les origines de la Vie
 L'orogénèse hercynienne à partir de la carte géologique de la France au millionième
 Les roches métamorphiques : archives géologiques
 Les grandes lignes de l'histoire géologique des Alpes
 La sédimentation détritique
 Le cycle du carbone et ses variations au cours des temps géologiques
 Le fossé rhénan
 La lithosphère océanique
 Une méthode géophysique au choix du candidat
 Les métamorphismes liés au cycle alpin en France
 Le cycle externe de l'eau
 Les environnements récifaux actuels et fossiles
 Énergie solaire et bilan énergétique de la Terre
 La sédimentation en domaine océanique
 La biostratigraphie
 Origine et évolution de la lignée humaine
 La connaissance de l'intérieur de la Terre
 Les mouvements verticaux de la lithosphère
 La diagenèse
 Les enveloppes internes de la Terre
 Les couplages atmosphère/hydrosphère/cryosphère
 Etude de processus (au moins deux) géologiques au choix du candidat à partir d'échantillons
 Les marqueurs de la collision continentale
 La différenciation des enveloppes de la Terre
 Les éruptions volcaniques
 La modélisation analogique en sciences de la Terre
 Influence de la lithologie et du climat sur le modelé des paysages
 L'apport des données satellitaires
 La propagation des ondes sismiques
 L'apport des données satellitaires à l'étude de la Terre
 L'oxygénation des enveloppes fluides terrestres
 Altération chimique et mécanique dans les processus de surface
 Croûte océanique et croûte continentale
 Les grandes lignes de la géologie de la Provence
 La chronologie relative à partir de cartes et d'échantillons
 Les magmas
 Le contrôle astronomique des climats
 Les déformations actives
 Les dorsales océaniques
 L'échelle des temps géologiques
 Les grands ensembles géologiques à la surface de la Terre à partir de la carte géologique mondiale
 Érosion et altération des continents
 La subduction océanique
 La formation des roches par les organismes vivants
 Énergie solaire et bilan énergétique de la Terre
 Les métamorphismes liés au cycle alpin en France
 La sédimentation continentale
 Transferts de matières du continent à l'océan
 Qu'est ce qui fait bouger les plaques ?
 Le champ magnétique terrestre
 Le couplage océan-atmosphère

L'édification d'une île océanique : le cas de la Réunion
 Géologie de l'Océan Atlantique
 Les grands cycles orogéniques à partir de la CGF
 Comment délimiter les plaques ?
 La bassin de Paris à partir de la carte géologique au millionième
 Le découpage du temps géologique
 Les gisements métallifères dans leur contexte géodynamique
 L'extension
 Les bassins sédimentaires observés sur la carte géologique de France au millionième dans leur cadre géodynamique
 Les fossiles : apport en phylogénie
 Dater les roches : comment ? pourquoi?
 Les structures décrochantes à différentes échelles
 Les enregistrements des paléoclimats
 Les grandes lignes de l'histoire géologique des Alpes à partir de cartes géologiques au choix du candidat
 Dynamismes éruptifs et risques associés
 Le manteau terrestre
 Le bilan radiatif terrestre
 Les grandes lignes de l'histoire géologique du Jura à partir de cartes géologiques au choix du candidat
 Radiochronologie : principes et application
 Le paléomagnétisme : outil de la géodynamique
 Le champ magnétique terrestre
 Relief et géodynamique externe
 Les bassins sédimentaires observés sur la carte géologique de France au millionième dans leur cadre géodynamique
 Les transferts de chaleur à l'intérieur de la Terre
 Les grands ensembles géologiques de l'Europe
 Géochronologie du quaternaire : enjeux, méthodes, limites
 Le magmatisme tertiaire et quaternaire du Massif Central
 La Terre dans le système solaire
 Géologie de l'Océan Indien
 Les grands ensembles géologiques de France à partir de la carte au millionième

Leçons de contre option des candidats ayant choisi le secteur C :

La production de protéines recombinantes
 La ventilation chez les vertébrés
 Epidémies et pandémies virales
 Les relations interspécifiques
 Les caractéristiques spatiales, génétiques et démographiques des populations
 L'auxine
 Un écosystème au choix du candidat
 La biologie de l'abeille
 La vie en montagne
 Les lymphocytes
 Les ARNs des eucaryotes
 Les inductions embryonnaires
 Les conséquences génétiques de la reproduction
 Oviparité et viviparité chez les vertébrés
 Une pathologie dégénérative au choix du candidat

Les gamètes des mammifères, des cellules complémentaires
La reconstruction phylogénétique
Les hormones stéroïdes et leurs modalités d'action
Le polymorphisme
Les agrosystèmes
la cellule du xylème, une cellule différenciée
La vie végétale en milieux secs
Les oxydoréductions cellulaires
La prédation
Respirer dans l'eau
Les forces évolutives
Les tissus adipeux
Les êtres vivants et le cycle biogéochimique de l'azote
La croissance des Angiospermes
Les relations intraspécifiques
L'ATP, un intermédiaire énergétique
les micro-organismes dans l'alimentation
Communication hormonale et nerveuse dans l'espèce humaine
Homologie et liens de parenté
Les ATPases
Le cytosquelette
La vie dans la zone intertidale
Respiration et milieux de vie
Le chromosome eucaryote
L'homéostasie glucidique
La transduction des messagers dans la communication intercellulaire