Secrétariat Général

Direction générale des ressources humaines

Sous-direction du recrutement

MINISTÈRE
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE

Concours du second degré – Rapport de jury

Session 2012

AGREGATION

EXTERNE

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

Rapport de jury présenté par DOMINIQUE ROJAT
Président de jury

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

1.PRÉSENTATION DU CONCOURS

1.1 LE JURY

M. Dominique ROJAT	Inspecteur général de l'Éducation nationale / Président
M. François GAUER	Professeur des universités 1ère classe / Académie de Strasbourg / Vice-président
M. Karim BENZERARA	Chargé de recherche au CNRS / Académie de Paris Vice-président
M. Jean-Marc DEMONT	Professeur de chaire supérieure / Académie de Paris Secrétaire général
M. Jacky DE MONTIGNY	Professeur des universités 1ère classe / Académie de Strasbourg
M. Patrick DUTRUGE	Professeur agrégé / Académie de Lyon
Mme Corinne Fortin	Professeure - Chargée de recherche / Académie de Versailles
Mme Sylvie FOURNEL	Professeure des universités / Académie de Strasbourg
Mme. Magali GALLEZOT	Maître de conférence / Académie de Versailles
M. Pierre-Jean GODARD	Professeur agrégé / Académie d'Aix-Marseille
M. Laurent JOLIVET	Professeur des universités de classe exceptionnelle / Académie d'Orléans-Tours
M Marc JUBAULT-BREGLER	Professeur agrégé / Académie de Bordeaux
M. Yvan KRAEPIEL	Maître de conférence / Académie de Paris
Mme Morgane LE BON - JEGO	Maître de conférence / Académie de Bordeaux
M. Gweltaz MAHEO	Maître de conférence / Académie de Lyon
M. Jean-François MAUFFREY	Maître de conférences / Académie d'Aix – Marseille
Mme Cécile MEUNIER	Professeure agrégée / Université de Montpellier / Académie de Montpellier
M Guy MONNIAUX	Professeur de chaire supérieure / Académie d'Orléans-Tours

Mme Audrey NIBOYET	Maître de conférences / Académie de Paris
Mme Cécile NOIRET	Professeure agrégée / Académie de Reims
M Laurent NUSSAUME	Directeur de recherche / CEA
M Hugues OUDART	Maître de conférence / Université de Strasbourg
Mme Gaëlle PROUTEAU	Maître de conférence / Académie d'Orléans
Mme Annie RAY	Maître de conférences / Académie de Grenoble
Mme Isabelle ROUGET	Maître de conférence / Académie de Paris
Mme Fanny RYBAK	Maître de conférence / Académie de Paris
M Jean-Luc SCNHEIDER	Professeur des universités / Académie de Bordeaux
M. Hervé TOSTIVINT	Maître de conférences / Académie de Paris
Mme Nathalie TOURON	Professeur de chaire supérieure / Académie de Rennes
M Benoît URGELLI	Maître de conférence / Académie de Dijon
Mme Emmanuelle VENNIN	Professeure des universités / Académie de Dijon

1.2 ORGANISATION ET MODALITÉS DU CONCOURS

Le concours comporte des épreuves écrites d'admissibilité constituées de trois compositions et des épreuves d'admission constituées de deux épreuves de travaux pratiques et de deux épreuves orales.

Lors de l'inscription, le candidat formule un choix irréversible se rapportant au champ disciplinaire principal sur lequel porteront les épreuves. Trois secteurs (A, B ou C) sont ouverts au choix des candidats (voir le détail des programmes en 3-1, 3-2 et 3-3).

Les modalités d'organisation du concours découlent de l'**arrêté du 15 juillet 1999 modifiant l'arrêté du 12 septembre 1988 modifié fixant les modalités des concours de l'agrégation NOR : MENP9901240A,** publié au J.O. N° 175 du 31 juillet 1999 page 11467.

Le champ disciplinaire de l'agrégation externe de Sciences de la Vie - Sciences de la Terre et de l'univers couvre trois secteurs :

- secteur A : biologie et physiologie cellulaires, biologie moléculaire ; leur intégration au niveau des organismes ;

- secteur B : biologie et physiologie des organismes et biologie des populations, en rapport avec le milieu de vie ;

- secteur C : sciences de la Terre et de l'univers, interactions entre la biosphère et la planète Terre.

À chaque secteur A, B ou C correspond un programme de connaissances générales portant sur des connaissances d'un niveau allant jusqu'à la licence universitaire et un programme de spécialité portant sur des connaissances du niveau de la maîtrise universitaire.

Un programme annexe aux programmes de connaissances générales porte sur des questions scientifiques d'actualité sur lesquelles peuvent être interrogés les candidats lors de la quatrième épreuve d'admission.

1.2.1 Épreuves écrites d'admissibilité.

Les trois épreuves écrites d'admissibilité portent chacune sur un secteur différent.

Elles peuvent comporter ou non une analyse de documents :

1° Épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur A (durée : cinq heures ; coefficient 2).

2° Épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur B (durée : cinq heures ; coefficient 2).

3° Épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur C (durée : cinq heures ; coefficient 2).

1.2.2 Épreuves d'admission.

1° Épreuve de travaux pratiques portant, au choix du candidat lors de l'inscription, sur le programme de l'un des secteurs A, B ou C (durée : six heures maximum ; coefficient 3).

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

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

Le sujet est tiré au sort par le candidat (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 ou sur le programme annexe de questions scientifiques d'actualité.

Le sujet est tiré au sort par le candidat. Il porte :

- sur le programme des connaissances générales et sur le programme annexe de questions scientifiques d'actualité se rapportant au secteur C pour les candidats ayant choisi, lors de l'inscription, le secteur A ou le secteur B pour la première épreuve d'admission ;
- sur les programmes des connaissances générales et sur le programme annexe de questions scientifiques d'actualité se rapportant aux secteurs A et B pour les candidats ayant choisi, lors de l'inscription, le secteur C pour la première épreuve d'admission.

La présentation orale et pratique est suivie d'un entretien avec le jury ; l'entretien peut comporter des questions portant sur les connaissances générales et les questions scientifiques d'actualité de l'ensemble des secteurs (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 ; noté sur 15 points).

En même temps que son sujet, le candidat reçoit une question complémentaire accompagnée d'un document. Cet ensemble sert de support à l'interrogation sur la compétence « Agir en fonctionnaire de l'état et de façon éthique et responsable ». Cette partie de l'épreuve dure 20 minutes et est notée sur 5 points.

L'ensemble de l'épreuve orale portant sur les connaissances générales et sur le programme annexe de questions scientifiques d'actualité est affecté d'un 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) et/ou sur le programme annexe de questions scientifiques d'actualité	4h + 40 min.+ 30 min	4	60
	+ 10mn + 10mn		20
Total des épreuves orales			**180**
Total général		**20**	**400**

Tableau 1. Les modalités du concours

1.3 LE DÉROULEMENT DU CONCOURS 2012

1.3.1 Le calendrier.

Admissibilité : épreuves écrites

- mardi 20 mars 2012 : épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur A
- mercredi 21 mars 2012 : épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur B
- jeudi 22 mars 2012 : épreuve portant sur le programme de connaissances générales du secteur C

Les résultats de l'admissibilité ont été publiés le jeudi 31 mai 2012.

Admission : épreuves pratiques

- Vendredi 15 juin 2012 : réception des candidats et tirage au sort des sujets d'oral.

- samedi 16 juin 2012: travaux pratiques portant sur le programme de spécialité (secteur A, ou B, ou C)

- dimanche 17 juin 2012: travaux pratiques portant sur le programme général des deux autres secteurs.

Admission : épreuves orales

- du jeudi 21 juin 2012 au vendredi 6 juillet 2012.

Les résultats de l'admission ont été publiés le vendredi 6 juillet au soir.

1.3.2 Le déroulement pratique des épreuves d'admission du concours

Les questions administratives à toutes les étapes du concours ont été réglées avec l'aide très efficace des personnes des services de la DPE (Mr Philippe Santana, Mme Virginie Trois Poux et Mme Claudine Raquin). Les problèmes financiers et matériels du concours ont été résolus grâce au soutien du Service Inter-Académique des Examens et Concours (Mme Engelbrecht, Mr Moreau, Mme Sicart).

Les épreuves pratiques se sont déroulées au Département de Biologie de l'Université Pierre et Marie Curie (UPMC, bâtiment Atrium, 4 place Jussieu 75005 Paris) pour les candidats des secteurs A et B, et au laboratoire de SVT du Lycée Saint-Louis (44 boulevard Saint-Michel, 75006 Paris) pour ceux du secteur C. D'excellentes conditions matérielles ont été offertes dans les locaux du bâtiment Atrium grâce à l'obligeance de Monsieur Porcheron (directeur de la formation), de Monsieur Grard (Intendant), de Monsieur Six et Madame Gazeau (maîtres de conférences en biologie), de Monsieur Rulle, et de Madame Derache (sécurité/accès), de Monsieur Bonhoure (réservation des salles). Il en fut de même au lycée Saint-Louis grâce au soutien de Madame Cahn-Rabaté (proviseure de l'établissement), de Monsieur Reynaud (CASU), de Madame Peyroche (adjoint d'intendance) et de Madame Mascetti-Daran (attachée 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 grâce à l'obligeance de Monsieur El-Gersifi (responsable du service Grand-Est). Les microscopes polarisants ont été aimablement prêtés par le lycée Newton de Clichy (proviseur : Monsieur Durand, responsable de laboratoire : Mme Metteil).

Les épreuves orales se sont déroulées au Lycée Saint Louis (44 boulevard Saint Michel, 75006 Paris) grâce à l'accueil de Madame Cahn-Rabaté, proviseure de l'établissement et au précieux concours de Monsieur Garel, proviseur adjoint, de Monsieur Reynaud, CASU, de Madame Peyroche (adjoint d'Intendance) de Madame Mascetti-Daran (attachée d'administration) et de Monsieur Bénard, agent chef. Le bon fonctionnement des épreuves orales a été permis grâce à l'aide de personnels

techniques de loge et d'entretien : Mme Liotti Lucienne, M. Lefebre André, M. Bénard. Par ailleurs, un nombre très important d'ouvrages a été généreusement offert par quelques maisons d'édition et sociétés : les éditions Dunod (M Gouraud). Le lycée Louis Le Grand (responsable de laboratoire : Mme Claire Petot), et le lycée Arago (proviseur : Mme Ruben) ont prêté une partie du matériel audiovisuel pour l'équipement des salles utilisées par les candidats pendant leurs épreuves orales. Les équipements EXAO ont été fournis par les établissements Jeulin (M. Kheloui)et Sordalab (M Maurel).

Pour le bon fonctionnement des épreuves d'admission, le bureau du concours a pu s'appuyer sur une équipe technique de grande qualité, qui comportait :

- pour les travaux pratiques, quatre personnels du Département d'enseignement de Biologie de l'Université Pierre et Marie Curie (75005 Paris) :

  BATARD Séverine : responsable de l'atelier de biotechnologie

  BROT Loïc : technicien de laboratoire

  CAUSSIN Yvan : technicien de laboratoire

  HORTAULT Gil **:** Adjoint Technique de Laboratoire (ADJT)

- pour les travaux pratiques et les épreuves orales, 15 personnels de laboratoires travaillant dans le secteur des Sciences de la vie et de la Terre de différents lycées, placés sous la responsabilité de Mesdames VERNAY Nicole et DAHMANE Djamila :

  ADDOUCHE Karima : adjoint technique de laboratoire, lycée Saint Louis, Paris

  BEAUDOUIN Nadège : aide technique de laboratoire (lycée Jean-Paul Vernant - Sèvres)

  BOYER Rémy : assistant ingénieur (université Paris 8 - Saint Denis)

  CADOS Chantal : aide technique de laboratoire (lycée Janson de Sailly - Paris)

  CAREL Monique : technicienne de laboratoire (lycée Louis le Grand - Paris)

  CHAREYRE Sophie : technicienne de laboratoire (ENCPB - Paris)

  DAVION Jérôme : technicien de laboratoire (lycée Janson de Sailly - Paris)

  DHAMANE Djamila, technicienne de laboratoire (Lycée Saint Louis)

  DUFOUR Marie-Odile : technicienne de laboratoire de classe supérieure (lycée Hoche - Versailles)

  JOVIC Margarita : aide technique principal de laboratoire (lycée d'Arsonval - Saint Maur des Fossés)

  MERCIER Richard, technicien de laboratoire, Lycée de Vincennes

  MORIM Isabel : adjoint technique de laboratoire, lycée Montesquieu, Herblay

  PALEZIS Corine : aide technique de laboratoire (lycée Lamartine - Paris)

  TREBEAU Armande : aide technique de laboratoire (lycée Saint Louis - Paris)

  VERNAY Nicole : Technicienne de Laboratoire de classe exceptionnelle (lycée Chaptal - Paris)

Pour cette session 2011, deux agrégés préparateurs ont apporté leur concours :

BOSIO Mélinée, professeure agrégée (lycée Pierre Giles de Gennes, Paris)

MEMETEAU Céline, professeure agrégée (lycée Georges Clémenceau – Villemomble)

Ce groupe a fait preuve de compétence, d'efficacité, d'une grande conscience professionnelle et d'un dynamisme de tous les instants, permettant ainsi un déroulement des épreuves des travaux pratiques du concours dans des conditions optimales malgré des contraintes matérielles qui imposaient un travail sur deux sites (lycée Saint-Louis, UPMC Atrium), en particulier le samedi 11 juin 2011 pour deux séances d'épreuves pratiques consécutives, d'une durée de six heures chacune. De plus, la même équipe a assuré dans un délai court la préparation des salles, des collections, de la bibliothèque et du matériel informatique nécessaires à l'oral sur le site du Lycée Saint-Louis.

Les épreuves pratiques et orales du concours ont été approvisionnées en matériel végétal grâce au service des cultures du Muséum National d'Histoire Naturelle (Madame BERAUD, directrice du département et Monsieur JOLY) et à la participation active de :

BALLOT Laurent : technicien jardinier (Muséum National d'Histoire Naturelle - Paris)

Le secrétariat du concours a été assuré par Mademoiselle Hanifa BOUZIRI (étudiante).

L'investissement personnel et le dévouement de l'ensemble de cette équipe se sont particulièrement manifestés vis à vis des candidats par un accueil et un suivi chaleureux et bienveillants pendant la préparation des leçons tout en gardant la réserve indispensable à l'équité du concours. Cette approche, associée à une coopération permanente avec les membres du jury des différentes commissions, a permis le bon déroulement de la session dans un esprit permettant aux candidats de faire valoir leurs qualités dans les meilleures conditions.

2-QUELQUES ÉLÉMENTS DE STATISTIQUES

2.1 DE LA CANDIDATURE À L'ADMISSION

	secteur A		secteur B		secteur C		TOTAL
	nombre	*%*	*nombre*	*%*	*nombre*	*%*	*nombre*
candidats inscrits	530	34,53%	635	41.37%	370	24.1%	1535
candidats présents	194	30.46%	283	44.42%	162	25.43%	637
candidats admissibles	55	35.5%	71	45.8%	29	18.7%	155
candidats admis	**28**	**40%**	**28**	**40%**	**14**	**20%**	**70**

Les candidats par secteurs

La totalité des postes mis au concours (70) a été pourvue.

On note une chute des candidats inscrits en C et une augmentation en A. Parmi les admissibles, quelques modifications de proportions sont visibles.

Tout au long du concours l'égalité de traitement des candidats selon les secteurs a été assurée par des harmonisations adaptées aux différentes épreuves, reposant sur la qualité des prestations et non pas sur la recherche d'une répartition proportionnelle au nombre de candidats en lice. Les modalités d'harmonisation influencent naturellement la répartition des notes finales. Le jury a fait cette année le choix d'une harmonisation conduisant à étaler les notes sur toute la gamme possible pour les écrits. Cela se traduit par des notes élevées pour les meilleurs candidats ainsi que par des moyennes et barres augmentées, sans qu'il soit possible d'en tirer des informations comparant le niveau des candidats qui demeure globalement inchangé. En revanche, l'étalement des notes de TP et de l'oral résulte de l'utilisation naturelle du barème.

C'est ainsi que cette année, la barre d'admissibilité est de 50.02/120 (soit 8.34 sur 20). La moyenne des candidats se situe à 6.16/20 et celle des admissibles à 11.28. Les meilleurs candidats obtiennent comme à l'habitude des résultats spectaculaires!

Après les épreuves pratiques et orales, auxquelles se présentent des candidats déjà sélectionnés, les résultats peuvent être résumés en quelques chiffres : barre d'admission 193.88/400 (soit 9.22/20) ; total du premier reçu : 329.98/400 soit tout de même la moyenne assez honorable de 16.5/20 prouvant là encore une remarquable régularité, depuis les écrits jusqu'aux oraux.

Notons que, comme chaque année, l'effet reclassant des épreuves pratiques orales est essentiel. Cela s'explique par le jeu des coefficients et se justifie par la fonction relative des deux phases du concours : l'écrit élimine essentiellement les candidats dont les connaissances sont jugées insuffisantes alors que l'oral choisit ceux qui manifestent à l'oral de la façon la plus évidente des qualités de futur professeur.

La répartition des sexes parmi les candidats est nettement en faveur des femmes. Le déséquilibre persiste le long du concours :

Sexe	Inscrits	Présents à l'écrit	Admissibles	Admis
Femmes	931	417	107	48
hommes	423	193	38	18

Les candidats par sexe

Bien que les inscrits, et même les candidats se répartissent sur une large gamme d'âge, force est de constater que l'agrégation externe reste un concours réussi par les étudiants assez jeunes comme le montre le tableau ci-dessous.

année	inscrits	présents	admissibles	admis
1948	2	0	0	0
1952	1	1	0	0
1954	1	0	0	0
1955	1	1	0	0
1956	1	0	0	0
1957	4	2	0	0
1958	4	2	0	0
1959	2	0	0	0
1960	5	3	0	0
1961	2	1	0	0
1962	4	2	0	0
1963	4	1	0	0
1964	8	2	1	0
1965	4	0	0	0
1966	9	0	0	0
1967	6	1	0	0
1968	8	2	0	0
1969	9	1	1	0
1970	10	2	0	0
1971	13	4	0	0
1972	17	2	0	0
1973	23	10	1	1
1974	13	3	0	0
1975	27	11	1	0
1976	25	9	1	1
1977	32	6	0	0
1978	42	11	2	1
1979	44	10	0	0
1980	49	13	3	1
1981	50	15	1	0
1982	71	22	2	2
1983	102	35	9	2
1984	95	42	8	2
1985	136	58	14	5
1986	197	97	16	5
1987	219	112	28	11
1988	196	124	42	22
1989	93	61	24	16
1990	5	4	1	1

Les candidats en fonction de l'année de naissance

Profession	Nb. inscrits	Nb. présents	Nb. admissibles	Nb admis
Doctorat	127	24	4	2
Dipl post secondaire 5 ans ou plus	49	24	2	1
Master	974	492	120	56
Grade master	40	13	1	0
Diplôme classe niveau 1	4	1	0	0
Enseignant titu ou ancien titu cat A	266	93	24	11
Echelle de rémunération certif plp pepes	13	4	1	0
ingénieur	37	10	2	0
Diplôme grande école	10	4	1	0
Dispense titre mère 3 enfants	10	3	0	0
Dispense titre père 3 enfants	4	1	0	0
Dispense titre sportif haut niveau	1	1	1	0

Répartition des candidats par titres (inscrits, présents à l'écrit, admissibles, admis)

Les candidats les plus nombreux sont les titulaires d'un master, suivis des enseignants titulaires puis des docteurs. Ils sont le plus souvent étudiants (687 inscrits) ou professeurs en exercice (419 certifiés inscrits). 28 élèves d'ENS se sont présentés, 27 ont été admissibles et 26 admis.

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, seules 13 ont des admis. Et encore, le nombre des admis est le plus souvent très faible. Lyon et PCV, avec 11 et 20 admis, sont en tête. La chute du nombre de normaliens candidats explique la baisse des résultats de Lyon.

À y regarder de près, on remarque que les différences académiques sont marquées dès l'admissibilité. Le mouvement de concentration des centres de préparation à l'agrégation de SV-STU, amorcé depuis plusieurs années, se poursuit. La haute technicité du concours, et notamment la lourdeur de la préparation des TP explique sans doute ce phénomène.

Académie	Inscrits	Présents	Admissibles	Admis
D' AIX-MARSEILLE	68	33	7	1
DE BESANCON	14	7	0	0
DE BORDEAUX	71	26	5	3
DE CAEN	36	21	1	1
DE CLERMONT-FERRAND	29	10	3	2
DE DIJON	42	13	2	1
DE GRENOBLE	52	24	5	3
DE LILLE	91	35	2	1
DE LYON	110	53	29	23
DE MONTPELLIER	59	25	2	0
DE NANCY-METZ	62	25	4	0
DE POITIERS	29	15	2	1
DE RENNES	71	37	5	2
DE STRASBOURG	76	43	9	2
DE TOULOUSE	64	18	1	0
DE NANTES	49	18	2	0
D' ORLEANS-TOURS	47	7	1	0
DE REIMS	19	7	4	1
D' AMIENS	42	22	2	0
DE ROUEN	28	10	4	2
DE LIMOGES	12	4	1	0
DE NICE	44	18	5	2
DE CORSE	5	1	1	0
DE LA REUNION	18	7	0	0
DE LA MARTINIQUE	12	4	0	0
DE LA GUADELOUPE	22	9	3	1
DE LA GUYANE	6	0	0	0
DE LA NOUVELLE CALEDONIE	5	1	0	0
DE LA POLYNESIE FRANCAISE	4	2	0	0
Mayotte	2	0	0	0
PARIS - VERSAILLES - CRETEIL	346	175	55	24

Répartition des candidats – inscrits, présents, admissibles et admis – par académie

2.2 L'ÉVOLUTION DU CONCOURS SUR LE LONG TERME

année	nombre de postes mis au concours	nombre d'inscrits	nombre de présents	nombre d'admissibles	nombre d'admis	liste complémentaire
1993	154	1439	819	233	148	
1994	154	1581	950	241	154	
1995	154	1770	1034	242	142	
1996	154	2041	1252	245	154	
1997	130	2273	1473	245	130	
1998	150	2416	1413	240	150	
1999	155	2477	1491	257	155	
2000	160	2678	1749	278	160	
2001	165	2924	1828	276	165	
2002	177	2521	1537	346	177	6
2003	198	2440	1553	378	198	
2004	160	2793	1733	334	160	
2005	160	2921	1827	334	160	
2006	105	3075	1707	257	105	
2007	105	2704	1489	259	105	
2008	87	2300	1420	217	87	
2009	87	1858	1056	196	87	
2010	80	1766	928	180	80	
2011	65	1354	592	145	65 (+1)	
2012	70	1535	636	155	70	

Évolution des chiffres clés du concours depuis 1993

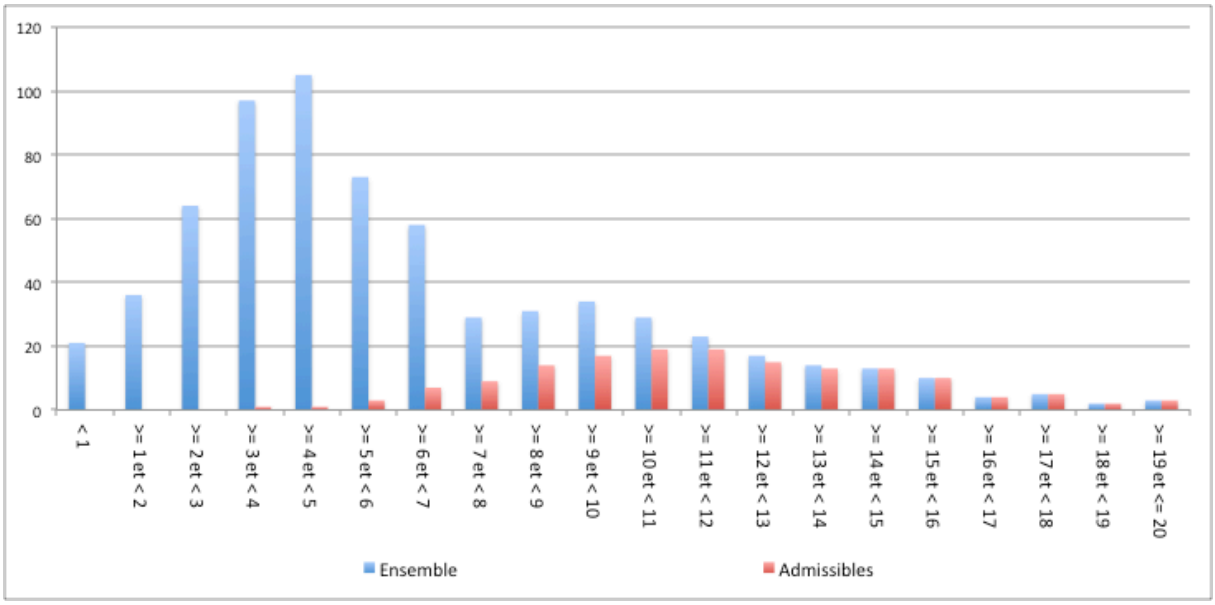
Le concours de cette session est marqué par une remontée des inscrits. De plus le pourcentage des inscrits qui se présentent aux trois épreuves écrites, qui était en 2010 de 52,55% et de 43,72% en 2011 tombe encore cette année (41.43%). Malgré l'augmentation des inscrits, la situation du recrutement est loin d'être restaurée. Il est clair que, même si la situation n'est pas comparable à celle d'autres concours de recrutement sinistrés, l'évolution est bien sensible.

2.3 QUELQUES DONNÉES STATISTIQUES CONCERNANT L'ÉCRIT

2.3.1 Épreuve écrite de secteur A

Moyenne des présents	Moyenne des admissibles	Écart type des présents	Écart type des admissibles
6.23	11.51	3.9	3,27

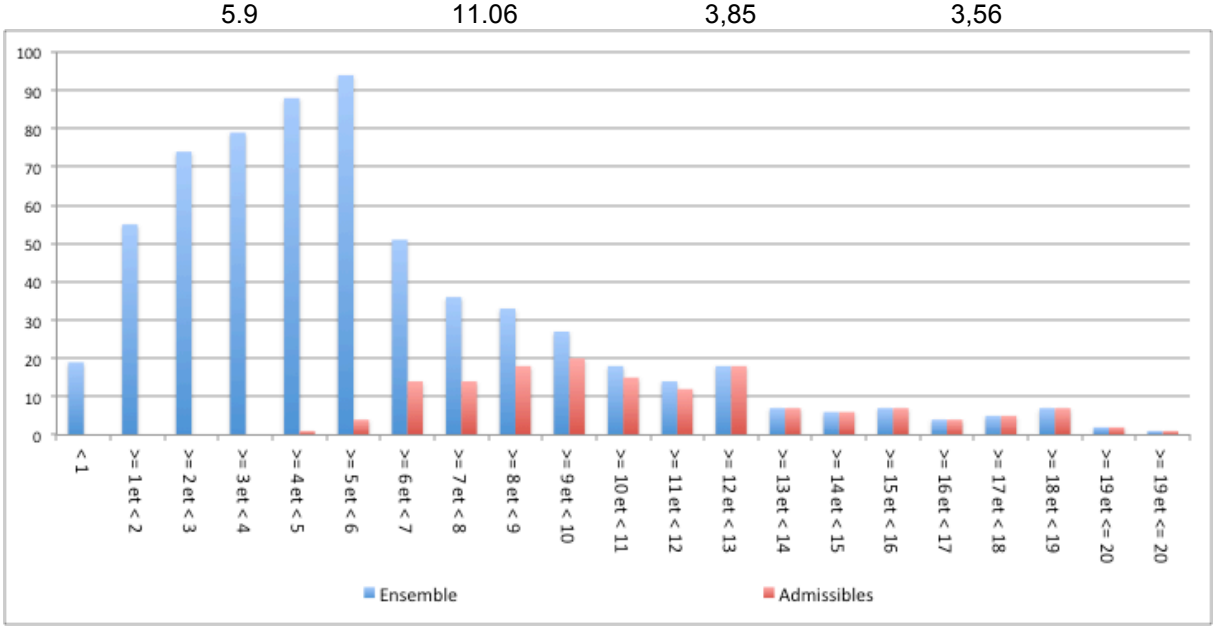
Il va de soi que ces valeurs décrivent plus les modalités adoptées pour l'harmonisation (calage des médianes et des écarts types tout en exploitant toute la gamme des notes disponibles) qu'un résultat à commenter.



Histogramme des notes de l'épreuve écrite de secteur A

2.3.2 Épreuve écrite de secteur B

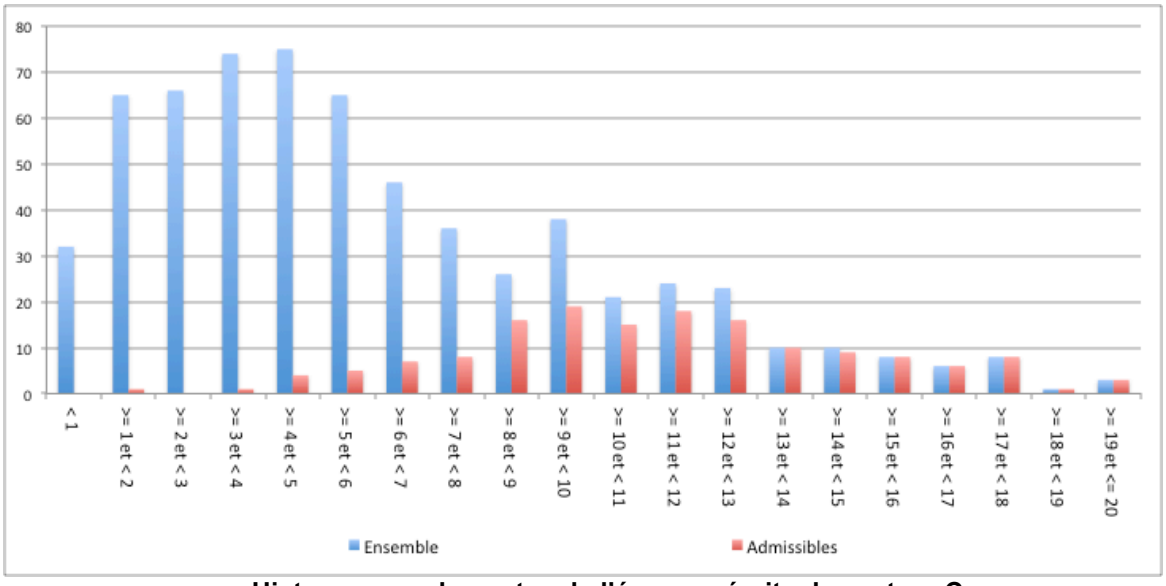
Moyenne des présents	Moyenne des admissibles	Écart type des présents	Écart type des admissibles
5.9	11.06	3,85	3,56



Histogramme des notes de l'épreuve écrite de secteur B

2.3.3 Épreuve écrite de secteur C

Moyenne des présents	Moyenne des admissibles	Écart type des présents	Écart type des admissibles
6.09	11.27	4,16	3,59

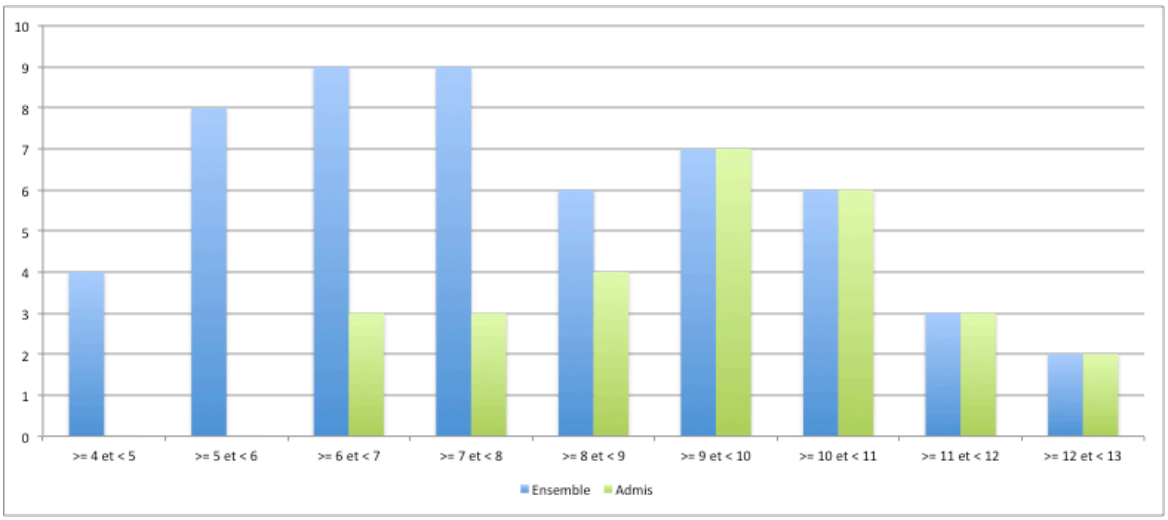


Histogramme des notes de l'épreuve écrite de secteur C

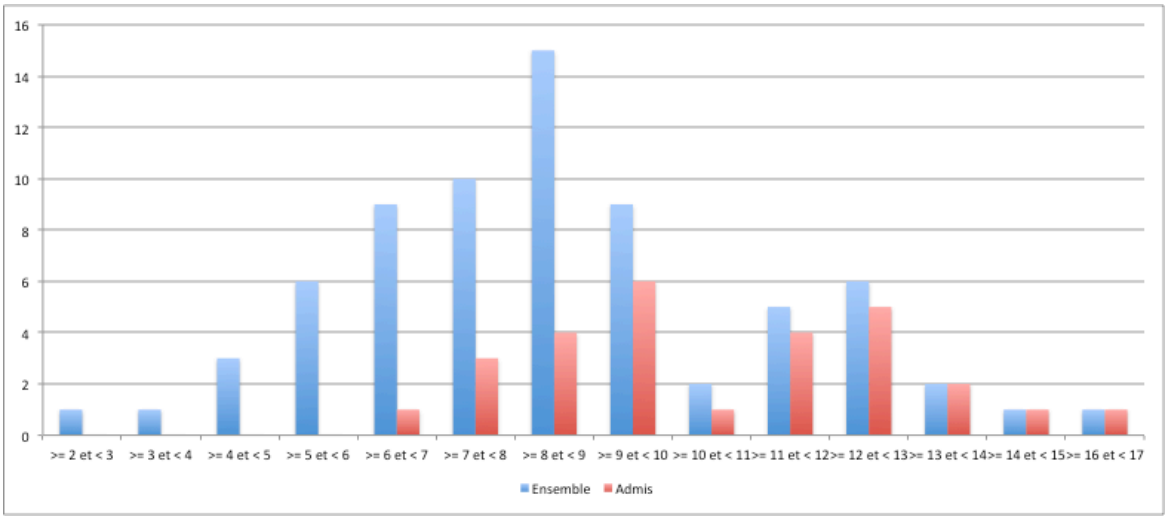
2.4 QUELQUES DONNÉES STATISTIQUES CONCERNANT LES ÉPREUVES PRATIQUES

2.4.1 Épreuves pratiques de spécialité

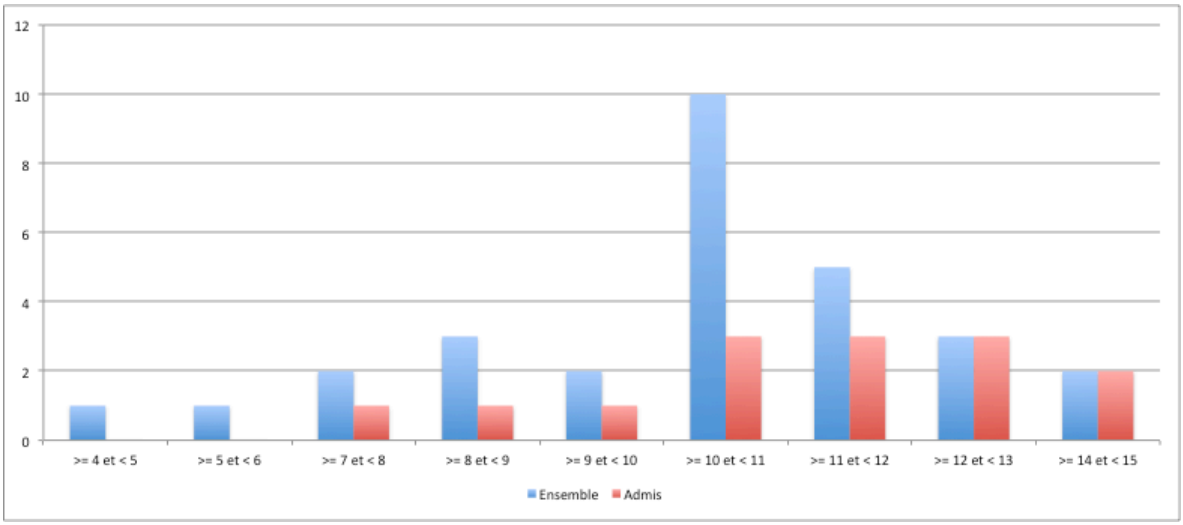
2.4.1.1 Épreuve pratique de spécialité du secteur A



2.4.1.2 Épreuve pratique de spécialité du secteur B

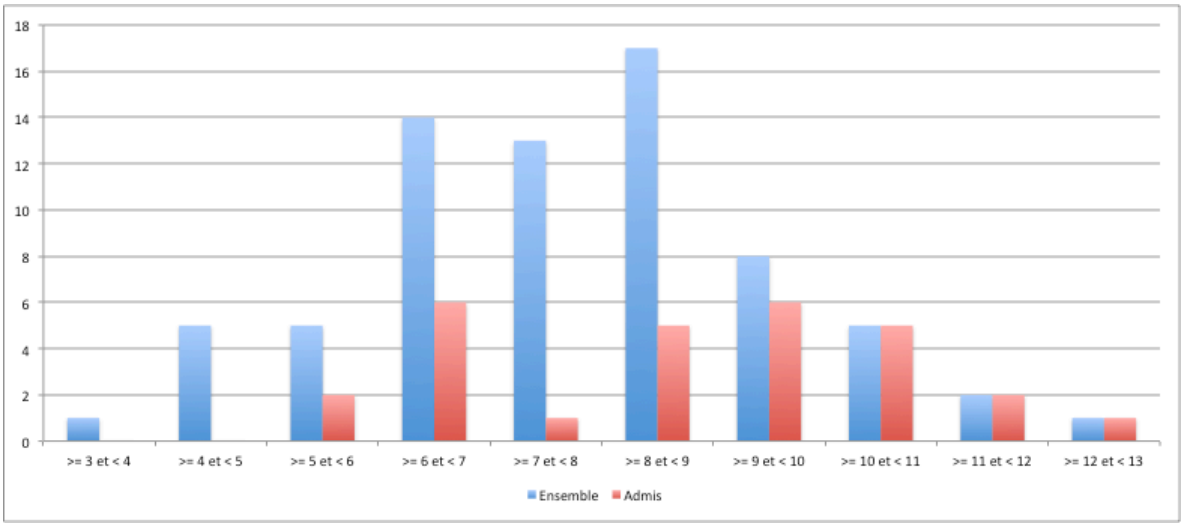


2.4.1.3 Épreuve pratique de spécialité de secteur C

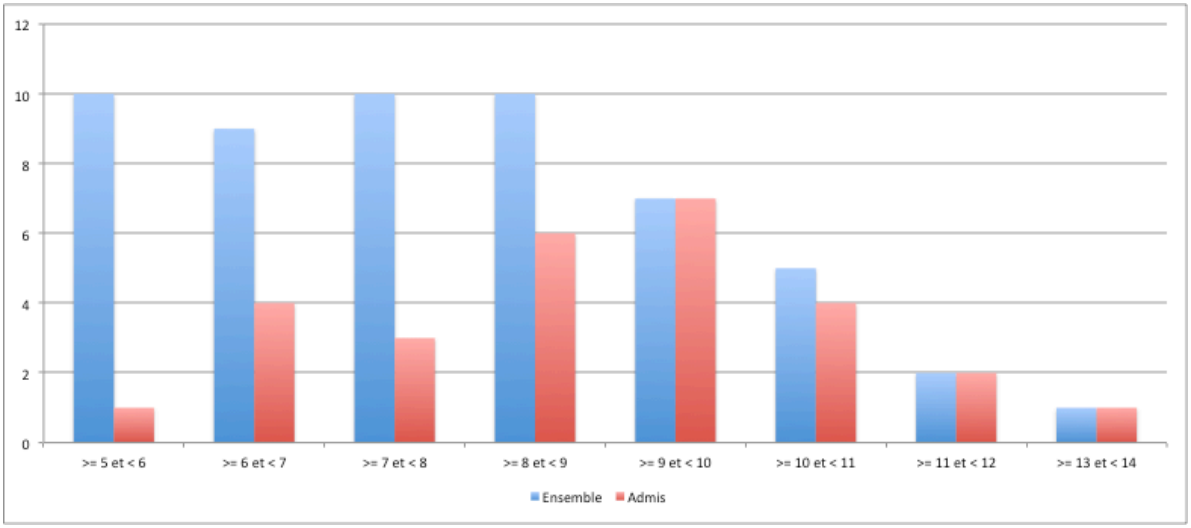


2.4.2 Épreuves pratiques de contre-option

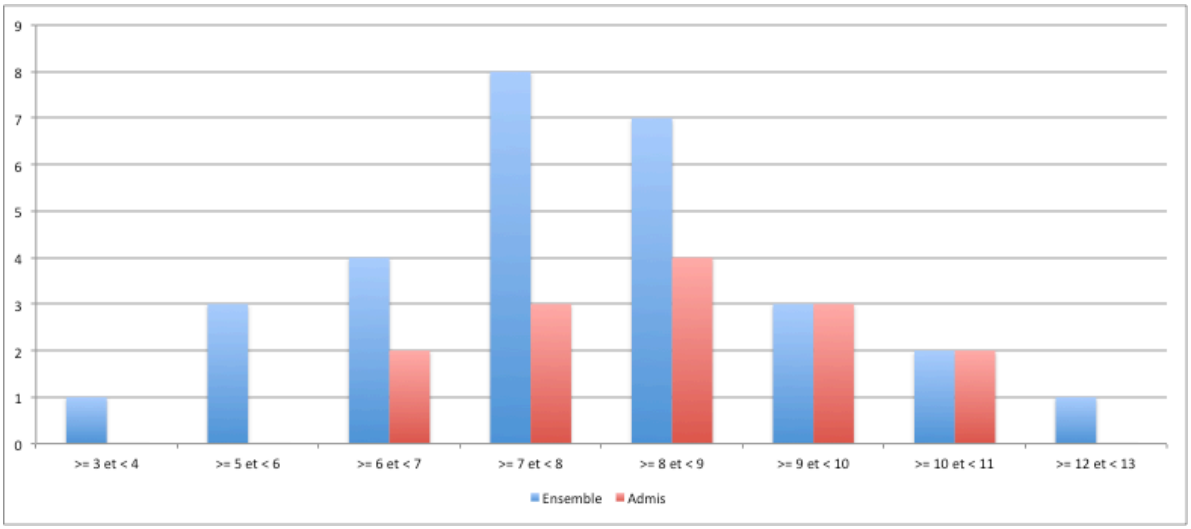
2.4.2.1 Épreuve pratique de contre-option sur les secteurs A et C pour les candidats de spécialité B



2.4.2.2 Épreuve pratique de contre-option sur les secteurs B et C pour les candidats de spécialité A



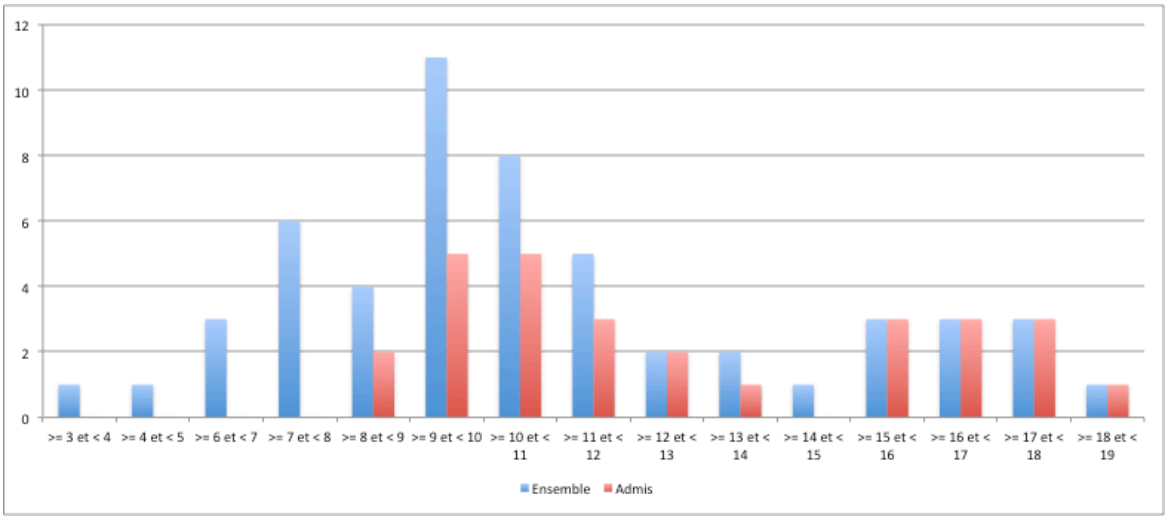
2.4.2.3 Épreuve pratique de contre option sur les secteurs A et B pour les candidats de spécialité C



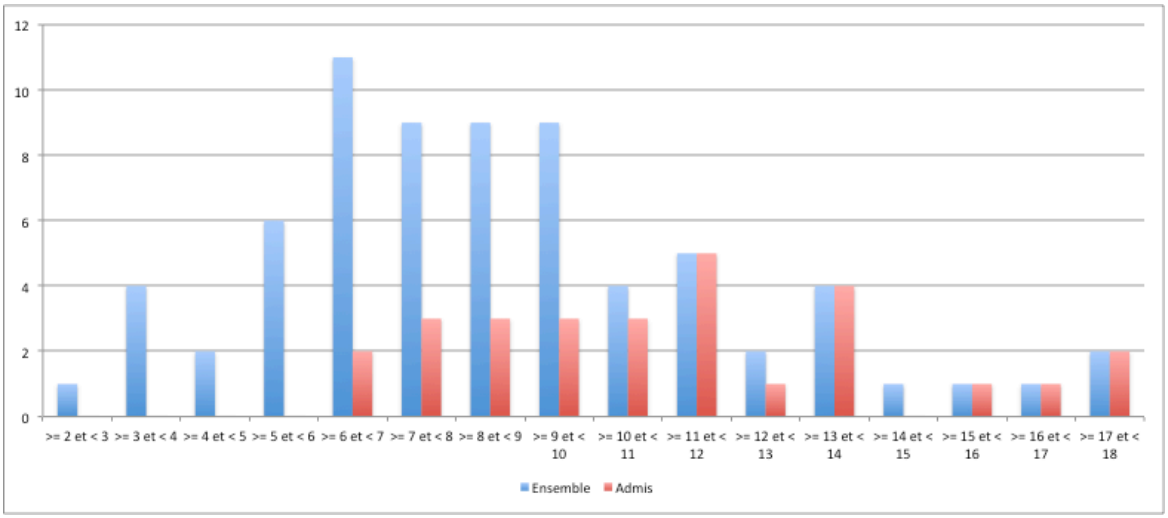
2.4 Quelques données statistiques concernant les épreuves orales

2.4.1 Épreuves orales de spécialité

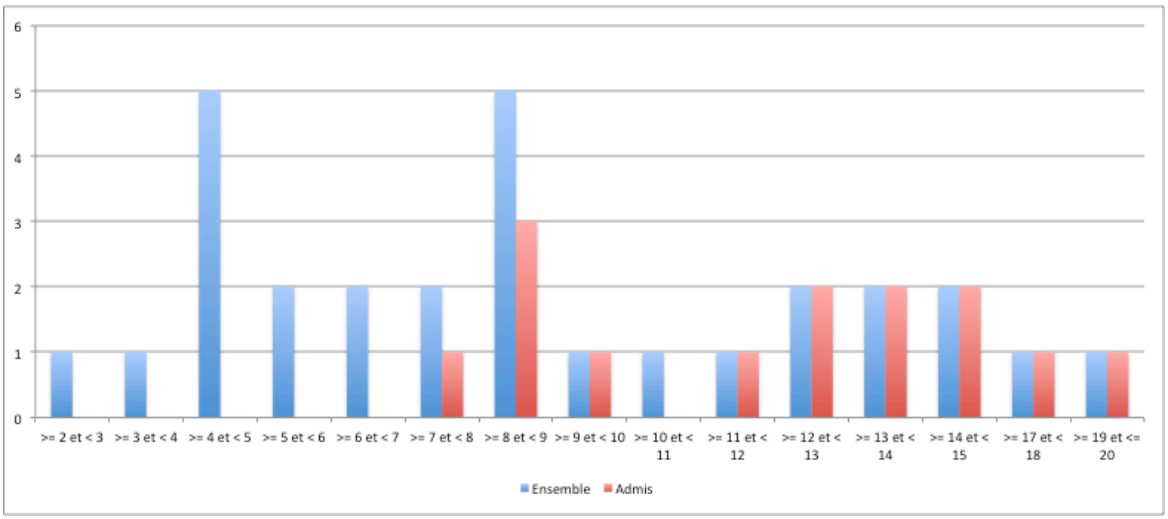
2.4.1.1 Épreuve orale de spécialité de secteur A



2.4.1.2 Épreuve orale de spécialité de secteur B

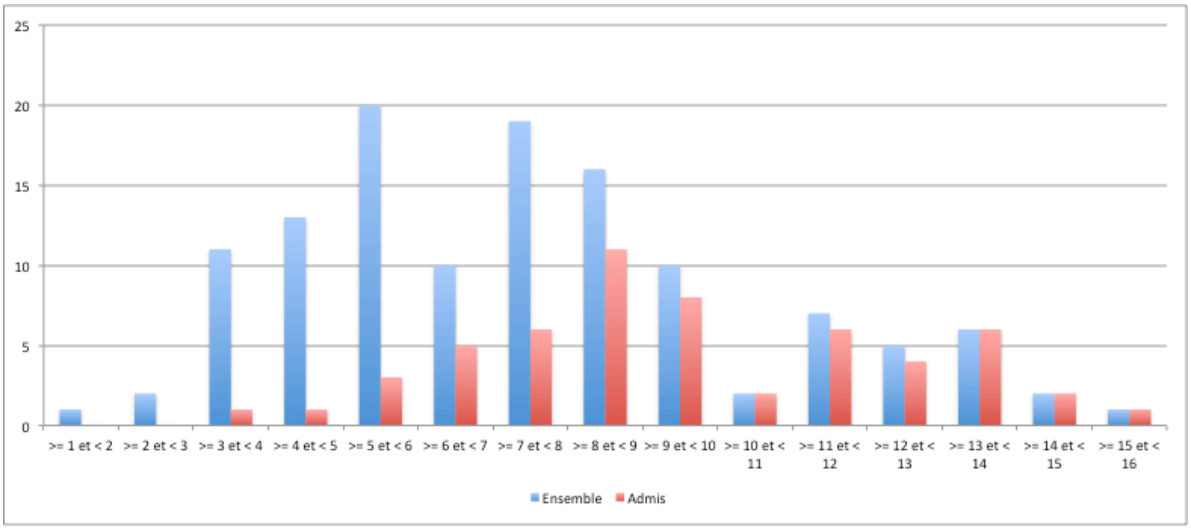


2.4.1.3 Épreuve orale de spécialité de secteur C

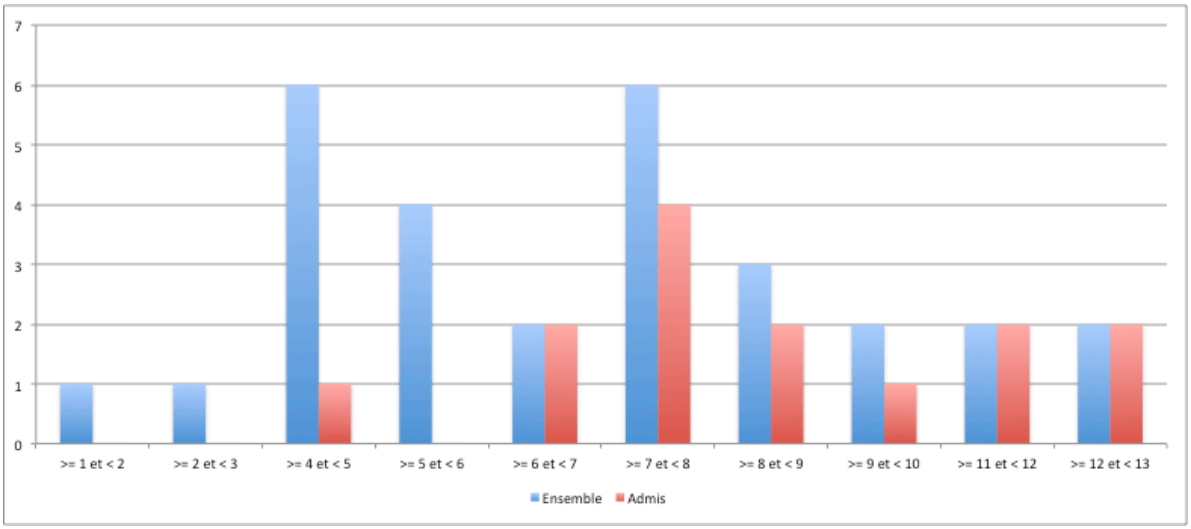


2.4.2 Épreuves orales de contre-option (maintenant notée sur 15)

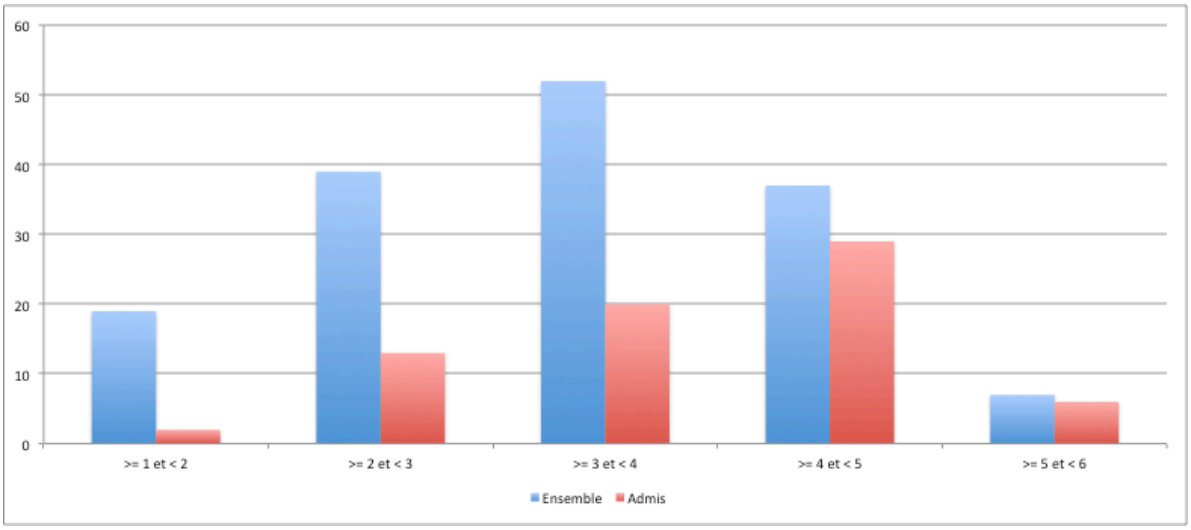
2.4.2.1 Épreuve orale de contre-option de sciences de la Terre et de l'Univers pour les candidats de secteurs A et B



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



2.4.2.3 Interrogation sur la compétence « agir »



3.PROGRAMME DU CONCOURS 2012

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

Le programme de l'agrégation des sciences de la vie-sciences de la Terre et de l'univers est rédigé en considérant les trois secteurs du champ disciplinaire :
- 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.

Ce programme est aussi structuré en niveaux :
- le programme de spécialité, qui définit le secteur, porte sur des connaissances du niveau de la maîtrise universitaire, et concerne les 1ère et 3ème épreuves d'admission ;
- le programme de connaissances générales qui porte sur des connaissances d'un niveau allant jusqu'à la licence universitaire, concerne l'ensemble des épreuves d'admissibilité et d'admission ;
- le programme annexe de questions d'actualité sur lequel peut porter l'entretien qui suit l'exposé de la 4ème épreuve d'admission.

Le programme de connaissances générales de chaque secteur fait partie du programme de spécialité du secteur. En conséquence, il apparaît en premier dans le texte qui suit. 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.

Programme de connaissances générales Sciences de la vie

Outre la présentation des connaissances à posséder pour le concours, le programme général de SV doit être consulté en ayant présent à l'esprit trois impératifs :
- l'observation des objets et des phénomènes, héritée de l'histoire naturelle et/ou des sciences naturelles, est une obligation,
- la démarche expérimentale nécessaire à l'explication des phénomènes, doit être présente à tous les niveaux d'étude,
- la conceptualisation à partir des données précédentes qui s'applique à l'ensemble de la discipline, se doit d'être d'actualité tout en connaissant les limites éventuelles dans certains domaines et, dans quelques cas, des éléments d'histoire des sciences et d'épistémologie.

Il s'agit d'une discipline expérimentale. À cet égard, l'utilisation de systèmes-modèles, simplifiés, est requise. Cette démarche implique la connaissance des particularités du modèle en relation avec la question posée mais, dans la majorité des cas, il est exclu de connaître l'ensemble de la biologie de l'organisme et/ou de l'organe retenu même si les limites éventuelles à la généralisation des connaissances sont à retenir. Dans cette démarche expérimentale, des méthodes et/ou des techniques de base et utilisables dans les établissements d'enseignement sont à posséder parfaitement. Pour d'autres approches plus modernes et/ou difficiles à mettre en œuvre dans les établissements, les principes généraux doivent être connus que ce soit en vue des explications fournies dans la présentation d'une question, en limitant éventuellement la portée des observations en raison de l'aspect technique et/ou méthodologique, mais aussi afin d'être à même d'utiliser au mieux les multiples documents disponibles actuellement, très souvent accessibles aux élèves, provenant des matériels et/ou des techniques les plus modernes.

Les connaissances élémentaires de physique, chimie et mathématiques représentent également un pré-requis pour les candidats.

Le programme de connaissances générales comporte sept rubriques :

1 - La cellule, unité structurale et fonctionnelle du vivant

2 - L'organisme, une société de cellules
3 - Plans d'organisation du vivant. Phylogénie
4 - L'organisme dans son environnement
5 - Biodiversité, écologie, éthologie, évolution
6 - L'utilisation du vivant et les biotechnologies
7 - Éléments de biologie et de physiologie dans l'espèce humaine
La répartition entre les secteurs A et B est la suivante :
- secteur A : rubriques 1, 2, 6, 7
- secteur B : rubriques 3, 4, 5, 7.
On ne s'étonnera donc pas de trouver des répétitions de thèmes et/ou d'exemples. Dans ce dernier cas, le choix du même exemple placé à plusieurs endroits du programme permet de l'alléger.

1 - La cellule, unité structurale et fonctionnelle du vivant
Méthodes et/ou techniques à connaître au moins sur le principe : microscopies, spectrophotométrie, immunochimie, immunofluorescence, électrophorèse, hybridation moléculaire, immunoempreinte, cytométrie de flux, séquençage, cristallographie, patch-clamp, radioisotopes, autoradiographie...

Notions-Contenus	Précisions-Limites
1.1 Éléments de physico-chimie du vivant	
1.1.1 Constitution de la matière - Atomes, molécules - Liaisons chimiques - Propriétés de l'eau et de groupes fonctionnels - Polarité des molécules	Isotopes. Radioactivité. Molécules marquées Covalente, ionique, hydrogène. Énergie Acide, base, alcool, amine ; pH, pK, tampon Équation de Henderson-Hasselbach
1.1.2 Principales molécules biologiques - Glucides - Lipides - Acides aminés et protéines, nucléotides et acides nucléiques - Composés héminiques - Notion d'interactions intra et inter-moléculaires	Glucose, saccharose, amidon, glycogène Acides gras, glycérolipides, noyau stérol Chlorophylles, hémoglobines, cytochromes
1.1.3 Thermodynamique élémentaire - L'énergie et ses formes. Énergie interne. Variation d'énergie libre - Cinétique des réactions. Loi d'action de masse. Potentiel d'oxydoréduction	Prise en considération de la différence entre les conditions standards et les conditions in vivo
1.2 Organisation fonctionnelle de la cellule	
1.2.1 La théorie cellulaire 1.2.2 Les membranes cellulaires - Organisation et dynamique des membranes - Échanges transmembranaires - Jonctions cellulaires 1.2.3 La compartimentation cellulaire - Noyau, réticulum endoplasmique, Golgi, vacuole, lysosome, mitochondrie, chloroplaste	Rappels généraux Composition, structure, fluidité, trafic vésiculaire Échanges selon le(s) gradient(s) et contre le(s) gradient(s). Protéines membranaires (principe de fonctionnement. Le détail des structures et de la diversité n'est pas au programme général) : canaux ioniques, transporteurs (exemples du glucose : SGLT, Glut et de l'eau : aquaporines), pompes (Na+-K+/ATP dépendantes), translocation de protons

1.2.4 Le cytosquelette - Éléments constitutifs - Trafic intracellulaire - Motilité 1.2.5 La cellule et son environnement - Récepteurs membranaires et intégrines - Transduction des signaux : protéines G, seconds messagers - Interactions membrane plasmique-matrices extra-cellulaires (animale et végétale) - Communication cellule-cellule : plasmodesmes, jonctions communicantes	 Transport axonal. Cyclose Contraction de la fibre musculaire squelettique. Flagelle des Eucaryotes (La transduction des signaux au niveau génique est abordée dans la rubrique 1.4.4)
1.3 Métabolisme cellulaire	
1.3.1 Bioénergétique - "Valeur" énergétique des substrats - Variation d'énergie libre d'hydrolyse et rôle des nucléotides phosphates dans les transferts énergétiques - Coenzymes d'oxydo-réduction - Origine de l'ATP Couplage transfert d'électrons, translocation de protons et synthèse d'ATP - Utilisation de l'ATP 1.3.2 Enzymes et catalyse enzymatique - Enzymes, coenzymes, cofacteurs - Vitesse de réaction, relations vitesse-substrat, affinité, vitesse maximale, spécificité - Contrôle de l'activité enzymatique 1.3.3 Voies métaboliques - Anabolisme et catabolisme - Les grands types de réactions - Voies principales Composés initiaux et terminaux, bilans, principales étapes, localisations intracellulaire et tissulaire - Régulation des voies métaboliques	Glucose, acides gras Couple ADP/ATP. Prise en compte de la différence entre les conditions standards et les conditions in vivo Formes réduites et oxydées du NAD et du NADP Phosphorylations liées au substrat (glycolyse) Gradient de protons et ATP synthase. Chaîne respiratoire et oxydation phosphorylante. Chaîne photosynthétique et photophosphorylation acyclique (limitée aux Angiospermes) Cinétique de Michaelis-Menten, cinétique allostérique, représentations graphiques La classification des enzymes n'est pas au programme Transfert de groupement, oxydo-réduction, condensation.... Cycle de réduction photosynthétique du carbone (cycle de Calvin) et synthèse de l'amidon, glycogénogenèse,glycogénolyse, gluconéogenèse, glycolyse, cycle des acides tricarboxyliques (cycle de Krebs), ß-oxydation, fermentation alcoolique et fermentation lactique Exemples : glycogénolyse et glycolyse
1.4 Information génétique de la cellule	
1.4.1 Le support de l'information génétique - Les acides nucléiques, supports de l'information génétique - L'ADN dans la cellule - Le gène, unité d'information génétique. Évolution de la notion de gène - Organisation générale du génome chez les Procaryotes et les Eucaryotes 1.4.2 Stabilité de l'information génétique - Réplication de l'ADN	 Diversité des structures et de leur localisation (chromosomes, plasmides, ADN des organites) Structure des chromosomes, centromères, télomères, chromatine, caryotypes ADN codant et non codant

- Mitose - Réparation	Cas des dimères de thymine
1.4.3 Dynamique et variabilité de l'information génétique - Méiose - Mutations - Réarrangement des gènes - Transformation, conjugaison et transductions chez les bactéries	Mutations géniques et chromosomiques Exemple des immunoglobulines
1.4.4 L'expression des gènes et son contrôle chez les Eucaryotes - Transcription, traduction - Maturation des ARN messagers - Maturation des protéines - Contrôle hormonal de l'expression du génome	 Cas de l'épissage Exemple d'une hormone ou d'une enzyme Exemple de la triiodothyronine
1.5 Le cycle cellulaire	
- Différentes étapes du cycle : G1, S, G2, mitose, cytodiérèse - Le contrôle du cycle cellulaire - La mort cellulaire programmée : modalités et déterminisme	
1.6 Diversité des types cellulaires	
1.6.1 Particularités des cellules procaryotes - Organisation, comparaison avec une cellule eucaryote - Diversité du métabolisme bactérien 1.6.2 Organisation fonctionnelle de quelques cellules différenciées 1.6.3 Totipotence, détermination et différenciation cellulaires ; dédifférenciation et redifférenciation	 Cellule du parenchyme palissadique foliaire, tube criblé, spermatozoïde, cellules musculaires squelettique et cardiaque et autres cellules citées dans le programme général
1.7 Systèmes biologiques subcellulaires	
- Les virus : structure, génome, cycle réplicatif et transmission	Cycle d'un bactériophage. Virus de la mosaïque du tabac. Virus de l'immunodéficience acquise humaine

2 - L'organisme, une société de cellules

Notions-Contenus	Précisions-Limites
2.1 La notion d'organisme	
- Principes d'organisation : les colonies de cellules procaryotes (biofilms) et eucaryotes, l'état coenocytique, l'état pluricellulaire (tissus, organes, appareils ; notion d'individu)	Voir aussi 3.3
- Liquides extracellulaires des Métazoaires : nature, localisation, mise en mouvement, fonctions - Lignées germinale et somatique	Liquides interstitiel et coelomique, hémolymphe, sang et lymphes. Exemple de mise en mouvement : circulation des Mammifères (voir aussi 7.2.3)
2.2 L'origine de l'œuf 2.2.1 Gamétogenèse - Aspects chromosomiques. (voir aussi 1.4.3)	 Exemples : Vertébrés (Amphibiens,

- Aspects cytologiques (enveloppes et réserves)	Mammifères), Angiospermes Exemples : Amphibiens, Insectes Exemples : Angiospermes, Oursins, Mammifères (voir aussi 7.4)
2.2.2 Rapprochement des gamètes, mécanismes cellulaires et moléculaires de la fécondation	
2.2.3 Transmission et expression des gènes	
- Cas des haploïdes	Transmission d'un couple d'allèles,
- Cas des diploïdes : allèlisme, dominance et récessivité, épistasie	transmission de plusieurs couples d'allèles
- Réalisation du phénotype sexuel à partir du génotype	Levures, Drosophile, Vertébrés dont espèce humaine (voir aussi 7.4)
2.3 La construction des organismes (biologie du développement)	Exemple des Amphibiens
2.3.1 Les grandes étapes du développement embryonnaire. Inductions embryonnaires	
2.3.2 Les plans d'organisation : acquisition et diversité. Rôles des gènes du développement	Drosophile, Amphibiens, Arabidopsis
2.3.3 La croissance	Croissance discontinue : exemples pris chez les Insectes Croissance des Vertébrés : l'os long (voir aussi 7.2.1). Croissance des Angiospermes : méristèmes. Rôle de l'auxine
2.3.4 Renouvellement cellulaire	Exemples : remodelage osseux, érythrocytes dans l'espèce humaine (voir aussi 7.1), zone
2.3.5 Mort cellulaire	génératrice libéro-ligneuse Au cours du développement embryonnaire et des métamorphoses (Insectes, Amphibiens) Sénescence chez les Angiospermes (exemple
2.3.6 Les métamorphoses animales	de la feuille) Insectes holométaboles, Amphibiens anoures
2.4 La communication intercellulaire	
2.4.1 La communication nerveuse	Neurone, tissu nerveux, synapses. Messages nerveux. Potentiels d'action, potentiels électrotoniques, Jonction neuro-musculaire ; couplage excitation- contraction
2.4.2 La communication hormonale	Exemples : hormones thyroïdiennes, adrénaline, insuline, ecdystéroïdes, éthylène
2.4.3 La communication dans les mécanismes de l'immunité	Présentation de l'antigène, CMH, récepteurs des cellules T, cytokines
2.5 Les principes de la défense de l'organisme	
- La défense immunitaire - L'hypersensibilité et la résistance systémique	Les cellules et les molécules du système immunitaire. La défense non spécifique.

acquise des végétaux	La défense spécifique

3 - Plans d'organisation du vivant et phylogénie.

Les candidats devront maîtriser les connaissances concernant :

- les méthodes actuelles de la systématique ;
- les grandes lignes de la classification phylogénétique des êtres vivants ;
- l'histoire évolutive de la lignée verte et des vertébrés, en s'appuyant sur des données génétiques et écologiques actuelles, mais aussi sur les enregistrements fossiles (voir programme STU) ;
- les principaux plans d'organisation, leur diversité et leur mise en place au cours du développement et de l'évolution.

Notions-Contenus	Précisions-Limites
3.1 Les méthodes actuelles de la systématique	
- Notions de groupe monophylétique, paraphylétique, polyphylétique. - Principes des méthodes cladistique et phénétique : apport des données moléculaires. - Construction des arbres phylogénétiques, difficultés rencontrées et sources d'erreurs. - Méthodes de parcimonie.	Les méthodes de maximum de vraisemblance ne seront pas approfondies.
3.2 La phylogénie du vivant	
- Les trois règnes du vivant : eucaryotes, eubactéries, *Archae*. - La structuration de l'arbre des Eucaryotes : exemple de la discussion de la notion de groupe écologique polyphylétique (champignon et algue). - L'origine endosymbiotique de la cellule Eucaryote.	L'étude peut s'appuyer sur la comparaison de l'agent du mildiou, de l'agent de la rouille (*Puccinia*), *Coprinus*, *Fucus*, *Ulva* Position phylogénétique de quelques unicellulaires hétérotrophes (*Paramecium*, *Plasmodium*, foraminifères). Exemple de l'origine des plastes de la lignée verte.
3.3 Plans d'organisation des métazoaires	
- Principaux plans d'organisation des métazoaires (symétries et polarités). - Acquisition des symétries et des polarités au cours du développement ; apports de la génétique du développement.	Les organismes suivants pourront être étudiés : Éponge calcaire ou démosponge (un exemple), cnidaire (hydre), plathelminthe (planaire), bryozoaire, nématode (*Ascaris)*, annélide (*Nereis)*, crustacé (écrevisse), insecte (criquet), mollusques (moule, escargot), échinoderme, téléostéen, tétrapodes (grenouille, poulet, souris). Principaux gènes du développement impliqués dans la mise en place du plan d'organisation à partir de quelques exemples tels que drosophile, xénope, poulet. Les aspects moléculaires indispensables sont présentés en insistant sur les principes de la morphogenèse (gradients morphogénétiques, établissement des symétries et des polarités) et sur l'apport des gènes du développement à la compréhension de l'évolution (homologie moléculaire, origine du membre chiridien, hétérochronies).

- Organisation du milieu intérieur. - Arbre phylogénétique incluant les principaux phylums de métazoaires. - Chronologie des grandes étapes de l'évolution des Métazoaires. - Validité du critère morphologique : notions d'analogie et d'homologie. - Convergence évolutive et adaptation aux conditions environnementales.	Liquides extracellulaires des métazoaires, évolution du cœlome. Phylums des éponges calcaires, cnidaires, brachiopodes, bryozoaires, plathelminthes, mollusques, annélides, nématodes, arthropodes, échinodermes, chordés et leurs principales subdivisions. Liaison avec les données de la paléontologie (faunes d'Ediacara et de Burgess, crises biologiques et extinctions évoquées dans le programme STU). Exemples possibles : les membres des vertébrés, les ailes, les organes de collecte de nourriture des métazoaires Exemple possible : la prise de nourriture
3.4 Les principaux groupes de la lignée verte (glaucophytes, rhodobiontes, chlorobiontes : algues vertes et embryophytes) et leurs adaptations aux conditions environnementales.	
- Principaux plans d'organisation et leur acquisition. - Classification des embryophytes. - Réponses adaptatives : poïkilohydrie, structures de soutien et de conduction. - Symbioses. - Cycles de développement comparés des embryophytes.	Cette partie s'appuie sur des exemples représentatifs tels que : *Chlamydomonas*, *Ulva*, *Chara*, *Trentepohlia*, polytric, polypode, pin, cycas ou ginkgo, une angiosperme. Gènes du développement chez *Arabidopsis thaliana* ; on se limitera à la structuration de l'apex caulinaire et à l'ontogenèse florale (gènes homéotiques). Mycorhizes-nodosités. Homologies des générations.

4 - L'organisme dans son environnement

Les caractéristiques physico-chimiques des milieux aquatiques et aériens doivent être connues sur les plans qualitatif et quantitatif.

Le programme privilégie les approches intégratives et comparées de la physiologie.

L'approche intégrative (centrée sur l'organisme) permet d'étudier les adaptations aux conditions du milieu et leur dimension évolutive. L'approche comparée révèle chez des organismes apparentés des fonctionnements différents en liaison avec des modes ou des milieux de vie dissemblables. Les contraintes écologiques déterminant les convergences évolutives sont dégagées. L'argumentation peut se situer aux différentes échelles, de la molécule à l'écosystème.

Notions-Contenus	Précisions-Limites
4.1 La nutrition des organismes	
4.1.1 Les formes de l'énergie. Besoins énergétiques et matériels des organismes. 4.1.2 La nutrition des autotrophes : - assimilation du CO_2 par les végétaux photosynthétiques ;	Autotrophie. Photo-autotrophie dans la lignée verte. Chimio-autotrophie (nitrification, méthanogenèse). Hétérotrophie. Sont au programme : la capture de l'énergie lumineuse, l'assimilation du carbone, les échanges gazeux et leurs variations, le bilan

- les formes de l'azote et leur assimilation par les organismes ; - mycorhizes et nutrition hydrominérale des végétaux.	carboné au niveau de la plante entière, les photosynthèses de type C3, C4 et CAM et leurs conséquences écologiques. On se limitera à l'assimilation des nitrates par les végétaux verts et à la fixation de l'azote par les procaryotes libres et les nodosités des légumineuses. On n'entrera ni dans les détails du dialogue moléculaire entre les organismes du sol et les racines, ni dans l'étude de la co-évolution entre ces organismes. Voir aussi 3.4.
4.1.3 La prise de nourriture et la digestion des hétérotrophes : - prise de nourriture ; - appareil digestif et digestion chez les mammifères. - L'alimentation des ectoparasites et des mésoparasites (hématophagie, osmotrophie). 4.1.4 Les réserves : - nature, synthèse, utilisation ; - mise en réserve postprandiale et mobilisation des réserves lors du jeûne chez l'Homme ; - réserves ovocytaires et extra-ovocytaires des vertébrés ; - réserves chez les angiospermes.	Voir aussi 3.3. Choix judicieux d'exemples pour une étude comparative de différents régimes alimentaires. Voir aussi 7.2.2. On se limitera à quelques exemples (moustique, sangsue, cestodes). Glycogène musculaire et hépatique, graisse blanche. Aspects circulatoires et régulation hormonale.
4.2 La réalisation des échanges avec le milieu	
4.2.1 Les échanges gazeux : - diffusion des gaz, première loi de Fick ; - les surfaces d'échanges gazeux (gaz-liquide, liquide-liquide) et leurs caractéristiques générales ; - deuxième loi de Fick ;. - maintien des gradients de pression partielle au niveau de l'échangeur ;. - transport des gaz et pigments respiratoires. 4.2.2 Les échanges d'eau et de solutés : - l'élimination des déchets azotés chez les	Importance de la surface d'échange, de sa finesse, et du gradient de pression partielle. Notion de conductance. Seuls seront traités le tégument, les branchies (téléostéens, crustacés, lamellibranches), les poumons (mammifères), le système trachéen des insectes et les stomates des plantes. Importance du débit et de la capacitance. On se limitera à la ventilation pulmonaire (vertébrés) et trachéenne (insectes), à la circulation d'eau au niveau branchial (lamellibranches, crustacés, téléostéens) et aux appareils circulatoires associés à ces échangeurs. On se limitera aux hémoglobines normales chez l'Homme. Étude des protonéphridies, tubes de Malpighi des insectes et reins des

métazoaires ; - propriétés des principaux déchets azotés, répartition zoologique et intérêt adaptatif ; - principe de fonctionnement des organes excréteurs ; - équilibre hydro-électrolytique et milieux de vie des animaux (milieu marin, eau douce, milieu aérien). 4.2.3 Les végétaux en milieu terrestre et la gestion de l'eau.	mammifères. Exemples des vertébrés marins, des téléostéens d'eau douce, des mammifères et insectes terrestres. Variations au cours du développement post-embryonnaire des amphibiens. Voir aussi 4.4.3 Réhydratation hygroscopique, reviviscence. Absorption hydrominérale, contrôle du flux hydrique (stomates et régulation stomatique, adaptations morphologiques, anatomiques et physiologiques des xérophytes). Les sèves et leur circulation. Voir aussi 3.4
4.3 Perception du milieu, intégration et réponses. Squelette et port	
4.3.1 La perception de l'environnement : - diversité des canaux sensoriels des animaux et relation avec les modes et milieux de vie ; - perception de la gravité et gravitropisme chez les plantes.	On étudiera plus particulièrement la vision.
4.3.2 Intégration, réponse motrice et squelette des organismes mobiles : - les squelettes et la biomécanique associée ; - les différents types de systèmes nerveux ; - la motricité somatique et son contrôle.	Test, squelette hydrostatique, exosquelette et endosquelette seront étudiés à l'aide d'un nombre réduit d'exemples représentatifs. Systèmes nerveux diffus, médullaires, ganglionnaires.
4.3.3 Architecture et port des embryophytes.	Ramification, croissance en longueur et en épaisseur. Dominance apicale, ramification des ligneux, influence des facteurs du milieu.
4.4 Reproduction et cycles de développement	
4.4.1 Modalités de la reproduction La reproduction sexuée (y compris pour l'espèce humaine) : - la sexualisation des individus ; - le rapprochement des partenaires ; - diversité des modes d'appariement et de fécondation ; - viviparité, oviparité, ovoviviparité ; - la formation et le devenir du zygote des angiospermes (fruits et graines) ; - physiologie des semences sèches. La reproduction asexuée : principales modalités et conséquences sur les	 Dicœcie, gynodicœcie, gonochorisme, hermaphrodisme. Fécondation externe / fécondation interne. Pollinisation. Autocomptabilité et autoincompatibilité (les mécanismes moléculaires de l'autoincompatibilité seront limités au type *Brassica*). Déshydratation, vie ralentie, dormances. Voir aussi 3.4. Bourgeonnement. Vie coloniale (cnidaires).

peuplements des milieux. Les significations écologiques et évolutives des reproductions sexuée et asexuée. 4.4.2 Cycles de développement : - l'alternance des phases sexuées et asexuées chez les formes libres ; - les cycles des parasites ; - phénologie et synchronisation du cycle de reproduction des végétaux ; - larves et métamorphoses : dispersion, changement de plan d'organisation, diversité des niches écologiques.	Multiplication végétative naturelle (embryophytes et eumycètes). Exemples possibles : *Plasmodium, Trypanosoma brucci, Schistosoma*, *Tænia*, *Ascaris*, rouille (*Puccinia*), mildiou. Germination des graines, dormance, maturité de floraison ; plantes annuelles, bisannuelles, pérennes. Etude des exemples suivants : les insectes (comparaison holométaboles / paurométaboles), et un anoure (le contrôle neuro-endocrine n'est pas au programme général).
4.5 Homéostasie	
4.5.1 Régulation de la glycémie à court terme. 4.5.2 Thermorégulation : régulation des échanges de chaleur ; thermogenèse, thermolyse.	On se limitera à l'Homme (voir aussi 7.3.2). On se limitera à des exemples pris chez les vertébrés. (voir aussi 4.1.4).

5 - Biodiversité, écologie, éthologie, évolution

.

L'approche mathématique élémentaire des modèles théoriques est au programme de connaissances générales ; des connaissances de base en statistiques et la maîtrise de formalisations telles que la loi de Hardy-Weinberg ou les modèles de Lotka et Volterra sont nécessaires.

Notions-Contenus	Précisions-Limites
5.1 Histoire et concepts en évolution	
Conceptions pré-darwiniennes, révolution darwinienne, synthèse néo-darwinienne. La théorie scientifique de l'évolution. Notion de valeur sélective (fitness), de traits d'histoire de vie, d'adaptation. Les unités de sélection.	Sélection naturelle, sélection artificielle, sélection sexuelle, dérive, coévolution. Fécondité, âge à maturité, longévité, dispersion. Notions de "gène égoïste", de sélection de groupe.
5.2 Génétique	
5.2.1 Génétique formelle : - aspects génétiques de la méiose et de la fécondation ; - transmission d'un couple d'allèles ; - ségrégation de plusieurs couples d'allèles ;	

- lois de Mendel. 5.2.2 Génétique des populations : - fréquences alléliques, fréquences génotypiques ; - régime de reproduction (panmixie, autogamie, consanguinité) ; - pressions évolutives (sélection, mutation, migration, dérive) ; - polymorphisme neutre (voir aussi 5.1) et sélectionné, cryptopolymorphisme. 5.2.3 Génétique quantitative - héritabilité, hétérosis ; - origine des plantes cultivées.	 Méthodes d'étude du polymorphisme (y compris marqueurs moléculaires). Exemples de la diversité des variétés des plantes cultivées, et des maladies génétiques humaines. Blé et maïs. (Voir aussi 6.4.5)
5.3 Biogéographie	
Définitions de l'espèce. Spéciation allopatrique et ses mécanismes, spéciation sympatrique. Notions de vicariance, d'endémisme. Zonation écologique à différentes échelles. .	Spéciation dans un contexte biogéographique insulaire (exemple : pinsons de Darwin). Les mécanismes de la spéciation sympatrique ne sont pas au programme général.
5.4 Biologie du comportement animal	
Recherche et utilisation des ressources (biotiques et abiotiques). Interactions entre les individus (compétition, coopération). Communication (signaux ; fonctions ; adaptations aux contraintes environnementales et sociales). Comportement reproducteur (y compris soins aux jeunes). Systèmes sociaux des insectes et des vertébrés.	Les comportements sont étudiés sous les angles de l'ontogenèse, de leurs fonctions biologiques et de leur valeur adaptative (cf. N. Tinbergen). L'approche comparative sera privilégiée. La notion de coûts / bénéfices est au programme.
5.5 Biodiversité et biologie de la conservation	
5.5.1 Croissance et dynamique des populations isolées. 5.5.2 Interactions entre populations : compétition interspécifique, niche écologique, relations prédateur-proie et hôte-parasite et interactions mutualistes. 5.5.3 Diversité et dynamique des communautés : - définitions et mesures de la biodiversité ; - dynamique de la biodiversité (préservation ; menaces, extinctions, en particulier d'origines anthropiques) ; - successions écologiques.	Croissance exponentielle et logistique, densité-dépendance. Formalisme de Lotka-Volterra. Pollution, fragmentation, destruction, introduction et changement global. Peuplements pionniers et climaciques. Étagement, zonation à différentes échelles. Protection et restauration des habitats, corridors écologiques, réintroduction et

5.5.4 Biologie de la conservation et gestion durable des populations, des communautés et des habitats.	renforcement de populations.
5.6 Structure et fonctionnement des écosystèmes	
Notion d'écosystème. Biomasse, production et productivité. Interactions dans un écosystème, réseaux trophiques. Stocks et flux de matière et d'énergie. Rendements. Comparaison d'écosystèmes (naturel et/ou anthropique). Cycles biogéochimiques de l'eau, du carbone et de l'azote.	Approche quantitative, méthodes et unités de mesure. Facteurs limitants de la productivité. Participation des êtres vivants. Liens avec le changement global.

6 - L'utilisation du vivant et les biotechnologies Il convient de prendre en compte les problèmes posés par ces méthodes et leurs conséquences (économiques, écologiques, éthiques...).

Notions-Contenus	Précisions-Limites
6.1 Les produits biologiques, matières premières de l'industrie	Blé, raisin, lait, bois
6.2 Bases scientifiques des biotechnologies 6.2.1 Le génie génétique 6.2.2 La génomique 6.2.3 Les cultures in vitro - Cultures de cellules animales et végétales - Cultures bactériennes	 Clonage des gènes, hybridations moléculaires, amplification de l'ADN (PCR) Marqueurs génétiques moléculaires, empreintes génétiques. Principe du séquençage des génomes
6.3 Utilisation des micro-organismes dans l'industrie	
6.3.1 Utilisation des micro-organismes dans la production de biomasse 6.3.2 Application des métabolismes microbiens. Rôle des micro-organismes dans les transformations industrielles 6.3.3 Les substances d'intérêt issues des microorganismes - Utilisation des enzymes microbiennes - Production de métabolites naturels - Production de protéines recombinantes	Bactéries, levures Fermentations industrielles, alimentaires Exemple de la Taq polymérase Antibiotiques, vitamines
6.4 Biotechnologie des plantes et des animaux	
6.4.1 Méthodes de clonage ; conservation de la	Micropropagation : méristèmes, bourgeons Exemples : pomme de terre, orchidées

structure génétique 6.4.2 Induction d'une variabilité génétique par mutagenèse artificielle 6.4.3 Les biotechnologies de l'embryon 6.4.4 Les transformations génétiques - Principe et technique - Éléments sur les applications agronomiques, industrielles, médicales ; éléments sur les risques de propagation des transgènes dans l'environnement et pour la santé humaine 6.4.5 Sélection assistée par marqueurs moléculaires	 Insémination artificielle chez les animaux Pollinisation artificielle chez les végétaux. Androgenèse On se limitera à l'exemple d'Agrobacterium tumefaciens et de son utilisation chez les plantes Notion de Quantitative Trait Loci (QTL)

7 - Éléments de biologie et de physiologie dans l'espèce humaine.
Le contenu des programmes de l'enseignement secondaire justifie cette rubrique. Commune aux deux secteurs A et B, elle devra être abordée à tous les niveaux d'intégration, de la molécule (sauf indication de limite) aux populations. On s'appuiera également sur l'utilisation raisonnée des approches pathologiques.

Notions-Contenus	Précisions-Limites
7.1 Le corps humain	
- Anatomie élémentaire topographique, macroscopique, systémique - Compartiments liquidiens	Organes, systèmes et appareils. Principes des méthodes d'étude non invasive du corps humain Volumes et compositions (voir aussi 2.3.4)
7.2 Échanges de matière et d'énergie entre l'organisme et le milieu et à l'intérieur de l'organisme	
7.2.1 Les besoins de l'organisme et leur couverture - La dépense énergétique et ses variations. Calorimétrie. Métabolisme basal et variations. - La couverture des besoins par l'alimentation . chez l'adulte . lors de la croissance 7.2.2 Digestion, absorption, transport et devenir des nutriments - Digestion et absorption Les phases : localisation, chronologie des phénomènes, sécrétions exocrines et endocrines Absorption et transport des nutriments Devenir des nutriments. Réserves. Ajustements des voies métaboliques entre les repas 7.2.3 La circulation	 Principes (voir aussi 1.3). Mesures et valeurs Thermorégulation : voir aussi 7.5 Aspects quantitatifs et qualitatifs. Nutriments indispensables. Vitamines. Oligo-éléments Balance azotée. La croissance osseuse, rôle des hormones (le mode d'action cellulaire n'est pas attendu) Un exemple de cellule sécrétrice : la cellule pancréatique exocrine Phase post-prandiale. Phases du jeûne. <u>État hormonal</u> et voies métaboliques (le détail n'est pas au programme) Vasomotricité, répartition du débit cardiaque Voir aussi 7.5.2

- Le cœur : activités mécanique et électrique, contrôle - Les vaisseaux : . organisation fonctionnelle des différents segments . circulations locales - La pression artérielle : définition, variations et régulation à court terme par le baroréflexe. - Ajustements aux besoins de l'organisme et aux variations du milieu 7.2.4 La respiration - La ventilation - Transport des gaz respiratoires par le sang - Échanges gazeux alvéolo-capillaires et tissulaires - Ajustements de la ventilation au cours de l'exercice physique 7.2.5 L'excrétion - Fonctionnement du néphron - Participation du rein au maintien de l'équilibre hydro-sodé	Les aspects moléculaires et expérimentaux approfondis ne sont pas au programme général. Voir aussi 7.5.2 Quelques méthodes d'exploration fonctionnelle : clairance, microponctions...
7.3 Neurobiologie et endocrinologie	
7.3.1 Neurobiologie - Le tissu nerveux. Le message nerveux - Organisation structurale et fonctionnelle du système nerveux (compléments de 7.1) - Fonctions sensorielles. Principes généraux : stimulation, réception, transduction, codage, conduction - Contrôle de la posture 7.3.2 Endocrinologie - Exemples de la reproduction et de la régulation à court terme de la glycémie	Systèmes nerveux central, périphérique, autonome On se limitera à la participation du réflexe myotatique Complexe hypothalamo-hypophysaire
7.4 Activité sexuelle et procréation	
7.4.1 Différenciation sexuelle, puberté, maturité, ménopause 7.4.2 Fonctions exocrine et endocrine des testicules et des ovaires 7.4.3 Grossesse, accouchement, lactation	Spermatogenèse, transport des spermatozoïdes. Ovogenèse, cycle ovarien, cycle menstruel. Contraception, contragestion Interventions hormonales. Échanges foétomaternels majeurs. Suivi de la grossesse. Diagnostic prénatal
7.5 Homéostasie, régulations et réponses intégrées de l'organisme	
7.5.1 Exemples de grandes régulations et de leur perturbation - Régulation à court terme de la glycémie (insuline/glucagon) - Thermorégulation - Concept général de régulation 7.5.2 Exemples de réponses adaptatives de l'organisme	On pourra aussi s'appuyer sur les exemples rencontrés dans le reste du programme

- Ajustements et adaptations respiratoires et cardio-vasculaires à l'exercice physique. - Effets de l'entraînement	
7.6 Santé et société	
- Diabètes - Obésité - Alcoolisme	Voir aussi 7.2.2 Foie et détoxification. Lésions
7.7 L'homme face aux maladies	
- Maladies infectieuses (origine bactérienne et virale. Maladies parasitaires) - Maladies génétiques ou résultant d'interactions entre gènes et environnement, maladies métaboliques - Éléments relatifs à la prophylaxie et à la thérapeutique (prévention, antibiothérapie, vaccinothérapie, sérothérapie, dépistage, médicaments...)	Exemples : grippe, tuberculose, maladies sexuellement transmissibles (MST), paludisme Exemples : thalassémies, cancers, diabètes, obésité

Sciences de la Terre et de l'Univers

Le programme de connaissances générales est fondé sur une bonne connaissance des principaux objets géologiques à l'échelle du monde et du territoire national (métropole et outremer). Ainsi, les candidats doivent connaître les grands traits de l'évolution géologique (continents et océans) en s'appuyant sur des documents incontournables tels que la carte géologique du monde, les cartes des fonds océaniques, la carte géologique de l'Europe et la carte géologique de la France à 1/1.000.000 (6ème édition 1996 et 6ème édition révisée en 2003).

Les candidats doivent, par ailleurs, maîtriser les bases des principales disciplines des sciences de la Terre : géophysique, pétrologie, géochimie, tectonique, sédimentologie, paléontologie. Les méthodes ou techniques qui servent ces disciplines et qui s'appliquent aux enveloppes internes et externes, doivent être connues dans leurs principes élémentaires. On retiendra en particulier :

- l'identification macroscopique et microscopique des principaux minéraux, roches magmatiques, métamorphiques et sédimentaires, minerais indispensables à la compréhension des grands phénomènes géologiques inscrits au programme ;
- l'identification macroscopique et/ou microscopique des principaux fossiles et ichnofossiles (bioturbations), présentant un intérêt stratigraphique ou un intérêt paléo-environnemental;
- la lecture des cartes géologiques et la réalisation de coupes, de schémas structuraux et de bloc-diagrammes simples (passage 2D-3D) ;
- l'analyse de documents satellitaires usuels : images dans le visible et l'infra-rouge, radar ;
- la lecture et l'interprétation de documents géographiques et géophysiques usuels (cartes topographiques et bathymétriques, cartes de réflectivité des fonds marins, profils sismiques et sismogrammes, cartes d'anomalies magnétiques et gravimétriques, cartes d'altimétrie satellitaire, documents de tomographie sismique, cartographie des mécanismes au foyer,...) ;
- l'interprétation des analyses géochimiques (majeurs, traces, isotopes stables et radiogéniques), en liaison avec les types d'objets étudiés (roche/minéral magmatique ou métamorphique, test de foraminifère, fluides interstitiels,...) ;
- les bases théoriques essentielles de la géochronologie relative et absolue (dans les limites énoncées plus loin) et le découpage des temps géologiques qui en est déduit.

Ces connaissances méthodologiques s'appuient sur une maîtrise des grands principes de la physique et de la chimie indispensables en sciences de la Terre, notamment dans les domaines de la mécanique des solides et des fluides, des champs de potentiel (magnétisme et gravité), de l'optique, de la thermodynamique et de la chimie des solutions. Enfin, il est souhaitable, dans quelques cas, de faire appel à l'évolution des idées dans le domaine des

sciences de la Terre.
Le programme de connaissances générales comporte quatre grandes rubriques :
1- La Terre actuelle ;
2- Le temps en sciences de la Terre ;
3- L'évolution de la planète Terre ;
4- Gestion des ressources et de l'environnement;

1- La Terre actuelle

Notions-Contenus	Précisions-Limites
1.1 La planète Terre dans le système solaire	
- Structure et fonctionnement du Soleil et des planètes - Spécificité de la planète Terre - Météorites et différenciation chimique des planètes telluriques	L'étude se limitera à la composition des planètes et des atmosphères planétaires, ainsi qu'à leur activité interne. La connaissance du mouvement des planètes se limitera aux lois de Kepler
1.2 Forme et structure actuelles de la Terre	
- La mesure du relief de la Terre, les relations entre topographie et gravimétrie. Les grands ensembles morphologiques - Les apports de la gravimétrie : la masse de la Terre et des planètes telluriques, l'ellipsoïde et le géoïde, les anomalies gravimétriques - Les apports de la sismologie : les principales enveloppes internes, croûte, manteau, noyau… les anomalies de temps d'arrivée et la tomographie sismique - La notion de lithosphère, lithosphère thermique et lithosphère mécanique - Les enveloppes externes (hydrosphère, atmosphère)	On mettra en évidence les différentes longueurs d'onde des ondulations du relief et du géoïde et on fera la relation avec la géodynamique interne On veillera à ce que la notion d'anomalie (gravimétrique, magnétique, de vitesse sismique) soit bien comprise comme la différence entre la mesure réelle et un modèle a priori qui correspond à la structure au premier ordre (PREM pour les anomalies de vitesse sismique, l'ellipsoïde pour le champ de pesanteur…). La lithosphère sera présentée comme une couche limite thermique dans le processus de convection mantellique.
1.3 Géodynamique externe	
- Distribution de l'énergie solaire dans l'atmosphère et à la surface de la Terre. Effet de serre. Bilan radiatif et énergétique du système Terre. - Circulations atmosphérique et océanique ; Couplage océan-atmosphère - Cycle de l'eau (échanges entre les différents réservoirs ; quelques exemples de réservoirs d'eau douce et des problématiques associées) - Géomorphologie continentale et océanique ; mécanismes d'érosion, d'altération et de transport ; sédimentation actuelle. - Rôles de la vie dans la genèse des sédiments. - Compaction des sédiments et diagenèse	Les développements théoriques sur la force de Coriolis ne sont pas au programme On se limitera à l'étude de l'influence de la lithologie et du climat
1.4 Géodynamique interne du globe	

Le champ magnétique terrestre et la dynamique du noyau Le manteau de la Terre : composition, stratification, hétérogénéité, chaleur, dynamique (convection et tectonique des plaques, convection et panaches), les causes de la fusion du manteau (rifts, dorsales, points chauds, zones de subduction), l'apport de la pétrologie expérimentale à haute pression. Mobilité horizontale de la lithosphère, la tectonique des plaques, cinématique relative : la dérive des continents (observations et hypothèses), le paléomagnétisme, le flux de chaleur aux dorsales et l'hypothèse de l'expansion des fonds océaniques, la répartition des séismes, les anomalies magnétiques symétriques et la mesure de la vitesse d'expansion, la géométrie des failles transformantes et la rigidité des plaques, les mécanismes au foyer des séismes et les vecteurs glissement, la cinématique des points triples, les modèles cinématiques globaux. La géodésie terrestre et satellitaire. Cinématique instantanée et cinématique finie, les reconstructions. Cinématique absolue, les différents repères	On précisera les principaux paramètres qui définissent le champ magnétique (dipôle, inclinaison, déclinaison) et les différentes longueurs d'onde variations du champ au cours du temps, les inversions. Les principaux paramètres que contient le nombre de Rayleigh seront explicités Les principes de base de la géodésie spatiale sont au programme mais pas les méthodes de calcul.
Les séismes et les failles actives : répartition, magnitude, mécanismes au foyer, vecteurs glissement, temps de récurrence et modèle du rebond élastique, failles actives et géomorphologie, méthodes de datation.	Quelques exemples de séismes majeurs doivent être connus
Divergence de plaques : du rift continental à la dorsale. Structure et évolution des rifts continentaux et des marges passives. Les différents types de marges passives. La transition continent-océan. Genèse de la croûte océanique aux dorsales. Aspects magmatiques, tectoniques, hydrothermaux. Le modèle ophiolitique. Les différents types de segmentation des dorsales. Evolution thermo-mécanique de la lithosphère océanique.	On veillera à bien connaître un nombre limité d'exemples régionaux pour pouvoir argumenter les principaux points du programme sur des cas réels. Les exemples les plus emblématiques (les princpales dorsales, Alpes, Himalaya-Tibet, Faille de San Andreas, Méditerranée, Andes… doivent être connus).
Limites de plaques décrochantes et grands décrochements intracontinentaux : exemples continentaux et océaniques. Géométrie, sismicité, thermicité, relief, rôle dans la cinématique.	Les méthodes d'étude de la déformation des roches à toutes les échelles. Les contraintes pression-température ainsi que les méthodes radiochronologiques sont supposées connues.

Convergence de plaques, subduction, obduction, collision et phénomènes associés. Morphologie des panneaux plongeants et leur dynamique. Evolution pétrologique de la lithosphère subduite. Métamorphisme et transfert de fluides. Genèse des magmas en zone de convergence, arcs, arrière arc et collision. Le recyclage mantellique. Subduction et tectonique, bassins arrière arc, cordillères… Mise en évidence et dynamique de l'obduction, les ophiolites et la marge passive chevauchée. Sutures ophiolitiques. Géométrie et cinématique des chaînes de collision. Processus d'épaississement crustal. Rôle du manteau. Métamorphisme et exhumation. Les grands décrochements associés à la collision. Interactions entre processus géodynamiques internes et externes : érosion, climat et orogenèse, genèse des sédiments terrigènes Processus tardi- ou post-orogéniques : équilibre entre forces de volume et forces aux limites, les principales structures mises en jeu, quelques exemples caractéristiques.	Les principaux paramètres qui contrôlent la rhéologie des matériaux lithosphériques et les méthodes de mesure et de modélisation sont également supposés connus. La notion de contrainte est supposée connue et l'analyse quantitative se limitera à l'utilisation du cercle de Mohr Les principes de base de la thermobarométrie doivent être connus. La notion de faciès métamorphique et l'évolution des paragenèses pour les chimies de roches principales font également partie du programme. Les chemins pression-température-temps-déformation seront utilisés pour contraindre l'évolution des édifices géologiques.
Désépaississement lithosphérique dans les chaînes de collision. Érosion et genèse des sédiments terrigènes et chimiques En zone intraplaque : points chauds	L'importance volumique des plateaux océaniques sera soulignée

2 - Le temps en sciences de la Terre : âges, durées et vitesses des processus géologiques

2.1 Chronologie relative, continuité / discontinuité	
- Bases stratigraphiques et sédimentologiques de la chronologie relative - Principes de la biostratigraphie. Notion de taxon et de biozone - Approches physiques et chimiques de la stratigraphie : sismostratigraphie et bases de la stratigraphie séquentielle, rythmostratigraphie,magnétostratigraphie	On se limitera à quelques méthodes de biozonation (macro, micro, nanofossiles) Le traitement des données sismiques n'est pas au programme. On ne traitera pas de l'analyse spectrale des cyclicités sédimentaires
2.2 Géochronologie absolue	
- Radiochronologie	On présentera le principe de la datation à l'aide du couple Rb/Sr et de l'isotope cosmogénique 14C. On étudiera notamment la construction et l'exploitation d'une isochrone Rb/Sr. On se

	limitera à la simple utilisation des couples U/Pb. La diversité des autres couples utilisés et les raisons de leur choix sont l'objet du programme de spécialité
2.3 Synthèse	
- Mise en corrélation des différents marqueurs chronologiques - L'échelle des temps géologiques et la signification des différents types de coupures - Durée et vitesse des phénomènes géologiques: rythmes, cycles et événements	La succession et la durée des ères et des systèmes doivent être acquises, mais la connaissance exhaustive des étages n'est pas requise

3 - L'évolution de la planète Terre

3.1 L'évolution précoce de la planète Terre	
- L'univers et les grandes étapes de la formation du système solaire - Différenciation chimique : formation du noyau et du manteau primitif. Dégazage du manteau, formation de l'atmosphère et de l'hydrosphère primitives - Genèse de la croûte continentale - Particularités de la géodynamique archéenne : flux de chaleur, fusion et composition des magmas (TTG, komatiites)	On se limitera à mentionner l'existence de la nucléosynthèse et les étapes conduisant à la formation de la planète Terre On s'attachera à montrer l'importance des arguments géochimiques et à replacer la genèse de la croûte continentale dans le cadre de l'histoire générale du globe terrestre
3.2 Enregistrements des paléoclimats et des phénomènes tectoniques	
Enregistrements des paléoclimats : aspects minéralogiques, paléontologiques et géochimiques	On se limitera à montrer comment il est possible d'obtenir des informations sur les paléoclimats à partir d'études minéralogiques, paléontologiques et géochimiques
3.3 Les fossiles : témoins de l'évolution biologique et physico-chimique de la Terre	
- Premiers vestiges de l'activité biologique et hypothèses sur l'origine de la vie - Processus de fossilisation - Roches exogènes précambriennes, enregistreurs de l'évolution initiale de l'atmosphère et de l'hydrosphère - Apparition et diversification des eucaryotes. Grandes étapes de la conquête du milieu terrestre et du milieu aérien. Radiations adaptatives et extinctives : corrélation avec les changements de l'environnement. Événements "catastrophiques" dans l'histoire de la Terre ; notion de crise biologique - Reconstitutions de quelques paléo	On s'attachera à partir d'un nombre limité d'exemples, notamment ceux évoqués dans le programme SV à montrer les grandes étapes d'évolution de la biosphère On ne traitera que la limite Crétacé -Tertiaire L'existence des autres crises dans l'histoire géologique du globe ne sera que mentionnée

environnements à partir de biocénoses fossiles et d'ichnofossiles - Origine et évolution des Hominidés	
3.4 Formation et dislocation de la Pangée	
- Accrétion et dispersion des masses continentales - Conséquences : modification de la circulation des enveloppes fluides ; conséquences climatiques et biologiques	
3.5 Le cycle actuel de l'eau	
Notion de réservoir, de flux et principes d'établissement d'un cycle (identification et quantification des processus impliqués)	

4 - Gestion des ressources et de l'environnement

- Ressources minérales : les processus de concentration à l'origine de gisements d'intérêt économique - Ressources énergétiques : matières organiques fossiles, géothermie, minerais radioactifs - Eaux continentales de surface et souterraines	Les méthodes de prospection et d'exploitation ne sont pas au programme
Exploitation et protection des ressources en eau; exemples de pollution - Grands ouvrages et matériaux d'usage courant - Prévision et prévention des risques naturels : les exemples des risques sismiques et volcaniques.	On se limitera au cas des barrages. On distinguera les notions d'aléa et de risque sismique ; la prévention et la gestion des risques seront présentées

Programme de spécialité

Secteur A : biologie et physiologie cellulaires, biologie moléculaire ; leur intégration au niveau de l'organisme

Le programme de spécialité du secteur A porte sur les rubriques 1, 2, 6 et 7 du programme de connaissances générales et sur les 15 thèmes suivants, étudiés de façon approfondie en envisageant le niveau des connaissances et celui des approches méthodologiques et techniques. Cette démarche thématique permet d'approfondir globalement les éléments des rubriques 1, 2 et 6 du programme de connaissances générales sans les reprendre exhaustivement en indiquant à chaque fois les attendus et les limites.

L'approfondissement de certains aspects de la rubrique 7 n'apparaît que pour des questions d'intégration accompagnant le libellé de la définition du secteur.

Interactions moléculaires, cellulaires et tissulaires

(Le terme est pris dans le sens d'une action entraînant une réaction quel que soit le niveau d'étude pris en compte)

1- Régulation de l'expression des gènes : histones, facteurs de transcription, petits ARN.

2- Les voies de signalisations intercellulaires

3- Ca^{2+} et signalisations intracellulaires

4- Les modifications post-traductionnelles : phosphorylations, glycosylations et ubiquitinations

5- Les phytohormones

6- Interactions au sein du système immunitaire humain

7- Interactions cellulaires au cours du développement animal

8- Interactions cellules eucaryotes-contraintes abiotiques (thermiques, osmotiques, hydriques)

Les modifications moléculaires du vivant : origines et applications

9- Éléments génétiques mobiles et plasticité du génome

10- Les virus

11- Les cancers : origines et stratégie thérapeutique

12- Les maladies dégénératives : bases moléculaires et approche thérapeutique

13- Biotechnologies des cellules souches animales (incluant les cellules souches pluripotentes induites)

14- La transgénèse : exemples choisis chez les végétaux et les mammifères

15- Génomique et amélioration végétale

Secteur B : biologie et physiologie des organismes et biologie des populations, en rapport avec le milieu de vie

Le programme de spécialité du secteur B porte sur les rubriques 3, 4, 5 et 7 du programme de connaissances générales et sur les 15 thèmes suivants regroupés en trois domaines et étudiés de façon approfondie en envisageant le niveau des connaissances et celui des approches méthodologiques et techniques. Cette démarche thématique permet d'approfondir certains éléments des rubriques 3, 4 et 5 du programme de connaissances générales sans les reprendre exhaustivement en indiquant à chaque fois les attendus et les limites. L'approfondissement de certains aspects de la rubrique 7 n'apparait que pour des questions d'intégration accompagnant le libellé de la définition du secteur.

Biologie et physiologie intégrative (L'organisme dans son milieu)

1 - Diversité des cycles de vie des parasites ; éléments-clés permettant la réussite du cycle : reproduction, filtres de rencontre et de compatibilité, virulence/avirulence, résistance/sensibilité, favorisation.

2 - Modalités et régulation des échanges gazeux, hydriques et minéraux entre l'organisme et son milieu de vie en conditions déshydratantes.

3 - Les signaux sonores (production, perception, apprentissage) et leur importance biologique : des mécanismes neurophysiologiques aux aspects écologiques.

4 - Fonctions et rythmes saisonniers (cycles de reproduction, passage de la mauvaise saison, induction florale, vernalisation, dormance) : des mécanismes moléculaires aux conséquences écologiques.

5 - La locomotion chez les vertébrés : approche intégrée des aspects morpho-anatomiques, bioénergétiques, mécaniques, écologiques et évolutifs.

Plan d'organisation, phylogénie et évolution

6 - Segmentation et régionalisation du corps : variations anatomiques et fonctionnelles. Rôle des gènes du développement. Intérêt pour comprendre l'évolution des plans d'organisation et les grandes divisions systématiques des métazoaires.

7 - Importance des réarrangements inter et intra génomiques dans les processus évolutifs.

8 - Les espèces domestiquées : domestication et apport à la compréhension des mécanismes de l'évolution.

9 - Évolution expérimentale : des études de terrain aux expériences en laboratoire.

10 **-** L'organisation du milieu intérieur et son évolution.

Écologie fonctionnelle et évolutive

11 - Stratégies et comportements reproducteurs chez les animaux : aspects fonctionnels et évolutifs.

12 - La vie en groupe : états pluricellulaires, organismes coloniaux, groupes sociaux. Aspects fonctionnels, écologiques et évolutifs.

13 - Coévolution hôte-parasite : course aux armements, évolution de la virulence, évolution vers le mutualisme.

14 - La cognition animale : représentations spatiale et numérique, fabrication d'outils, représentation sociale et théorie de l'esprit.

15 - Le phytoplancton océanique : diversité taxonomique, répartition spatiale et temporelle, facteurs de contrôle de la production primaire océanique (facteurs physiques, contrôles ascendant et descendant), caractérisation des différentes zones océaniques, impacts des activités anthropiques.

Secteur C : Sciences de la Terre et de l'univers, interactions entre la biosphère et la planète Terre

Le programme de spécialité comporte le programme de connaissances générales et les quinze thèmes détaillés ci-dessous. Ce programme de spécialité s'appuie sur la connaissance des imageries géophysiques et satellitaires de la Terre interne et externe, ainsi que sur l'utilisation des modèles analogiques et numériques.

1. Géodésie et géodynamique (interne et externe)
2. Les radiochronomètres : choix et limites des méthodes
3. Le traçage isotopique des transferts dans les enveloppes externes
4. Les transitions de phase : mécanismes et conséquences dynamiques
5. Flux et transferts de chaleur dans les enveloppes internes et externes de la Terre
6. La Terre primitive : origine des enveloppes et de la vie
7. Les variations climatiques naturelles du Cambrien à l'actuel
8. Les mécanismes de couplage entre la croûte et le manteau
9. Réservoirs et flux de carbone dans le système Terre
10. Les minéraux utiles
11. Les liens entre climat et dynamique interne
12. Le relief de la Terre
13. Les provinces magmatiques géantes
14. La crise Permien - Trias
15. Les grands bassins salifères : formations, évolutions tectoniques et ressources associées

Programme annexe de questions scientifiques d'actualité

1. Apport de la génétique moléculaire et de la génomique en agronomie et en médecine
2. Comprendre les pandémies pour mieux les gérer. On s'appuiera sur l'étude de quelques exemples (paludisme, grippes).
3. Exploitation durable des ressources géologiques.

4.ÉPREUVES ÉCRITES

4.1 SECTEUR A

4.1.1 Le sujet proposé

Les mouvements et les déformations des cellules

4.1.2 Commentaires

4.1.2.1. Caractéristiques de l'épreuve écrite de secteur A

L'épreuve écrite de secteur A a pour objectif d'évaluer la capacité du candidat à faire une synthèse sur un sujet large portant sur des thèmes du programme de connaissances générales de ce secteur (physiologie humaine, biologie cellulaire, biochimie, biologie moléculaire).
Rédiger une synthèse sur un sujet proposé nécessite :
-d'analyser rigoureusement les termes du libellé du sujet pour délimiter ce sujet
-de faire appel à des connaissances de l'échelle cellulaire (voire tissulaire) à l'échelle moléculaire, intégrant des données structurales et fonctionnelles
-de sélectionner les notions fondamentales à aborder (elles pourront constituer de grandes parties du devoir) et de choisir des exemples pertinents (faits scientifiques, expériences,…) pour illustrer ces notions
-de faire preuve de méthode pour construire son devoir le plus possible en suivant une démarche de sciences expérimentales (commencer plutôt par les observations, les faits expérimentaux qui ont permis d'établir les différents modèles actuels)
-de maitriser et être capable d'exposer de façon succincte les principes de technique d'étude à l'échelle cellulaire et moléculaire
-de faire des schémas de taille raisonnable (au minimum I/2 page A4 par schéma), apportant des informations de natures structurale et fonctionnelle, éventuellement à différentes échelles (voir en annexe 1 quelques exemples de bons schémas de ce type tirés de copies)
-de s'exprimer de façon claire, précise et concise en ayant toujours le souci d'utiliser un vocabulaire adéquat

La copie devra comporter une introduction dans laquelle les termes du sujet sont définis clairement, un questionnement est énoncé et un fil directeur est proposé pour répondre à ce questionnement. Le fil directeur permet au candidat de structurer sa composition en parties qui s'enchaînent de façon cohérente. Les transitions (une phrase suffit le plus souvent) aident le lecteur à comprendre cet enchaînement et valorisent en général la copie.
Tout au cours de la rédaction du devoir, le candidat devra toujours veiller à rester « dans le cadre du sujet » et ne pas se laisser aller à des longueurs qui sortent de ce cadre, sans s'être vraiment rendu compte qu'il en était sorti, d'ailleurs. Cela arrive lorsqu'un candidat utilise un exemple initialement pertinent mais le développe excessivement : dans le sujet de cette année, par exemple, des candidats ont choisi d'illustrer les déformations cellulaires avec l'exemple de la cytodiérèse animale mais, dans leur « lancée », nous détaillait les différentes étapes de la mitose, sans relation avec le sujet.
Un bon équilibre entre schémas et texte doit permettre au candidat de présenter efficacement des expériences, éventuellement les principes de techniques, des observations et les modèles des phénomènes, mécanismes, concepts…abordés. Chaque schéma doit comporter un titre et l'utilisation de couleurs (avec un code explicite) est fortement conseillée.
La conclusion est nécessaire pour récapituler de façon concise les idées fortes développées dans le devoir et ouvrir à d'autres domaines de la biologie, c'est la partie du devoir où le candidat peut, et même doit faire du « hors-sujet » en intégrant le sujet dans des problématiques plus larges.
Produire un tel devoir en 5 heures est un exercice difficile qui exige une très bonne maîtrise des notions fondamentales, la connaissance précise d'exemples pertinents, la capacité à faire des choix et à organiser ces connaissances selon un fil directeur et une méthode pour gérer efficacement les 5 heures de l'épreuve.

4.1.2.2. Commentaires spécifiques sur le sujet

1. Peu de hors-sujet, de gros oublis

Le sujet s'intitulait « Les mouvements et les déformations des cellules », il s'agissait donc de traiter des déplacements et des déformations du système « cellule ». Les mouvements intracellulaires (trafic vésiculaire, déplacement des chromosomes lors des divisions cellulaires,…) n'étaient donc pas à aborder. Ce fut le thème « hors sujet » le plus fréquent et quasiment le seul observé dans certaines copies.
En revanche, des aspects essentiels furent oubliés dans trop de copies. Ainsi, les aspects énergétiques ne furent pas toujours traités ou bien de façon trop superficielle, sans poser la question du mécanisme de la conversion énergétique, avec mise en jeu de protéines spécialisées : les moteurs moléculaires. Les contrôles des mouvements et déformations (qu'est-ce qui déclenche, limite, favorise, arrête les mouvements et déformations des cellules ?) ont également été trop souvent oubliés.

2-Une problématique souvent absente ou peu pertinente.

Certaines rares copies ont traité successivement les mouvements et les déformations des cellules en énumérant des exemples de situations biologiques mettant en jeu mouvements ou déformations : c'est faire une analyse (et encore peu approfondie) et non pas une synthèse comme cela est demandé et ces copies sont forcément médiocres. Il devait au moins apparaître clairement des aspects communs aux mouvements et déformations des cellules : mise en jeu du cytosquelette et de sa dynamique, conversion d'énergie chimique en énergie mécanique, contrôle par l'environnement cellulaire,…
D'autres copies présentent un fil directeur « mise en jeu des mouvements et déformations au cours du développement de l'organisme », pourquoi pas, mais très souvent finalement la seule différence avec les copies citées précédemment est que la succession des exemples cités n'apparaît plus aléatoire mais se fait selon un ordre chronologique au cours de la vie de l'organisme. Ce type de fil directeur ne permettait pas toujours de mettre an avant les aspects communs aux processus de mouvements et déformations.

Des questionnements du type « les mouvements et déformations sont-ils toujours actifs ? Un mouvement cellulaire implique-t-il toujours une déformation ? y-a-t-il des phénomènes de déformations cellulaires sans déplacement de la cellule ? Quelles fonctions biologiques ces mouvements et déformations permettent-ils, ou dans quelles fonctions peuvent-ils être mis en jeu ?... » débouchaient sur des fil directeur et plans plus pertinents.
La grille d'items utilisés pour la notation des copies présentée en fin de ce rapport (EXTRAIT DE LA GRILLE DE NOTATION) ne constitue en aucun cas un plan, cependant la hiérarchisation des items pourra aider à organiser des connaissances à l'intérieur d'un grand thème. Il reste à choisir des exemples pour compléter cette grille.

3-Trop peu de démarche expérimentale

Les copies sont très décevantes de ce point de vue alors que de nombreux exemples d'observations, de résultats expérimentaux pouvaient être donnés : suivi de déplacement/déformation cellulaire par videomicroscopie, analyse du cytosquelette mis en jeu dans les mouvements/déformations de cellules vivantes par fluorescence (utilisation de protéines de fusion marquée par la GFP, technique de manipulation de l'intensité de fluorescence en fonction du temps de type FRAP,…) pour les méthodes récentes d'étude de cellules vivantes et de dynamique du cytosquelette. Des expériences plus classiques et anciennes de mise en évidence, par exemple d'un déplacement orienté (bactéries vers une source de glucose, spermatozoïdes vers l'ovule,…) ne sont pas fréquentes non plus.

4-Des connaissances souvent trop approximatives, sans précisions au niveau moléculaire

« Ne pas être exhaustif » ne signifie pas « être approximatif » : ne pas être exhaustif signifie qu'on se limite dans les exemples abordés, en revanche, les exemples et notions abordés doivent l'être de façon précise et sans confusion. Par exemple, si la contraction musculaire est traitée comme exemple de déformation, il est nécessaire d'exposer précisément la constitution du matériel contractile (sans confondre les myofilaments d'actine et de myosine) ainsi que le mécanisme de la déformation d'un

sarcomère (raccourcissement du sarcomère par glissement des myofilaments et non par raccourcissement de ces myofilaments). Mieux vaut exposer quelques exemples pertinents de façon juste et précise que d'énumérer de nombreux exemples de façon superficielle et sans argumentation au niveau moléculaire.
Quand le candidat se contentait de l'approximation, il ne parvenait pas à expliquer une observation ou argumenter un phénomène, il en restait à l'étape descriptive sans aller jusqu'à l'étape « mécanistique ». La compréhension du phénomène de déformation des cils ou flagelles nécessite par exemple de montrer que les doublets de microtubules sont solidaires, sans quoi l'activité des dynéines n'induirait pas un mouvement de flexion du cil ou flagelle.
Très peu de copies présentent des données quantitatives : valeurs de vitesse de déplacement, ordre de grandeur de taille d'éléments du cytosquelette, consommation énergétique lors d'un mouvement ou d'une déformation cellulaire,…et cela manque cruellement dans un devoir de sciences expérimentales.

5- Manque d'aspects dynamiques au niveau moléculaire

La majorité des copies abordent l'aspect dynamique à l'échelle cellulaire mais très rarement à l'échelle moléculaire. Par exemple, les données sur l'assemblage et le désassemblage des microfilaments d'actine mis en jeu lors de l'extension de pseudopodes au cours du déplacement des cellules par reptation sur un substrat (mouvement de type amiboïde) permettent d'expliquer au niveau moléculaire cette observation à l'échelle cellulaire.
Il n'est évidemment pas possible de faire cette approche au niveau moléculaire pour tous les phénomènes abordés mais, là encore mieux vaut prendre le temps suffisant pour développer un exemple au niveau moléculaire que d'énumérer une diversité d'exemples redondants qui n'apportent pas d'information supplémentaire en terme de concepts.

6- Des exemples variés dans une majorité des copies

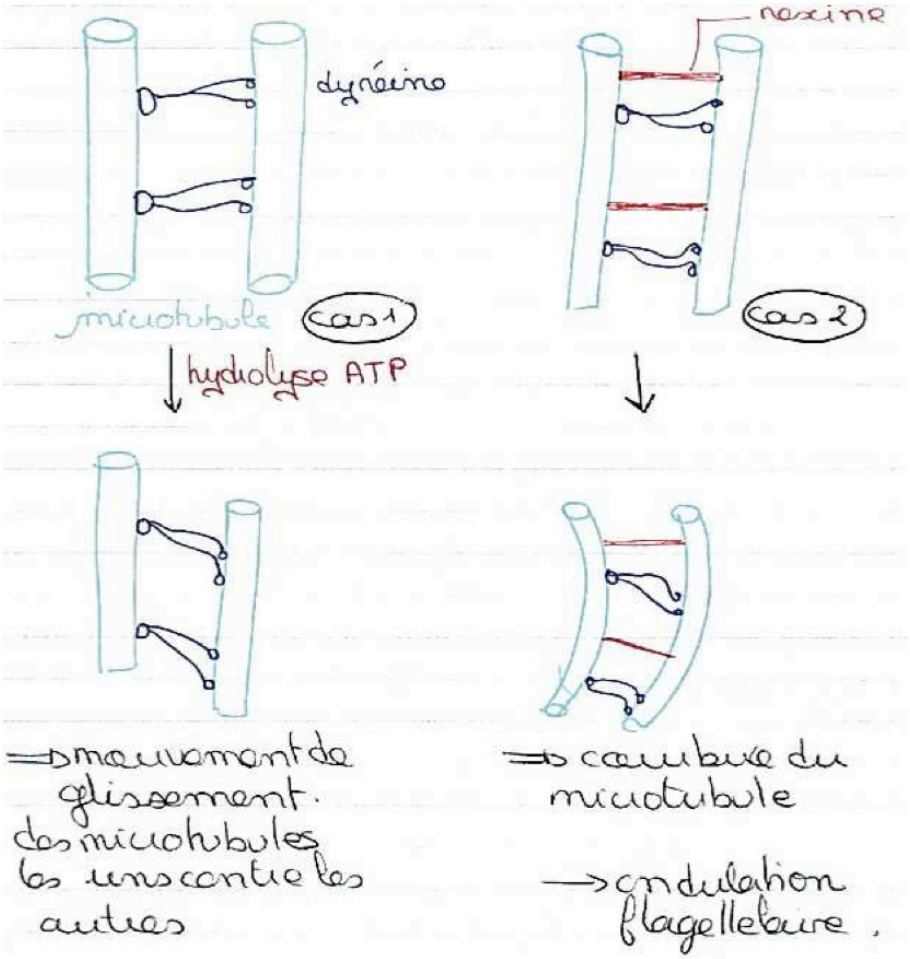
Nous avons remarqué dans les copies conséquentes que les exemples choisis n'étaient pas cantonnés au monde animal, mais étaient puisés aussi chez les végétaux ou plus rarement les bactéries.

7- Une forme de bonne qualité en moyenne

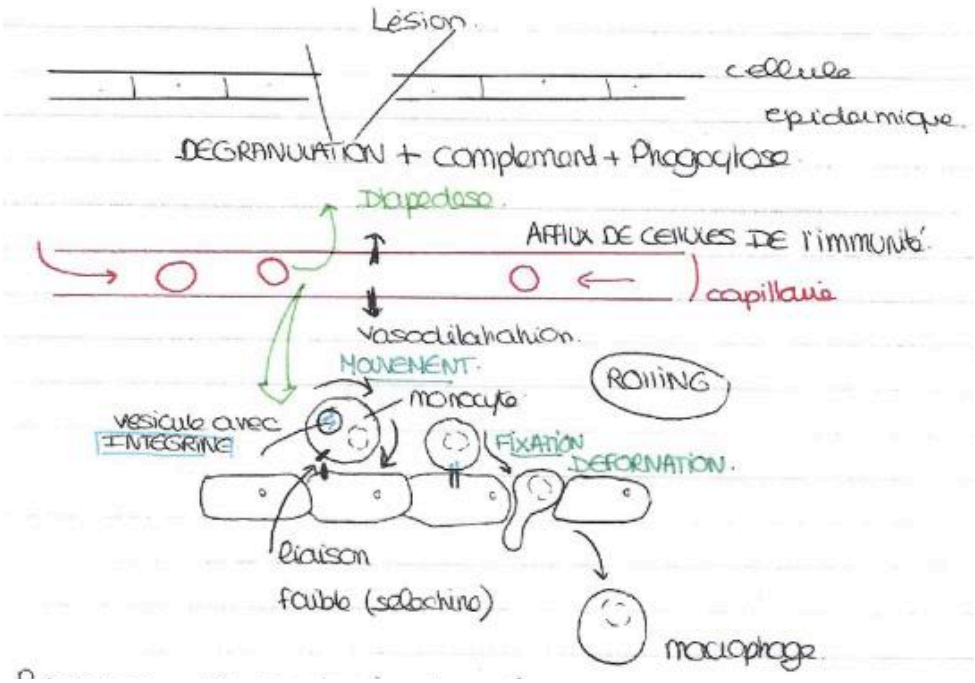
Dans l'ensemble, les copies présentent un plan apparent et des schémas. Cependant ces schémas ne sont pas toujours assez informatifs : par exemple, représenter un cil par un trait ancré dans une membrane plasmique constitue une perte de temps. Le candidat doit économiser ses schémas en privilégiant les schémas fonctionnels.
La qualité de l'orthographe, sauf exception, est bonne et le jury y est sensible puisqu'il recrute de futurs enseignants qui seront amenés à écrire au tableau sans fautes.
De nombreux candidats doivent encore progresser dans la rigueur et la concision de leur expression écrite, c'est certainement par la lecture scientifique et l'entrainement à rédiger que cela peut se faire.
Ces commentaires concernent une majorité de copies parmi lesquelles certaines présentent même un très faible niveau scientifique (on a noté des erreurs grossières sur l'organisation fonctionnelle de la fibre musculaire striée squelettique par exemple) voire une absence de structure (ni introduction, ni plan, ni conclusion), ce qui n'est pas admissible pour ce type d'épreuve.
Nous tenons à souligner qu'une minorité de candidats parvient à faire d'excellentes copies, très agréables à lire, qui témoignent d'un très bon recul vis-à-vis de l'ampleur des connaissances acquises, d'une compréhension remarquable du fonctionnement du vivant et forcément d'un entraînement à produire en 5 heures un devoir sur un sujet de synthèse.

4.1.3 Eléments de correction

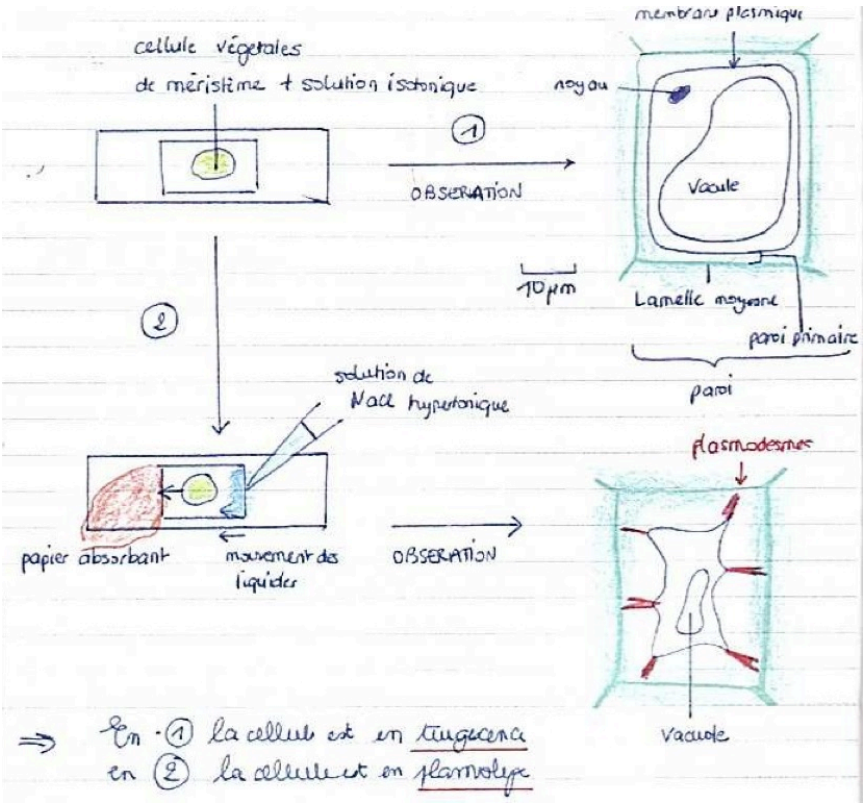
EXEMPLES DE SCHÉMAS FONCTIONNELS (tirés de copies)



analyse schématique de l'origine de l'ondulation flagellaire



EXEMPLES DE SCHÉMATISATION D'EXPÉRIENCES (tirés de copies)





EXTRAIT DE LA GRILLE DE NOTATION

CADRAGE DU SUJET/INTRODUCTION	Entrée en matière	du mouvement à l'échelle de l'organisme, de l'organe au mouvement à l'échelle cellulaire (exemple concret)-déplacement des Unicellulaires dans leur milieu de vie,...		
	définitions	mouvement cellulaire		
		déformation cellulaire		
		mobilité vs motilité cellulaire		
		cellules (Eucaryotes et Procaryotes)		
	Limites du sujet	*mouvements des organites à l'intérieur des cellules(=motilité intracellulaire) HS*-**Les mouvements et/ou les déformations des cellules (au sens large)**		
	Problématique	nécessité /enjeux des mouvements et déformations des cellules des organismes vivants-modalités des mouvements et déformations -convesion énergie chimique/énergie mécanique (si motilité)-contrôle des mouvements et déformations,…		
	Annonce plan			
DÉPLACEMENT DES CELLULES	NAGE DES CELLULES EN MILIEU LIQUIDE	Fonctions assurées	locomotion des unicellulaires	
			reproduction/sexualité	
		Diversité des mouvements de nage	nage des cellules ciliées	
			nage des cellules flagellées	cellule Eucaryote (diversité de mouvements des flagelles)
				cellule Procaryote
			vitesses de déplacement	
		Cytosquelette et protéines associées mises en jeu dans le fonctionnement des cils et flagelles de cellules Eucaryotes	Organisation structurale cil/flagelle : prolongements de mb pl.soutenus par axonème constitué de paires de microtubules-ancrage par corps basal	
			Structure moléculaire du microtubule	
			Protéines associées aux microtubules et leurs fonctions (dans les cils et flagelles)	
		Mécanisme du mouvement de l'axonème	par glissement des paires de microtubules sous la poussée de dynéines (sans détail mol.conversion énergétique)-expliquer la flexion	
		Conversion énergétique par protéine moteur moléculaire	notion de protéine moteur moléculaire (déf)	
			activité ATPase	
			domaine fixe /domaine mobile	
			coup de force: couplage hydrolyse ATP/ modifications de conformation	
		Le flagelle bactérien	structure (cylindre protéique ancré dans membrane plasmique par moteur flagellaire)	
			fonctionnement	
	MIGRATION DES CELLULES SUR SUBSTRAT PAR REPTATION	Fonctions assurées	déplacement d'Unicellulaires dans leur milieu de vie	
			différenciation cellulaire,	
			migration cellules isolées au cours developpement emb	
			mouvements morphogénétiques lors gastrulation	déroulement gastrulation
				déformation des cellules en bouteille
				extension convergente
			défenses immunitaires	passage actif des lymphocytes entre système sanguin et système lymphatique (paroi
				déplacement des macrophages dans les tissus
				sortie de neutrophiles du sang vers tissu sur site d'infection
				phagocytose
			cicatrisation/réparation tissulaire	par migration de fibroblastes
			angiogenèse	par migration des cellules endothéliales
		Déroulement du mouvement de migration d'une cellule sur substrat (MEC)	Processsus migratoire en 3 étapes: extension de pseudopodes à l'avant, adhérence au substrat et contraction/dé-adhésion de la région postérieure	
			vitesses de la migration	
			Cytosquelette des pseudopodes	

<table>
<tr><td rowspan="15">DÉPLACEMENT DES CELLULES</td><td rowspan="11">MIGRATION DES CELLULES SUR SUBSTRAT PAR REPTATION</td><td rowspan="6">Extension de lamellipodes , pseudopodes: processus de déformation cellulaire par dynamique des filaments d'actine</td><td rowspan="4">Mécanisme de la déformation</td><td>Organisation mol.filament d'actine</td></tr>
<tr><td>Dynamique d'un filament d'actine (nucléation, assemblage/désassemblage, extrémités + et -)</td></tr>
<tr><td>Allongement orienté des filaments d'actine</td></tr>
<tr><td>Rôles des protéines associées</td></tr>
<tr><td rowspan="2">conversion énergétique</td><td>activité ATPase de l'actine</td></tr>
<tr><td>dynamique des filaments d'actine/hydrolyse d'ATP</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Adhérence au substrat du lamellipode</td><td rowspan="2">par contacts focaux</td><td>organisation d'un contact focal</td></tr>
<tr><td>dynamique du contact focal</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Contraction et dé-adhésion de la région postérieure</td><td colspan="2">mise en jeu d'interaction filaments actine/myosine</td></tr>
<tr><td colspan="2">traction de la région postérieure et rupture des contacts focaux</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Coordination des étapes</td><td colspan="2">nécessité de coordination</td></tr>
<tr><td colspan="2">mise en jeu de GTPases de la famille Rho-modèle de la voie de signalisation intracelluaire</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Mouvements orientés et leur contrôle</td><td rowspan="3">Orientation des mouvements</td><td colspan="2">Mise en évidence d'une orientation du mouvement</td><td>bactérie vers source de glucide (expérience), neutrophile/bactéries Dictyostelium,…</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Chimiotactisme</td><td colspan="2">définition</td></tr>
<tr><td rowspan="3">mécanisme de base dans le cas de migration sur substrat</td><td>récepteurs membranaires aux chimiokines</td></tr>
<tr><td>conséquence de l'interaction récepteur/chimiokine</td></tr>
<tr><td>réponse: déplacement vers la source de chimiokines</td></tr>
<tr><td colspan="2">système complexe</td><td>combinaison de chimiokines</td></tr>
<tr><td>Déclenchement, modulation, Arrêt mouvements</td><td>Phototaxie ou autre ex. de taxie</td><td colspan="2">définition</td></tr>
<tr><td colspan="4">déclenchement par adhérence cellule/cellule (via sélectines)</td></tr>
<tr><td colspan="4">hyperactivation spz par capacitation (Mammifères)</td></tr>
<tr><td colspan="4">guidage par molécules de MEC</td></tr>
<tr><td rowspan="8">MOTILITÉ SANS DÉPLACEMENT DES CELLULES</td><td rowspan="8">Déplacement du fluide environnant par la motilité de cellules épithéliales ciliées</td><td colspan="4">Caractéristique du mouvement: une partie de la cellule en mouvement: la ciliature</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Nature du fluide environnant l'épithélium</td><td colspan="2">milieu de vie de l'organisme aquatique</td></tr>
<tr><td colspan="2">fluide sécrété par l'épithélium</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Mécanisme du mouvement de la ciliature</td><td>Cytosquelette et protéines associées mises en jeu dans le fonctionnement des cils et flagelles de cellules Eucaryotes</td><td rowspan="3">voir au dessus</td></tr>
<tr><td>Mécanisme du mouvement de l'axonème</td></tr>
<tr><td>Conversion énergétique par protéine moteur moléculaire</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Fonctions assurées</td><td colspan="2">convection d'un fluide mis en jeu dans des échanges (respiratoires,…)</td></tr>
<tr><td>transport de particules</td><td>particules alimentaires
cellules</td></tr>
<tr><td colspan="2">déterminisme de l'asymétrie droite/gauche au cours développement embryonnaire</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="20">MOTILITÉ SANS DÉPLACEMENT DES CELLULES</td><td rowspan="15">Déformation par Contraction</td><td colspan="2">Définition de contraction celluliare</td><td colspan="2">Mise en jeu et interaction de filaments stabilisés d'actine et de myosine</td></tr>
<tr><td rowspan="14">Contraction des cellules musculaires</td><td rowspan="3">Cytosquelette et protéines associées mises en jeu dans la contraction</td><td colspan="2">myofilaments d'actine (avec moléculles associées) stabilisés-myofilaments myosine</td></tr>
<tr><td rowspan="2">organisation du système contractile</td><td>cellule musculaire striée</td></tr>
<tr><td>cellule musculaire lisse</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Mécanisme de la contraction dans une cellule musculaire striée</td><td colspan="2">raccourcissement du sarcomère par glissement actine/myosine</td></tr>
<tr><td colspan="2">mécanisme du glissement</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Conversion énergétique par protéine moteur moléculaire: la myosine</td><td>consommation d'ATP-moteur moléculaire est la myosine</td></tr>
<tr><td>conversion énergétique par la protéine moteur moléculaire</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Fonctions assurées (intégration à l'organe)</td><td>motricité somatique</td><td>raccourcissement du muscle permet mouvement</td></tr>
<tr><td rowspan="4">motricité de paroi d'organes creux</td><td>pompe cardiaque</td></tr>
<tr><td>vasomotricité</td></tr>
<tr><td>motricité du tube digestif</td></tr>
<tr><td>motricité de l'utérus</td></tr>
<tr><td rowspan="2">commande de la contraction</td><td>signaux extracellulaires déclenchent une variation de pot.mbaire</td><td>chimiques (neuromédiateurs, hormones)</td></tr>
<tr><td>calcium:couplage signal extracellulaire/appareil contractile</td><td>mise en jeu du calcium</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Autres déformations par contraction</td><td colspan="2">Mise en jeu d'un anneau contractile</td></tr>
<tr><td colspan="2">Contraction pôle apical de cellules épithéliales/invagination tissu</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Autres modalités de motilité</td><td rowspan="4">turgescence/ plasmolyse chez cellules végétales</td><td rowspan="2">Mécanisme</td><td colspan="2">Flux hydriques (création de gradient ioniques par action de pompe et osmose) et déformation par modification volume cytosol/vacuole</td></tr>
<tr><td colspan="2">rôle de la paroi pecto-cellulosique</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Fonctions</td><td colspan="2">croissance cellulaire</td></tr>
<tr><td colspan="2">homéostasie hydrique</td></tr>
<tr><td>contrôle</td><td colspan="2">un exemple</td></tr>
<tr><td colspan="3">exocytose/endocytose (limiter à surface cellulaire)</td></tr>
<tr><td colspan="3">projection de pili chez bactéries</td></tr>
<tr><td>MOUVEMENTS/DÉFORMATIONS PASSIFS</td><td colspan="4">déplacement de stéréocil par mouvement du milieu intérieur</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">déplacement de cellules en suspênsion dans liquide convectif</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">déformation cellulaire passive</td></tr>
<tr><td>CONCLUSION</td><td colspan="4">synthèse des informations</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">ouverture: mouvements intracellulaires, …</td></tr>
<tr><td rowspan="5">ÉLÉMENTS TRANSVERSAUX FOND</td><td colspan="4">démarche (assez expérimentale, pas trop dogmatique)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Aspects pratiques</td><td rowspan="3"></td><td>technique 1</td><td rowspan="3">détection par IF, suivi par videomicroscopie,</td></tr>
<tr><td>technique 2</td></tr>
<tr><td>technique 3</td></tr>
<tr><td>pathologies associées</td><td colspan="3">mutations qui touchent le système cilié, anomalie de migration (métastases cancéreuses), drépanocytose, myopathies,…</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">BONUS: exemple pertinent hors barême, construction exceptionnelle</td></tr>
<tr><td rowspan="5">FORME</td><td rowspan="2">Illustrations</td><td colspan="3">qualité</td></tr>
<tr><td colspan="3">quantité (seuil qualité)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">expression écrite</td><td colspan="3">clarté, concision</td></tr>
<tr><td colspan="3">orthographe (grammaticale, lexicale)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">qualité organisation idées/construction d'ensemble</td><td colspan="3">logique et clarté du plan</td></tr>
<tr><td colspan="3">transitions pertinentes</td></tr>
</table>

4.2 SECTEUR B

4.2.1 Le sujet proposé

La lumière et les êtres vivants (on n'abordera pas la lumière comme source d'énergie)

4.2.2 Commentaires

Le sujet était un sujet classique de biologie et de physiologie des organismes. Il avait pour objectif de stimuler la réflexion des candidats sur un aspect important des interactions entre les organismes et leur environnement biotique et abiotique. Le premier aspect de cette réflexion se devait d'intégrer de façon synthétique les principes de la perception, de l'intégration, et du traitement des signaux lumineux aussi bien au niveau moléculaire et cellulaire qu'à l'échelle de l'organisme. Dans ce cadre, les diverses adaptations à des environnements lumineux et les convergences évolutives associées devaient occuper une place importante dans le devoir. Le deuxième aspect du sujet auquel les candidats étaient invités à réfléchir concernait l'importance des signaux lumineux dans les relations entre organismes aussi bien au niveau intraspécifique qu'interspécifique.
Il est apparu que beaucoup de candidats n'ont pas pris la mesure de l'étendue du sujet et se sont limités à la description de quelques structures impliquées dans la réception des signaux lumineux chez les animaux et à quelques réponses des végétaux à la lumière. Dans le même ordre d'idée, beaucoup de candidats limitent leur réflexion quasi exclusivement aux vertébrés alors que l'étude des structures photoréceptrices dans d'autres groupes animaux permettait de dégager convergences et analogies dans le cadre d'une problématique évolutive.
Au sein de chacun des paragraphes traités, on attend un bon niveau de précision dans les exemples exposés ainsi qu'un bon niveau d'explication des phénomènes cités, développant de réelles démonstrations scientifiques. Beaucoup trop de candidats se limitent à une énumération, parfois redondante, d'exemples sans conceptualisation biologique et sans fil conducteur dans les idées développées. Ainsi, par exemple, il était important de mettre en évidence que les yeux camérulaires des vertébrés comme les ommatidies des insectes permettent la formation d'une image, contrairement aux ocelles des plathelminthes. Il semble également que le traitement très partiel du sujet a été dû dans de nombreux cas à de très grosses lacunes dans les connaissances des candidats et il est rare que l'ensemble des étapes soit clairement et précisément décrit. Par exemple, les pigments photorécepteurs sont fréquemment cités, du moins certains d'entre eux, mais souvent cela s'arrête là, avec tout au plus une vague indication d'un changement de conformation entre deux photoformes par exemple. Bien sûr un certain nombre de copies échappent à ce travers et sont de meilleure qualité, les candidats ayant pris soin de mieux expliciter les mécanismes, à l'échelle moléculaire en particulier. De façon générale, le fond scientifique reste malheureusement bien faible. Enfin, la précision des exemples (avec nom d'espèce et détails) est nécessaire, mais malheureusement beaucoup trop rare. Ce manque d'exemples fait cruellement défaut pour le développement de certaines parties (par exemple pour pouvoir parler correctement du rôle de la lumière dans les interactions entre êtres vivants, sans rester dans des considérations trop théoriques).
Le jury a un certain nombre d'attentes sur les thèmes à traiter dans le sujet mais il est avant tout attentif à l'aspect démonstratif du devoir, à la logique et à la précision de l'argumentation. Les correcteurs sont tout à fait ouverts à des idées et des argumentations originales dès lors que celles-ci sont justifiées. Les paragraphes qui suivent constituent de brefs commentaires sur les attendus du jury et font référence aux thèmes de la grille de correction telle qu'elle est présentée ci-dessous.

4.2.2.1 L'introduction

L'introduction est une partie importante, malheureusement souvent pauvre, ce qui traduit probablement une précipitation des candidats à se lancer dans le devoir avant même d'en avoir défini les contours. Elle doit présenter le contexte biologique dans lequel s'inscrit le sujet et formuler de façon claire la problématique qui justifie et oriente les développements du devoir. Cette problématisation, si elle ne se borne pas à une question très générale reprenant juste le sujet proposé, doit éviter aux candidats d'énumérer leurs connaissances avec des exemples redondants

sans que les questions biologiques apparaissent. Cette réflexion initiale retranscrite en introduction est indispensable pour réaliser une présentation scientifique argumentée.
L'introduction est également la partie où les termes du sujet sont définis et les limites du sujet commentées afin que le lecteur comprenne d'emblée de quoi il va s'agir tout au long de la copie. Cette définition des termes doit permettre au candidat d'amorcer sa réflexion et doit déboucher sur une discussion de la problématique, plutôt que d'être un passage obligé et formaté de l'introduction. Ainsi, pour le sujet « La lumière et les êtres vivants. Limite : on n'abordera pas l'utilisation de la lumière en tant que source d'énergie » quelques remarques peuvent être faites :
- L'expression « êtres vivants » ne nécessitait pas de longues explications mais il était attendu que l'extrême diversité des organismes entrant dans le champ d'investigation des candidats soit mentionnée. Il était possible, si le choix était argumenté, de limiter le sujet aux pluricellulaires même si des structures photoréceptrices existent chez certains unicellulaires eucaryotes ou chez les cyanobactéries.
- le terme lumière nécessitait en revanche d'être défini précisément. Une rapide approche historique de ce qu'est la lumière aurait été appréciée mais n'a quasiment jamais été évoquée dans les copies. Quoiqu'il en soit, la notion de photon, ou d'onde électromagnétique était attendue ainsi qu'une discussion sur les longueurs d'ondes considérées dans le devoir. Les ultraviolets proches, perçus par certains organismes, entraient à l'évidence dans le sujet mais la considération des infrarouges était plus discutable. De trop nombreux candidats ne maîtrisent pas ces notions élémentaires et le jury s'est étonné de trouver des spectres de la lumière visible par l'homme inversés ou des définitions erronées des infrarouges et ultraviolets. Il semble ici nécessaire de rappeler encore une fois que les bases physico-chimiques sous-tendant le fonctionnement du vivant se doivent d'être connues et maîtrisées par les candidats.
- l'exclusion de la lumière en tant que source d'énergie du sujet était très explicite et les aspects de l'utilisation de la lumière dans les processus photosynthétiques comme les considérations sur la lumière comme source de chaleur étaient hors du champ du devoir. En revanche, les nombreuses adaptations des plantes à leur environnement lumineux, qui permettent la mise en place d'un appareil photosynthétique efficace, étaient importantes à aborder dans le devoir. Un certain nombre de candidats ont traité partiellement (voire totalement) les aspects énergétiques de la lumière, ce qui les a conduit à expliciter la photosynthèse chloroplastique. Il semble que certains aient également confondu, ou voulu lier, lumière et température, ce qui conduit le discours à dévier vers des aspects calorifiques liés au rayonnement solaire et sur la répartition des biomes au niveau du globe, ce qui était évidemment hors sujet.

4.2.2.2 Les attendus du développement

Notions de physique

Un devoir traitant de la lumière et les êtres vivants ne pouvait pas faire abstraction de quelques propriétés physiques de la lumière importantes pour la perception ou l'émission de lumière par les organismes. Peu de candidats ont pourtant abordé ces notions élémentaires de physique et certaines données erronées ont fortement surpris le jury (vitesse de la lumière de l'ordre de la centaine de m.s-1). Parmi ces notions peu ou maladroitement abordées figurent les principes physiques de la fluorescence et de la luminescence. Les définitions de l'absorption, la réflexion, la réfraction ou la diffraction n'ont en général pas non plus été mentionnées alors que ces phénomènes physiques sont à l'origine des couleurs (chimiques ou structurales) des êtres vivants. De même la polarisation de la lumière, perçue par des organismes très variés et qui constitue un signal informatif sur l'environnement a été très peu mentionnée. On peut également noter que seule une petite poignée de copies est capable de préciser en quoi le cristallin est une lentille convergente.

Photobiologie

La lumière reçue par les organismes est un signal informatif complexe sur l'environnement abiotique et biotique dans lequel ils se trouvent. La lumière perçue par les organismes varie en termes d'intensité, de qualité spectrale, d'orientation ou de photopériode. Cette notion a souvent été traitée de façon parcellaire et très peu conceptualisée à l'occasion de l'exposé de quelques exemples particuliers. Ainsi les rythmes circadiens et circannuels de l'éclairement n'ont que trop rarement été abordés sous les angles de la synchronisation des rythmes biologiques avec l'environnement et de l'adaptation à des variations prédictibles. Le phototropisme et la germination photosensible des graines, très souvent décrits de façon satisfaisante, ont rarement été abordés dans un contexte

écologique avec les variations de l'éclairement associé (remontée des stocks de graines à la surface par exemple).

Réception et perception de la lumière

Cette partie du devoir devait être abordée au niveau moléculaire avec les pigments photorécepteurs et les voies de transduction du signal, au niveau cellulaire avec ou sans structures spécialisées, au niveau des organes spécialisés lorsque ceux-ci existent, et enfin au niveau de l'organisme avec les voies de transmission intégrées des signaux. Cette partie était très conséquente et devait être traitée de façon synthétique en évitant la redondance des exemples. Ainsi, la description d'un pigment photorécepteur avec ses doubles liaisons conjuguées suffisait et un inventaire de tous les pigments connus des candidats était superflu. De même, la description d'une cellule photoréceptrice (de la rétine par exemple) et celle d'un organe photorécepteur (l'œil de mammifère par exemple) étaient nécessaires et les autres structures existant dans d'autres groupes d'organismes devaient être mentionnées dans un cadre comparatif (cellules spécialisées ou non, organes permettant ou non la formation d'une image). Les mécanismes d'intégration neurophysiologiques au niveau du cerveau humain étaient attendus et un choix parmi différents exemples permettait d'illustrer la transmission hormonale du signal (mélatonine et rythmes circadiens chez l'homme, phytohormones dans le phototropisme ou l'étiolement). Le rôle de la lumière dans le contrôle des rythmes circadiens et le fonctionnement des rythmes saisonniers avec l'exemple du contrôle photopériodique de la floraison et le principe de coïncidence externe ont été appréciés.

Cette partie a été traitée dans la majorité des copies mais les différents niveaux sont rarement tous présents et les grands principes neurophysiologiques de la vision sont mal maîtrisés. Par ailleurs, dans cette partie, un défaut majeur et récurrent des copies est l'absence de détail moléculaire précis.

Le jury déplore l'approche triviale et fausse des aspects évolutifs de certains items du sujet. Un sujet de biologie sur les êtres vivants se doit d'aborder autre chose que l'Homme, et de dépasser la physiologie humaine pour traiter de physiologie "comparée". Cela était justement possible au sujet de l'œil. La comparaison avec la perception chez les végétaux est pratiquement toujours absente, mais la comparaison entre structures animales de perception de la lumière fait également trop souvent défaut. Lorsque cette comparaison est présente, la notion de convergence est très rarement abordée, et il existe des copies, trop nombreuses, où une vision naïve de l'évolution de l'œil correspondant à une complexification croissante de l'organe allant, pour simplifier, des méduses à l'Homme en passant par l'œil composé des insectes. Ceci augure mal du traitement de l'évolution chez de futurs professeurs.

En termes de maîtrise des connaissances, il est tout à fait inacceptable que la très grande majorité des candidats ne soient pas capables de dessiner une coupe sagittale d'un œil de vertébré et d'en expliquer le fonctionnement basique. Certains candidats ont même confondu le cristallin avec la rétine ou la pupille, la fovéa avec la tache aveugle, les cônes avec les bâtonnets. Il est d'ailleurs notable que les candidats soient plus à l'aise dans l'exposé de la structure de la rétine que dans la constitution de l'œil. Si le sujet demandait de descendre à l'échelle cellulaire voire moléculaire, il est déplorable que de trop nombreux candidats ne maîtrisent pas la structure et fonction de l'organe. De même il est surprenant qu'une trop petite minorité de copies soit capable de restituer le schéma d'interconversion du phytochrome avec les bonnes longueurs d'onde (même simplement rouge clair et rouge sombre) et de préciser laquelle des formes est la forme active.

Beaucoup de devoirs étaient réduits à ces aspects de physiologie avec des énumérations rapidement redondantes de structures impliquées dans la photoperception. Le jury tient à rappeler que les notions abordées ne doivent pas seulement être citées mais expliquées dans leurs principes et dans leurs intérêts biologiques et physiologiques. Les correcteurs cherchent en effet à évaluer les capacités pédagogiques des candidats plus qu'à valider un catalogue de connaissances.

Les adaptations à l'environnement lumineux

Le jury regroupe dans ce chapitre les adaptations physiologiques des organismes aux conditions d'éclairement et les aspects évolutifs ayant abouti à l'adaptation de certaines espèces à des milieux présentant des caractéristiques d'éclairement particulières.

Le premier aspect, celui des adaptations physiologiques, a en général été abordé. Les exemples pouvaient essentiellement être tirés du monde végétal et de la photomorphogenèse, mais également de certains aspects du développement des insectes ou du métabolisme chez l'homme (pigmentation, action des UV dans la synthèse de la vitamine D à partir du cholestérol, si elle est présentée de façon correcte). Là encore, les exemples ont rarement été choisis pour l'illustration d'une idée mais souvent développés au sein d'un catalogue non structuré. Le jury tient à rappeler que l'explication du contexte biologique des processus étudiés est primordiale et qu'une conceptualisation au sein des différents

paragraphes est nécessaire. Une structuration de cette partie pouvait par exemple identifier le contrôle de la lumière sur le développement (germination, floraison, diapause), sur la croissance (phototropisme, évitement de l'ombre) et sur le métabolisme (activités des enzymes photosynthétiques, de l'assimilation de l'azote, mélanine, …). Parmi ces adaptations physiologiques, étaient attendus l'évocation des dommages provoqués par de forts éclairements et les mécanismes de photoprotection dont les grands principes pouvaient être illustrés à l'aide d'exemples aussi bien animaux que végétaux. Il est à noter que de nombreux candidats ont confondu le type de signal impliqué dans les réponses des plantes en présentant par exemple le rôle de la photopériode dans le contrôle de la germination. De très nombreuses copies manquent également de rigueur dans la présentation d'expériences historiques en confondant par exemple tiges, hypocotyles et coléoptiles lorsqu'elles traitent des expériences de Darwin et de Went.
Le deuxième aspect, plus évolutif, a étonnamment diversement inspiré les candidats. Il concernait plus particulièrement les adaptations rencontrées dans différents groupes animaux aux faibles éclairements ou aux milieux aquatiques que seules les longueurs d'onde les plus énergétiques peuvent pénétrer. Il convenait de développer ce thème autour des nombreux systèmes d'amplification du signal lumineux, qu'ils soient optique ou nerveux, et des modifications régressives et/ou compensatrices des organes des sens (chez les organismes cavernicoles ou des grands fonds) et des cellules photoréceptrices comme chez les vertébrés aquatiques monochromates.

Les interactions entre organismes

Cet aspect du sujet a été ignoré par de très nombreux candidats alors que la communication visuelle entre organismes de la même espèce et la reconnaissance spécifique, que ce soit dans le cadre de la reproduction ou des relations de prédation, sont des facteurs importants de structuration des populations. Le jury attendait donc des exemples permettant de montrer l'importance des couleurs et de la production de lumière dans le rapprochement des partenaires sexuels, le rôle de la pigmentation en tant que signal honnête favorisant la pollinisation et le développement de leurres chez certaines espèces végétales. L'importance de la lumière dans la prédation devait s'appuyer sur les concepts de camouflage, d'aposématisme et de mimétisme (müllerien et batésien), de leurres (attractifs ou défensifs) mais également des adaptations morphologiques et anatomiques des prédateurs et des proies qui permettent d'augmenter l'acuité visuelle ou le champ de vision. Dans cette partie la mise en évidence de certaines convergences évolutives (par exemple concernant l'œil camérulaire des prédateurs ou la bioluminescence) était appréciée.
Enfin de nombreux exemples végétaux et animaux pouvaient être utilisés pour aborder l'importance de la lumière dans la structuration spatiale et temporelle des peuplements. Ainsi le port des végétaux et la structuration verticale des forêts sont contrôlés par la lumière, la distribution de la lumière participe à la définition des niches écologiques dans l'espace (espèces sciaphiles, répartition des algues en fonction de la profondeur, si traitée correctement, …) et dans le temps (ségrégation des ressources entre animaux diurnes et nocturnes, successions écologiques végétales).
Les candidats devraient toujours garder en mémoire que les notions de physiologie et de biologie des organismes ne prennent tout leur sens que si elles sont remises dans un contexte écologique plus large. Il est donc très regrettable que ces aspects d'écologie et d'éthologie ne soient pas traités dans un tel exposé du secteur B.

4.2.2.3 La conclusion

La conclusion est en regard de l'introduction. Sans une problématisation correcte en introduction, il devient impossible d'écrire une conclusion pertinente. Il n'est pas attendu une conclusion type (de même qu'il n'est pas attendu d'introduction type). La conclusion a pour finalité de reprendre la problématique liée au sujet telle qu'elle a été établie en introduction afin d'y apporter une réponse en reprenant les idées fortes développées dans le corps du devoir. Les candidats sont ainsi invités à relire leur copie et à éviter les phrases creuses. Dans la mesure où la conclusion répond à l'introduction, ces deux parties ne doivent pas être interchangeables, comme c'est le cas dans de nombreuses copies. Les candidats sont incités à ouvrir le sujet sur d'autres problématiques associées. Cette ouverture est souvent très mal amenée et artificielle. Le jury invite les candidats à ne pas chercher des associations « tirées par les cheveux » mais à montrer de façon simple et logique que le sujet traité s'inscrit dans un contexte biologique plus large et que l'étude de certains de ses aspects prolongerait et enrichirait le devoir présenté.

4.2.2.4 Remarques sur la forme

Les candidats sont invités à (re)lire les rapports des jurys des années précédentes car la grande majorité des remarques sur la forme qui y figurent restent largement valables. Il ne devrait pas être nécessaire de rappeler à des candidats à l'agrégation que la maîtrise de l'orthographe, de la grammaire et de la conjugaison est un prérequis indispensable pour l'exercice d'une profession centrée sur la transmission des savoirs. Le jury rappelle par exemple que les suffixes PHYLLE signifie feuille, PHYLE signifie phylum (ou phyla… au pluriel mais pas fili ?!) ou groupe monophylétique, PHILE « qui aime ». Par ailleurs, un devoir se rédige au présent, et non pas au futur proche (e.g. le coléoptile "va se courber" vers la lumière) et la langue française comporte des règles de concordance des temps. Une phrase mélangeant passé composé/imparfait/passé simple ou encore futur a peu de chance d'être compréhensible. Heureusement, le jury note tout de même qu'une majorité de copies reste satisfaisante en termes de rédaction en français et d'orthographe.

Il est également rappelé que la précision du vocabulaire employé doit être une préoccupation de tous les instants pour les candidats et que la rédaction logique et rigoureuse d'un devoir ne doit pas laisser de part à l'interprétation du lecteur. Le jury se doit par exemple de préciser que si l'ombre signifie en français l'amoindrissement de la quantité de lumière sous un objet éclairé, ombrophile ne signifie en rien qui aime l'ombre et n'est donc en aucun cas synonyme de sciaphile. Le préfixe ombro- est associé aux précipitations et à l'humidité comme dans les termes diagramme ombrothermique ou forêt ombrophile (synonyme humide !). Dans le même ordre d'idée, de nombreuses copies confondent un tropisme avec un tactisme. Si le premier fait intervenir des processus de croissance, le second représente un déplacement. Enfin le jury souhaite attirer l'attention des candidats sur l'importance et les conséquences des formulations employées. Il a en effet constaté avec une certaine stupeur qu'un grand nombre de copies contenaient des formulations finalistes ou vitalistes. Certaines d'entre elles relèvent simplement d'un raccourci de langage (Les couleurs parfois vives ont pour but d'attirer le partenaire) mais d'autres sont plus ambiguës (les espèces ont dû s'adapter pour évoluer dans leur environnement, les êtres vivants ont pour mission....). Au-delà de la prescription à renoncer à ces formulations, il semble utile de sensibiliser les futurs candidats au fait que culturellement nous sommes imprégnés d'une pensée finaliste et vitaliste et qu'il est donc nécessaire d'engager un travail de distanciation, en distinguant clairement l'analyse des processus convergents d'adaptation de tout recours explicatif à une raison créatrice. Le jury souhaite insister sur cet aspect dans la mesure où les enseignants de SVT sont souvent confrontés, dans leur classe, à la revendication du finalisme/vitalisme comme une explication légitime voire scientifique par bien des élèves (prolongement de l'Intelligent Design).

Peu de copies ont été jugées insuffisamment soignées, mais certaines sont difficilement déchiffrables et il n'est pas admissible que des candidats à l'agrégation puissent ne pas attacher d'importance à lisibilité de leurs écrits.

Le jury déplore toujours, même si un effort a été remarqué globalement, le trop petit nombre et la pauvreté des illustrations présentées dans la très grande majorité des copies ainsi que la faiblesse de leur exploitation dans l'argumentation. Les illustrations, lorsqu'elles sont présentes, se doivent d'être scientifiques et exactes. Il n'est pas acceptable que les dessins présentés soient tellement approximatifs qu'ils puissent en devenir absurdes. Ainsi trop d'yeux de mammifère présentés ne possédaient pas de cornée et s'ouvraient sur l'extérieur par un trou ou possédaient un cristallin à la dérive dans l'humeur vitrée. Dans de nombreux cas, il semble que les candidats créent des graphiques ou des dessins à seule fin d'illustrer leur propos sans tenir compte de l'exactitude du message véhiculé par leur dessin ou leur graphe. Les graphes et dessins doivent être utilisés pour démontrer une notion en rapport évident avec la résolution de la problématique annoncée et le développement d'un raisonnement argumenté. Il est très appréciable et grandement souhaitable que les raisonnements s'appuient sur des graphes ou des données expérimentales, mais le jury déplore que certains candidats puissent développer leurs raisonnements à partir de documents faux, visiblement inventés de façon triviale. Ainsi, un graphe du poids des testicules de bélier en phase avec le taux de testostérone, les deux présentant un pic en automne, ne démontre en rien que la photopériode a une incidence sur la reproduction. Il semble enfin utile au jury de rappeler aux candidats qu'un dessin précis, légendé et rapidement commenté doit systématiquement être préféré à une interminable description d'un objet biologique, souvent confuse, et toujours très consommatrice de temps pour le candidat.

Quelques copies donnent, après l'introduction, un plan du devoir (genre sommaire). C'est une perte de temps. Le jury apprécie que les devoirs soient presque tous structurés correctement avec une introduction, un plan net et lisible et une conclusion bien distincte, même si le contenu de l'introduction et de la conclusion est à retravailler. Mais les plans choisis sont trop souvent peu en accord avec un bon traitement du sujet, sans doute en lien avec le manque de réflexion sur le sujet lui-même. Ni des

plans par échelles (écosystèmes/individus), ni des plans par “groupes” (animaux et végétaux...) ne peuvent permettre de faire le tour de ce sujet. Les transitions sont trop souvent absentes, ou artificielles. De vraies transitions sont pourtant indispensables à une réelle articulation des parties, à une réelle logique de la démonstration.

Agrégation externe SV-STU 2012

Épreuve du secteur B: La lumière et les êtres vivants. Limite: on n'abordera pas l'utilisation de la lumière en tant que source d'énergie.

Parties	Grandes idées	Concepts détaillés	Exemple possibles
Introduction	Contexte	Présence, pertinence, originalité	Fonctions sensorielles et perception de l'environnement. Adaptations physiologiques et comportementales à l'environnement. Les caractéristiques de la lumière sont variables et divers selon les milieux.
	Problématique	présence réelle, pertinence et originalité	Notion de signaux lumineux, perception, intégration, réponses et utilisation de ces signaux dans les relations entre les êtres vivants.
	Annonce du Plan	Précis, en rapport clair avec la problématique	

Pour tout les concepts ci-dessous, le barème est de 3 fois n points : 0 point pour un item non abordé, 1n point pour un item abordé sans exemple, 2n points pour un item abordé avec exemple mais une logique démonstrative défaillante, 3n points pour un item abordé avec exemple et des articulations logiques utilisées à bon escient. Les concepts appelant plusieurs exemples permettant de traiter l'ensemble du sujet, par exemple pour traiter des différents règnes, augmentation de la note en relation avec le nombre d'exemples non redondants abordés.

Définition des termes	Etres vivants	Notion très générale des unicellulaires aux pluricellulaires.	
	lumière, photons vecteurs d'une onde électromagnétique	Historique des théories ondulatoire et corpusculaire, spectre des longueurs d'onde	Interférences de Young (1804), ondes électromagnétiques de Maxwell (1865) et Einstein (1905) avec la physique quantique (E=hv). Spectre visible (400-700nm). Exclusion des plus grandes (micro-ondes et ondes radio) et plus faibles (rayons X et g) longueurs d'onde. Discussion possible sur les UV (à partir de 10-9m) et les IR (jusqu'à 10-4m) à la marge du visible, perçus par certains êtres vivants.
	exclusion de l'utilisation de l'énergie lumineuse	source d'énergie chez les phototrophes, les mécanismes des conversions énergétiques ne sont pas à traiter mais tous les mécanismes adaptatifs favorisant la capture de l'énergie lumineuse font partie du sujet.	discussion principalement importante en ce qui concerne la photomorphogenèse végétale et l'adaptation de l'absorption de l'énergie: phototropisme, développement foliaire, synthèse de protéines chloroplastiques,
caractéristiques majeures de la lumière importantes pour les interactions entre les êtres vivants et leur environnement biotique et abiotique	Propriétés physiques de la lumière	Vitesse de la lumière (300 000 km/s dans le vide)	
		les sources de lumière externes et biologiques	incandescence du soleil et sources secondaires (réflexion) ou IR émis par les êtres vivants, fluorescence, bioluminescence: oxydation de luciférine par la luciférase et emission de photon par désactivation de l'oxyluciférine.
		absorption, réflexion et transmission de la lumière	Des exemples pris dans le monde vivant: Absorption vs réflexion et la couleur des êtres vivants (couleurs pigmentaires), Transmission et modification du milieu (canopée et sous bois, modification de la lumière avec la profondeur).
		réfraction, diffusion et diffraction modifient les caractéristiques de la lumière	principe des lunettes, des microscopes, du cristallin de l'œil… lumière diffusée par l'atmosphère (diffusion de Rayleigh et bleu du ciel), couleurs structurales: surfaces de structure périodique irrisées, miroirs multicouches
		La lumière polarisée: orientation fixe des champs électriques et magnétiques	polarisation partielle (soleil, surface d'eau réfléchissante) et information sur le milieu de vie.
	La lumière reçue par les organismes constitue un signal informatif sur l'environnement	l'environnement lumineux est le plus souvent rythmique: cycle circadien. La photopériode varie au cours des saisons selon un rythme annuel.	**La lumière est un "zeitgeber"**, il existe un rythme endogène d'environ 24h chez la majorité des êtres vivants. **Il** est synchronisé de façon stricte sur le rythme exogène de 24h (approche historique avec Mimosa pudica ou expériences (drosophiles, souris,…) en libre court. La synchronisation des rythmes biologiques avec les rythmes de l'environnement permettent **l'adaptation aux variations prédictibles** ainsi que **l'anticipation des variations** de l'environnement : activités diurnes ou nocturnes, rythmes de la tempertaure corporelle, rythmes des gènes impliqués dans la croissance végétale, préparation et entrée en hibernation, floraison des plantes photopériodiques (JC, JL, photopériode critique), rythme saisonnier de la reproduction chez les mammifères, les oiseaux. Diapause des insectes, migrations, métabolismes du carbone et de l'azote.
		intensité lumineuse: alternance jour/nuit mais aussi variations de l'intensité lumineuse en fonction du milieu (ombre ou obscurité des anfractuosités, en fonction de la profondeur dans le sol et forte intensité en milieu ouvert)	Phénomènes régulés par la lumière (ouverture des stomates à la lumière, animaux photophiles et photofuges)
		Le spectre de la lumière reçue est variable selon le milieu et dans le temps	Sous bois enrichis en rouge sombre (avec phénomène d'évitement de l'ombre), enrichissement en bleu au levé du soleil (induction de l'ouverture des stomates), Enrichissement en bleu et vers avec la profondeur (sensibilité visuelle chez les poissons)
		L'éclairement est anisotrope	influence sur la croissance (photropismes) et les comportements (phototactismes)
		L'éclairement peut être perturbé: pollution lumineuse	animaux nocturnes en ville, floraisons anormales
Réception et perception du signal lumineux	Les pigments photorécepteurs	Les pigments photorécepteurs sont des associations entre une apoprotéine et un chromophore excitable. Modification de la structure de l'holoprotéine suite à l'excitation.	doubles liaisons conjuguées et niveau d'énergie des électrons délocalisés (Rétinal, phytochrome, FAD ou ptérines…) Opsines et rétinal avec isomérisation tout trans, dissociation et changement de conformation; phytochromes avec isomérisation trans de la phytochromobiline: changement de structure et activation de l'holoprotéine
		Spécificité des pigments photorécepteurs aux différentes longueurs d'onde	Les pigments végétaux bleus (cryptochromes, phototropines) et rouges (phytochromes) contiennent des chromophores de nature différente (FAD, tétrapyrols). Les cônes (bleus, verts et rouges) de l'œil des primates contiennent des photopsines différentes dont le chromophore est du rétinal: importance de l'environnement moléculaire du chromophore.
		Activation et désactivation des pigments	Les deux formes interconvertibles du phytochrome (réponses LFR: germination de la laitue). Importance de l'équilibre photostationnaire du phytochrome B (évitement de l'ombre), dégradation de la forme PfrA (transition obscu/lumière), désactivation obscure.
		Les pigments absorbants à rôle protecteur ou de contrôle de la diffusion de la lumière	mélanine, caroténoïdes, anthocyanes
	Les cellules photoréceptrices	Structure d'une cellule photoréceptrice et ses différentes composantes	L'exemple attendu serait plutôt un cône ou un bâtonnet (mais une cellule rétinulienne serait aussi pertinente): disques du segment externe, segment interne et terminaison synaptique.
		Généralisation et diversité des cellules photoréceptrices: mise en évidence de certaines convergences mais aussi de systèmes très différents dans certains groupes	Convergence avec les cellules rétiniennes des Eumétazoaires avec rhabdomère (invaginé ou non pour donner le rhabdome fermé ou ouvert) et terminaison nerveuse ou avec cellules ciliées photoréceptrices avec microvillosités associées au cil (éponges, Cnidaires). Opposition avec des cellules non spécialisées comme les cellules végétales sensibles à la lumière (hypocotyles, mésophylle,…) avec certaines zones au sein de l'organisme plus sensibles (hypocotyles de Darwin, Boysen et Jensen). Evidemment aussi chez des unicellulaires avec des structures intracellulaires dédiées ou non: stigma plastidial ou non (euglénoïdes), ocelloïde de Dinophytes (avec microvillosités et structure cristallins).
	Les organes photorécepteurs	Structure d'un organe dédié à la réception des signaux lumineux: un organe visuel	L'exemple attendu serait l'œil camérulaire de vertébré permettant la formation d'une image sur la rétine. Sclérotique (cornée), choroïde (iris), pupille: enveloppes et entrée de la lumière. Humeur aqueuse; cristallin, procès ciliaires et accomodation; humeur vitrée: focalisation de la lumière. Rétine inversée avec photorécepteurs; cellules bipolaires; cellules ganglionnaires et cellules horizontales et amacrines + cellules de soutien (gliales de Müller); fovéa et tache aveugle: structure sensible. La description détaillée d'une ommatidie permet également de traiter des principes de la réception visuelle.
		Des principes d'organisation généralisables avec des convergences évolutives ou des structures différentes.	Les yeux simples camerulaires, une convergence évolutive: (annélides), ocelle des Arachnides, Céphalopodes, Vertébrés. les ommatidies et les yeux composés des Euarthropodes: corneule, cristallin, 8 (ou9) cellules rétinuliennes avec rhabdomères photopigments formant le rhabdome et prolongements axoniques, cellules pigmentaires isolant (ou non) les rétinules. Point focal variable sur la longueur du rhabdome. Il existe aussi des organes visuels plus simples sans structure optique permettant la formation d'image: Les taches oculaires sans organisation anatomique particulière chez les méduses, les rotifères et les nématodes; Les ocelles de la planaire permet la perception de l'intensité de la lumière et l'orientation par rapport à la source de lumière, ocelles des insectes hétérométaboles; les stemmates sont des structures simplifiées des yeux composés chez les larves d'insectes holométaboles
		La perception de la photopériode peut impliquer des organes ou des structures dédiés	L'exemple attendu est celui de la glande pinéale et de son évolution chez les vertébrés: photorécepteur à photorécepteur neurosensoriel,(poissons), photorécepteur avec sécrétion de mélatonine (Amphibiens et reptiles), pinéalocyte sans rôle photorécepteur sous contrôle des NSC (mammifère). Chez les Mammifères, rôle de la rétine avec photorécepteurs spécifiques à mélanopsine, chez les insectes, centres des rythmes photosensibles plus ou moins individualisés et plus ou moins nombreux. Chez les plantes, il n'y a ni organes ni photorécepteurs dédiés à la régulation des rythmes biologiques: les différents photorécepteurs (phytochromes et cryptochromes) régulent l'activité de l'horloge circadienne.
	La transmission et l'intégration de l'information	La réception d'un signal lumineux déclenche une cascade de réaction au niveau de la cellule réceptrice: la transduction cellulaire du signal	phosphorylations (phytochromes) ou réactions redox (cryptochromes) aboutissant à la régulation de protéines effectrices (facteurs de transcription et régions promotrices de réponse à la lumière, activation d'ezymes); cascade de réactions dans les photorécepteurs rétiniens aboutissant à une hyperpolarisation et la créaton d'un potentiel récepteur (protéines G, phosphodiesterase, GMP, fermeture des canaux Na).
		L'organisation des organes photorécepteurs et la diversité des structures réceptrices permettent la perception d'un signal complexe.	Les organes visuels des vertébrés permettent la vision des couleurs (cones M: 530, L: 566 et S: 420nm reliés aux cellules ganglionnaires béta), la vision des contastes (antagonisme centre et pourtour du champ récepteur, Rôle inhibiteur des cellules horizontales sur les photorécepteurs), la perception des mouvements (rôle des cones M et L reliés aux cellules ganglionnaires alfa dans la perception des variations de luminence et des mouvements). La diversité des structures réceptrices permet la perception d'une large gamme d'intensités lumineuses: le niveau d'excitation des photopigments est variable, les photorécepteurs ont des sensibilités diverses (batonnets et phytochrome A très sensibles, niveaux variables d'amplification du signal en fonction du nombre de cellules connectées dans la rétine périphérique) La mobilité du cristallin (accomodation) et la vision binoculaire permettent la vision du relief.
		Des voies de transmission au sein de l'organisme sont activées par les cellules réceptrices et permettent l'intégration et le traitement de l'information	**Une transmission hormonale** chez les végétaux ou dans le contrôle des rythmes circadiens chez les vertébrés: phototropisme et flux latéraux d'auxine, contôle du métabolisme des gibbérellines par la lumière, contrôle neuroendocrinien des rythmes avec la mélatonine ou l'axe hypothalamo-hypophysaire avec neuropeptides (VIP, VP), ACTH et action sur la corticosurrénale (par exemple contrôle métabolique par cortisol). Mais chez les Mammifères le centre des rythmes est le NSC avec un contrôle nerveux par le tractus rétinohypothalamique. **Une transmission nerveuse** au niveau de l'oeil (exemple vertébré attendu): création des potentiels d'action au niveau des cellules rétiniennes bipolaires et projections nerveuses. Projection des neurones du nerf optique dans le corps genouillé latéral (GCL, noyau du thalamus) (+ noyaux impliqués dans reflexes de motricité oculaire et accomodation). Chiasma optique partiel avec réduction de chaque hémichamp à l'hémisphère controlatéral et structuration des GCL en couches avec spécialisation de fonction (couches supérieures, neurones lents, vision des couleurs et des contrastes; couches inférieures, neurones rapides vision des mouvements). Cortex visuel occipital, aires V1 intégration des informations provenant des 2 yeux avec spécialisation fonctionnelle par module. Spécialisation des autres aires visuelles: mouvement (V2 et V5), couleur (V4), orientation (V3). Sortie dorsale rapide vers lobe frontal (action motrice), sortie ventrale lente vers lobe temporal (fonction de reconnaissance). Connexions cortico-corticales et intégration complexe avec feed-back.
		La perception des rythmes saisonniers est basée sur le principe de la coïncidence externe. Elle permet une synchronisation des fonctions de l'organisme avec les variations périodiques de l'environnement	Le rythme saisonnier dépend du rythme circadien selon le principe de la coïncidence externe: la phase d'un rythme endogène coincide avec la photopériode de l'environnement. Chez les plantes, rôle de CONSTANS, synthèse rythmique et protéine stabilisée à la lumière, dans la mise à fleur. Principe identique chez les insectes pour les diapauses.
		Phases du développement contrôlées par la lumière	Exemple de la germination des graines, surtout induite à la lumière, permettant la germination des graines dans des conditions optimale (à la surface du sol) en conditions naturelles. Exemple du contrôle photopériodique du virage floral chez les plantes et le passage à l'état reproducteur dans des conditions d'environnement favorables. Exemple des diapauses chez les insectes contrôlées par la photopériode permettant le passage de la mauvaise saison.

Les adaptations aux conditions lumineuses de l'environnement abiotique	le contrôle du développement par la lumière	Contrôle de la croissance par la lumière	Exemples essentiellement chez les plantes avec le phénotype étiolé et l'inhibition de croissance par la lumière. En condition naturelle, observation de l'évitement de l'ombre et croissance en sous bois quand faible R/FR. Mais aussi inducton du grandissement foliaire à la lumière, phototropisme positif (lumière bleue) des tiges.
		Contrôle du métabolisme par la lumière	synthèse de mélanine à l'obscurité, synthèse protéique et mise en place de l'appareil photosynthétique lors du dé-étiolement (passage de l'hétérorophie à l'autotrophie des jeunes plantules), activité nitrate réductase uniquement à la lumière (expression des gènes et contrôle indirecte par les sucres de l'activité protéique).
	Evolution et adaptations aux forts éclairements	des risques liés à un fort éclairement: la lumière facteur de mutations	Photooxydations et production de ROS (par exemple par saturation de la chaîne photosynthétique). Mutations (exemple classique des cancers de la peau).
		Les forts éclairements facteurs de sélection et les stratégies de photoprotection.	Stabilité des macromolécules et systèmes de réparation: UV et ponts disulfures et RecA (système de réparation de l'ADN). Photolyases origine des protéines de photoperception bleu/UV **la pigmentation:** mélanine des populations noires, bronzage (synthèse de mélanine et accumulation dans les kératynocyte augmentées à la lumière). Mais compromis entre synthèse de vitamine D3 (importance dans minéralisation osseuse) et protection anti UV ou amoindrissement de photodestruction de acide folique (importance au cours de neurogenèse). Accumulation de pigments chez les plantes de montagne. Accumulation d'anthocyanes à la lumière chez les plantes **la dissipation de l'énergie lumineuse:** cycle des xanthophylles, liaison des antennes collectrices au PSII **diminution des surfaces d'absorption de la lumière:** organisation des chloroplastes, morphologie ou nasties foliaires, rapport S/V, adaptation de l'ouverture de la pupille.
	Evolution et adaptations aux faibles lumière et à l'obscurité	Evolution en condition de faible lumière et développement de certains sens par rapport à la vue	couleur de tégument, regression des yeux (inactivation des gènes des opsines, atrophie du développement embryonnaire…) (poisson Anoptichnys anophtalme). Développement de l'ouie chez les animaux nocturnes ou fréquentant les grands fonds (sonar des cétacés), aux infrarouges (coléoptère Spheophyces lucidulus)
		Systèmes d'amplification du signal lumineux	batonnets, tapetum des vertébrés nocturnes, hypertrophie des yeux chez les poissons abyssaux) ou nerveuse (ommatidies à superposition nerveuse, batonnets connectés à plusieurs cellules
	Inovations évolutives et environnements lumineux spécifiques	des pigments photorécepteurs adaptés aux seules longueurs d'onde courtes qui pénètrent les milieux aqueux	mammifères marins (vert) et poissons (bleu) sont monocchromates. Pigments chlorophylliens des algues.
		La lumière et l'orientation	rôle du soleil dans l'orientation des pigeons voyageurs. Abeilles et orientation, cyniques et éphémères et repérage des plans d'eau, daphnies et repérage du rivage. Phototactisme (chlamydomonas, gamètes)
rôle de la lumière dans les interactions entre organismes	Reconnaissance intraspécifique et attraction des partenaires	par la production de lumière	Les lampyres. Les lucioles avec Codage en fréquence et durée des éclairs par mâles et femelles.
		par les couleurs	Coloration des mâles et sélection sexuelle chez les oiseux, les poissons
		par les changement de couleurs	caméléon et combat des mâles, céphalopodes et variation de pigmentations (signaux sexués)
	Reconnaissance interspécifique et reproduction	Des signaux honnêtes	couleur des fleurs et pollinisation, variation de la coloration quand pollinisation a eu lieu (vipérine).
		Relation couleur des fleurs/fruits et spécialisation des photorécepteurs	vision quadrichromique des abeilles, des papillons incluant les UV et repérage des fleurs, des nectaires, oiseaux et repérage des graines, des baies, des insectes (pigeons, grives, …) couleurs bleues/rouges surtout
		Des signaux malhonnêtes	exploitation des insectes par les plantes (leurres sans récompense/polychromie et mauvais apprentissage=Dactylorhiza sambucina & Bombus spp. ou Iris lutescens)
	Reconnaissance interspécifique et prédation	Les couleurs et le camouflage (une détection amoindrie des proies)	Types de pigments (mélanine, ptérine, caroténoïdes...) et types cellulaires: chromatocytes épidermiques, chromatophores (dermiques chez vertébrés), cellules chromoépithéliales des insctes. Changements physiologiques: migration des mélanosomes chez le phasme, forme des chromatophores chez les céphalopodes, 4 couches de chromatophores (mélano, erythro, xanthophores, guano +iridocytes) chez le caméléon. Changements morphologiques (fourrure d'été/hivers) sous contrôle hormonal (MSH) et photopériodique chez vison. Pression de sélection et évolution de la pigmentation: phalène du bouleau.
		Des couleurs d'avertissement	couleurs aposématiques: rainettes tropicales, guêpes, serpent corail, mimétismes mulleriens (abeille nomade et guêpe); mimétismes batésiens (sphinx).
		Des systèmes de détections perfectionnés (position des yeux, acuité visuelle…) pour les prédateurs et les proies	position frontale chez prédateurs (évaluation des distances), position latérale chez les proies: 360° horizontale chez le canard. Mobilité indépendante des deux yeux du caméléon (180°horiz, 90° vert). Densité des photorécepteurs et œil à 2 fovéas chez le faucon, anatomie. Sensibilité aux IR des crotales et boidés
		Des leurres attractifs (mais aussi défensifs) Production de lumière: attraction, éclairage, écran, détournement du prédateur, répulsion, camouflage	baudroie, poissons abyssaux (éclairage) ou calmar (aveuglement), calmar, annélides ou Ostrachode Cypridina, Ctenophores, crustacés ou céphalopodes avec photophores ventraux. Oedipoda coerulea ou germanica (criquet aux A2 colorées)
		Innovations et convergences évolutives	œil camérulaire des prédateur, couleurs aposématiques…
			La sensibilité aux infrarouges est de la thermoperception: Crotale et boa avec neurones thermosensibles (fossette thermosensible) mais projection dans l'aire visuelle. Certains Euarthropodes (crevette abyssale, insectes cavernicoles)
			Interactions symbiotiques et production de lumière: Céphalopodes/vibrio; Anomalops (poisson phare)/Clade de Vibrionaceae
	Iumière et structuration spatiale des peuplements	Lumière, port des végétaux et compétition inter/tra spécifique	ports arbres isolés, arbres serrrés: développement isotrope ou en lien avec les tâches lumineuses
			port en flèche des arbres, sélection des phénotypes étiolés des jeunes plants --> structuration verticale des forêts
		Variation spatiale de la lumière et diversité des niches	Distribution des espèces et gradient lumineux (cyclides, algues mais pas comme on croit, phototugues de la litière, sciaphiles de sous-bois)
		Variation temporelle de lumière et diversité des niches	Partition des plantes de sous bois avec plus de développement des bourgeons des arbres caducifoliés, animaux nocturnes et diurnes et ségrégation des ressources par prélèvements différés dans le temps (primates africains). Successions écologiques végétales.
Conclusion	Bilan		
	qui répond à problématique		
	Ouverture		
FORME	Plan	Logique, cohérent, relativement équilibré	
	Transitions	Absente, artificielle, logique	
	Illustration	Pertinence, qualité	
	Rédaction	Clarté et concision	
		Orthographe et syntaxe	
	Présentation	aérée, écriture	
BONUS			
COMMENTAIRES À propos de la copie			

4.3 SECTEUR C

4.3.1 Le sujet proposé

L'océan atlantique

4.3.2 Commentaire général

Le jury a apprécié l'effort d'ouverture manifesté par de nombreux candidats, qui ont réellement cherché à traiter tous les aspects que représentait ce sujet, c'est-à-dire quasiment touts les domaines de la géologie, en impliquant la dynamique du globe depuis le manteau jusqu'à l'atmosphère.

L'étendue du sujet a parfois conduit les candidats à se restreindre à une approche superficielle, qui a manqué d'exemples précis, de démonstration, d'illustration, et de quantifications. Beaucoup de copies en sont restées aux idées classiques sans mettre en exergue certaines particularités physiques, historiques, ou dynamiques de cet océan. La correction des copies révèle souvent un faible niveau de connaissance sur cet océan et il n'est pas rare de lire qu'il n'y a pas de zones de subduction dans l'Atlantique par exemple.

Ce sujet abordait un exemple précis, l'Océan Atlantique, et il fallait donc argumenter à partir des données géologiques tirées de cet exemple et non pas traiter les océans en général. Pourtant, de nombreux candidats, par manque de connaissances précises, ont décrit le fonctionnement général des océans. Qu'il s'agisse du domaine océanique stricto sensu ou des marges passives ou actives il est capital de bien connaître un certain nombre d'exemples dans le détail pour pouvoir argumenter. Il faut que les candidats prennent conscience de l'importance de connaître un nombre limité mais bien choisi de cas géologiques réels pour argumenter quelque sujet que ce soit (une coupe détaillée d'une chaîne de montagnes, la structure d'une marge passive –Galice ou autre-, d'une marge active, quelques séries stratigraphiques …etc…).

Il n'est malheureusement pas rare de trouver des schémas imprécis, sans échelle (notamment une échelle verticale pour les coupes de lithosphères), avec des failles placées mais muettes en ce qui concerne leur « jeu », coupes de lithosphères sans détails des différentes couches qui la composent … Il est également conseillé de rendre les schémas fonctionnels, pour faire apparaître clairement les processus ou les mouvements qui régissent le phénomène décrit. L'imprécision touche aussi les notions présentées, trop rarement quantifiées. Le barème utilisé attendait des indications de valeurs (par exemple vitesse de demi-ouverture, profondeurs, âges …).

Le sujet proposé nécessitait d'établir des liens entre les différents points abordés, par exemple entre les processus internes et les phénomènes externes. On peut citer le cas de l'hydrothermalisme, qui contribue au contrôle de la chimie de l'eau de mer et maintient constante la composition des océans. On pouvait aussi établir des liens entre l'océan Atlantique et des processus qui semblaient éloignés au départ, mais finalement corrélés (ouverture de l'Atlantique et convergence alpine par exemple). Aussi, l'histoire géologique de l'Atlantique (la séquence d'ouverture des différentes parties et le calendrier, les liens avec les points chauds …) pouvait permettre de lier les différentes parties. De même, l'histoire de l'ouverture impacte le régime des courants océaniques et cet item permet donc de relier les dynamiques de l'hydrosphère et de la lithosphère.

Le jury rappelle qu'un discours scientifique doit être argumenté. Le jury veille à ce que chaque notion ne soit pas seulement citée mais démontrée. Selon l'idée concernée, la démonstration peut

s'appuyer sur des observations, un raisonnement, une expérimentation, et le lien entre les observations et le modèle doit apparaître clairement. Les candidats doivent néanmoins être avertis qu'une modélisation analogique simple ne démontre pas à elle seule un processus de grande échelle bien plus complexe.

Parmi ceux qui appuient leur propos sur des mesures, on note encore trop fréquemment la méconnaissance des techniques expérimentales qui ont permis d'obtenir les résultats présentés, en particulier sur les méthodes d'étude de la dynamique externe. Il ne faut pas hésiter à présenter les grands principes de fonctionnement des instruments les plus classiques (mesures satellitales, GPS, mesures bathymétriques...). On peut souhaiter à l'avenir des efforts de rigueur dans le vocabulaire scientifique. Par exemple, la masse ou le poids d'un objet ne correspondent pas aux mêmes notions, tout comme se distinguent également les concepts de chaleur et de température.

Concernant le style rédactionnel, il est conseillé aux candidats d'écrire au présent, et de privilégier les phrases courtes. Quelques copies sont rédigées sans aucun souci grammatical ou orthographique, ce qui surprend le jury au vu de l'exemplarité qu'on pourra attendre de ces futurs enseignants devant leurs élèves.

Les erreurs les plus fréquentes ont concerné le paléomagnétisme et sa mesure, ou la connaissance de la chronologie des différentes phases d'ouverture de l'océan Atlantique. La notion d'anomalie, magnétique en particulier, n'est que trop rarement comprise et présentée. Certains candidats évoquent le rifting associé à la déchirure continentale, mais négligent la formation et l'évolution des marges qui lui font suite. La géologie des marges de l'Atlantique est très mal connue en général. La notion de marge passive volcanique n'est pas connue des candidats.

Des candidats tentent de placer leurs développements dans le contexte des découvertes historiques. Si la tentative est louable, force est de constater que, souvent, la chronologie et les acteurs des découvertes sont placés de manière souvent très erronée dans la frise historique. La structure de la lithosphère océanique est principalement présentée sur la base des séries ophiolitiques. En revanche, l'accès direct, par forage et, surtout, par l'analyse des affleurements au niveau des escarpements de failles transformantes (Vema) sont peu abordés par les candidats. Les zones de subduction sont souvent totalement passées sous silence. La subduction des Antilles apparaît cependant dans un certain nombre de copies mais la zone de subduction située entre l'Amérique du sud et l'Antarctique est systématiquement ignorée. De même, le phénomène de point chaud est trop souvent absent des copies, tant pour les aspects volcaniques que cinématiques.

4.3.3 Eléments de corrigé

4.3.3.1 Introduction

La planète Terre est recouverte d'eau pour 70 % de sa surface. Cette masse liquide est découpée en unités appelées « océans ». L'océan Atlantique est le deuxième plus grand par sa surface (derrière l'océan Pacifique). Il sépare, au Nord, l'Europe et l'Amérique, et, au Sud, l'Afrique et l'Amérique. Aux latitudes élevées, il est délimité par les océans Arctique et Antarctique.

Ces masses océaniques sont localisées sur des portions de lithosphères dites océaniques, denses et donc d'altitude négative. Comprendre la localisation, l'ouverture, l'expansion ou la disparition de l'océan Atlantique oblige à se pencher sur la géodynamique des plaques lithosphériques. L'océan Atlantique est un objet géologique de premier ordre et la compréhension de son histoire et de sa dynamique est primordiale pour appréhender la dynamique du globe. On retrouve dans chaque océan des caractéristiques communes mais chacun présente également des particularités qui le distinguent. Le Pacifique est très asymétrique, il est entouré de zones de subduction et sa dorsale est rapide ; l'Atlantique est plus ou moins symétrique, sa dorsale est plus lente et la subduction y est très

localisée. On peut étudier sur cet exemple la naissance et l'évolution d'un océan depuis le stade du rifting jusqu'au stade du début de la subduction.

Les masses d'eau océaniques subissent des mouvements horizontaux et verticaux, provoqués par deux principaux moteurs que nous détaillerons. Du fait de la chaleur massique élevée de l'eau, ces mouvements vont véhiculer de l'énergie qui peut influencer le climat localement.

Enfin, en zone côtière, l'océan interagit avec les continents, et reçoit notamment des apports détritiques dépendant de la position des grands fleuves. Sachant de plus que le milieu aquatique est un espace de vie pour de nombreux organismes, l'océan Atlantique est largement nourri en sédiments biogènes, dont nous pourrons expliquer la localisation.

Nous commencerons par l'étude du contenant, déterminé par la dynamique des plaques lithosphériques, pour étudier ensuite les contenus liquides et sédimentaires de l'océan Atlantique.

4.3.3.2 Les attendus du développement

L'océan Atlantique, un lieu de divergence lithosphérique

A. Morphologie du fond de l'océan Atlantique

Méthodes

Plusieurs méthodes d'études ont été développées pour connaître la bathymétrie du fond sous marin. Initialement un fil lesté dont on mesurait la longueur pouvait être envoyé au fond (« plomb de sonde »), mais la technique n'était fiable que pour de faibles profondeurs. Néanmoins, en 1854, Matthew Fontaine Maury publie la première carte bathymétrique de l'Atlantique nord en compilant des sondages dispersés. Cette carte suggère déjà l'existence d'une ride médiane.

L'utilisation du temps de parcours des ondes acoustiques (sonar), connaissant leur vitesse, a permis de cartographier plus aisément les fonds. Mais cette technique, même basée sur l'utilisation de multiples faisceaux, nécessite qu'un navire puisse parcourir toute la superficie de l'océan. Des résultats très détaillés ont été obtenus par des sondeurs « multifaisceaux ».

Depuis quelques décennies, les satellites peuvent cartographier l'altitude de la surface de l'océan (altimétrie radar). De là, après quelques corrections (la surface océanique est déformée par les effets de marées, les courants marins, le champ de pression atmosphérique), on peut relier la morphologie de la surface liquide de l'eau à la morphologie de la surface solide du fond marin selon le principe suivant : puisqu'un relief sous-marin a une certaine masse, sa présence crée un champ gravitaire local, qui dévie le vecteur « g » global. Or, la surface de l'eau est une équipotentielle de gravité, donc est orthogonale au vecteur « g ». En définitive, la surface liquide dessine les mêmes ondulations que le fond marin, et on peut cartographier la bathymétrie grâce aux données satellitales.

Les résultats peuvent être rédigés ou apparaître sous la forme de profil graphique légendé: La profondeur moyenne de l'Atlantique = 3900 m. La bathymétrie montre que les continents se prolongent sous l'eau sur quelques dizaines à centaines de km, c'est le plateau continental. La zone de transition avec la lithosphère océanique se fait au niveau d'un talus qui permet d'atteindre 5 km de profondeur. A sa base, des accumulations sédimentaires forment une rupture de pente nommée glacis. Le glacis cède la place aux plaines abyssales, localement interrompues par une chaîne de volcans et de fractures, la dorsale Loire-Atlantique, d'orientation nord-sud. Elle sépare l'océan Atlantique en deux parties. Sa profondeur au sommet est de 2,5 km environ, sauf à des endroits précis où elle émerge, comme en Islande par exemple. Cette dorsale montre une vallée axiale prononcée (rift), large de quelques dizaines de km, qui la distingue de la dorsale Pacifique. Elle est recoupée par de nombreuses failles perpendiculaires à son axe, les failles transformantes, dont certaines traversent l'ensemble de l'océan (Romanche).

Au voisinage de certains continents ou arcs insulaires, la transition lithosphérique montre au contraire un fort approfondissement (jusqu'à 8605 m au large de Porto Rico), nommé « fosse océanique ». Les deux plus remarquables sont au large de l'arc des Caraïbes et au large des Iles Sandwich (Atlantique sud). La monotonie des plaines abyssales est interrompue par des reliefs coniques d'origine volcanique, les « sea mounts ».

Enfin, des complications de l'histoire tectonique ont introduit des reliefs transversaux car les mouvements des plaques ont souvent eu une certaine obliquité par rapport aux zones de fracture. Les compartiments situés de part et d'autre d'une zone de fracture peuvent tendre à se rapprocher l'un de l'autre, et la zone de fracture est alors, non seulement le siège de coulissages, mais aussi celui d'une compression (transpression), comme aux Açores. Au contraire, les compartiments peuvent tendre à s'écarter, et la zone de fracture s'élargit alors en une fissure (transtension).

B. Structure et pétrographie de la lithosphère océanique altantique

Les méthodes sismiques (sismiques réflexion et sismique réfraction) ont révélé une disposition de la lithosphère océanique en plusieurs couches, selon la valeur de leur vitesse de propagation des ondes : sédiments ($v=2,2$ km.s^{-1}), basaltes en coussins ($v=5$ km.s^{-1}), gabbros et serpentinites ($v=6,7$ km.s^{-1}), manteau « sec » ($v=8,1$ km.s^{-1}).

La vitesse des ondes sismiques est en effet contrôlée par les paramètres physiques des matériaux traversés, qui dépendent de la nature des roches (K = module d'incompressibilité ; μ = module de cisaillement ; ρ = masse volumique).

Par exemple, pour les ondes P, on a : $Vp = \sqrt{(k+4/3\mu)/\rho}$

L'échantillonnage des fonds sous-marin a permis de contraindre la nature exacte de ces différentes couches.

Ainsi, à partir des années 70 des submersibles ont pu atteindre les dorsales ou, plus tard, les plaines abyssales (le Nautile de l'IFREMER peut descendre à -6000 m) et récolter des échantillons. Une des premières expéditions a été la mission franco-américaine F.A.M.O.U.S. (*French American Mid-Ocean Undersea Study*, 1973-1974). Elle fut consacrée à l'étude détaillée de l'axe de la dorsale médio-atlantique, au large des Açores, à l'aide de submersibles habités. Les failles transformantes, formant localement des escarpements de plusieurs km de hauteur (e.g ; VEMA) offrent ainsi un accès direct à des coupes lithosphériques naturelles.

Enfin, les navires de forages qui peuvent extraire des carottes rocheuses de plusieurs km (programmes DSDP –*Deep Sea Drilling Program*-, puis ODP = « *Ocean Drilling Program* » ; drill = percer, forer).

Les résultats obtenus grâce à ces techniques variées ont permis d'établir un modèle de la structure de la lithosphère océanique. De haut en bas, on distingue les couches suivantes : sédiments, basaltes en coussins (« pillows »), filons de gabbros microgrenus (dolérite), gabbros isotropes, gabbros lités, péridotite serpentinisée, péridotite « saine ». Mais la particularité de l'océan Atlantique est d'avoir une croûte océanique mince, discontinue, caractérisée par des poches de gabbros isolées, et le plus souvent l'absence de complexe filonien. L'autre particularité, minéralogique cette fois, est de reposer sur un manteau de nature lherzolitique.

C. Approche historique de l'expansion océanique : hypothèse de Wegener sur la dérive des continents

En 1912, Wegener remarque la concordance des tracés des côtes de part et d'autre de l'océan Atlantique, et leur continuité géologique et paléontologique (en particulier la similitude de terrains "cratoniques" en Amérique du Sud et en Afrique). Il propose alors que les continents étaient initialement accolés et qu'ils se sont séparés suite à l'ouverture de l'Océan Atlantique.

Cette théorie de la dérive des continents s'était heurtée à l'époque à des considérations rhéologiques, puisqu'elle supposait un manteau fluide, alors même que la sismologie apportait la preuve que le manteau avait une rigidité comparable à celle de l'acier. La notion de continent appelait en réalité une distinction entre des lithosphères océaniques et continentales, ce que la distribution bimodale des profondeurs permet d'envisager.

B. Un mouvement d'expansion au niveau de la dorsale Atlantique, provoquant jusqu'à la mise à nu du manteau

1. Démonstration de l'expansion océanique grâce au paléomagnétisme des roches

Né au début du XXème siècle, le paléomagnétisme a consisté à mesurer l'aimantation de fragments de laves, puisque ces roches contiennent des minéraux ferro-magnésiens enregistrent le champ magnétique régnant à l'époque où la lave s'était solidifiée (alignement des moments magnétiques dans les domaines de Weiss présents à l'intérieur des minéraux qui ne sont eux-mêmes pas orientés). Rapidement, on s'aperçut que le champ magnétique avait changé de polarité de nombreuses fois au cours des temps géologiques.

Ces inversions du champ magnétique global ont pu être datées en mesurant en parallèle l'âge des sédiments reposant sur les basaltes (datation relative) et la polarité de leur champ thermorémanent. Ainsi, une échelle « magnétostratigraphique » a été proposée initialement pour les 5 derniers millions d'années.

Dans les années 50, les données du paléomagnétisme sur les continents montrent une migration apparente des pôles au cours du temps, le chemin suivi étant différent d'un continent à un autre. Cette migration apparente peut s'expliquer en considérant les continents comme mobiles. La reconstitution de la position des continents telle que la proposait Wegener permettait alors de mettre en coïncidence les courbes de dérive apparente des pôles.

L'exploration des océans a permis de compiler des mesures d'anomalies magnétiques. Elles révélèrent une structure en "peau de zèbre". En 1963, Vine et Matthews montraient des exemples qui s'expliquaient bien si l'on supposait que la croûte océanique se fabrique au niveau de la dorsale et s'en éloigne ensuite. La datation du plancher océanique basaltique a ensuite permis d'estimer des vitesses d'ouverture pour la période récente. Le paléomagnétisme des sédiments n'a pas perturbé les mesures, puisque leur empilement vertical permettait d'annuler, d'une strate à l'autre, les effets antagonistes cumulés des anomalies.

Enfin, la localisation précise des séismes sur les failles transformantes (entre les deux segments de dorsales) ainsi que les mécanismes au foyer qui montrent un jeu décrochant opposé au sens de décalage apparent de la dorsale, est également une confirmation du mouvement d'expansion lithosphérique qui se manifeste symétriquement de part et d'autre de la dorsale.

2. Cinématique relative et absolue de l'océan Atlantique

Méthodes de mesure :

La mesure de la vitesse de divergence, ou plutôt de sa moyenne annuelle sur plusieurs millions d'années) peut s'obtenir à partir des âges des fonds océaniques. Il suffit ensuite de diviser un temps par une distance pour obtenir une vitesse. La direction du vecteur vitesse est parallèle à la faille transformante la plus proche.

Outre la détermination des âges des fonds océaniques, qui reste la seule méthode utilisable pour les périodes passées, plusieurs techniques indépendantes permettent de mesurer l'écartement des continents situés de part et d'autre de l'océan atlantique, donnant ainsi une valeur précise de l'expansion océanique:

- Doris : « Détermination d'Orbite et de Radiopositionnement Intégrés par Satellite ». Ce système a été développé pour améliorer la précision des systèmes d'orbitographie afin de garantir le succès de missions altimétriques telles que Topex-Poséidon ou des missions de télédétection spatiale (satellites SPOT). Il s'agit de mesurer précisément l'orbite de satellites grâce à un récepteur embarqué dans le satellite, qui reçoit les signaux de stations terrestres fixes, et les analyse par effet Doppler. Inversement, on peut localiser ces stations et mesurer

avec une grande précision leur déplacement relatif, qui correspond au déplacement des continents sur lesquels ces stations sont installées.

- GPS : « *Global Positionning System* »). Plusieurs satellites envoient des ondes vers des récepteurs fixés au sol (récepteur GPS) ou déplaçables. En fonction du temps d'arrivée des ondes depuis un satellite, le récepteur calcule sa distance au satellite et se place donc sur un cercle en surface du globe. L'arrivée simultanée de signaux issus de plusieurs satellites, permet des intersections de sphères qui positionnent exactement le récepteur en 3D dans un référentiel donné. La comparaison pluriannuelle des positions du récepteur permet une estimation du déplacement du continent sur lequel il et fixé.

- VLBI («*Very Long Base Interferometry* »). L'interférométrie à très longue base est une technique basée sur la mesure des écarts temporels de l'arrivée d'ondes radios sur différentes antennes positionnées sur des continents. Les ondes radio proviennent de quasars suffisamment éloignés de la Terre pour que les trajets des ondes reçues par les différentes antennes puissent être considérés comme parallèles entre eux. On évalue précisément la configuration du réseau d'antennes pour ainsi déduire, avec une précision millimétrique, le mouvement relatif des stations au sol. Par exemple, on a pu suivre l'évolution, entre 1984 et 1995, de la distance entre Westford (USA) et Wettzell (RFA), qui a varié de près de 200 mm (18 $mm.an^{-1}$)

Résultats :

Par rapport à d'autres océans, l'Atlantique est caractérisé par une dorsale lente (vitesse d'ouverture actuelle allant de 17 $mm.an^{-1}$ dans l'Atlantique Sud à 6,3 $mm.an^{-1}$ au Nord de l'Islande). Cette différence de vitesse le long de la même dorsale est due à la sphéricité du globe, qui impose des mouvements de plaques en rotation et non en simple translation. Puisqu'une plaque est rigide, ces différences de vitesses ne peuvent s'accommoder que par des déformations cassantes, d'où l'existence de failles transformantes.

Cette rotation en surface du globe peut être caractérisée grâce à la géométrie eulérienne par un axe de rotation, qui traverse la Terre en deux « pôles eulériens ». Ceux-ci se localisent géométriquement à l'intersection des grands cercles orthogonaux aux failles transformantes, qui définissent autant de petits cercles centrés sur les pôles eulériens. Le pôle eulérien Nord de cette rotation est situé au large du Groenland.

La cinématique absolue du mouvement des plaques nécessite un repère lui-même absolu, c'est-à-dire fixe. On utilise en général le repère des points chauds, même si leur fixité est actuellement débattue. Les points chauds atlantiques les plus illustres sont : Islande, Açores, Canaries, Cap vert, Fernando, Saint Hélène, Trinidad, Tristan, Vema, Météor …

La description de la cinématique des plaques nécessite un découpage précis des plaques. Celles qui sont à cheval sur l'océan Atlantique sont : Amérique du Nord, Amérique du Sud (séparées entre elles au niveau des Caraïbes par une grande faille transformante), et, à l'Est de la dorsale, les plaques Eurasie et Afrique (Nubie), séparées entre elles au niveau de Gibraltar par une grande faille transformante.

La faible vitesse d'expansion peut être liée à la rareté des subductions périphériques. En effet, en domaine de subduction, le panneau plongeant (*slab*) est plus dense que le manteau environnant, donc plonge par gravité, ce qui tire toute la plaque océanique (« *slab pull* »).

Certes, on peut noter l'existence du moteur de poussée à la ride (« *ridge push* »), mais sa faiblesse justifie là encore la petite vitesse d'ouverture de cet océan. L'ouverture au niveau des dorsales est accommodée par de nombreuses structures tectoniques extensives. Les premières reconnues ont été des failles normales qui contrôlent la morphologie en rift du centre de la dorsale. Plus récemment, l'obtention de carte bathymétriques précises à mis en évidence

l'existence de grandes failles normales de faibles pendage (~10°) appelées failles de détachement. Ces failles sont le lieu d'importantes circulations de fluides et entraînent la dénudation de la croûte océanique et la mise à l'affleurement de manteau serpentinisé au niveau de structures en dôme.

3. Le problème de la segmentation des dorsales

Les dorsales sont segmentées, à des intervalles plus ou moins réguliers, par des failles transformantes. Depuis le début des années 1980, cette vision s'est considérablement modifiée. Grâce aux nouveaux outils de cartographie à haute résolution (sondeur multifaisceaux) et aux changements d'échelle d'échantillonnage de la croûte océanique, on s'est progressivement rendu compte que les processus d'accrétion sont non cylindriques et non permanents, c'est-à-dire que les variations de l'activité volcanique et tectonique le long de l'axe sont aussi importantes que celles qui sont observées perpendiculairement (variations en fonction de l'âge). La segmentation des dorsales, qui définit des zones de quelques dizaines à une centaine de kilomètres de longueur, est aujourd'hui considérée comme un phénomène majeur. Elle est marquée par des discontinuités axiales qui sont intimement liées au phénomène d'accrétion et qui peuvent constituer l'expression tectonique en surface des processus de genèse de la croûte océanique en profondeur. Les discontinuités prennent plusieurs formes : rifts en relais (dédoublement de dorsales ou rides doubles correspondant aux « *overlapping spreading centers* »), propagateurs (région où la dorsale s'allonge parallèlement à elle-même), et failles transformantes.

Les failles transformantes représentent de grands décalages apparents en distance (de quelques dizaines à quelques centaines de kilomètres), donc en âge de la croûte océanique (juxtaposition de part et d'autre de la faille d'une croûte qui diffère en âge d'une à plusieurs dizaines de millions d'années). Ces structures sont en général permanentes et stables. On peut, par exemple, suivre la trace fossile des failles transformantes pendant des dizaines de millions d'années sur les flancs de la dorsale. Chaque segment de dorsale constitue en fait une unité fondamentale de l'accrétion, véritable cellule d'accrétion (*spreading cell*).

Une autre explication de la segmentation des dorsales l'attribue en partie à une segmentation des sources magmatiques du manteau supérieur, mais elle peut aussi avoir une origine lithosphérique et être fonction des propriétés de la croûte et de la lithosphère (épaisseur variable, état des contraintes locales ou régionales). Chaque segment de dorsale a des caractéristiques tectoniques et volcaniques qui varient dans l'espace et le temps en fonction de l'évolution des propriétés physiques et chimiques des sources magmatiques sous-jacentes. Il passe par des phases magmatiques avec des émissions volcaniques abondantes suivies de phases tectoniques marquées par la présence de failles et fissures suivant l'apport fort ou faible des sources magmatiques sous-jacentes.

En conclusion, on peut dire que les dorsales lentes sont plus « tectoniques » que « magmatiques »: chambres magmatiques discontinues et temporaires, peu de production magmatique, pas ou peu de complexes de dykes, manteau parfois affleurant…

4. Chronologie de l'ouverture des différentes portions de l'Atlantique, et conséquences sur le trajet des continents voisins

Méthodes

Sur la carte de l'âge des fonds océaniques (déterminés par les anomalies magnétiques et la biostratigraphie), on repère les portions lithosphériques les plus âgées, sachant qu'elles

attestent des premiers stades de la formation de l'océan. La cartographie des anomalies magnétiques permet de remonter progressivement aux premiers stades de l'ouverture : en remettant en coïncidence chaque anomalie située aujourd'hui de part et d'autre de la dorsale on obtient la configuration correspondant à l'époque de formation de cette anomalie. On peut ainsi décrire la progression de l'expansion et les variations de sa vitesse au cours du temps.

Une autre technique s'appuie sur l'idée que tout océan est né après une déchirure continentale (en l'occurrence la déchirure de la Pangée). Donc si l'on date le rifting (grâce à l'âge des sédiments synrift d'une marge passive), on peut dater l'évènement qui a précédé de peu l'ouverture de l'océan voisin.

Résultats

L'ouverture initiale concerne l'Atlantique central (de 10 à 50° de latitude), au Jurassique. Puis s'ouvre au Crétacé l'Atlantique sud, qui impose donc une rotation anti-horaire de l'Afrique, en lien avec la formation des Pyrénées (également liée à l'ouverture du golfe de Gascogne), les Alpes, et Gibraltar.

L'Atlantique nord s'ouvre au Tertiaire.

Précisément :

- entre 200 et 180 millions d'années avant l'époque actuelle, le bloc eurasiatique, déjà séparé du Gondwana par la Téthys sur les deux tiers de sa longueur, s'écarte des Amériques et de l'Afrique le long d'une ouverture qui passe entre le Labrador et le Groenland, entre l'Irlande et Terre-Neuve, entre la France et l'Espagne ; cet océan initial, transversal par rapport à ce que sera plus tard l'Atlantique, subsiste aujourd'hui en mer de Baffin, mer du Labrador et golfe de Gascogne.

– de 180 à 130 millions d'années, l'Afrique et l'Amérique du Sud restent encore solidaires ; mais l'Amérique du Nord, liée à l'Eurasie par l'océan transversal qui est désormais stabilisé, s'éloigne de l'Afrique et de l'Amérique du Sud, et le premier segment de l'Atlantique proprement dit s'ouvre entre Terre-Neuve et les Bahamas d'une part, entre l'Ibérie et la Sierra Leone d'autre part.

– de 130 à 85 millions d'années, tandis que l'Atlantique médian continue à s'ouvrir, l'Amérique du Sud se sépare de l'Afrique, et l'Atlantique Sud commence à se former ; les deux Amériques se rapprochent et l'océan Caraïbe est rétréci sur toute sa périphérie;

– de 85 millions d'années à nos jours, l'Atlantique sud et l'Atlantique central continuent à s'ouvrir, avec quelques variations de pôle et de vitesse, mais en outre s'ouvre l'Atlantique nord, entre l'Europe et le Groenland ; le tracé de la dorsale a varié de nombreuses fois dans ce dernier secteur, d'où la formation de lambeaux continentaux comme le plateau de Rockall et de dorsales mortes. Mais dans l'ensemble son ouverture accompagne le mouvement de l'Europe vers le Sud-Est associé à la formation des chaînes alpines et les manifestations volcaniques dans la partie océanique du contact entre plaques (Açores).

C. L'océan Atlantique est bordé par des continents déchirés au commencement de la divergence lithosphérique : la notion de marge passive

On peut présenter par exemple une coupe de la marge européenne au niveau du golfe de Gascogne. Une représentation de la mise en place des marges passives par les discontinuités entre période anté-, syn- et post-rift permet de caractériser les premières phases d'ouverture d'un océan (blocs basculés et éventails sédimentaires associés).

L'extension lithosphérique est un processus d'amincissement crustal et lithosphérique, qui conduit à la mise à l'affleurement du manteau dans la zone de transition océan-continent. La remontée asthénosphérique qui en découle crée un échauffement au moment du rifting.
Trois causes de subsidence se conjuguent sur les marges : la faible épaisseur de la marge continentale, le retour à l'équilibre thermique (refroidissement), et la charge sédimentaire.

On peut distinguer les marges passives non-volcaniques et les marges passives volcaniques (qui sont en relation avec le fonctionnement de panaches lors de la déchirure, aussi bien dans l'Atlantique Nord - Groenland-Vøring-Rockall - que dans l'Atlantique Sud – Etendeka-Paraña).

D. L'expansion de l'océan Atlantique conduit localement à une convergence de plaques en subduction

Cet océan est pratiquement bordé de toutes parts de marges passives (d'où la position médio-océanique de la dorsale). Néanmoins, on constate deux zones de subduction : Caraïbe et îles Sandwich. Leur profil est assez caractéristique : prisme d'accrétion, arc volcanique (magmatisme calco-alcalin avec contamination par les sédiments atlantiques, dynamisme explosif), bassin arrière arc. Une coupe géologique légendée était attendue, présentant la dynamique de la zone de subduction avec en particulier l'origine du magmatisme.

Ces subductions accommodent l'extension due aux dorsales, mais tous ces mouvements doivent être considérés à l'échelle globale de toutes les plaques.

Conclusion : un océan « jeune », encore chaud. Les subductions à l'Ouest de l'Amérique du Sud et à l'Est de l'Eurasie accommodent cette divergence (bords libres) qui peut donc se poursuivre. On peut envisager cependant une possibilité de mise en subduction future des portions âgées de l'Atlantique central ; la sismicité enregistrée le long de côtes de l'Europe ou du Brésil pourrait en représenter les prémisses.

E. L'activité magmatique de la dorsale

1. Les magmas produits et leur mise en place

La divergence lithosphérique induit une remontée mantellique à l'aplomb de la dorsale. Cette remontée adiabatique permet au manteau asthénosphérique ascendant de recouper le solidus péridotitique. La fusion polybarique des diapirs mantelliques ascendants produit des basaltes de composition tholéiitique (magmas saturés à sursaturés en silice, pauvres en alcalins). Les taux de fusion sont élevés (> 10%). Ces magmas, appelés MORB (*Mid Ocean Ridge Basalt*), constituent le groupe le plus homogène des types de basaltes actuels.

Les magmas produits en profondeur percolent le manteau jusqu'à l'aplomb de l'axe de la dorsale. L'existence de grandes chambres magmatiques permanentes sous l'axe de la dorsale atlantique est peu probable, mais, cependant, des corps magmatiques de taille moyenne et plus ou moins éphémères peuvent être présents localement. Ces poches magmatiques alimentent ponctuellement des volcans axiaux répartis sur le plancher interne de la vallée axiale. Le volcan axial est discontinu et constitué surtout de laves en pillow-lavas. Les basaltes comportent principalement des phénocristaux de plagioclase et d'olivine et des microlithes de même nature. Les laves mises en place sous une épaisse tranche d'eau très froide (2 à 3 °) présentent une texture de trempe caractéristique : bordure vitreuse en périphérie, puis verre incluant des minéraux présentant des morphologies particulières (cristaux « squelettiques » etc …).

Il n'existe pas de différenciation magmatique poussée dans ce contexte, et les roches volcaniques les plus évoluées forées ou draguées à l'axe des dorsales sont des ferrobasaltes.

Les MORB sont appauvris en éléments les plus incompatibles (ou hygromagmatophiles, qui se concentrent dans les liquides) ce qui se traduit par une pente positive de leurs spectres de Terres Rares. La signature isotopique des MORB est aussi unique. Ainsi, ^{87}Sr et ^{144}Nd sont des isotopes radiogéniques qui dérivent respectivement de la désintégration de ^{87}Rb et ^{147}Sm. Or Rb est plus incompatible que Sr tandis que Sm est moins incompatible que Nd. Ainsi un magma dérivant d'une source mantellique appauvrie en éléments incompatibles sera caractérisée par des rapports $^{87}Sr/^{86}Sr$ faibles et au contraire des rapports $^{144}Nd/^{143}Nd$ élevés, ce qui est la signature typique des MORB. La source des MORB est le manteau supérieur, appauvri par l'extraction précoce de la croûte continentale.

2. Accrétion magmatique faible, accrétion tectonique dominante

Le flux de manteau sous l'axe de la dorsale est proportionnel à la vitesse d'expansion. Si le flux est faible, comme pour la dorsale atlantique, alors la quantité de manteau chaud sous l'axe est elle aussi faible et le volume susceptible de fondre est peu important (l'intervalle de fusion sera petit).

- Lien entre la vitesse d'expansion de la dorsale et sa morphologie :

Pour une faible vitesse d'accrétion océanique, de l'ordre de 1 à 3 centimètres par an, caractéristique de la dorsale médio-atlantique dans l'Atlantique Nord, une vallée profonde, ou rift, marque l'axe de la dorsale. La faible production magmatique, justifiée au paragraphe précédent, peut expliquer le non remplissage du rift et donc la dépression topographique qui l'accompagne. Une autre hypothèse explique l'existence d'une vallée axiale : la perte de charge hydraulique due à la viscosité du magma qui remonte dans un conduit à l'aplomb de l'axe de la dorsale. La dépression existant au toit du conduit traduit la perte de charge due aux forces visqueuses, elle est forte quand le conduit est étroit (dorsale lente), et faible quand il est large (dorsale rapide).

Pour une accrétion moyenne, de 3 à 5 centimètres par an, observée dans l'Atlantique Sud, la vallée axiale n'est bien développée qu'au contact des failles transformantes qui segmentent ce dispositif de dorsales. Pour une accrétion rapide, de 5 à 10 centimètres par an, la vallée axiale, souvent absente, n'a que 50 à 200 mètres de profondeur. Elle occupe l'axe d'un large bombement, et la topographie des flancs est relativement douce.

Il existe toutefois quelques exceptions à cette classification : en effet, les dorsales localisées à proximité des points chauds, par exemple la dorsale de Reykjanes, au sud de l'Islande, ne comportent pas de vallée axiale et prennent les caractéristiques morphologiques des dorsales rapides. On peut penser que la présence d'un panache sous l'Islande favorise une production magmatique plus importante et donc une morphologie plus proche de celle des dorsales de type Pacifique, malgré la vitesse lente.

F. L'océan atlantique est situé à l'aplomb panaches qui conduisent à la formation d'îles intra-océaniques

L'Islande appartient à la « province magmatique de l'Atlantique Nord (ou province thuléenne) dont des témoins affleurent en Irlande du Nord (Chaussée des géants), en Écosse ou au Groenland. Cette province est un exemple type de marge passive volcanique. Les études de tomographie sismiques ont mis en évidence un panache de manteau chaud d'environ 150 km de diamètre à l'aplomb de l'Islande. La géométrie de ce panache est bien contrainte

jusqu'à 400 km, mais son extension en profondeur demeure très débattue compte tenu des limites actuelles de résolutions de la tomographie sismique.

L'activité de son point chaud sommital est à l'origine du volcanisme récent de l'Islande. Les produits de ce volcanisme sont hétérogènes et comprennent des basaltes tholéiitiques (majoritaires), des basaltes alcalins, et les termes plus évolués issus de leurs différenciations. Basaltes tholéiitiques et surtout alcalins sont caractérisés notamment par un enrichissement en éléments les plus incompatibles par rapport aux MORB et une signature isotopique en strontium plus radiogénique. Ces spécificités géochimiques impliquent la présence d'un ou de plusieurs composants enrichis, probablement d'origine profonde, dans la source de ce magmatisme.

L'émersion de l'Islande (croûte épaisse de 20 à 40 km) est la conséquence du taux élevé de production magmatique, lié à la décompression adiabatique du panache profond.
L'Islande peut être considérée comme une île intra-océanique (voir un plateau océanique en devenir pour certains auteurs), manifestation de surface d'un panache majeur dont l'activité a conduit au paléocène à une rupture continentale suivie d'une ouverture océanique. Cet exemple permet de discuter du lien possible entre la position des points chauds en Atlantique et le lieu de la déchirure continentale initiale (éclatement de la Pangée).

A partir de carte de position des continents avant ouverture de l'océan Atlantique, on note une concordance entre, d'une part, la localisation et l'âge de mise en place de grandes provinces magmatiques (comme la province magmatique en Atlantique central (la « *CAMP* »)), et, d'autre part, la séquence d'ouverture de l'Atlantique. L'association entre mise en place de grande province magmatique et initiation d'une phase de rifting peut s'expliquer par la mise en place d'un régime extensif au niveau du bombement lithosphérique créé par le panache mantellique à l'origine de la province magmatique (augmentation de l'énergie potentielle de gravité et amollissement thermique de la lithosphère au dessus de la tête de panache). Les traces de ces anciens panaches correspondent maintenant à certains points chauds toujours actifs comme à Tristan Da Cuña dans l'Atlantique sud, ou en Islande.

Cependant l'existence de marges passives non volcaniques prouve que la présence d'un panache n'est pas une condition nécessaire pour que se produise cette déchirure. On peut aussi imaginer une relation entre la position du lieu initial de la déchirure et une zone de fragilité lithosphérique liée à son histoire (l'axe de l'Atlantique Nord coïncide avec l'ancienne suture calédonienne).

G. Une lithosphère refroidie par l'eau de mer, qui subside en vieillissant

Au contact de l'eau mer froide (~2°C), la lithosphère océanique se refroidit, son épaisseur et sa densité globale augmentent, induisant sa subsidence, bien illustrée par l'augmentation de sa profondeur sous la surface (qui atteint -6000 m dans les plaines abyssales). Ainsi, le flux géothermique passe d'une valeur voisine de 200 $mW.m^{-2}$ mesurée à la dorsale, à moins de 40 $mW.m^{-2}$ mesurés au niveau des plaines abyssales distantes.

Cependant, le flux thermique mesuré sur les fonds océaniques diffère notablement des valeurs prédites par les modèles de refroidissement thermique conductif de la lithosphère. Cet écart est interprété par un refroidissement partiel de la croûte océanique par une circulation hydrothermale. Il est maximal au voisinage immédiat de la dorsale, (un tiers du flux thermique hydrothermal concerne une croûte âgée de moins de 1 Ma) pour disparaître lorsque l'âge excède 65 Ma environ en moyenne. Ceci signifie donc qu'un flux thermique hydrothermal peut subsister à plusieurs centaines de kilomètres d'une ride lente comme la dorsale atlantique. Dans ce contexte en extension, la croûte océanique jeune est fissurée et poreuse, les gradients thermiques sont très élevés, toutes les conditions sont donc réunies pour la mise en place de cellules de convection hydrothermale.

Cette activité hydrothermale contrôle en partie les transferts d'énergie et de matière, entre les zones profondes de la croûte océanique et les domaines les plus superficiels. Cette circulation hydrothermale est localisée là où se trouvent des sources de chaleur magmatique. Pour les rides lentes, la circulation est gouvernée principalement par le refroidissement des roches plutoniques qui se contractent, se fissurent, et laissent pénétrer les fluides. L'eau de mer froide, de pH neutre à basique, oxydante, riche en SO_4 mais pauvre en métaux percole vers le bas à travers la croûte océanique en précipitant sulfates et carbonates. Sa température augmente progressivement, jusqu'à 350-400°C et elle s'acidifie. Lorsqu'elle approche son point critique, sa baisse de densité entraîne son ascension vers la surface. Ce fluide chaud, acide et corrosif lessive les métaux des roches magmatiques qu'il rencontre. A l'expulsion à la surface, les fluides sont refroidis rapidement et se mélangent avec l'eau de mer froide, ce qui entraîne une diminution importante de la solubilité des métaux et provoque donc la précipitation de sulfures de métaux (fer, zinc, cuivre etc …). Ce processus aboutit à la formation des fameuses cheminées hydrothermales, pouvant atteindre quelques dizaines de mètres avant de s'effondrer. Ces dépôts peuvent constituer des dépôts de sulfures polymétalliques massifs (VMS). Ainsi, le mont TAG (Trans-Atlantic-Geotraverse) situé sur la ride médio-atlantique (26°N) contient 3 millions de tonnes de sulfures (avec 2 % de Cu, et en moindre concentration du zinc et de l'or).

Enfin, ces sources hydrothermales profondes (les fameux fumeurs noirs –ou blancs- découverts au milieu des années 70) sont peuplés de communautés animales exubérantes dont l'étude contribue aujourd'hui au débat sur l'origine de la vie.

II- L'océan atlantique, une masse liquide en mouvement

A. Mise en évidence de courants horizontaux et verticaux

Il existe des techniques de mesures directes et *in situ* telles que les bouées dérivantes, courantomètres sous-marins (accrochés au fond). Indirectement, on étudie la courantologie à partir de cartes (ou coupes) de distribution de la température, la salinité, la chlorophylle ou de certains isotopes … L'étude s'appuie sur l'idée que les courants déplacent les limites (thermoclines, haloclines...) observées sur ces documents.

Des modélisations numériques, fondées sur les équations de la dynamique des fluides, et alimentées initialement par des données de température et salinité, permettent également d'étudier les paramètres de la circulation des eaux océaniques (projet DRAKKAR par exemple) et d'en prévoir l'évolution future.

Certains courants traduisent des échanges avec les masses d'eau voisines : fuite profonde d'eau au sud de l'Afrique vers l'océan Indien, fuite d'eau superficielle vers la Méditerranée, arrivée d'eau méditerranéenne profonde ...

B. Les mouvements horizontaux de surface sont des courants de dérive liés aux vents dominants

La corrélation très nette entre les directions des vents et des courants dans tous les océans est un argument fort pour valider le rôle des vents comme moteur de la circulation océanique de surface. Précisément, le mécanisme envisagé porte sur les forces de friction dues au mouvement de l'atmosphère. Un autre élément facilite les mouvements associés de l'océan et l'atmosphère: ils sont tous les deux sensibles à la force de Coriolis, qui les dévie tous deux dans des sens identiques. On parle ainsi de couplage mécanique.

Cependant, dans les détails, la direction du courant est légèrement déviée par rapport à celle des vents, ce que nous allons étudier au paragraphe suivant.

De façon évidente, la circulation des eaux dépend de la géographie des frontières de l'océan. Ainsi, l'ouverture de détroits (passage de Drake par exemple) a historiquement modifié les courants océaniques en Atlantique. On voit ainsi un lien réel avec la tectonique des plaques, et donc un bon exemple de couplage entre les géodynamiques interne et externe…

C. Des upwellings sont engendrés par la dérive d'Ekman

Il est facile de concevoir qu'un vent de terre (soufflant de la terre vers la mer) chasse les eaux de surface vers le large, remplacées par conséquent par des eaux remontant (upwelling) des profondeurs. Les eaux profondes amènent des nutriments minéraux favorables au phytoplancton, ce qui améliore la productivité organique de façon significative.

En revanche, plusieurs upwellings sont observés dans des cas où le vent est parallèle à la côte (Canaries et Benguela). Ils trouvent leur explication en considérant à la fois la force de Coriolis et la friction entre deux tranches d'eau superposées : un courant de surface entraîne les masses d'eau sous-jacentes, mais avec une vitesse moindre à cause des pertes d'énergie par frottement et de la dispersion de cette énergie dans le volume océanique.

L'effet de la force de Coriolis, qui dévie un objet en mouvement sur sa droite (dans l'hémisphère Nord), fait que les vecteurs courants sont décalés dans le sens horaire de haut en bas de la colonne d'eau (« spirale »). La représentation graphique des toutes ces vecteurs déviés s'appelle la spirale d'Ekman. Le courant de dérive est ainsi orienté à 45° vers la droite du vecteur vent. Ce phénomène s'enregistre jusqu'à 200m de profondeur environ.

Dans l'hémisphère Nord, un upwelling ne se développe que si la côte est à gauche du sens du vent (exemple: vent de Nord au bord des côtes portugaises ou africaines).

En supplément de ces upwellings côtiers, on rencontre également des upwelling hauturiers. Aux latitudes équatoriales, la rencontre des Alizés provoque des vents soufflant vers l'Ouest. Puisque de part et d'autre de l'équateur, la force de Coriolis a deux directions inverses, les dérives d'Ekman seront opposées. Cette divergence des eaux en surface crée un appel d'eau profonde également qualifié d'upwelling.

D. Le plongement nord-atlantique s'inscrit dans la grande circulation thermo-haline globale

1. Mise en évidence :

L'utilisation de marqueurs isotopiques comme le ^{14}C (issu des essais nucléaires à l'air libre) indique que les eaux profondes (~3000m) sont très jeunes dans l'Atlantique Nord et deviennent de plus en plus vielles vers le sud, puis vers le Pacifique et l'Océan Indien. Cette évolution est reliée à une circulation des eaux profondes de l'Atlantique Nord vers le Sud suivi d'une remontée vers les bordures sud des océans Indien et Pacifique. Les mesures du ^{14}C indiquent un cycle dont la durée est de 2000 ans.

2. Mécanisme : densité liée à la température et à la salinité

On peut citer dans un premier temps la forte salinité de l'atlantique comparativement à l'océan Pacifique (à latitude égale, bien entendu). Deux causes en sont responsables : les apports d'eau salées méditerranéennes (36 à 38‰), et la formation d'une banquise étendue, notamment sur sa limite nord. D'une manière générale quand un corps liquide refroidit sa densité augmente et devient maximale à la température de solidification. Mais l'eau fait exception : sa densité maximale est atteinte non pas à 0 °C mais à 4°C, et la glace est moins dense que l'eau liquide. Néanmoins, sa densité augmente de 3 % entre 80°C et 0°C.

La salinité a une conséquence directe sur la densité : une eau à 33 $g.l^{-1}$ de salinité a une densité de 1,033. La congélation d'eau salée élimine le sel de la partie glacée, ce qui enrichit

en sel l'eau résiduelle non gelée. La combinaison de tous ces processus fait que dans les zones polaires (ex.: mer de Barents), le refroidissement de l'eau, et la formation de la banquise, rendent l'eau plus dense et lui permettent de « couler » en profondeur. Cette masse d'eau ainsi formée est appelée NADW (« *North Atlantic Deep Water* »).

3. Conséquence sur la dissolution / dégazage du CO2 atmosphérique

Puisqu'une eau froide peut dissoudre plus de gaz (comme du CO2 atmosphérique) qu'une eau chaude, le plongement des eaux polaires joue le rôle de pompe physique à CO2. Le problème qui se pose dans la situation actuelle de rejets anthropiques importants de CO2 est que cette boucle convective ne dure qu'environ 2000 ans, et que le CO2 retournera tôt ou tard vers l'atmosphère.

4. Variations de la température et de la salinité au cours du temps

Le fractionnement chimique entre les isotopes ^{16}O (le plus abondant : 99,8%) et ^{18}O lors des phénomènes d'évaporation ou de précipitation de l'eau fait que les eaux qui subissent ces processus s'enrichissent progressivement en ^{18}O. Puisque ces processus ainsi que le fractionnement lui même sont dépendants de la température, la teneur en ^{18}O des glaces peut informer de la paléotempérature du moment de leur formation. Cette teneur est mesurée par spectromètrie de masse, et exprimée par comparaison avec la valeur moyenne des eaux océaniques (SMOW = *standard mean oceanic water*) dans un rapport appelé $\delta^{18}O$.
Puisque les glaces sont appauvries en ^{18}O, les périodes glaciaires font augmenter la fraction d'^{18}O dans les océans. Les carbonates formés dans ces océans sont également enrichis et le $\delta^{18}O$ des Foraminifères benthiques devient un bon indice de la quantité de glace accumulée aux pôles.

De plus, le phénomène biochimique de précipitation de carbonate est lui aussi thermo-dépendant : donc par comparaison entre les rapports mesurés dans des organismes qui vivent dans les eaux superficielles (Foraminifères planctoniques) ou profondes (Foraminifères benthiques) permet d'approcher la température de surface des eaux et donc le climat local.

Un autre marqueur de glaciation se rattache à l'idée que les inlandsis produisent des icebergs qui peuvent dériver loin des côtes. Les sables récoltés lors du trajet continental de la glace sont libérés par la fonte de la glace. Ainsi, en plein Atlantique nord, Heinrich a identifié des sédiments riches en débris lithiques («de la granularité des *silts* aux sables»), qui ne peuvent s'expliquer que par une arrivée massive d'icebergs (débâcle glaciaire). Les causes d'une débâcle sont multiples et encore discutées aujourd'hui. En revanche, la conséquence de cette fonte massive de glace est un apport en eau douce qui freine le plongement thermohalin. Précisément, le ralentissement du Gulf Stream (courant géostrophique issu de la déviation vers la droite du courant Nord Équatorial) a eu pour effet de ne plus réchauffer la façade européenne.

Actuellement, des oscillations thermiques dans l'Atlantique nord (appelées phénomène NAO = « *North Atlantic Oscillation* ») sont observées. Elles concernent essentiellement des effets atmosphériques et ne seront pas développées ici.

E. Ces courants véhiculent de l'énergie et participent à l'homogénéisation des températures du globe

On pense que la puissance énergétique véhiculée vers les pôles par la chaleur des eaux océaniques est de l'ordre de plusieurs pétaW (10^{15}W). Ces données sont calculées à partir du débit des courants Nord/Sud, multiplié par la capacité thermique massique de l'eau (1 calorie = 4,18 J/g/°C). Cette redistribution d'énergie contribue à limiter les écarts thermiques sur le globe. Dans le cas des zones intertropicales, l'énergie transmise à l'atmosphère est telle que naissent parfois de grandes colonnes d'air ascendantes qui peuvent se transformer en tempêtes

tropicales puis, pour les plus importantes et si l'alimentation thermique se poursuit, en cyclones tropicaux.

F. Les variations du niveau d'eau, causes et conséquences

1. A courte échelle de temps

Lors du passage d'un cyclone (échelle de quelques jours), la baisse de pression atmosphérique provoque une élévation du niveau marin (surcôte): 1 hectoPascal en moins de pression atmosphérique équivaut à une augmentation du niveau marin local d'un cm. Le niveau d'eau est modifié également au sein des grandes gyres océaniques, puisque les dérives d'Ekman forment localement des dômes ou des creux selon le sens de rotation.

Sans rentrer dans des explications détaillées, on peut citer les effets lunaires sur le niveau des eaux, à travers le phénomène des marées (et cas particuliers des points amphidromiques). Les plus forts marnages sont observés sur les côtes de l'océan Atlantique. Ils résultent de l'orientation méridienne de l'océan qui facilite l'apparition de phénomènes de résonance des ondes de marée entre les bordures de l'océan et, corrélativement, une amplification du marnage.

2. A grande échelle de temps

La dynamique lithosphérique, qui peut modifier le contenant des océans, a des conséquences sur le niveau océanique. Les variations concernées sont qualifiées de tectono-eustatisme. Un exemple souvent cité est celui de l'augmentation du volume des dorsales au Crétacé. Les périodes temporelles sont de plusieurs dizaines de millions d'années, tandis que les amplitudes de niveau marin avoisinent les 200 m.

En parallèle, les variations du volume des calottes glaciaires provoquent également des modifications du volume océanique, et donc du niveau des eaux, qualifiées de glacio-eustatisme. En revanche, les périodes temporelles concernent de plus courtes durées (de 10 000 à 100 000 ans), et l'amplitude de niveau est d'environ 120 m.

Un autre facteur associé à un réchauffement climatique concerne les effets directs de la température sur la dilatation thermique de l'eau. Par exemple, depuis un siècle, le niveau moyen des mers est monté d'une quinzaine de centimètres. Pendant la même période, la température moyenne de la Terre a augmenté de 0,6°C. Le coefficient de dilatation thermique de l'eau est de $2,6 \times 10^{-4} °C^{-1}$. La tranche d'eau des océans est divisée par la thermocline, qui sépare les eaux profondes, froides, des eaux superficielles en équilibre avec la température de l'atmosphère. Cette thermocline se situe en moyenne vers 1 000 m de profondeur.

Si le premier km de la tranche d'eau océanique (10^5 cm) voit sa température monter de 0,6°C, cela entraîne une dilatation de : $10^5 \times 2,6 \times 10^{-4} \times 0,6 = 15,6$ cm. On voit donc que l'ordre de grandeur de la dilatation thermique correspond à peu près à la dilatation observée, ce qui permet de dire que pour l'instant la fonte des glaciers n'a qu'un rôle négligeable (ou du moins largement minoritaire).

Les conséquences visibles de ces niveaux marins variables sont spectaculairement enregistrées par les processus d'érosion et de sédimentation : au Quaternaire par exemple, on a constaté des variations du trait de côte, des traces de vallées fluviales aujourd'hui submergées (rias bretonnes, calanques …). A plus grande échelle de temps, les grandes transgressions observées en France métropolitaine sont à relier au fonctionnement intense de la dorsale atlantique à cette période (au Crétacé Supérieur par exemple, ce qui est bien visible sur la carte de France au millionième).

III- L'océan Atlantique, un bassin sédimentaire

La subsidence de ses marges ou de ses plaines abyssales en fait un lieu possible d'accumulations sédimentaires variées.

A. Les produits de l'érosion continentale recouvrent les marges continentales et débordent dans les plaines abyssales

Les particules véhiculées par les grands fleuves sont déversées à leur embouchure et constituent des deltas (ex. Mississippi …). Une coupe montrant la géométrie des dépôts deltaïques était attendue.

Puisque l'océan Atlantique couvre des latitudes très variées, on a des produits d'altération bien différents dans leur volume ou leur nature selon la position des fleuves, qui drainent des régions à l'altération contrastée.

On pouvait signaler l'existence de systèmes détritiques profonds (systèmes turbiditiques profonds type Amazone, ou au large des côtes d'Afrique du sud). Ces systèmes sont alimentés par des canyons sous-marins qui incisent les talus. Les sédiments transportés depuis la bordure du plateau continental par des courants de turbidité (courants de densité épisodiques chargés de sédiments) s'accumulent au en lobes au niveau du glacis. Les dépôts associés à des événements turbiditiques majeurs peuvent venir s'accumuler dans les plaines abyssales (cas de turbidites présentes dans la plaine abyssale de Madère au large de la marge ouest-africaine). De par la qualité de leurs propriétés pétro-physiques, ces dépôts représentent d'excellents réservoirs pour les ressources naturelles (pétrole, gaz).

Loin des côtes, et à grande profondeur, on trouve des sédiments caractéristiques nommés « argiles rouges des grands fonds ». Ce sont des smectites ferrifères formées localement (diagénèse précoce) à partir de vases calcaires ou siliceuses, des cendres volcaniques, et de rares apports terrigènes lointains.

B. Les latitudes intertropicales sont favorables à la production carbonatée : aux prairies algaires, aux constructions coralliennes et aux accumulations oolithiques en zones côtières

Une coupe d'un récif corallien et d'une plate-forme carbonatée chaude type Bahamas était souhaitable, avec un commentaire explicatif sur la localisation des différents faciès sédimentaires. Les facteurs favorables à la production carbonatée, et notamment ceux des récifs, sont la température (18-26°), la turbidité faible, les faible taux de nutriments, la salinité (33-34°/°°), l'hydrodynamisme.

C. L'activité biologique fabrique des sédiments pélagiques dont la zonation suit celle du plancton (productivité primaire)

Il est intéressant de discuter de la nature du plancton (test calcaire ou siliceux) et des facteurs influençant sa répartition : lumière, température, sels minéraux (liés aux upwellings, aux décharges fluviales). On peut ainsi aboutir à la présentation et l'explication de la carte des sédiments océaniques.

Les sédiments pélagiques dépendent de la nature du plancton (tests calcaires ou siliceux), mais également de la localisation en surface du plancton et de la transformation de ce qu'il en reste dans la colonne d'eau. Une fois encore, il convenait de rappeler les techniques utilisées pour réaliser la carte de répartition des sédiments pélagiques (carottage, dragage ...).

Le problème de la dissolution des carbonates en profondeur doit être cité (CCD). Les causes de variation de la CCD en fonction du temps ou de l'espace peuvent être discutées. Il faut aussi discuter du changement de pression partielle de CO_2 en domaine océanique en lien avec la température et ayant des conséquences sur la production carbonatée.

Un autre aspect est celui de l'épaisseur des sédiments pélagiques : sur environ 200 ou 300 km de part et d'autre de l'axe, les sédiments pélagiques ne forment qu'un voile discontinu. Plus loin, on en trouve en épaisseur appréciable dans les dépressions ; au-delà de 800 ou 1 000 km, ils recouvrent l'intégralité de la surface du fond océanique. L'épaisseur de ces dépôts est manifestement liée à l'âge de la croûte, et il faut à peu près 40 millions d'années pour que les sédiments atteignent les 800 mètres d'épaisseur nécessaires pour masquer la plupart des irrégularités de la croûte.

Bilan : on comprend ici l'importance des interactions avec la biosphère (rôle complexe des microorganismes et du nanno-plancton), et les implications de cet océan dans le dans le cycle du carbone (pompe biologique de carbone).

D. Les profondeurs anoxiques contribuent au piégeage de la matière organique

La respiration microbienne est le processus majeur de minéralisation et donc d'élimination de la matière organique produite en domaine océanique. La faible taille des particules organiques (pelotes fécales) ou des organismes eux-mêmes fait que la vitesse de chute et donc le temps de traversée de la colonne d'eau (depuis la surface jusqu'à la profondeur de sédimentation) est long, ce qui laisse le temps nécessaire à une intense minéralisation.

Même s'il existe des respirations anaérobies, les domaines anoxiques sont quand même des lieux privilégiés de conservation de la matière organique. En zone océanique, on trouve en l'occurrence une tranche d'eau intermédiaire (environ 1000 mètres de profondeur), mal renouvelée, dite « zone à oxygène minimum » (ZOM). Cette ZOM est liée à une forte consommation de l'oxygène à l'origine de la minéralisation de la MO, et permet localement la préservation de MO non dégradée produite en excès dans les sédiments.

Ces phénomènes expliquent l'existence de vastes réserves actuelles de pétrole et de gaz dans l'océan Atlantique (depuis le Crétacé jusqu'au Cénozoïque), localisées principalement sur les marges continentales (en association avec les systèmes sédimentaires turbiditiques). Les découvertes récentes de prospects profonds au large du Brésil et de la Guyane française viennent le confirmer.

5. ÉPREUVES PRATIQUES

Les sujets présents dans ce rapport ont généralement une mise en page un peu différente de celle utilisée au cours de l'épreuve. Ils comportent souvent des éléments de réponse aux questions. Les personnes désireuses de se procurer les versions vierges des fichiers peuvent les trouver sur le site du concours.

5.1 ÉPREUVE DE SPÉCIALITÉ DU SECTEUR A

5.1.1Sujet

Le sujet contient des éléments de réponse attendus en rouge.

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2012

TRAVAUX PRATIQUES DE SPECIALITÉ DU SECTEUR A

Durée totale : 6 heures

De la biologie des membranes à la communication nerveuse

Le présent sujet, de 53 pages, se compose de **3 parties indépendantes.** Chaque partie est composée d'une partie expérimentale et d'une partie analyse de documents.

Partie I : Etude des propriétés membranaires des hématies page 3

durée conseillée : 1h30 - barème indicatif : 25 points sur 100

Partie II : Etude du potentiel d'action page 14

durée conseillée : 2h30 - barème indicatif : 45 points sur 100

Partie III : Utilisation en neurobiologie d'outils issus de la biologie moléculaire et de l'imagerie page 28

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

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

N'oubliez pas d'appeler les correcteurs lorsque cela est demandé.

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

VOUS DEVEZ RENDRE LA TOTALITÉ DES FEUILLES DU DOSSIER.

Préambule :

L'épreuve de travaux pratiques de la spécialité A abordera quelques aspects de la biologie des membranes et leurs conséquences, notamment sur le fonctionnement des cellules nerveuses. Elle s'appuiera sur des notions de biologie cellulaire, de biologie moléculaire, de génétique, de biochimie et de neurobiologie. Elle vise à évaluer vos aptitudes techniques et votre maîtrise des bonnes pratiques de laboratoire, vos capacités d'organisation ainsi que celles d'analyse et d'interprétation de résultats expérimentaux.

L'épreuve est composée de 3 parties qui sont indépendantes les unes des autres. Les réponses à chaque question sont à apporter dans le cadre prévu à cet effet. Une lecture du sujet dans son intégralité est utile notamment pour s'imprégner de la problématique proposée.

Les protocoles expérimentaux figurent en annexe permettant ainsi leur utilisation plus aisée. Ils seront cependant à remettre dans le dossier à la fin de l'épreuve. Prenez particulièrement soin de les lire et de déterminer le temps nécessaire aux manipulations pour vous permettre d'organiser votre travail et répartir judicieusement les expériences pendant la durée de l'épreuve.

Attention, notez que l'accès au dispositif expérimental pour les parties II et III n'est pas libre, mais est réglementé par des plages horaires fixes.

Tout le matériel nécessaire aux manipulations est disposé sur les paillasses de chaque candidat. **Il ne sera pas délivré de matériel ou d'échantillon supplémentaire.**

Au cours de l'épreuve, certains résultats seront contrôlés par les membres du jury en salle. L'énoncé mentionnant cette obligation, vous appellerez un membre du jury qui examinera votre résultat.

Partie I : Etude des propriétés membranaires des hématies

I-A. Vous disposez de sang de rat fraichement prélevé. Le sang est un tissu constitué de différents éléments figurés circulants, en suspension dans le plasma.

I-A.1 Réalisez un frottis sanguin en suivant le protocole de l'Annexe A, dessinez et identifiez les différents éléments sanguins observables. Vous montrerez à un examinateur votre meilleur champ en lui présentant en parallèle votre dessin d'observation

Réponse à la question I-A.1

Notation qualité du montage et dessin

Différents éléments sanguins :

Hématies

Leucocytes : -polynucléaires :- neutrophiles

- éosinophiles

-basophiles

- mononucléaires : - monocytes

- lymphocytes

Plaquette ou thrombocytes

Nous allons maintenant nous intéresser plus précisément à l'un de ces éléments figurés, l'hématie.

Dans l'expérience suivante, nous allons étudier le comportement des hématies de rat en présence de solutions d'osmolarité différentes ou de solutions de même osmolarité mais de compositions chimiques différentes.

I-A.2. Préparez les 8 solutions de travail en vous référant à l'annexe B afin de connaître la composition des différents tubes.

La solution physiologique et les solutions de glucose, d'urée et de glycérol sont fournies sous une forme directement utilisable. Par contre, vous devez préparer une gamme de concentration de solution de NaCl à partir d'une solution mère à 12 ‰.

I-A.2.a. Décrivez brièvement le protocole de préparation de vos dilutions de NaCl à partir de la solution mère fournie.

Réponse à la question I-A.2. a

Ex pour 2 mL **c1v1=c2v2** (0,012v1=0,009 x 2)

Solution de NaCl à 9 ‰ = 1,5 ml de solution à 12 ‰+ 0,5 ml d'eau distillée (dilution au 1/4)

Solution de NaCl à 6 ‰ = 1 ml de solution à 12 ‰+ 1 ml d'eau distillée (ou dilution de moitié)

Solution de NaCl à 3 ‰ = 0,5 ml de solution à 12 ‰ + 1,5 ml d'eau distillée (dilution au 3/4)

I-A.2. b Déterminez les concentrations molaires et l'osmolarité des solutions des différents tubes. Détaillez votre raisonnement pour les calculs de concentrations des solutions de NaCl à 3 ‰, glucose, glycérol et urée. Rappel: dans l'expérience, la concentration osmolaire est la même pour la solution de Glycérol, d'Urée et de NaCl à 9‰.

Réponse à la question I-A.2.b

C=concentration molaire, Cm=concentration massique

C=n/V or n=m/M (m=masse et M= masse molaire) donc C=m/MV; concentration massique Cm=m/V d'où Cm= C x M

Solution de NaCl à 3‰ correspond à 3 g pour 1000 mL d'eau d'où CNaCl = 3 g/L

Concentration massique en NaCl: CNaCl = 3 g/L

La concentration molaire [NaCl]= CNaCl / MMolaireNaCl = 3/58.5 = 0.051 mol/L ou 51 mmol/L.

NaCl se dissocie en 2, il suffit donc de multiplier la concentration molaire par 2 pour obtenir l'osmolarité de la solution de NaCl à 3‰. L'osmolarité de cette solution est donc **102 mOsm/L.**

Glucose à 5.5% correspond à 55g/L

Concentration massique du glucose à 5.5 % : CGlucose= 55g/L

La concentration molaire [Glucose]= CGlucose/ MGlucose = 55/180 = 0.305mo/L

Le Glucose ne se dissocie pas dans l'eau, l'osmolarité de la solution de glucose à 5.5% est donc 0.305osmol/L ou 305 mosmol/L.

Les concentrations osmolaires sont les mêmes pour les solutions de Glycérol, d'Urée et de NaCl à 9‰.

Concentration osmolaire de la solution de NaCl à 9‰ =CnaCl à 9‰/MNaCl*2=9*2/58.5=0.308osmol/L

Solution d'Urée et de Glycérol.

Concentration osmolaire de NaCl à 9‰=Concentration osmolaire de l'urée

L'Urée ne se dissocie pas dans l'eau donc la concentration osmolaire = la concentration molaire de l'urée

[Urée]=Curée/Murée alors Curée=[Urée]*Murée=0.308*62.02=18.5 g/L

Même méthode pour le calcul de la concentration massique du glycérol.

I-A.2.c Reportez vos résultats dans le tableau récapitulatif ci-dessous:

Tubes	***n°2*** *NaCl 3 ‰*	***n°3*** *NaCl 6 ‰*	***n°4*** *NaCl 9 ‰*	***n°5*** *NaCl 12 ‰*	***n°6*** *Glucose 5.5 %*	***n°7*** *Urée*	***n°8*** *Glycérol*
Concentration massique des solutés en g/L	**3**	**6**	**9**	**12**	**55**	**18.5**	**28,4**
Masse molaire des solutés en g/mol	58.5	58.5	58.5	58.5	180	60.06	92.06
Concentration molaire en mmol/L	**51**	**102,5**	**154**	**205**	**305**	**308**	**308**
Osmolarité des solutés en mosm/L	**102**	**205**	**308**	**410**	**305**	**308**	**308**

I.A.3 Plongez les hématies dans les 8 solutions de travail préparées ci-dessus en suivant les consignes données dans l'annexe B.

I-A.3. a Décrivez l'aspect général du contenu des tubes (aspect macroscopique)

Réponse à la question I-A.3.a

Tube 1: Trouble ou 2 phases (surnageant clair avec culot rouge)

Tube 2: Sang laqué ou 1 seule phase

Tube 3: Trouble

Tube 4: Trouble

Tube 5 : Trouble

Tube 6: Trouble

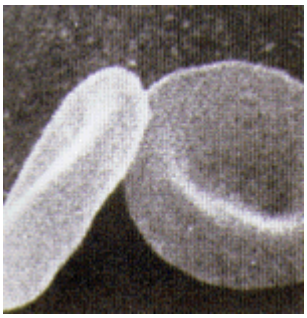
Tube 7 (Urée): Sang laqué

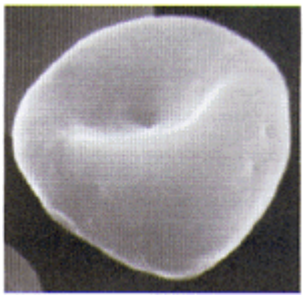
Tube 8 (Glycérol): Sang laqué

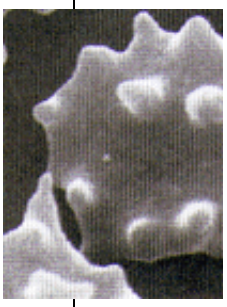
I-A.3.b Dessinez l'aspect (taille, forme) des hématies observées au microscope (aspect microscopique). Vous montrerez à un examinateur votre meilleur champ en lui présentant en parallèle un dessin d'observation.

Réponse à la question I-A.3.b

Globule rouge normal | Turgescence | Plasmolyse







Tube 1, 4,6: hématies de taille normalement (légèrement crénelées parfois)

Tube 2, 7, 8 : Fantômes d'hématie

Tube3: Hématies gonflées

Tube 5: hématies fortement crénelées (forme d'étoile)

I-A.3.c Interprétez vos résultats. En vous aidant de la figure 1, précisez notamment la nature des molécules impliquées dans les phénomènes observés ainsi que les mécanismes mis en jeu dans ces phénomènes.

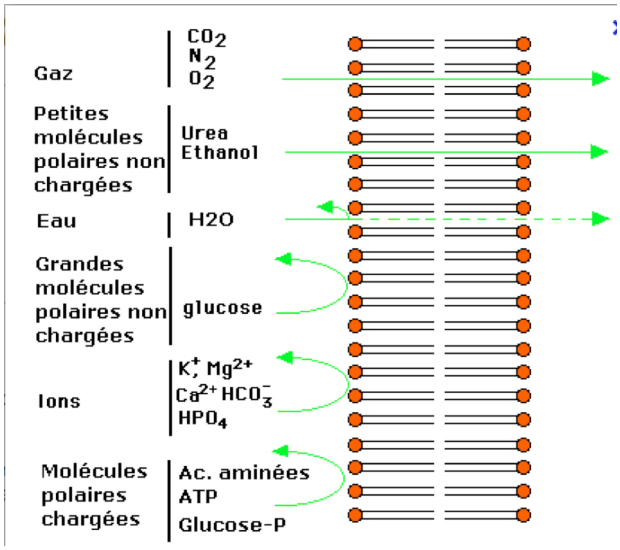


***Figure 1*: Perméabilité d'une bicouche lipidique vis-à-vis de différentes substances.**

Réponse à la question I-A.3.c

Les cellules sont enveloppées par une membrane plasmique très perméable à l'eau mais imperméable à un grand nombre de substances. **Une différence de concentration en solutés non diffusibles de part et d'autre de la membrane sera compensée par des mouvements d'eau au travers de la membrane, l'eau traversant librement la membrane plasmique.** Des mouvements

d'eau passifs vont donc avoir lieu **par osmose d'un milieu hypotonique vers un milieu hypertonique**.

Ici, Urée et glycérol peuvent pénétrer les membranes contrairement à NaCl et glucose

Tube 1, 4: La solution dans les tubes correspond au milieu extérieur. Milieu isotonique et isoosmotique: pas de flux net d'eau ni hémolyse, ni plasmolyse

Tube 2: solution dans le tube est hypoosmotique et hypotonique par rapport à la concentration intracellulaire des hématies. Les hématies sont hémolysée car l'eau est rentrée (flux net entrant, turgescence) dans les hématies jusqu'à provoquer l'éclatement de la cellule =hémolyse totale (notion de **résistance membranaire**)

Tube 3: Milieu hypoosmotique là encore, mais hémolyse partielle. Cellule gonfle, car entrée d'eau, mais la membrane de la cellule est capable de résister à la pression osmotique exercée par la solution de NaCl

Tube 5: Milieu hyperosmotique par rapport au milieu intérieur des hématies, l'eau sort des hématies. = plasmolyse

Tube 6: solution de glucose isoosmotique et isotonique, hématies normales ni hémolyse ni plasmolyse

Tube 7 : solution d'urée est isoosmotique mais hypotonique par rapport au milieu intérieur des cellules. L'urée peut traverser les membranes, la concentration en urée va donc s'équilibrer entre les 2 compartiments. Ceci va entrainer une concentration plus forte à l'intérieur des hématies et donc une entrée d'eau.

Tube 8: même interprétation que pour l'Urée

Bonus : calcul pression osmotique

I-B. La membrane des hématies est depuis de nombreuses années un modèle de choix dans l'étude des membranes plasmiques.

I-B.1 Quels sont les avantages des hématies pour l'étude des membranes?

Réponse à la question I-B.1

Ces cellules sont très faciles à obtenir de façon relativement pure, et elles n'ont qu'une seule membrane, la membrane plasmique.

L'étude de ces membranes a permis de fournir de nombreuses informations sur la physiologie et l'architecture des membranes en général.

En 1988, une équipe de chercheurs travaillant sur l'identification des déterminants moléculaires du groupe Rhésus identifièrent, de manière fortuite, dans la membrane des hématies, une petite protéine jusque là inconnue. En effet, ces chercheurs faisaient produire à des lapins des anticorps en réponse à un polypeptide Rhésus partiellement purifié et dénaturé. Ils constatèrent que leurs préparations étaient systématiquement contaminées par une protéine dont la masse moléculaire était de 28 kDa. Des études complémentaires ont montré que cette protéine ne correspondait pas un produit de dégradation de la protéine rhésus, comme supposé initialement, mais était bien une nouvelle protéine encore inconnue. L'abondance de cette protéine permit de la purifier et de la séquencer partiellement. L'ADN complémentaire (ADNc) codant pour cette protéine fut cloné à partir d'une banque d'érythroïdes de foie fœtal humain.

I-B.2. a Décrivez sous la forme d'un schéma une stratégie possible permettant d'obtenir cet ADNc. Sur ce schéma devront notamment apparaître les différentes étapes de la construction de la banque et de son criblage.

Réponse à la question I-B.2.a

Sont résumés dans ce cadre les principales étapes de la procédure

Construction d'une banque :

- Extraction des ARN totaux puis sélection des ARN polyA
- Synthèse des ADNc par transcription inverse de ces ARN
- Insertion des ADNc dans un vecteur de clonage : phage ou plasmide

Criblage de la banque :

- Etalement de la banque d'ADNc sur Petri après infection ou transformation de bactéries. Chaque plage de lyse ou colonie représente un clone qui a amplifié un ADNc particulier.
- Hybridation des clones avec une sonde marquée dont la séquence a été déduite d'une partie de celle de la protéine d'intérêt (cette sonde est obligatoirement dégénérée, du fait de la redondance du code génétique)
- Isolement des clones positifs
- Purification du vecteur de ces clones
- Isolement et séquençage de l'insert d'ADNc

NB. Il est possible de simplifier la procédure grâce à la PCR qui peut être réalisée directement sur les ADNc sans clonage préalable. Le criblage des ADNc se fait par les amorces, qui seront nécessairement dégénérées.

L'ADNc identifié est constitué de 807 paires de bases. Il code pour une protéine de 269 acides aminés dont la séquence peut être déduite grâce au code génétique. L'analyse du profil d'hydrophobicité est présentée en figure 2.

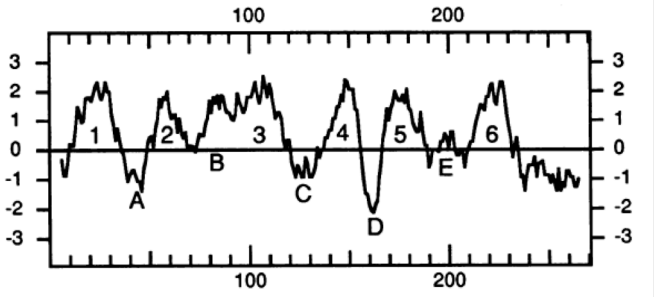
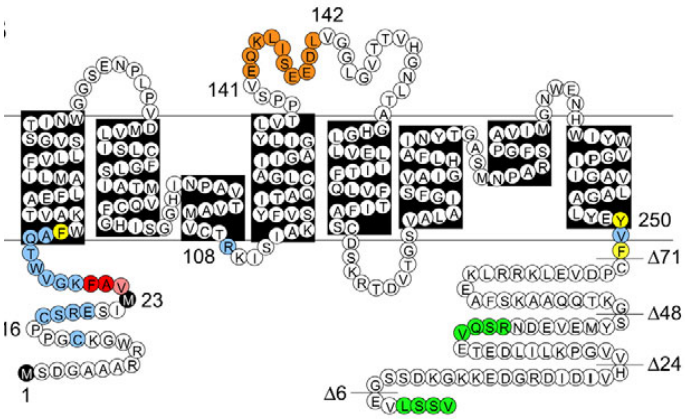


Figure 2 : Profil d'hydrophobicité de la séquence de la protéine de 28 kDa. L'indice porté sur l'axe des ordonnées est d'autant plus élevé que l'acide aminé est hydrophobe. L'extrémité N-terminale de la protéine est située à gauche et l'extrémité C-terminale à droite. Les chiffres sur l'axe des abscisses indiquent la position des acides aminés dans la protéine

I-B.2.b Quelle disposition la protéine peut-elle avoir dans la membrane? Proposer un modèle topologique.

Réponse à la question I-B.2.b

C'est une protéine intégrée avec 6 domaines transmembranaires



I-B.3

Les ovocytes de Xénope (Xenopus laevis) de part leur grande taille notamment sont des cellules faciles à manipuler et à observer. Ils sont notamment capables de produire des protéines d'intérêt par microinjection dans leur cytoplasme d'ARN messagers exogènes.

Afin de tester les propriétés de cette protéine de 28 kDa, ses ARN messager ont été introduits par microinjection dans des ovocytes de Xénope. Un groupe témoin a été aussi préparé dans lequel de l'eau distillée a été injectée dans les ovocytes.

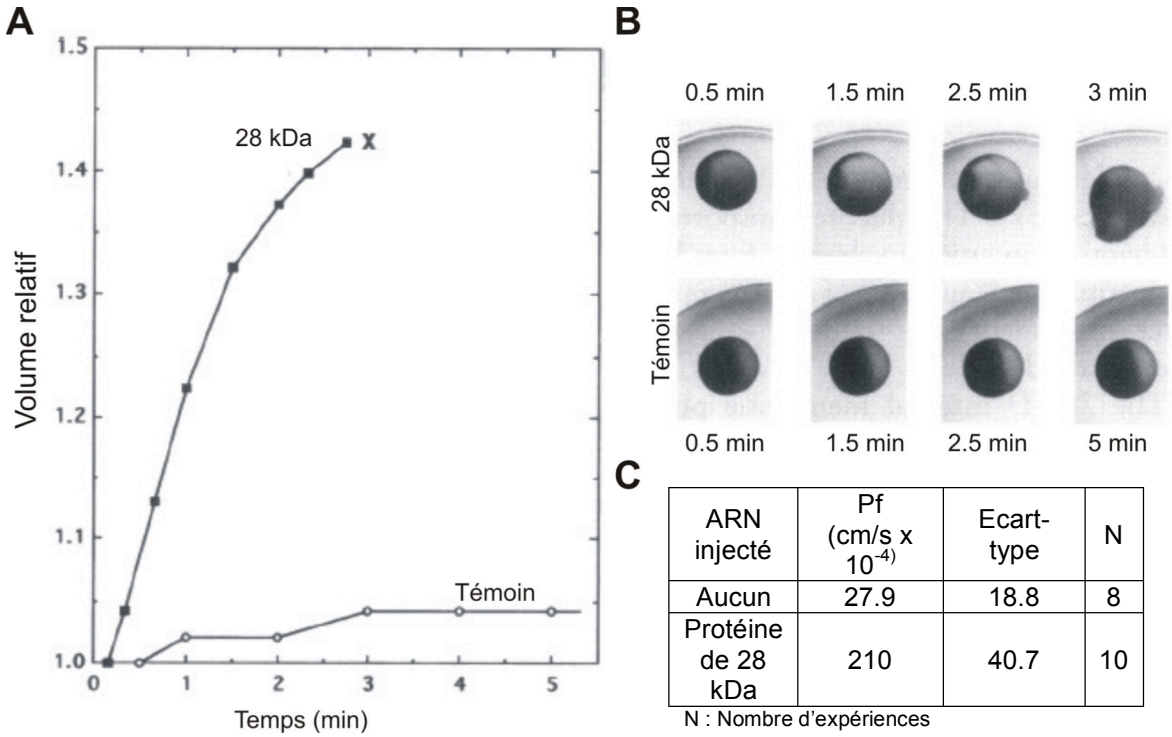
I-B.3.a Comment vérifier que la protéine est bien exprimée dans les ovocytes?

Réponse à la question I-B.3.a

Immunoblot avec anticorps dirigé contre la protéine

Les ovocytes sont ensuite transférés dans un milieu hypotonique et le volume cellulaire des ovocytes est mesuré par vidéomicroscopie au cours du temps et présenté dans la figure 3.

La perméabilité osmotique à l'eau (Pf) des membranes est calculée et correspond au volume d'eau traversant la membrane par unité de surface et par unité de temps sous l'effet d'un gradient osmotique. Le volume (V) est mesuré au cours du temps et le rapport V/Vo est appelé volume relatif (ie le volume mesuré à un instant donné / volume initial mesuré à l'instant du transfert).



ARN injecté	Pf (cm/s x 10^{-4})	Ecart-type	N
Aucun	27.9	18.8	8
Protéine de 28 kDa	210	40.7	10

N : Nombre d'expériences

Figure 3 : Perméabilité à l'eau des 2 lots d'ovocytes *(Témoin et ovocytes ayant été injectés avec les ARN messager de la protéine de 28 kDa)*. A : Courbes montrant l'évolution du volume relatif après le transfert des ovocytes dans le milieu hypotonique. B : Observation en microscopie. C : Tableau donnant les coefficients de perméabilité (Pf) osmotique à l'eau.

I-B.3.b Analysez et interprétez les résultats obtenus

Réponse à la question I-B.3.b

Les 2 lots d'ovocytes sont transférés dans un milieu hypotonique, ce qui va engendrer une entrée d'eau dans les ovocytes. Cette entrée d'eau est bien plus importante dans les ovocytes où des ARNm de la protéine de 28kDa ont été injectés comme l'atteste l'augmentation bien plus importante du volume relatif et de la perméabilité osmotique pour ce lot.

I-B.3.c Quelle hypothèse peut-on faire quant à la fonction de cette protéine?

Réponse à la question I-B.3.c

Il semble donc que la protéine de 28kDa favorise l'entrée d'eau dans les ovocytes, elle s'apparente à un transporteur d'eau.

I-B.4

Par la suite, une autre équipe de recherche a étudié la fonction de ces protéines de 28kDa en utilisant cette fois-ci des membranes artificielles.

L'expérience a consisté à produire des protéoliposomes-protéine28kDa qui sont de petites vésicules constituées d'une bicouche lipidique dans laquelle ont été insérées les protéines de 28 kDa purifiées.

Les protéoliposomes-protéine28kDa sont rapidement transférés à un instant donné dans un milieu dont l'osmolalité est supérieure de 20% à celle du milieu d'origine. Comme précédemment décrit, le volume relatif des protéoliposomes est mesuré au cours du temps afin de déterminer le coefficient de perméabilité membranaire (Pf) à l'eau. Ces résultats sont présentés dans le tableau 1 ci-dessous. La même expérience est réalisée avec des liposomes témoin ne contenant pas la protéine de 28 kDa.

	Pf (cm/s)	Ecart-type
Liposome témoin	0.0097	0.004
Protéoliposome-protéine 28kDa	0.054	0.008

Tableau 1 : Coefficients de perméabilité osmotique à l'eau

I-B.4.a Quel est l'intérêt d'avoir effectué cette expérience ?

Réponse à la question I-B.4.a

C'est pour s'assurer que c'est la protéine de 28kD elle-même qui est l'unité fonctionnelle du canal hydrique et non une autre protéine présente dans les ovocytes ou dans leur membrane.

I-B.4.b Que peut-on en conclure ?

Réponse à la question I-B.4.b

Le coefficient de perméabilité membranaire (Pf) à l'eau des protéoliposomes est bien supérieur à celui des liposomes témoin, la protéine de 28kD favorise donc le transport d'eau par diffusion facilitée.

I-B.4.c Quel nom donne-t-on à la famille dont fait partie la protéine de 28 kDa?

Réponse à la question I-B.4.c

Aquaporine

I.C. En guise de conclusion de cette 1ère partie, représentez de façon schématique la structure de la membrane plasmique d'une hématie en indiquant les différents types d'échanges dont elle est le siège dans les expériences que vous avez réalisées en I.A. Vous n'oublierez pas de préciser le nom donné à ces types d'échanges, ainsi que les mécanismes qui en sont à l'origine.

Réponse à la question I-C

Plusieurs schémas étaient possibles et acceptables. Les notions de diffusion et transport facilité devaient y figurer.

Partie II : Etude du potentiel d'action

Attention: l'accès au dispositif expérimental pour réaliser les expériences de la partie II-A est limité dans le temps. Consultez l'affichage dans la salle.

Cette partie s'intéressera tout d'abord aux propriétés du potentiel global de nerf que vous enregistrerez extracellulairement, puis à l'étude des canaux ioniques sous-tendant le potentiel d'action en s'appuyant sur des enregistrements obtenus par la technique du patch-clamp.

L'excitation d'une fibre nerveuse se caractérise par une perturbation transitoire de l'état électrique de la membrane, appelé potentiel d'action (PA) qui est due à des changements de perméabilité membranaire.

II-A : Etude du potentiel global de nerf

Lorsqu'un nerf est en activité, il est parcouru par des messages nerveux caractérisés par une activité électrique globale qu'il est possible d'enregistrer après l'avoir amplifiée.

Vous disposez d'un dispositif expérimental relié au logiciel ExAO vous permettant d'étudier les propriétés du potentiel global de nerf. Vous trouverez en Annexe C, une notice de système d'acquisition et une description détaillée du dispositif expérimental.

Prélevez le nerf d'une des pattes du crabe en vous aidant si nécessaire du protocole proposé en annexe D.

Positionnez-le dans une boîte de pétri rempli de liquide de Ringer en attendant de débuter vos enregistrements.

Pour réaliser les enregistrements, vous positionnerez le nerf sur la table à nerf comme indiqué dans le paragraphe « pour la réalisation des enregistrements » en fin de l'annexe C. Entre les différentes expériences à réaliser, il est peut être utile de remettre le nerf dans la boîte de Pétri afin d'éviter qu'il ne se dessèche.

II- A.1. Après avoir positionné le nerf dans la cuve à nerf, réglez le stimulateur pour ne délivrer qu'un seul choc électrique de durée (0.5 ms) d'une intensité suffisante pour obtenir une réponse électrique du nerf. Utilisez une vitesse de balayage adaptée de manière à visualiser l'artéfact de stimulation et la réponse nerveuse.

II- A. 1. a Après avoir attentivement étudié le dispositif expérimental présenté en annexe C, expliquez l'allure du potentiel électrique enregistré.

Réponse à la question II-A. 1.a

Enregistrement extracellulaire(électrodes bipolaires R1 et R2) avec un amplificateur différentiel mesurant R1-R2. Le potentiel électrique enregistré est une onde diphasique.

Attention, on n'observe pas ici de dépolarisation, repolarisation et hyperpolarisation.

Le nerf est constitué d'un ensemble de fibres. Le potentiel enregistré correspond à la somme des PA unitaires enregistrés sur chacun des axones

II- A. 1. b En réponse à cette stimulation efficace, définissez les caractéristiques du potentiel global (amplitude, durée) et calculez la vitesse de conduction. Appelez un examinateur pour imprimer l'enregistrement.

Réponse à la question II-A. 1.b

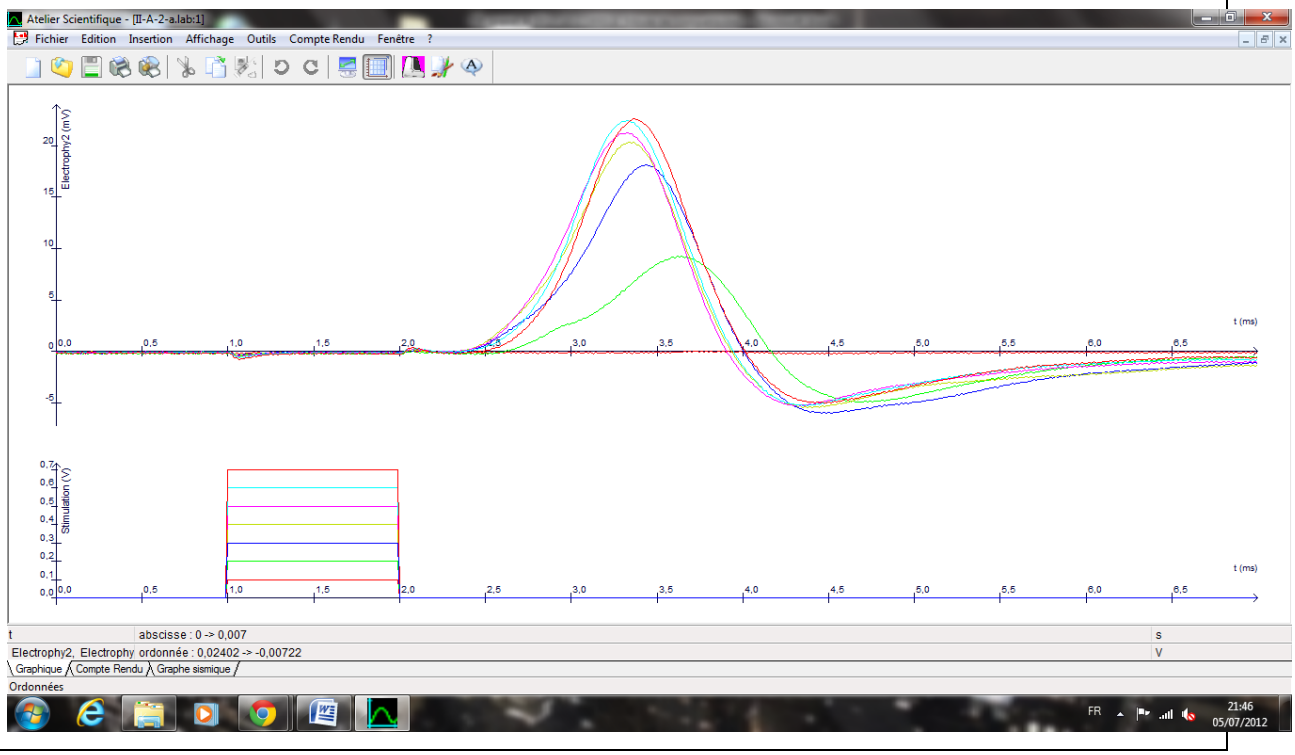
V=d/t, d étant la distance entre l'électrode de stimulation (anode) et la première électrode de réception (R1) sur la table à nerf.

t: le temps entre l'artéfact de stimulation et le point d'inflexion de la phase ascendante du potentiel global

II- A. 2 . Faites maintenant varier progressivement l'amplitude de la stimulation et observez la réponse électrique du nerf à ces différentes stimulations.

II- A. 2. a Présentez vos résultats sous forme de tableau puis construisez la courbe exprimant l'amplitude du potentiel de nerf (en mV) en fonction de l'amplitude du stimulus.

Réponse à la question II- A. 2. a



II- A 2. b Décrivez et interprétez la courbe. Quelle propriété importante du potentiel de nerf révèle-t-elle ?

Réponse à la question II- A. 2. b

La courbe présente 3 domaines :

* Domaine de stimulations infraliminaires : sous le seuil, pas de potentiel global

* Domaine de stimulations supraliminaires : au dessus du seuil, amplitude du potentiel global augmente avec l'intensité de la stimulation

* Domaine de stimulations supramaximales : amplitude du potentiel est maximale et ne varie plus

L'amplitude du potentiel global augmente avec l'intensité de la stimulation à partir d'un certain seuil. Au-delà d'une certaine valeur de stimulation, l'amplitude du potentiel ne varie plus.

Il y a un recrutement progressif des différents axones qui composent le nerf

Le potentiel global ne répond pas à la loi du tout ou rien

II- A. 2. c Préparez un montage histologique pour justifier votre précédente réponse. Réalisez un dessin de votre préparation et appelez un examinateur.

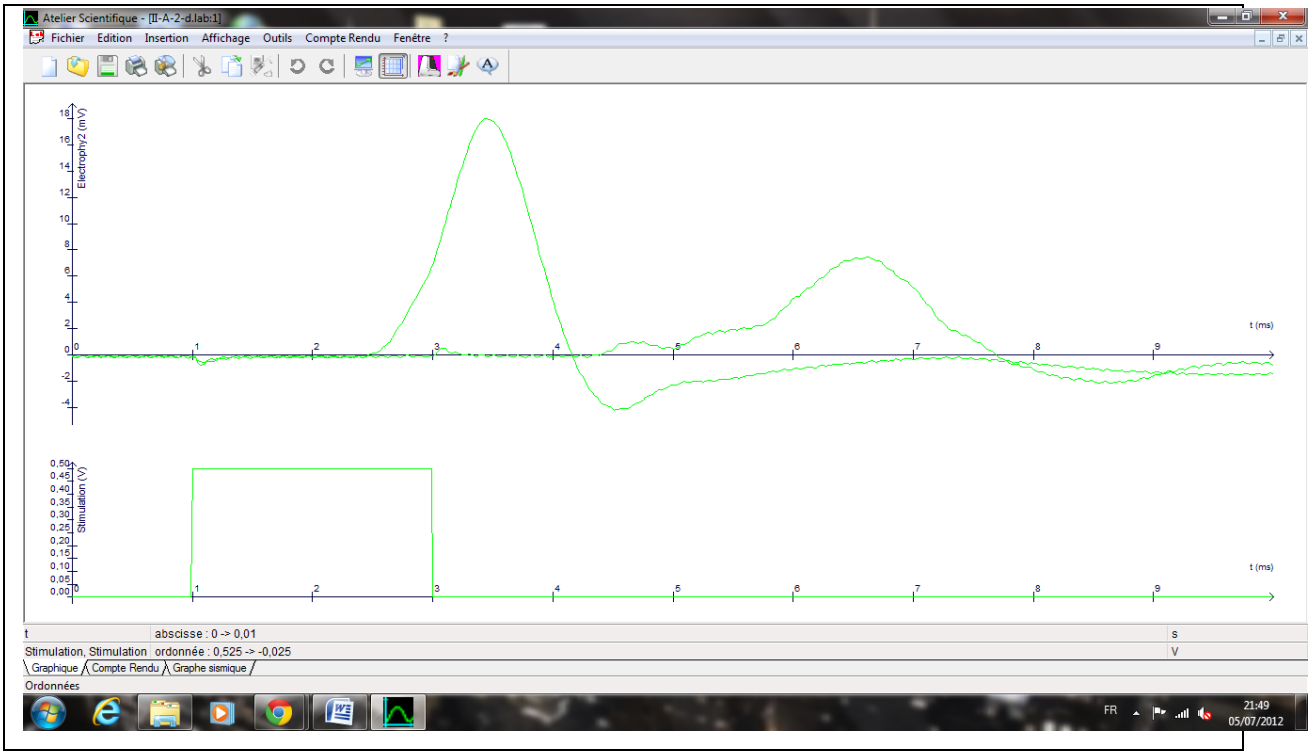
Réponse à la question II- A. 2. c

Dilacération du nerf pour montrer les différentes fibres nerveuses

II- A. 2. d Ecartez au maximum les électrodes stimulatrices des électrodes réceptrices. Que mettez vous en évidence ?

Réponse à la question II- A. 2. d

La forme du potentiel global est modifiée par rapport aux conditions précédentes, cela permet de dissocier la réponse des différents axones (lents et rapides).



II- A. 3. Cette nouvelle expérience a pour but d'étudier la relation intensité-durée de la stimulation.

Vous déterminerez les valeurs de l'intensité-seuil de stimulation pour des durées de stimulations croissantes.

Affichez une durée de stimulation de 0,1 ms puis augmentez progressivement l'intensité des stimuli. Dès que vous voyez apparaître la réponse électrique du nerf (seuil), notez cette intensité. Recommencez cette mesure en augmentant la durée de la stimulation de 0,1 en 0,1 ms.

II- A. 3. a Présentez vos résultats sous forme de tableau puis tracez la courbe reliant l'intensité de la stimulation (au seuil d'évocation) à la durée de la stimulation.

Réponse à la question II- A. 3. a.

Intensité de la stimulation au seuil d'évocation (mV)	180	160	150	140	140	140	140
Durée de la stimulation (ms)	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5

II- A. 3.b Expliquez la forme de la courbe

Réponse à la question II- A. 3.b

La courbe permet de délimiter 2 domaines : une zone d'excitabilité et une zone de non excitabilité. Graphiquement on peut déterminer la rhéobase et la chronaxie.

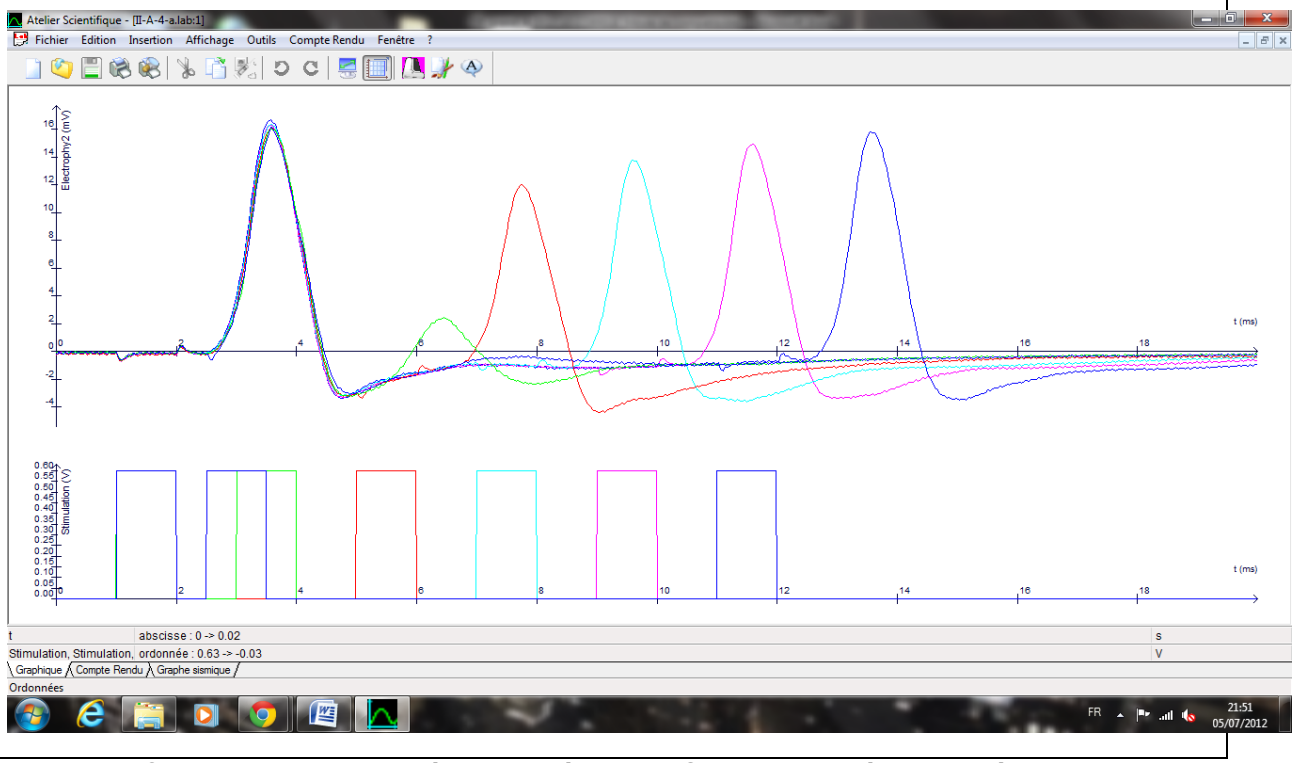
II- A.4. Les fibres nerveuses qui viennent d'être le siège d'un potentiel d'action mettent un certain temps pour récupérer l'excitabilité qu'elles avaient au repos.

Ce phénomène peut aussi être mis en évidence sur un nerf en lui appliquant deux stimuli maximaux identiques (même caractéristique de durée et d'intensité), séparés par un intervalle très court.

Appliquez les deux stimuli (en sélectionnant dans stimulation interne, mode double du logiciel) et réduisez progressivement l'intervalle de temps entre les 2 stimuli. Ajustez la vitesse de balayage.

II- A. 4. a Présentez vos résultats sous forme de tableau puis construisez la courbe exprimant les variations du rapport (PG2/PG1) en fonction du délai interchoc. PG2 et PG1 sont respectivement l'amplitude du potentiel global évoqué par le 2ème stimulus et l'amplitude du potentiel global évoqué par le 1er stimulus.

Réponse à la question II- A.4.a



II- A. 4. b Commentez et interprétez vos résultats. Quel est le mécanisme à l'origine de ce phénomène ?

Réponse à la question II- A. 4.b

En raccourcissant le délai interstimuli entre 2 stimulations identiques, l'amplitude du 2ème potentiel électrique (ainsi que le rapport PG2/PG1) diminue jusqu'à disparaître complètement. Il s'agit des périodes réfractaires (relative et absolue), elles sont dues à l'inactivation des canaux sodiques voltage-dépendants.

II-B : Etude des canaux ioniques sous-tendant le potentiel d'action par la technique du patch-clamp

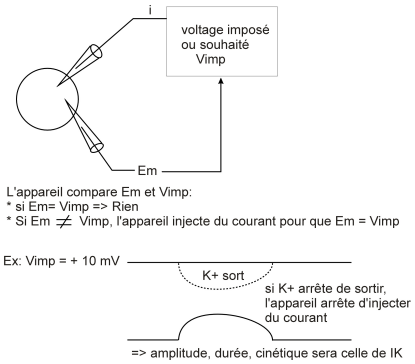
II- B. 1. La technique du patch-clamp

Le patch-clamp est une technique électrophysiologique d'enregistrement intracellulaire des courants ioniques transitant à travers un ou plusieurs canaux d'une cellule. Il peut être utilisé sous deux modes principaux, courant imposé et voltage imposé.

II- B. 1. a Rappelez le principe du voltage imposé

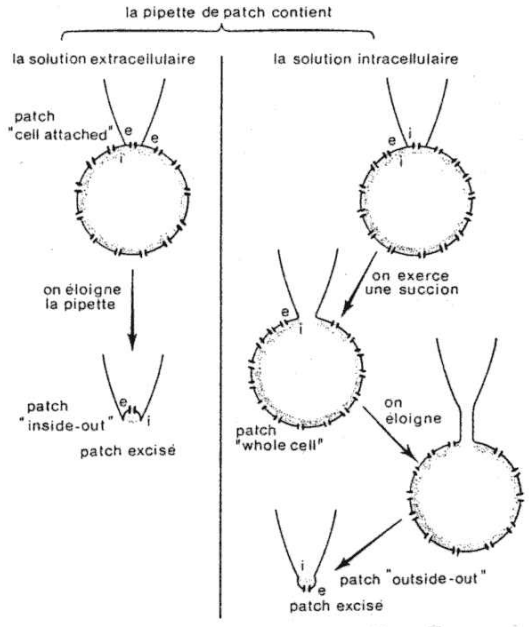
Réponse à la question II- B. 1.a

Il consiste à maintenir le potentiel de membrane à une valeur constante, choisie par l'expérimentateur. On enregistre des courants transmembranaires et non des variations de voltage.



II-B. 1.b Décrivez les différentes configurations de patch-clamp existantes et leur intérêt respectif.

Réponse à la question II- B. 1.b



II- B. 2 Enregistrement de courants ioniques transmembranaires globaux.

En configuration cellule entière, des courants transmembranaires sont enregistrés en mode voltage imposé dans un neurone. Partant du potentiel de repos (-60 mV), la face intracellulaire de la membrane est portée à -20 mV de la face extracellulaire. Les variations du courant électrique transmembranaire lors du passage du potentiel de repos au potentiel imposé sont présentées dans la figure 4 ci-dessous. Cette expérience est effectuée en condition témoin (tracé vert), puis en présence de substances pharmacologiques : Tétrodotoxine (TTX, tracé bleu) ou Tétraéthylammonium (TEA, tracé rouge)

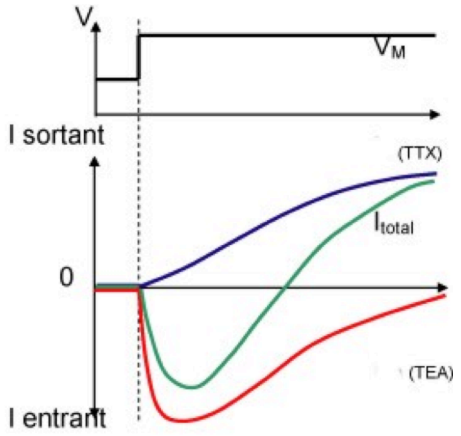


Figure 4 : Courants transmembranaires enregistrés en voltage imposé

II- B. 2. a Expliquez les enregistrements obtenus et identifiez les canaux ioniques responsables

Réponse à la question II- B. 2. a

Dans le cas d'un axone, en condition de voltage imposé, un saut de potentiel correspondant à une dépolarisation supraliminaire (ie lors d'un PA) produit d'abord un courant entrant transitoire auquel fait suite un courant sortant maintenu constant tant que dure la dépolarisation imposée.

Si l'on supprime le courant porté par les ions Na+ (en présence de TTX), le courant entrant transitoire disparaît, seul reste IK.

Si l'on supprime le courant porté par les ions K+ (en présence de TEA) tout en stimulant l'axone, le courant sortant tardif est supprimé, seul reste le courant entrant transitoire ie INa

On voit ainsi que IK s'établit plus lentement que INa, IK ne s'inactive pas alors que INa oui.

La somme des 2 courants résiduels obtenus après suppression des courants Na+ et K+ reproduit presque exactement le courant total, ce qui confirme que la réponse active d'un neurone à une stimulation efficace est entièrement explicable par un courant sodique entrant suivi par un courant potassique sortant.

II- B. 2. b Au lieu d'utiliser des bloquants pharmacologiques, comment auriez-vous pu isoler les courants sortants ?

Réponse à la question II- B. 2. b

- supprimer l'un de ces ions dans le milieu intra ou extra
- imposer à la membrane un voltage égal à son potentiel d'équilibre (ce qui annule la driving force et donc le flux)

Dans cette nouvelle expérience, on enregistre là encore un courant ionique par la technique du voltage imposé. Les conditions expérimentales permettent d'assurer que ce courant est dû à un seul type d'ion. La température de l'expérience est de 37°C, et les concentrations intracellulaires (i) et extracellulaires (e) pour les ions sodium, potassium et calcium sont: $[Na^+]e=150mM$; $[Na^+]i=27,8mM$; $[K^+]e=4mM$; $[K^+]i=155mM$; $[Ca^{2+}]e=1,8$ mM; $[Ca^{2+}]i=10^{-7}$ mM.

Partant du potentiel de repos, plusieurs sauts de potentiel (Vimp) sont successivement imposés, on obtient les résultats suivants:

Vimp(mV)	-60	-40	-20	-10	0	10	20	30	40	50	55
I (nA)	0	0	-10	-100	-300	-500	-450	-300	-100	100	200

II- B. 2. c .Tracez la courbe I/V correspondante, représentant les variations de l'intensité de ce courant I en fonction du voltage imposé (Vimp).

Réponse à la question II- B. 2. c

II- B. 2. d . Après avoir identifié l'ion responsable de ce courant, commentez les différentes parties de la courbe.

Réponse à la question II- B. 2. d

Calcul des potentiels d'équilibre électrochimique des différents ions : ECa2+= 222 mV ; EK+=-97mV et ENa+= 45 mV.

L'ion responsable de ce courant à un potentiel d'équilibre électrochimique égal à Einv (Einv=45 mV). L'ion responsable de ce courant est Na+.

Le courant est négatif pour des potentiels de membrane inférieurs à Einv, ce qui traduit une entrée d'ions Na+. Pour des potentiels de membrane supérieurs à Einv, le courant est positif traduisant une sortie de l'ion Na+. L'intensité du courant dépend de la conductance et de la driving force : INa = gNa (Em-ENa)

La courbe I/V se décompose en plusieurs parties. Une première partie (pour des potentiels de -80 à -25 mV) où le courant est nul car gNa est nulle, on est sous le seuil d'activation des canaux Na+ voltage-dépendants.

A partir de -25 mV environ (seuil d'activation), naissance d'un courant négatif qui croît en valeur absolue jusqu'environ 10 mV. Dans cette zone, la conductance qui varie avec le voltage pour ces types de canaux augmente plus que la driving force ne diminue, ce qui explique que INa augmente en valeur absolue jusqu'au pic de courant (où gNa est maximale).

Au-delà de 10 mV, le courant INa va diminuer jusqu'au potentiel d'inversion où il sera nul (car Em=ENa). Dans cette partie de la courbe, INa diminue car gNa est constante et que la driving force diminue. Au point d'inversion, gNa est constante, mais la driving force est nulle. Au-delà de ce point, le courant est positif et son intensité augmente car la driving force augmente, gNa étant toujours constante.

Cette courbe I/V est caractéristique des canaux Na+ voltage-dépendants.

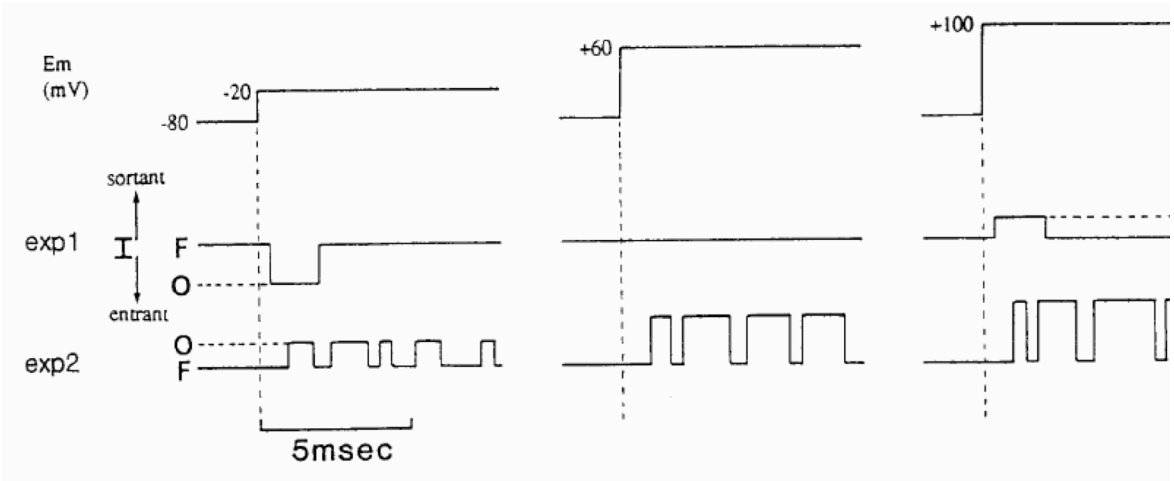
II- B. 3 Enregistrement de courant ionique transmembranaire unitaire

A l'aide d'un dispositif de voltage imposé, deux nouvelles expériences (exp 1 et exp 2) de patch-clamp ont été effectuées sur la membrane d'un axone afin d'étudier les canaux du potentiel d'action sodique.

Pour ces deux expériences, trois valeurs de potentiels (-20, +60 et +100 mV) sont imposées successivement à partir de -80 mV. L'intensité (en picoampères : pA) et le sens des courants induits par ces sauts de potentiel imposés à la membrane sont donnés dans la figure 5. Les courants entrants sont considérés comme négatifs et les courants sortants positifs.

Dans les deux cas, le patch de membrane ne contient qu'un seul canal ionique, et les concentrations intracellulaires (i) et extracellulaires (e) pour les ions sodium et potassium sont: [Na+]e=140mM; [Na+]i=14mM ; [K+]e=2,5mM et [K+]i=160mM.

Dans les conditions de l'expérience, on a : 2,3RT/F=0,06V.



Em imposé (mV)	-20	+60	+100
I(pA) Expérience 1	-1,33	0	0,67
I(pA) Expérience 2	0,81	1,56	1,93

Figure 5 **:** Enregistrements (tracés du haut) et intensité (tableau) des courants ioniques évoqués par les sauts de potentiel pour les deux expériences. Les lettres **F** et **O** ci dessous repèrent respectivement les états **F**ermé et **O**uvert du canal. Le sigle pA signifie pico Ampère

II-B. 3. a Calculez le potentiel d'équilibre électrochimique des ions sodium et potassium

Réponse à la question II- B. 3.a
Equation de Nernst

Eion=-2,3RT/zF. Log [ion]i/[ion]e

ENa=60 mV

EK= -108 mV

II-B.3.b En vous appuyant sur l'observation des enregistrements électrophysiologiques, identifiez la nature du canal ionique contenu dans le patch lors des expériences 1 et 2. Tenez compte de l'état du canal avant le saut de potentiel, du délai d'ouverture, du sens et de l'intensité des courants induits par les sauts de potentiel…

Réponse à la question II- B. 3.b
Exp 1 : Fermé avant le saut de potentiel, ouverture rapide, courant négatif traduisant un courant entrant, courant s'inactive

C'est Canal Na+ Voltage dépendant

Exp 2 : Fermé avant le saut de potentiel, ouverture rapide mais plus lente que dans l'exp 1, courant positif traduisant un courant sortant, courant ne s'inactive pas

C'est le canal K+ voltage dépendant

II-B.3.c Calculez dans chaque cas, la conductance spécifique unitaire de chaque canal

Réponse à la question II- B. 3.c

Iion=gion(Em-Eion) d'où g=Iion/(Em-Eion) ou pente de la courbe I/V

gNa=Ina/(Em-ENa)= $-1{,}33.10^{-12}/(-20.10^{-3}-60.10^{-3})$= 16,75 pS

gK=9,27 pS

II-B.3.d Quels seraient les résultats d'une expérience dans laquelle le potentiel Em serait amené à -108 mV à partir de -80mV ?

Réponse à la question II- B. 3.d
Les canaux sont fermés à -80mV, ils le resteront donc à -108mV

II-B.4 Quel est le lien entre les courants unitaires enregistrés en II.B.3 et les courants globaux enregistrés en II. B.2 ?

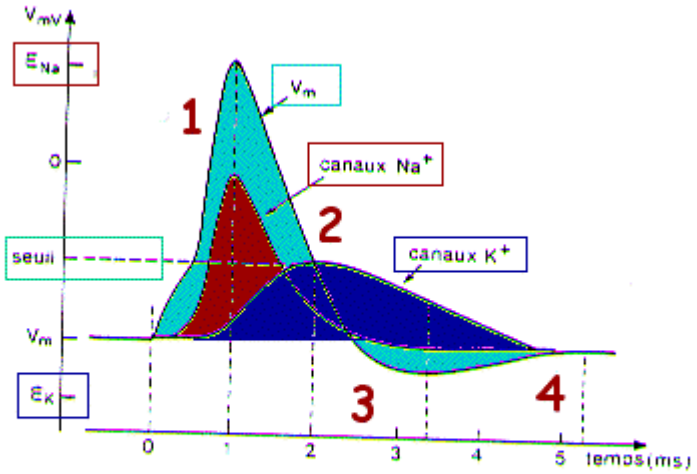
Réponse à la question II- B. 4
Courant unitaire : 1 seul canal

Courant global : plusieurs canaux

=> dépend du nombre de canaux et de leur probabilité d'ouverture

II-B.5. Concluez en donnant une explication raisonnée des mécanismes ioniques sous-tendant le potentiel d'action sodique

Réponse à la question II- B. 5



"Neurobiologie Cellulaire : Le Potentiel d'Action" - Chapitre 10 - Figure 10.7

Dans : Neurobiologie Cellulaire. C. HAMMOND, D. TRITSCH.Editions Doin - 1990.

Partie III : Utilisation en neurobiologie d'outils issus de la biologie moléculaire et de l'imagerie

III-A Stratégie d'activation à distance de neurones

Les récepteurs kaïnate sont des récepteurs ionotropiques ayant pour ligand naturel le glutamate, le neurotransmetteur excitateur le plus largement distribué dans le système nerveux central. Le kaïnate est un agoniste de ces récepteurs qui permet de les distinguer des autres récepteurs glutamatergiques comme les récepteurs AMPA et les récepteurs NMDA. Les récepteurs kaïnate sont des assemblages tétramériques formés à partir de 5 types différents de sous-unités : KA1, KA2, GluR5, GluR6 et GluR7. Chaque sous-unité présente la même structure de base avec les éléments suivants :

- un domaine N-terminal (NTD)
- un domaine de liaison au ligand (LBD)
- un domaine transmembranaire (TMD)

Les TMD des différentes sous-unités sont disposés autour d'un pore perméable aux cations dont l'ouverture est favorisée par la liaison du ligand aux LBD (voir Figure 6).

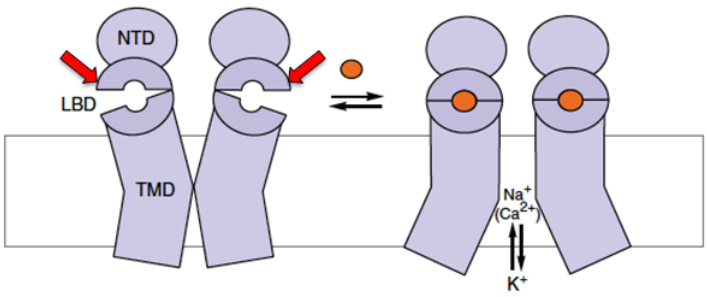


Figure 6

III-A-1 Au cours de ces dernières années, des recherches ont été menées afin de permettre la synthèse de ligands glutamatergiques particuliers. Parmi ceux-ci figure une molécule appelée MAG dont la structure est indiquée sur la figure 7. Elle est constituée par un assemblage des trois éléments suivants, à l'origine de son nom :

-le Maléimide, qui a la propriété de pouvoir se lier de façon covalente à l'acide aminé cystéine.

-l'Azobenzène, qui a la propriété de pouvoir changer de conformation sous l'action de la lumière en fonction de la longueur d'onde à laquelle il est exposé.

-le (2S 4R)-4-allyl Glutamate, un analogue structural du glutamate.

Les changements de conformation du MAG induits par la lumière sont indiqués sur la figure 7.

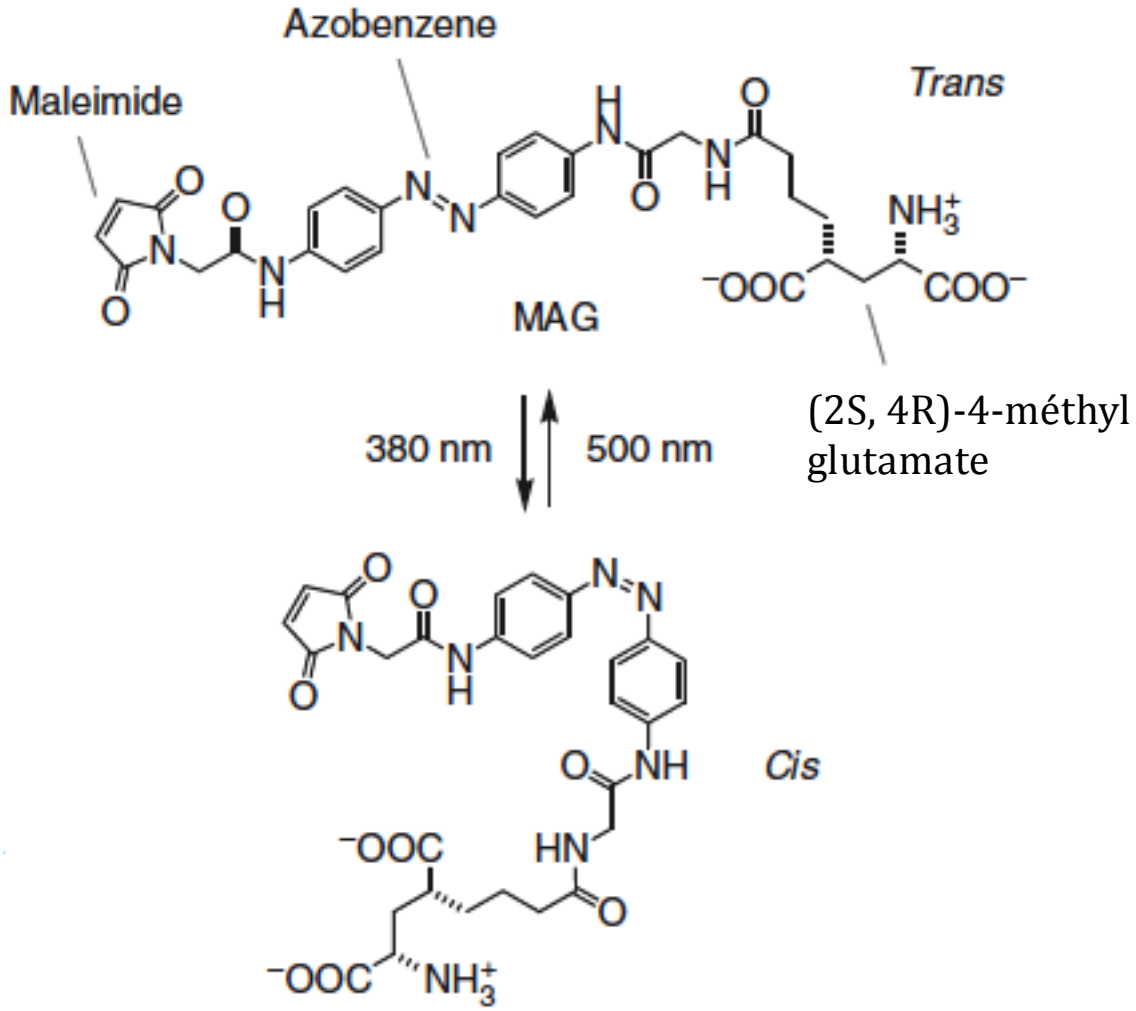


Figure 7

Afin de tester les propriétés fonctionnelles du MAG vis-à-vis de la sous- unité GluR6 des récepteurs kaïnate, on synthétise une version mutée de cette sous-unité dans laquelle la leucine 439 est remplacée par une cystéine. Cette version mutée de GluR6 sera appelée GluR6 L439C dans la suite de l'énoncé. La position du résidu 439 est indiquée par une flèche rouge sur la figure 6.

III- A. 1.a Quel est le but recherché de cette mutation ?

Réponse à la question III- A. 1.a. Permettre la fixation covalente de MAG au récepteur GluR6.

On transfecte des cellules de la lignée humaine d'origine rénale HEK 293 avec le gène codant la sous-unité GluR6 muté ou non. Ces cellules sont ensuite incubées dans un milieu contenant la sonde calcique Fura2 puis rincées.

La figure 8 montre les variations de la concentration intracellulaire de calcium révélées par la sonde Fura2 après transfection des cellules HEK 293 par la sous-unité GluR6 sauvage (WT ; 8A) ou mutée (L439C ; 8B) et administration successive de différents composés : tout d'abord du glutamate (Glu) à 300 µM pendant 2 min 30, puis le MAG à 100 µM pendant 30 min, puis à nouveau du glutamate à 300 µM pendant 2 min 30. Noter qu'après chaque période d'incubation, le milieu de culture est systématiquement rincé. Noter également que pendant la phase d'incubation du MAG, la culture est maintenue à l'obscurité.

Dans la dernière partie de l'expérience, la culture est soumise à un rayonnement laser dont les longueurs d'onde sont alternativement de 380 et 500 nm. Chaque phase d'illumination dure environ 2 min.

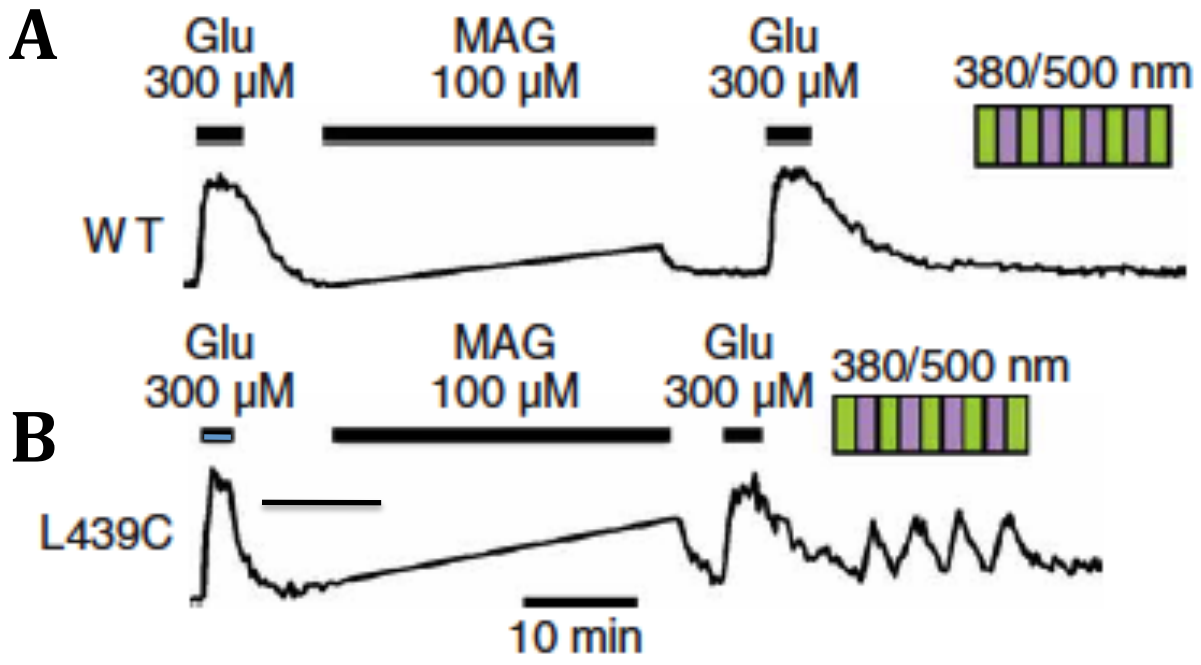


Figure 8

On précise que le milieu de culture contient une substance, la concanavaline, qui empêche la désensibilisation des récepteurs kaïnate.

III- A. 1.b Analysez soigneusement et interprétez la figure 8

Réponse à la question III- A. 1.b

L'addition de glutamate provoque une augmentation du calcium intracellulaire, ce qui traduit une ouverture du canal GluR et l'entrée de calcium dans la cellule. Cette expérience de contrôle montre donc la capacité du GluR à répondre à l'action du glutamate.

Le MAG produit un effet similaire, bien que plus lent. Cet effet traduit la liaison du MAG sur le LBD de GluR, ce qui est attendu. Cet effet du MAG est le fait des molécules restées libres car il disparaît après le rinçage. Pendant les 30 minutes d'incubation du MAG, le MAG vient se venir se fixer de manière covalente sur le récepteur GluR muté. Cette fixation n'empêche pas la capacité de GluR à répondre à nouveau au glutamate, preuve qu'en condition d'obscurité, le MAG n'interagit pas avec le LBD qui reste donc disponible. En revanche, elle confère la capacité du récepteur à fixer le MAG à 380 nm. Dans ces conditions, le MAG est amené à proximité du LBD et peut venir s'y fixer. Il provoque alors l'ouverture du canal. Cet effet est réversible puisqu'à 500 nm, le pic de calcium est aboli, ce qui indique que le récepteur se referme.

Le récepteur sauvage ne pouvant pas fixer le MAG reste inerte pendant les phases d'illumination, ce qui confirme que les effets observés sont bien dus au MAG.

III.A.2. On décide d'étudier les cellules HEK 293 transfectées par la version mutée de GluR6 en patch-clamp par la méthode de voltage imposé en configuration « cellule entière ». Les cellules sont préalablement incubées en présence de MAG pendant 30 min puis rincées.

La figure 9 montre les résultats de ces expériences après administration de glutamate à 300 µM puis illumination des cellules par un rayonnement dont les longueurs d'onde sont alternativement de 380 nm et 500 nm.

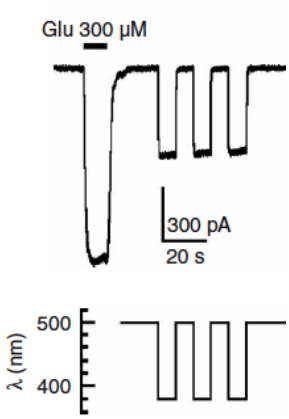


Figure 9

III- A. 2.a Interprétez les résultats de la figure 9.

Réponse à la question III- A. 2.a

L'addition de glutamate provoque l'apparition d'un courant transmembranaire entrant qui doit correspondre à l'entrée de calcium suggérée par l'expérience précédente.

La fixation du MAG confère la capacité du récepteur muté à s'ouvrir lorsqu'il est stimulé à 380 nm.

III- A. 2.b. Indiquez l'intérêt de l'expérience de patch clamp par rapport à l'expérience précédente de mesure du calcium intracellulaire.

Réponse à la question III- A. 2.b

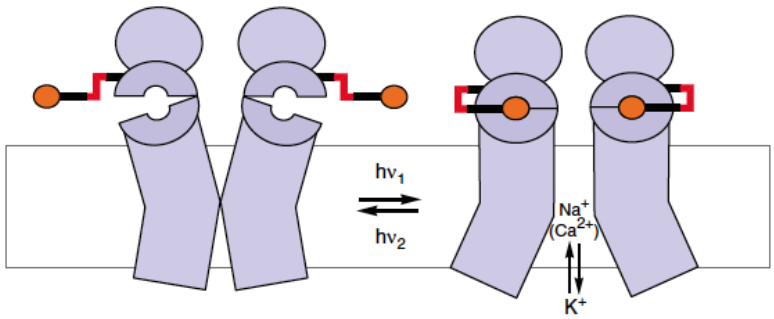
Les expériences de mesure de calcium intracellulaire ne permettent pas de déterminer l'origine du Ca et donc ne donnent pas la preuve que le pic de calcium provient de l'extérieur et pénètre à travers le récepteur.

L'intérêt du patch clamp est qu'il permet de visualiser les courants transmembranaires Il apporte donc la preuve qu'il y a bien entrée de calcium extracellulaire provoquée par l'ouverture du récepteur.

III- A. 2.c. Représentez sous forme d'un schéma, si possible en vous inspirant de la figure 6, le comportement remarquable du composé MAG vis-à-vis de la sous-unité GluR6 L439C révélé par les expériences précédentes. Expliquez-en l'intérêt.

Réponse à la question III- A. 2.c

L'utilisation du MAG permet de concevoir un récepteur dont l'ouverture est spécifiquement commandée à distance par la lumière et donc, indirectement, par l'expérimentateur.



III-A-3. On utilise la même construction contenant la version mutée de GluR6 pour transfecter des neurones en culture provenant de l'hippocampe de rat nouveau né. La culture de ces neurones est incubée dans un milieu additionné de MAG puis rincée au bout de 30 minutes.

On enregistre les variations du potentiel membranaire des neurones ainsi traités en patch clamp par la technique de courant imposé en configuration « cellule entière ». Des neurones non transfectés sont également enregistrés à titre de témoin.

La figure 10 montre les résultats de ces expériences lorsqu'on soumet les neurones transfectés (10A) ou non (10B) à des illuminations alternativement de 380 et 500 nm.

On examine également le comportement des neurones non transfectés lorsqu'ils sont soumis à des dépolarisations répétées (10C).

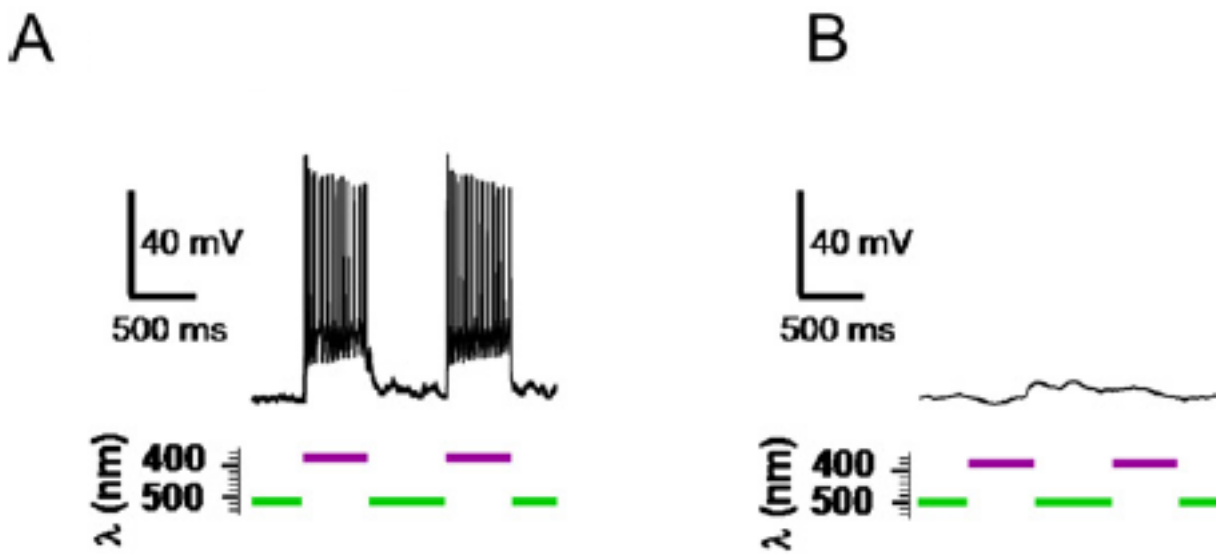


Figure 10

III- A. 3.a. Interprétez les résultats de la figure 10.

Réponse à la question III- A. 3.a

La stimulation lumineuse des neurones transfectés conduit à l'apparition de PA. Cette réaction est spécifiquement due au MAG soudé au récepteur muté, car les neurones non transfectés ne répondent pas à la lumière, malgré leur capacité intacte à générer des PA lorsqu'ils sont dépolarisés.

III- A. 3.b. Les phénomènes mis en évidence dans cette expérience auraient-ils pu être générés sur les cellules HEK 293 ? Expliquez pourquoi.

Réponse à la question III- A. 3.b

Non. Les cellules HEK ne disposent pas de l'équipement moléculaire (Canaux sodiques voltage-dépendants, etc…) pour produire des PA.

III-A.4. On cherche ensuite à tester l'utilisation du système développé précédemment sur des animaux vivants. Le modèle animal choisi ici est la larve de poisson-zèbre, en raison de sa petite taille et de la transparence de ses tissus.

On souhaite générer des lignées de poissons transgéniques capables d'exprimer la sous-unité mutée de GluR6 dans des neurones de régions particulières du système nerveux.

On utilise pour cela le système UAS-Gal4 mis au point à l'origine chez la drosophile et dont le principe est le suivant :

La protéine Gal4 est un facteur de transcription de levure qui possède un domaine de liaison à l'ADN qui se lie spécifiquement à des séquences appelées UAS (Upstream Activating Sequence) et un domaine activateur qui permet la transcription des gènes situés en aval des séquences UAS. Des

expériences ont montré que la protéine Gal4 pouvait fonctionner chez le poisson-zèbre. En effet, il n'existe pas de séquences UAS endogènes chez le poisson-zèbre. On peut donc transférer ce système dans le génome du poisson-zèbre afin d'obtenir deux types de souches transgéniques. Le premier type, couramment appelé « souche Gal4 », contient une construction associant la séquence codante du gène Gal4 de levure sous le contrôle des régions cis-régulatrices d'un gène endogène du poison-zèbre (N.B. Les régions cis-régulatrices d'un gène englobent à la fois son promoteur minimal (= séquence liant l'ARN polymérase et les facteurs généraux de la transcription) et les séquences régulatrices amont).

Ainsi, dans ces souches, le gène Gal4 va s'exprimer dans les mêmes conditions spatio-temporelles que le gène endogène. Le deuxième type de souche, « souche UAS », contient une construction dans laquelle la séquence codante d'un gène quelconque X a été placée en aval de séquences UAS (avec, en plus, un promoteur minimal). Par conséquent, si l'on croise des poissons portant le transgène UAS:X avec une souche portant un transgène permettant l'expression de Gal4 sous le contrôle des régions régulatrices d'un gène Y (Y:Gal4), les descendants de ce croisement exprimeront le gène X dans les mêmes cellules que celles exprimant le gène Y.

Le principe général d'utilisation de ce système est schématisé dans la figure 11.

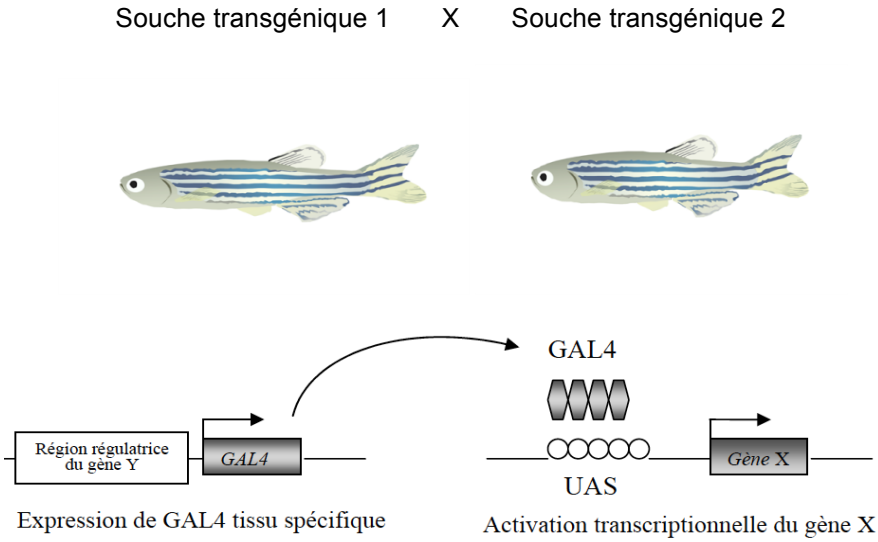


Figure 11 : *Principe d'utilisation du système Gal4-UAS*

Pour construire les poissons transgéniques, on insère la construction de son choix dans un plasmide bordé par les séquences d'un transposon appelé Tol2 et on co-injecte ce plasmide dans un œuf fécondé avec un ARNm de transposase afin que la construction puisse s'intégrer au sein de l'ADN génomique (voir figure 12). L'intérêt de cette méthode est que le transgène peut s'intégrer à raison d'une seule copie par génome.

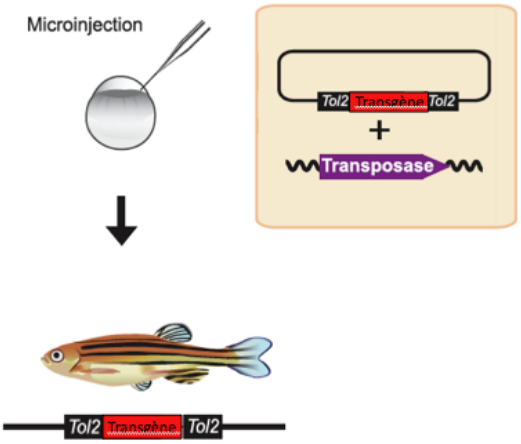


Figure 12 : *Modalités de la transgénèse chez le poisson-zèbre*

Dans la présente étude, on croise deux lignées de poisson : l'une présentant le gène Gal4 sous contrôle d'un enhancer du gène PKD2L1 (gène Y) et l'autre contenant le gène GluR6 muté (gène X) sous contrôle des séquences UAS (NB : enhancer = élément cis-régulateur à rôle activateur. L'enhancer du gène PKD2L1 qui est utilisé est connu pour permettre la synthèse de la protéine PKD2L1 dans une population de neurones particuliers appelés neurones de Kolmer-Agduhr (KA). Les neurones KA sont des neurones spinaux disposés au contact du bord ventral du canal de la moelle épinière sur toute sa longueur. Des travaux récents ont démontré que ces neurones jouent un rôle très important dans le déclenchement du comportement de nage lente chez les poissons. La figure 13 illustre ce comportement qui se manifeste spontanément chez l'alevin de poisson-zèbre dès l'éclosion. Chaque photographie est obtenue par superposition de plusieurs images consécutives prises sur une période de 50 millisecondes.

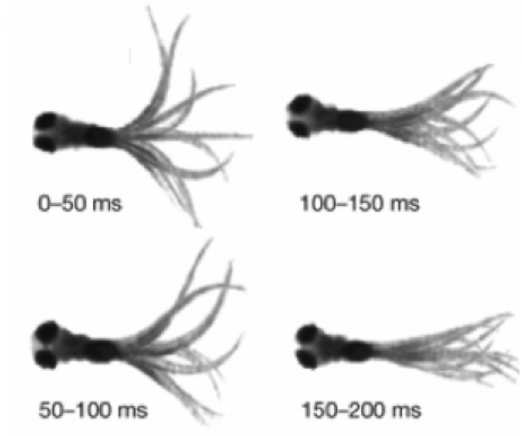


Figure 13 *: Comportement de nage lente chez alevin sauvage de poisson-zèbre*

On examine les descendants du croisement entre les poissons de la souche transgénique de type1, hémizygotes pour la construction PKD2L1 : Gal4 et ceux de la souche de type 2 hémizygotes pour la construction UAS:GluR6 L439C. (N.B. hémizygotes signifie qu'ils ont intégré un seul

exemplaire de la construction qui n'est donc présente que sur un seul chromosome)

Par PCR, on constate que sur 96 poissons issus de ce croisements, 25 portent à la fois la construction PKD2L1:Gal4 et la construction UAS:GluR6 L439C (ils sont qualifiés de doubles transgéniques sur la figure 15).

III- A. 4.a. Comment interprétez-vous la proportion de descendants portant les 2 constructions ?

Réponse à la question III- A. 4.a

La transmission des transgènes obéit aux lois de Mendel, ce que l'ont peut illustrer par un échiquier de croisement. Comme les parents sont hémizygotes pour chaque transgène, chaque gamète a 50% de chances de porter le transgène. Pour les descendants, la probabilité d'hériter des 2 transgènes est de 25%, de même que celle d'aucun, et elle est de 50 % pour un seul des 2.

On examine le comportement locomoteur de l'ensemble des 96 alevins issus du croisement précédent. On constate qu'il est identique à celui manifesté par des alevins sauvages.

L'ensemble de ces alevins est ensuite incubé pendant 30 minutes dans un milieu contenant le MAG. Les alevins sont ensuite rincés puis transférés dans un milieu sans MAG. On constate que la survie des alevins n'est pas affectée par le traitement. On teste leur comportement locomoteur et à nouveau on constate qu'il est identique à celui manifesté par les alevins sauvages.

III- A. 4.b. Expliquez l'intérêt de ces expériences ?

Réponse à la question III- A. 4.b

Vérifier que l'intégration du transgène n'a pas modifié le comportement des poissons.

Vérifier que le MAG lui-même n'a pas d'effet propre sur les poissons.

Les 96 alevins issus du croisement précédent sont immobilisés par le tronc. On les soumet à un bref éclairement à 380 nm et, dans le même temps, on enregistre les mouvements de leur queue. 23 d'entre eux montrent le comportement illustré sur la figure 14 (noté comportement A sur la figure 15), alors que tous les autres restent immobiles (comportement B).

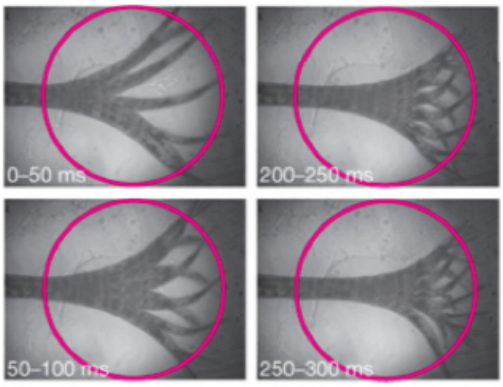


Figure 14 : *Le cercle rouge indique la région du tronc soumise à illumination. Comme pour la figure 13, chaque photographie est obtenue par superposition de plusieurs images consécutives prises sur une période de 50 millisecondes.*

L'ensemble des résultats de ces expériences est résumé sur la figure 15.

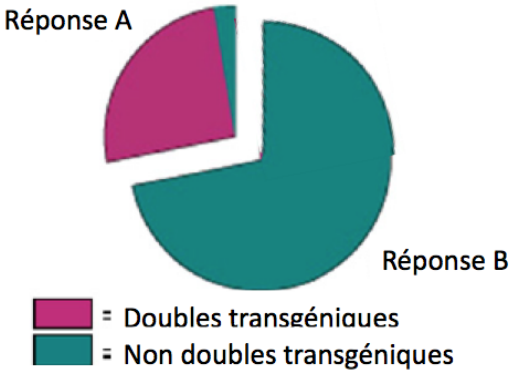


Figure 15 :

La réponse de type A est illustrée par la figure 14.

La réponse de type B se traduit par une immobilité totale des alevins lorsqu'ils sont illuminés.

On soumet ensuite les mêmes alevins à une illumination à 500 nm, et à nouveau on enregistre les mouvements de leur queue. Tous les alevins manifestent un comportement de type B.

III- A. 4.c. Interprétez l'ensemble de ces résultats. Quels enseignements permettent-ils de tirer quant à la technique utilisée ?

Réponse à la question III- A. 4.c

Les doubles transgéniques doivent normalement exprimer GluR6 muté dans les neurones RB. On s'attend par ailleurs à ce que le MAG puisse se fixer sur GluR6 muté et confère à celui-ci une photosensibilité.

L'expérience montre que la photo-stimulation de la queue à 380 nm reproduit de façon fidèle le comportement de nage lente chez la quasi totalité des doubles transgéniques, Ces résultats s'expliquent par le fait que, sous l'action de la lumière, le MAG active les récepteurs GluR6 qui de ce fait stimulent les neurones KA. La stimulation de ces neurones constitue l'événement déclencheur du comportement de nage lente.

Ces résultats montrent donc que le système basé sur l'utilisation du MAG permet de photomanipuler in vivo des neurones de populations spécifiques, ce qui était le but recherché.

III-B Stratégie de dissection cellulaire et moléculaire d'un comportement complexe

On s'intéresse à un autre comportement caractéristique de l'alevin de poisson-zèbre : le réflexe d'échappement. Ce comportement particulier est observé lorsque l'on touche un côté de la queue d'un alevin fraichement éclos au repos ; celui-ci se remet alors à nager dans la direction opposée à la source de la perturbation (figure 16).

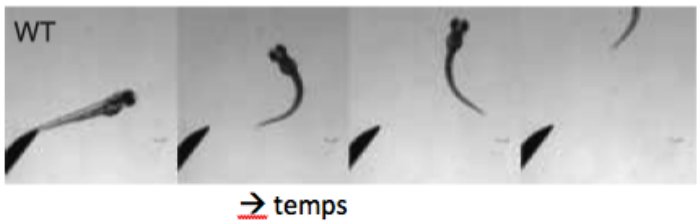


Figure 16

On utilise pour cela une variante du système UAS-Gal4. La différence essentielle par rapport à la méthode présentée dans la partie précédente porte sur le fait que, pour la souche de type 1, le gène Gal4 est placé sous le contrôle d'un simple promoteur minimal (PM).

Pour générer cette souche, on injecte l'ADN contenant la construction PM:Gal4 dans plusieurs centaines d'œufs fécondés puis on laisse se développer les embryons jusqu'au stade adulte. Tous les individus transgéniques viables issus de cette opération sont identifiés par un code de type: Tg(PM:Gal4)i, (i variant de 1 à 950, le nombre total d'œufs injectés). Une fois sexuellement matures, ils sont tous individuellement croisés avec des individus d'une souche de type 2 contenant la construction UAS:GFP dans laquelle le gène de la Protéine Verte Fluorescente (GFP) est placé sous contrôle des séquences UAS.

Les descendants issus de ces croisements sont maintenus en élevage pendant la totalité de leur développement. Durant leur période de vie embryonnaire, ils sont examinés à la loupe en fluorescence. Sur 146 embryons viables ainsi observés, 117 montrent un marquage fluorescent dans des territoires spécifiques mais différents pour chaque type d'embryon, alors que pour les 19 restants, aucun marquage n'est observé. La figure 17 montre à titre d'exemple 8 de ces embryons présentant un marquage fluorescent.

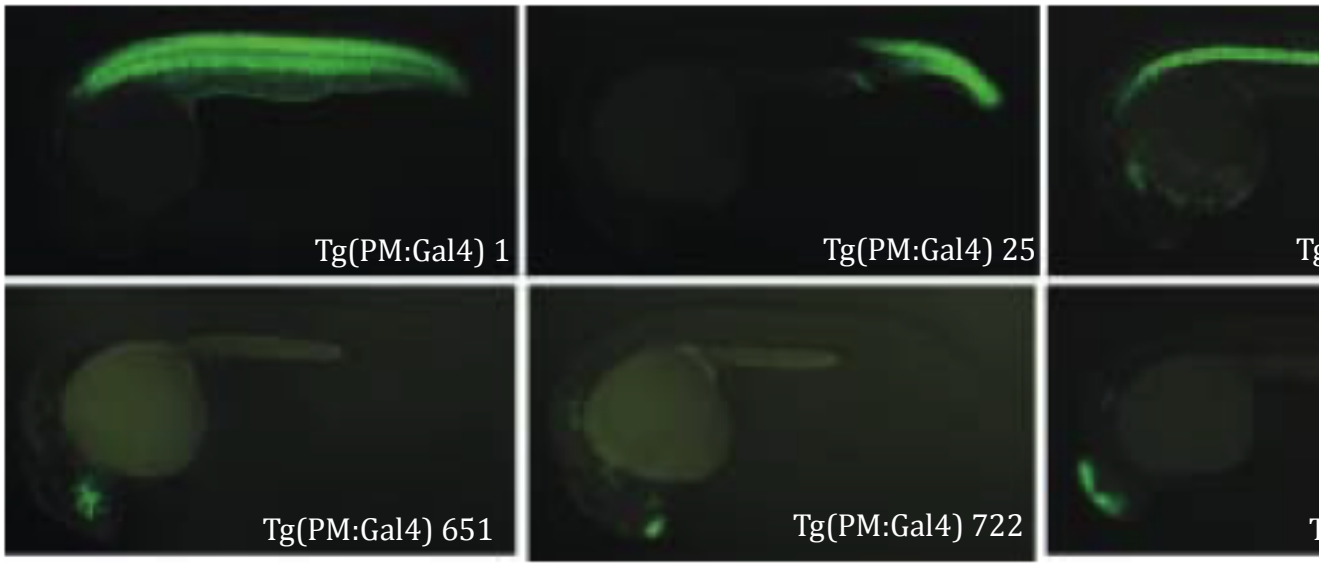


Figure 17 *:Les codes indiqués identifient les parents de la lignée transgénique PM:Gal4 qui ont été croisées avec les animaux UAS:GFP*

III. B. 1 Les poissons mis à votre disposition sont des doubles transgéniques issus d'une expérience similaire à celle décrite ci-dessus. En raison de l'impossibilité de mettre à votre disposition des microscopes à fluorescence, trop chers, l'expression de la GFP a été révélée par hybridation *in situ* à l'aide d'une sonde dirigée contre la séquence codante de la GFP. Le marquage violet indique les régions où la sonde s'est hybridée. Ces régions sont donc équivalentes aux régions de marquage fluorescent visibles sur la figure 17.

III-B. 1. a. Observez les embryons présentés dans chaque puits. En vous aidant des planches mises à votre disposition sur la paillasse, de la loupe et/ou du microscope, identifiez le plus précisément possible la nature des territoires marqués sur chacun des embryons.

ATTENTION à manipuler les embryons avec précaution pour ne pas les abîmer car ils sont très fragiles.

Réponse à la question III- B.1.a

- U = plancher de la moelle épinière
- H = motoneurones de la moelle épinière et du tronc cérébral
- K = deux rhombomères du rhombencéphale
- M = somites
- S = intestin

III- B. 1. b Expliquez pourquoi la plupart des embryons examinés dans cette étude présentent un marquage fluorescent. Compte tenu de l'organisation de la construction transgénique portée par les souches de type 1, expliquez à quelle condition ce marquage peut-il être obtenu. Un schéma à l'appui de votre réponse sera bienvenu.

Réponse à la question III- B.1.b

Les territoires présentant un marquage fluorescent sont ceux où le gène de la GFP a été induit. Dans la mesure où le gène Gal4 est sous contrôle d'un simple PB qui, à lui seul est incapable de déclencher la transcription, il faut admettre que la construction PB-Gal4 s'est intégrée au voisinage d'un enhancer.

III- B.1.c Quel nom générique porte le gène GFP dans les expériences décrites ci-dessus? Quel est l'avantage principal de ce gène par rapport à d'autres gènes ayant la même utilisation ?

Réponse à la question III- B.1.c

Il s'agit d'un gène rapporteur. Aujourd'hui, l'intérêt des rapporteurs fluorescents comme la GFP est qu'ils permettent de faire les observations directement in vivo, sans autre manipulations pour révéler son expression.

III- B.1.d Expliquez pourquoi le marquage fluorescent est exprimé de façon différente selon les individus.

Réponse à la question III- B.1.d

Comme l'insertion du transgène se fait de façon aléatoire, on peut imaginer qu'elle peut se faire à proximité de n'importe quel gène. Dans ces conditions, l'expression de Gal4 dépondra de la nature de l'enhancer sous le contrôle du duquel il va se placer.

III- B.1.e Expliquez pourquoi certains des individus n'expriment aucun marquage

Réponse à la question III- B.1.e

L'absence de marquage peut provenir d'une insertion dans une région dépourvue d'enhancers ou alors au voisinage d'un insulateur qui empêche les enhancers situés à proximité d'exercer leur effet. L'éventualité d'une insertion dans l'hétérochromatine est aussi possible, mais moins probable du faible d'un accès généralement plus difficile à ce compartiment.

III-B.2 On s'intéresse plus particulièrement aux lignées transgéniques PM:Gal4 conduisant à une localisation du marquage fluorescent restreinte au système nerveux central, lorsqu'elles sont croisées avec des animaux d'une lignée UAS:GFP. Dix de ces lignées sont sélectionnées en vue d'études plus approfondies : Tg(PM:Gal4) 8, 45, 74, 113, 124, 196, 321, 367, 569, 851 .

On décide tout d'abord de croiser des poissons de ces lignées avec les représentants d'une lignée UAS:TeTxLC. Le gène TeTxLC code pour la chaine légère de la toxine cholérique, une protéine qui a la propriété d'interagir avec certaines protéines portées par les vésicules synaptiques, comme la synaptobrévine et d'en perturber fortement les fonctions.

Les doubles transgéniques qui en résultent sont soumis à un test d'échappement après stimulation tactile. La figure 18 montre le comportement des alevins de ces lignées ainsi que celui d'animaux sauvages.

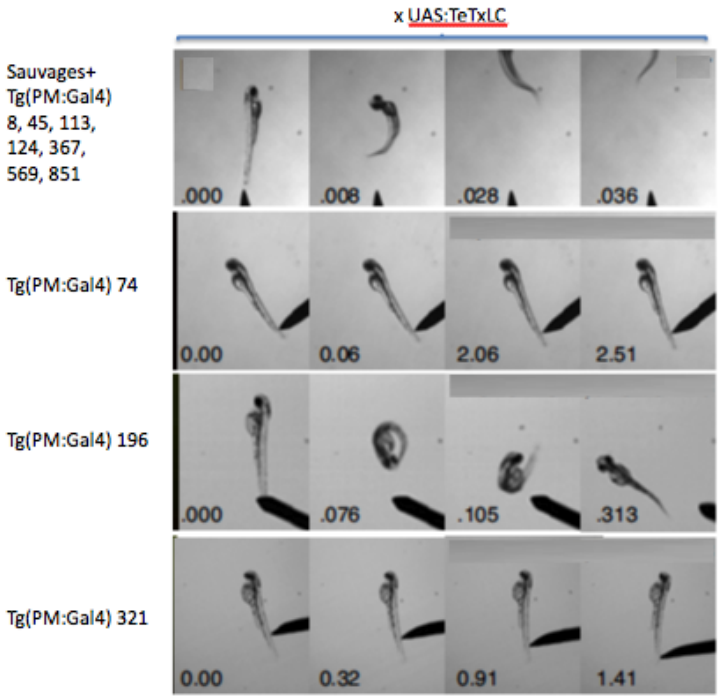


Figure 18

III- B.2.a Quel est l'effet attendu sur les poissons d'une expression de la protéine TeTxLC ?

Réponse à la question III- B.2.a

Abolir les propriétés sécrétrices des neurones qui la produiront et ainsi bloquer la transmission synaptique d'informations passant par ces neurones

III- B.2.b Analysez les résultats obtenus. Quelles informations permettent-ils de tirer ?

Réponse à la question III- B.2.b

Les animaux de trois des lignées transgéniques testées présentent un comportement d'échappement absent ou altéré. On peut donc penser que les cellules exprimant la toxine tétanique dont les propriétés ont été perturbées par le traitement, jouent normalement un rôle important dans ce comportement.

On examine de façon détaillée les domaines d'expression de la GFP de la moelle épinière chez les doubles transgéniques PM:Gal4 x UAS:GFP issus des trois lignées Tg(PM:Gal4) 74, 196 et 321. On utilise différents marqueurs neuronaux afin de pouvoir déterminer la nature des cellules marquées.

La figure 19 illustre les résultats obtenus. En A, C et E est représenté le marquage fluorescent du à la GFP. En B, D et F est représenté la superposition de ce marquage et de celui obtenu avec des anticorps fluorescents dirigés contre Hb9, un marqueur motoneuronal, ou Zn12, un marqueur des neurones de Rohon-Beard (RB). Les cellules doublement marquées sont signalées par les têtes de flèches. On précise que les neurones RB sont des neurones qui n'existent que chez les poissons et les amphibiens. Ils sont localisés dans la partie dorsale de la moelle épinière (figure 20). Ils apparaissent très tôt au cours du développement mais dégénèrent par la suite (au bout de quelques jours de développement larvaire). Ce sont des neurones sensoriels à sensibilité mécanique (=mécanorécepteurs).

N.B. le marquage vert présent à la base des planches A et B de la figure 19, correspond à des axones de neurones dont les corps cellulaires sont localisés dans les tubercules trijumeaux de l'encéphale.

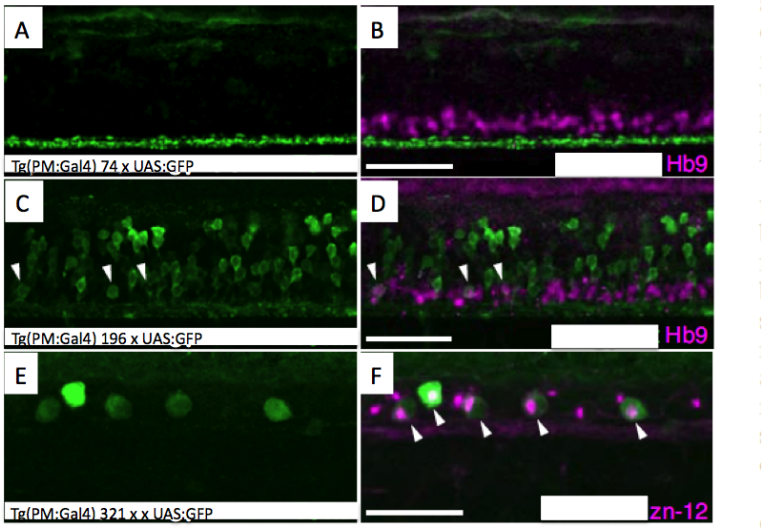


Figure 19 : *Coupes parasagittales de moelle épinière d'alevins de poissons-zèbres transgéniques traités comme indiqué dans le texte.*

Pour information, la figure 20 ci-dessous indique la position d'un certain nombre de neurones présents dans la moelle épinière des poissons.

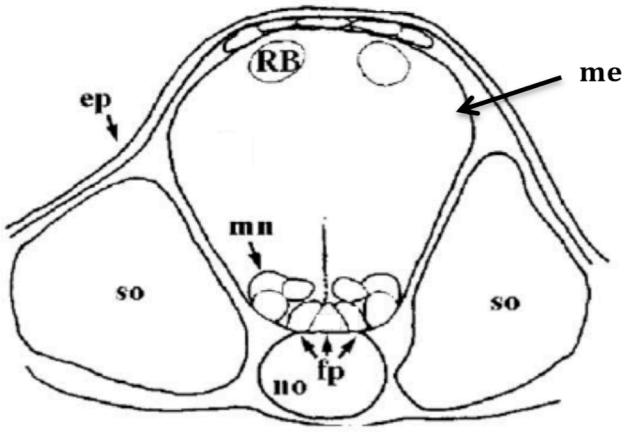


Figure 20 : Coupe transversale de la partie dorsale du tronc d'un embryon de poisson-zèbre. *RB, neurones de Rohon-Beard; me, moelle épinière ; mn, motoneurones; fp: floor plate (plaque du plancher); so, somites; no, notochorde; ep, épiderme.*

N.B. La matière grise située entre les motoneurones et les neurones RB est majoritairement occupée par des interneurones

III- B. 2. c Quels enseignements apportent ces nouveaux résultats sur l'organisation du circuit neuronal impliqué dans la réalisation du réflexe d'échappement ?

Réponse à la question III- B.2.c

Ils permettent de préciser la nature des neurones impliqués dans le comportement d'échappement. A partir de ces données, il est possible d'esquisser l'organisation du réseau de neurones mis en jeu dans ce comportement.

RB → trijumeaux → interneurones → motoneurones

III-B.3. On réalise l'expérience suivante : on prélève un morceau de la nageoire caudale des poissons Tg(PM:Gal4) 74, 196 et 321, et pour chacun d'eux, on extrait l'ADN génomique. (Cette opération est sans conséquence pour l'animal car il est capable de régénérer l'organe lésé). L'ADN obtenu est soumis à une technique de PCR dite inverse, dont le protocole est précisé ci-dessous.

- Digestion de cet ADN par l'endonucléase de restriction MboI dont le site de reconnaissance est GATC. On précise que la construction PM:Gal4 représentée sur la figure 21 est elle-même dépourvue de site MboI.
- Circularisation des fragments de restriction obtenus à l'aide d'une ADN ligase. Préalablement à cette étape, les fragments d'ADN doivent être fortement dilués afin de limiter au maximum les risques de raccordement bout à bout de fragments d'origine différente
- Mise en présence des fragments circularisés avec tous les réactifs nécessaires à la réalisation d'une amplification PCR. Les amorces ciblent chacune des extrémités Tol2 du transgène PM:Gal4 (Figure 21). La séquence des amorces utilisées est soulignée en gras.

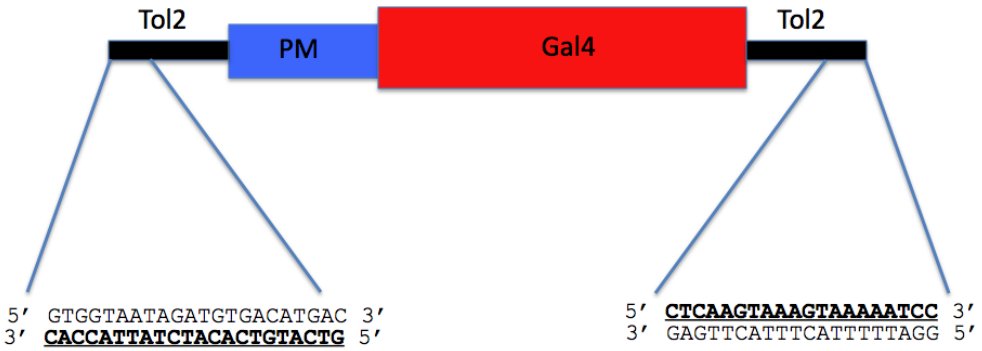
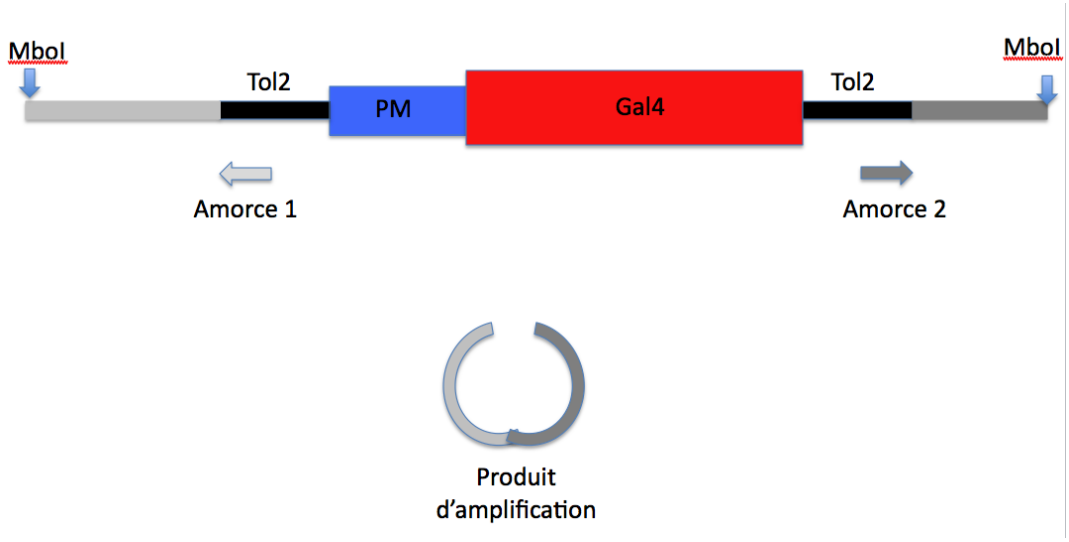


Figure 21

III- B. 3. a Représentez de façon schématique chacune des étapes du protocole en indiquant le résultat attendu. Précisez en particulier l'intérêt de l'étape de ligation et les conséquences de l'orientation des amorces.

Réponse à la question III- B.3.a

La stratégie présentée est intéressante pour identifier des cellules spécifiquement impliquées dans la réalisation d'un comportement complexe, le criblage des lignées intéressantes se faisant sur leur incapacité à réaliser le comportement en question



On examine la séquence du produit de PCR issu de la dernière étape.

III- B.3.b A quel type d'information permet d'accéder ce produit de PCR ? Quel est son intérêt ?

Réponse à la question III- B.3.b

La ligation permet de circulariser les produits de digestion. Ainsi, la PCR inverse qui suit permet d'amplifier les régions bordant le transgène. L'intérêt de cette technique est qu'elle permet de connaître l'environnement dans lequel s'intègre le transgène.

La séquence des produits de PCR obtenus à partir de chacune des trois lignées est soumise à un Blast contre le génome du poisson-zèbre.

III- B.3.c Quelle est la fonction du programme *Blast* *(Basic Local Alignment Search Tool)* ***?*** **Que peut-on attendre de cette analyse ?**

Réponse à la question III- B.3.c

Blast est un programme qui recherche parmi une collection de séquences plus ou moins similaires à une séquence de requête. Le but ici est de pouvoir déterminer la nature des séquences amplifiées par PCR afin de pouvoir identifier les gènes auxquels elles correspondent.

Annexe A

Protocole pour la réalisation d'un frottis sanguin:

La morphologie des éléments sanguins est étudiée après étalement du sang sur lame de verre et coloration au May Grünwald-Giemsa.

- Réaliser un frottis sanguin en déposant une goutte de sang sur une lame de verre et en l'étalant à l'aide d'une autre lame de verre

- Laisser sécher la lame et la placer dans une boîte de Pétri (frottis vers le haut)

- Verser 20 gouttes de colorant de May Grünwald, refermer la boîte pour éviter l'évaporation et laisser agir 3 minutes.

- Ajouter 20 gouttes d'eau neutre et laisser agir 1 minute

- Rincer la lame à l'eau distillée de façon à enlever l'excès de colorant

- Placer la lame dans une boîte et la recouvrir de colorant Giemsa fraîchement préparé (40 gouttes dans 20 mL d'eau neutre) et laisser agir 10 minutes

- Rincer à l'eau distillée puis laisser sécher la lame

- Observer au microscope les différentes catégories d'éléments sanguins. Dessiner les.

Annexe B

Protocole pour l'étude des propriétés membranaires des globules rouges:

- Dans un premier temps, préparer des solutions à 9 ‰, 6 ‰ et 3 ‰ de NaCl à partir d'une solution mère de NaCl à 12 ‰.

- Disposer et numéroter 8 tubes à hémolyse sur un porte-tubes et remplir ces tubes selon les indications du tableau ci-dessous :

N° Tube	1	2	3	4	5	6	7	8
2 mL	Sérum physiologique	NaCl 3 ‰	NaCl 6 ‰	NaCl 9 ‰	NaCl 12 ‰	Glucose	Urée	Glycérol

- Faire tomber 2 gouttes de sang de rat dans chaque tube

- Agiter de nouveau

- Laisser reposer au moins 30 minutes.

- Noter l'aspect des différents tubes (aspect macroscopique).

- Après avoir remis les cellules en suspension, prélever à l'aide d'une pipette quelques hématies de chacun des tubes, monter les entre lame et lamelle et observer au microscope. Dessiner l'aspect des hématies observées au microscope (aspect microscopique).

Annexe C

Expérimentation Assistée par ordinateur (ExAO) :

L'ExAO ne diffère pas fondamentalement de l'expérimentation telle qu'elle était menée classiquement avec divers instruments de mesures (oscilloscope, stimulateurs…). L''incorporation de l'ordinateur dans une chaîne de mesure apporte de nombreux avantages telle que l'automatisation de l'acquisition des données, la sauvegarde des enregistrements et leur traitement par divers logiciels.

Pour la mesure de l'activité électrique du nerf, le dispositif expérimental comprend :

- une table à nerf contenant les différentes électrodes (stimulation et réception)

- un stimulateur qui délivre une impulsion électrique (stimulus) dont tous les paramètres (durée, amplitude, fréquence, délai, nombre de chocs…) sont réglables par vos soins dans le logiciel « Atelier Scientifique SVT ». Cette impulsion électrique sera délivrée sur le nerf par l'intermédiaire des 2 électrodes de stimulation (S1 et S2) situées sur la table à nerf, l'une constituant l'anode, l'autre la cathode.

- L'enregistrement de l'activité électrique nerveuse se fera grâce à une chaine d'amplification constitué par 2 électrodes réceptrices (R1 et R2) situées sur la table à nerf reliées à une interface et à un amplificateur différentiel muni de filtres passe-haut et passe-bas. Les signaux sont ensuite transduits et visualisés sur l'écran d'ordinateur grâce au logiciel d'acquisition « Atelier Scientifique SVT ». L'activité électrique nerveuse est ainsi recueillie par deux électrodes reliées aux entrées de l'amplificateur différentiel (électrodes R1 et R2). Le signal électrique observé dans la fenêtre d'acquisition du logiciel est donc la différence algébrique de potentiel entre les électrodes R1 et R2 en fonction du temps.

Paramétrage du logiciel

- Lancer le logiciel « Atelier scientifique SVT »

- Sélectionner le module de travail « Nerf » puis cliquer sur OK pour valider la sélection

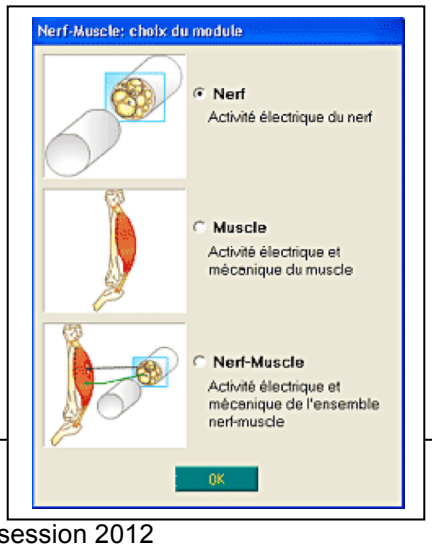
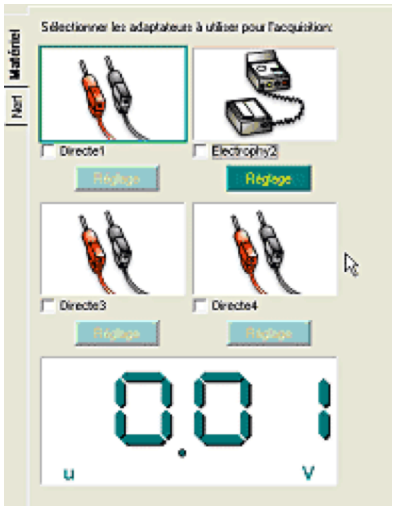


Figure 22

- Dans la fenêtre de gauche, apparaît alors un onglet « Matériel ». Sélectionner l'adaptateur à utiliser pour l'acquisition. Choisir l'adaptateur « Electrophy » sur la voie de la console « Visio » en cliquant dans la case correspondante.

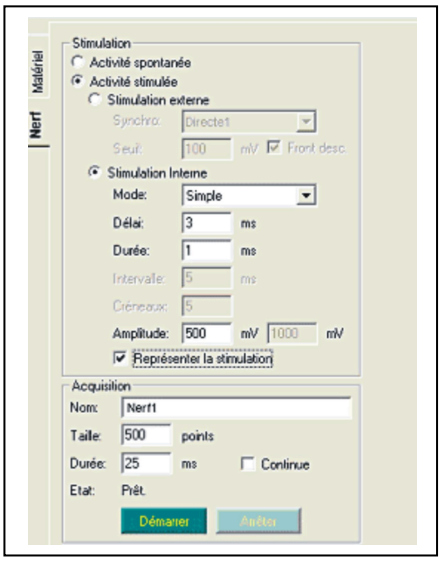
Figure 23



- Cliquer ensuite sur « Réglage », une nouvelle fenêtre apparaît afin de réaliser un premier réglage grossier. Valider le réglage en cliquant sur OK.

- Cliquer ensuite sur l'onglet « Nerf » situé juste en dessous de l'onglet « Matériel ». Dans cette fenêtre, vous pourrez régler à la fois les paramètres de stimulation et les paramètres d'acquisition.

Figure 24



- Pour sélectionner les paramètres de stimulation, cliquer sur « Activité stimulée », puis sur « Stimulation Interne » car c'est la console Visio qui gère la stimulation et non un stimulateur externe. Dans ce menu « stimulation interne », vous pouvez modifier à vos souhaits tous les paramètres de la stimulation :

* nombre de choc (mode simple pour choc unique, double pour deux stimulations, multiple ou rampe)

Annexe C (suite)

* délai

* durée de la stimulation

* amplitude de la stimulation

* intervalle entre les stimulations s'il y a plusieurs stimulations programmées

- Il est nécessaire de cliquer sur l'option « Représenter la stimulation » pour s'afficher les stimulations sur les enregistrements.

- Concernant les paramètres d'acquisition, vous pouvez modifier l'échelle de temps de la fenêtre d'acquisition en modifiant la durée.

- Cliquer sur « Démarrer » pour lancer l'acquisition et « Arrêter » pour stopper l'acquisition

- Les réponses aux stimulations apparaissent alors dans la fenêtre graphique avec en-dessous la représentation de la stimulation.

- Cliquer de nouveau sur « Démarrer » pour lancer une nouvelle acquisition. Dans la fenêtre « Sélectionner une manipulation », cliquer sur nouvelle manipulation, vous avez alors la possibilité de changer le nom afin de conserver l'acquisition précédente, les 2 réponses apparaîtront toutes sur le même graphique. Cliquer alors sur « Lancer »

Pour la réalisation des enregistrements

- Lancer le logiciel « Atelier scientifique SVT », module « activité électrique d'un nerf ». **ATTENTION, il est impératif de lancer le logiciel avant de déposer le nerf sur la table à nerf, car au moment de l'ouverture du logiciel, un choc de 10 V est généré par l'interface.**

- Avant de déposer le nerf sur la table à nerf, du liquide de Ringer doit être placé dans les petites gouttières. Pour cela, mouiller la surface de la table en la recouvrant de liquide qui glissera par capillarité dans les rainures formant les électrodes. Attention cependant, il faut éviter de former des ponts électriques entre les électrodes avec de grosses gouttes de liquide. Il sera certainement judicieux d'utiliser du papier absorbant pour enlever les excès de liquide. **Il doit donc y avoir suffisamment de liquide pour remplir les rainures et assurer le contact entre le nerf et les électrodes mais pas de manière excessive afin de ne pas créer de court-circuit entre les électrodes.**

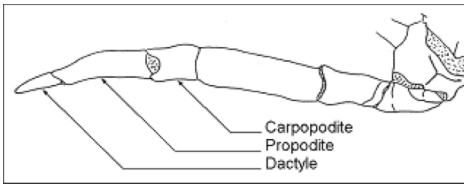
Annexe D

Dissection du nerf de crabe :

- Prélever une des pattes locomotrices du crabe en l'arrachant sans à coups du corps du crabe (c'est-à-dire au niveau de l'articulation avec le thorax).
- Repérer l'articulation entre le deuxième et le troisième article de la patte de crabe en partant de l'extrémité distale (figure 25). Désarticuler délicatement la patte au niveau de cette articulation par des mouvements de va et vient, d'avant en arrière et de haut en bas. Tirer lentement mais régulièrement, le nerf apparaît et reste attaché aux segments à l'extrémité distale de la patte.
- Déposer le nerf dans une boîte de Pétri contenant du liquide physiologique.

ATTENTION : le nerf est très fragile. Ne pas le tirailler, pincer, toucher...

Figure 25



5.1.2 Commentaires

Les membranes cellulaires constituent la surface d'échanges entre le liquide intracellulaire et le liquide extracellulaire. Ces échanges sont possibles grâce à la perméabilité membranaire qui peut différer selon les substances, la nature des membranes et les forces physiques qui conditionnent les mouvements de substances (gradient de concentration, gradient électrique…).
L'objectif de ce TP du secteur A était d'étudier différents aspects de cette perméabilité membranaire. Dans ce sujet, différentes expériences très classiques dans les domaines de la biologie cellulaire, de la biologie moléculaire, de la génétique, de la biochimie et de la neurobiologie ont été proposées dans leur réalisation ou dans leur interprétation. Quelques expériences proposées sont transposables au lycée. Le TP était composé de 3 parties indépendantes, chacune composée d'une partie expérimentale et d'une partie exploitation de résultats expérimentaux. Les expériences et les analyses de résultats réalisées par les candidats dans une partie n'étaient pas nécessaires pour réaliser la partie suivante. L'accès au dispositif expérimental des parties II et III étant limité dans le temps, il était indispensable de parcourir rapidement le sujet dans son intégralité afin d'organiser au mieux son temps. Les protocoles expérimentaux étaient volontairement placés en annexe pour permettre aux candidats d'évaluer plus aisément le temps à passer sur chaque partie.

Commentaires généraux du jury sur le déroulement de l'épreuve :
En début d'épreuve, le jury a donné des consignes sur les plages horaires d'accès aux dispositifs expérimentaux en indiquant un plan de la salle au tableau. D'autres précisions et compléments d'informations donnés oralement ont également été inscrits en intégralité sur le tableau de la salle de TP.
Une mauvaise organisation du travail ne permettait pas de répondre à l'intégralité du sujet et devenait de fait discriminante. Par contre, une bonne répartition des expériences et l'utilisation des temps d'attentes pour exploiter les résultats et les expériences complémentaires ont permis à quelques

candidats d'arriver à réaliser l'ensemble de l'épreuve dans le temps imparti. Les meilleurs candidats ont réussi à terminer l'ensemble du travail expérimental et à répondre à une très grande partie des questions posées. Le jury regrette que certains candidats choisissent délibérément de ne pas faire les expériences demandées et préfèrent se focaliser sur les exercices théoriques.
L'ordre d'avancement dans le sujet plus ou moins imposé par l'accès aux dispositifs expérimentaux n'a pas engendré de différences de notes entre ceux qui ont commencé par une partie plutôt qu'une autre.

Partie 1 : Etude des propriétés membranaires des hématies
L'objectif de cette partie, très classique, était d'étudier les mouvements d'eau au travers de la membrane des hématies afin d'aborder les notions d'osmose et de résistance globulaire. En premier lieu, la réalisation d'un frottis sanguin était demandée. La qualité de la préparation et la conformité des dessins ont été évaluées par le jury. Il s'agissait ensuite de plonger les hématies dans des solutions de concentrations différentes de NaCl ou dans des solutions de différentes compositions mais de même osmolarité. Les candidats devaient réaliser leurs dilutions de NaCl à partir d'une solution mère. Les autres solutions leur étant fournies ils devaient en déduire les concentrations massiques, molaire et osmolaire. L'aspect macroscopique des différents tubes et l'aspect microscopique des hématies devaient être observés puis analysés et interprétés. A des moments précis, les candidats devaient montrer le résultat de leur travail aux examinateurs. Faisant suite à ces expériences, une étude de documents amenait à étudier l'aquaporine.

Commentaire du jury concernant la partie 1 :
Cette partie est celle qui a été la mieux traitée par les candidats. Un petit nombre d'entre eux n'a pas réalisé les expériences qui étaient pourtant très simples à mettre en œuvre. Les préparations présentées aux examinateurs étaient de qualité inégale. Il arrive encore que des candidats aient des difficultés à réaliser un montage entre lame et lamelle. Un seul candidat a gaspillé des colorants en ne lisant pas suffisamment le protocole. Les leucocytes sont visiblement mal connus par une partie importante des candidats puisque le champ microscopique choisi pour le frottis sanguin ne ciblait bien souvent que des globules rouges. Le jury a trop souvent constaté, lors des évaluations pendant l'épreuve, une inadéquation entre les dessins d'observation réalisés et l'échantillon présenté. Les candidats semblent en effet faire des dessins en fonction de leurs connaissances et non des observations de leurs préparations. Ainsi pour beaucoup, les dessins peu fidèles reflètent plus ce que le candidat attend que ce qu'il observe réellement. Le protocole des dilutions n'a pas posé de problème à la grande majorité des candidats. Des résultats aberrants montrent toutefois qu'il a pu être mal mis en œuvre. Par contre, les calculs des concentrations massiques ou molaires et de l'osmolarité ont rarement été réussis. Même si les erreurs de lecture du sujet (confusion entre % et ‰) ou de calcul ont été nombreuses, la détermination de l'osmolarité semble poser problème à un très grand nombre. Les candidats ont souvent bien décrit l'aspect macroscopique des tubes et l'aspect microscopique des hématies, mais la relation entre ces observations et les mouvements d'eau induits n'a pas toujours été établie. Notamment, tonicité et osmolarité sont pratiquement toujours confondues. La partie concernant les aquaporines a été abordée par seulement une partie des candidats, qui ont su en tirer profit : les documents ont été correctement traités dans l'ensemble, bien que les candidats peinent à justifier des protocoles expérimentaux ou à en expliquer certains aspects comme l'obtention d'ADNc. Le schéma bilan demandé a été très discriminant, car peu de candidats ont su intégrer toutes les informations pour construire un schéma explicatif des phénomènes observés dans la première partie. Il faut cependant souligner que pour cette sous partie, les analyses des résultats expérimentaux ont souvent été parasités par les connaissances des candidats, si bien qu'ils répondaient aux questions avant qu'elles ne soient posées ne faisant pas clairement la différence entre l'analyse de l'expérience, son interprétation et les hypothèses qui en découlaient.

Partie 2 : Etude du potentiel d'action
Cette deuxième partie s'intéressait au potentiel d'action. Une première partie était consacrée à l'étude des propriétés du potentiel global de nerf enregistré extracellulairement, la deuxième partie consistait quant à elle à étudier les canaux ioniques sous-tendant le potentiel d'action en s'appuyant sur des enregistrements obtenus par la technique du patch-clamp.
La partie expérimentale permettait d'évaluer la capacité de mettre en œuvre et de suivre un protocole. Une bonne maîtrise de l'ExAO n'était pas indispensable pour réussir à réaliser les expériences. Une

notice du logiciel était fournie et les branchements étaient réalisés par les membres du jury pour ne pas faire perdre de temps aux candidats. Les expériences à réaliser étaient très classiques et devaient amener les candidats à évoquer les notions de courbe de recrutement, de relation intensité/durée de stimulation avec les notions de rhéobase et chronaxie ainsi que de périodes réfractaires. Pour éviter de pénaliser une seconde fois les candidats n'ayant pas réussi à réaliser les expériences demandées, tous se sont vus remettre, à la fin de leur créneau d'accès au dispositif ExAO, des données expérimentales obtenues sur le dispositif. Ils pouvaient au choix interpréter leurs propres résultats ou ceux distribués. La deuxième partie était consacrée à l'étude d'enregistrements électrophysiologiques obtenus par la technique de voltage imposé. Il s'agissait d'enregistrements de courants ioniques unitaires et globaux de canaux voltage-dépendant sodiques et potassiques. Les candidats étaient amenés progressivement à introduire les notions de potentiel d'équilibre électrochimique, de forces électromotrices, de courbe I/V, de définir l'équation de Nernst.…

Commentaire du jury concernant la partie 2 :
De nombreux candidats ont pris peur et ont même paniqué à la vue du dispositif ExAO et n'ont pas réussi à prélever le nerf de la patte de crabe. Certains candidats ont déposé du muscle sur le dispositif et non le nerf. Quelques uns, bien qu'ayant bien prélevé le nerf, n'ont pas réussi à le positionner correctement sur les différentes électrodes, le plaçant sur une seule électrode au lieu des 4 nécessaires. D'autres ont oublié de mettre du liquide physiologique dans les gouttières afin d'assurer un contact entre le nerf et les électrodes bien que cela était bien précisé et souligné dans le protocole expérimental. Au final, très peu de candidats ont réussi à obtenir un potentiel de nerf clairement exploitable. Un candidat a obtenu un très beau potentiel de nerf, mais ne l'a pas exploité par la suite. La grosse majorité des candidats a décrit l'allure du potentiel global comme un potentiel d'action enregistré intracellulairement avec une phase de dépolarisation, repolarisation et hyperpolarisation. Les enregistrements obtenus ici étaient des enregistrements extracellulaires : l'allure du potentiel de nerf est une onde diphasique car on enregistre le nerf extracellulairement en bipolaire. Bien trop peu de candidats ont compris que le fait d'écarter au maximum la distance entre les électrodes stimulatrices et réceptrices permettait de mettre en évidence les différentes fibres nerveuses. Un grand nombre ont interprété cela à tort comme des fuites de courant le long du nerf. Pour la suite, les données expérimentales ont été observées mais pas suffisamment interprétées. Un manque de rigueur dans le vocabulaire employé est aussi notable. De nombreux graphiques devaient être construits, le choix des échelles n'était pas toujours judicieux. Il manquait aussi parfois des légendes et titres. La confusion entre courants et potentiels a souvent été observée. De manière générale, la technique du patch-clamp n'était que trop partiellement maîtrisée.
Erreurs souvent rencontrées : dépolarisation correspond à une sortie de Na+, le potentiel de nerf répond à la loi du tout ou rien, décroissance du PA au cours de son trajet dans le nerf, propagation décrémentielle du potentiel global, potentiel de repos de l'ion, ...

Partie 3 : Utilisation en neurobiologie d'outils issus de la biologie moléculaire et de l'imagerie
La troisième partie du sujet proposait de découvrir un certain nombre de techniques récentes associant la biologie moléculaire et l'imagerie cellulaire et formant ce que l'on appelle aujourd'hui l'optogénétique, et montrait quelques exemples de leur utilisation pour l'étude de comportement complexes. Cette partie comportait un exercice d'observation et une analyse de données expérimentales issues de la littérature récente.

Commentaire du jury concernant la partie 3 :
L'exercice d'observation, qui a été traité par tous les candidats (sauf un), a été réussi de manière inégale. Il est surtout dommage que les candidats n'aient pas davantage tiré parti de la transparence des embryons pour les examiner sous divers angles et ainsi essayé de replacer dans l'espace les observations qu'ils ont faites.
Dans la partie d'analyse de documents, Les candidats ont généralement bien compris l'intérêt du MAG, aussi bien sur cellules en culture que sur organismes entiers, même s'ils n'ont pas toujours réussi à l'exprimer de manière rigoureuse. L'intérêt des poissons de la lignée PM:Gal4 n'a en revanche pas du tout été compris. Malgré les explications fournies dans l'énoncé, la plupart des candidats n'ont pas réalisé que, chez les eucaryotes, un promoteur basal n'est jamais suffisant pour déclencher la transcription. En conséquence, très peu de candidats ont vu que la condition d'activation du gène Gal4 était son insertion à proximité d'un enhancer. La stratégie (appelée pour cette raison « *enhancer trap* ») présentée était donc un moyen de sélectionner des lignées de poissons transgéniques exprimant Gal4 dans des territoires bien particuliers. Il était ensuite possible de croiser les poissons de ces lignées avec des poissons exprimant un gène d'intérêt sous contrôle

de séquences UAS afin de cibler ce gène dans ces territoires. L'intérêt de cette stratégie pour ensuite disséquer le réseau de neurones impliqué dans un comportement complexe, n'a été perçu que par quelques candidats. En conséquence, seuls ces candidats ont été en mesure de proposer des hypothèses sur l'organisation de ce réseau. Il est dommage que la plupart d'entre eux, qui ont bien vu l'implication de neurones sensoriels et de motoneurones, les aient reliés directement les uns aux autres, n'ayant pas compris la nécessité d'un relais au niveau du cerveau.
Les dernières questions étaient destinées à caractériser le site d'intégration de la construction PM:Gal4 par une approche de PCR inverse. Le jury a apprécié que plusieurs candidats aient correctement interprété l'orientation des amorces de PCR qui permettaient d'amplifier les séquences situées autour de la construction.

5.2 ÉPREUVE DE SPÉCIALITÉ DU SECTEUR B

5.2.1Sujet

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2011

TRAVAUX PRATIQUES DE SPECIALITÉ DU SECTEUR B

Durée totale : 6 heures

Les relations interspécifiques

Les quatre parties sont indépendantes. Toutes nécessitent des manipulations, prévoyez donc votre organisation en conséquence.

Partie I : Interaction entre deux organismes page 2
Durée : 1h30' – barème : 5 /20

Partie II : Etude d'un organe du pistachier lentisque page 6
Durée : 1h30' – barème : 5 /20

Partie III : Régime alimentaire de la chouette effraie page 12
Durée : 2h – barème : 6 /20

Partie IV : Zone de balancement des marées et relations interspécifiques page 22
Durée : 1h dont 15' au stand des reconnaissances – barème : 4 /20

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

- **I – Etude des relations entre deux organismes – Durée conseillée 1h30'**
    - A – Etude d'un film décrivant l'interaction entre les deux échantillons

La séquence de film vous présente l'interaction entre les deux partenaires dont vous avez les échantillons. Cette séquence doit vous aider à interpréter les structures des différents partenaires et leurs fonctions. Soyez attentifs aux séquences comportementales du partenaire animal.

Décrivez le plus précisément possible les différentes séquences comportementales observées

Réponse(s) à la question I- A

Vol dirigé (mouvements coordonnés des deux paires d'ailes et direction via vision) – pattes et accrochage et adhésion – toucher (mouvements alternes des antennes) – prélever (pièces buccales, mouvements de va et vient de la trompe) – se nettoyer (P3g dans P3d et vice versa / P3 g et d face interne frottage) – stockage des boulettes de pollen (face externe des P3)- repartir

- B – Etude de l'échantillon végétal
    - 1 – Anatomie générale de l'organe

Réalisez une étude de l'inflorescence ainsi que d'une fleur afin de conclure à la position systématique de cet échantillon végétal – Restituez vos résultats sous la forme d'une formule et d'un diagramme floral après avoir présenté vos résultats permettant de mettre en évidence la nature et la disposition des différentes pièces. Appelez l'examinateur pour contrôler votre présentation.

Réponse(s) à la question I- B- 1

- Coupe longitudinale dans le capitule → Toutes les fleurs sont enchâssées sur un même réceptacle légèrement concave entouré d'un involucre de bractées→ inflorescence de type capitule donc Astéracée

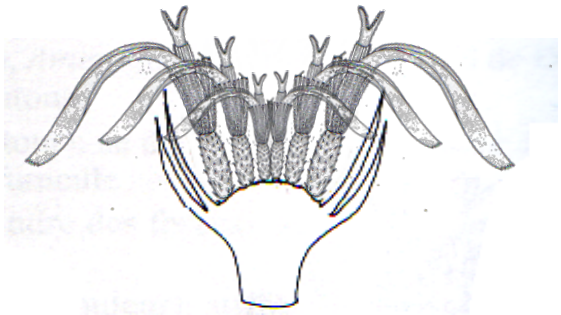
- Inflorescence uniquement composée de fleurs à languette → Liguliflore

Réponse(s) à la question I- B- 1 (suite)

– Montage et dissection de fleur

- Calice modifié en filaments qui engendreront le pappus
- Pétale coloré en jaune et terminé de 5 dents → Corolle zygomorphe composée de la fusion de cinq pétales (gamopétale) déjetés sur un côté de la fleur
- Etamines (5) à filets libres insérés sur la corolle mais anthères soudés (synanthie) autour du style. Déhiscence longitudinale des anthères.
- Style à trois stigmates et filet traversant le tube des anthères pour se terminer en un ovaire infère uniloculaire. Un seul ovule (placentation basale) orthotrope.

– Bonus si Montage et des différentes fleurs du capitule : différenciation florale (languettes de périphérie très développées, attraction, atterrissage)



CL dans capitule témoignant de la différenciation des fleurs (taille croissante vers la périphérie)

(involucre de bractées, fleurs ligulées centrales et périphériques

Observation d'une fleur : sépales absents ou transformés en poils (formation ultérieure du pappus) – corolle gamopétale à 5 dents (cinq pétales ?)

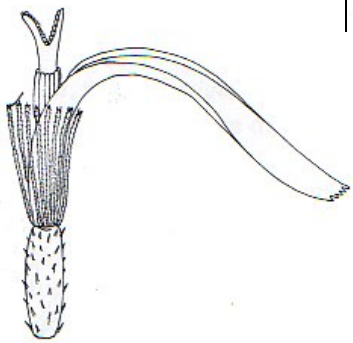




Diagramme floral

Formule florale 5S (zéro accepté)– (5P) – (5E) – 2C

- 2 – Précisez les attributs de cet échantillon végétal permettant d'attirer l'échantillon animal

Réponse(s) à la question I- B- 2

Couleur (UV) – odeur (sucrée) – forme (capitule) – nectar.

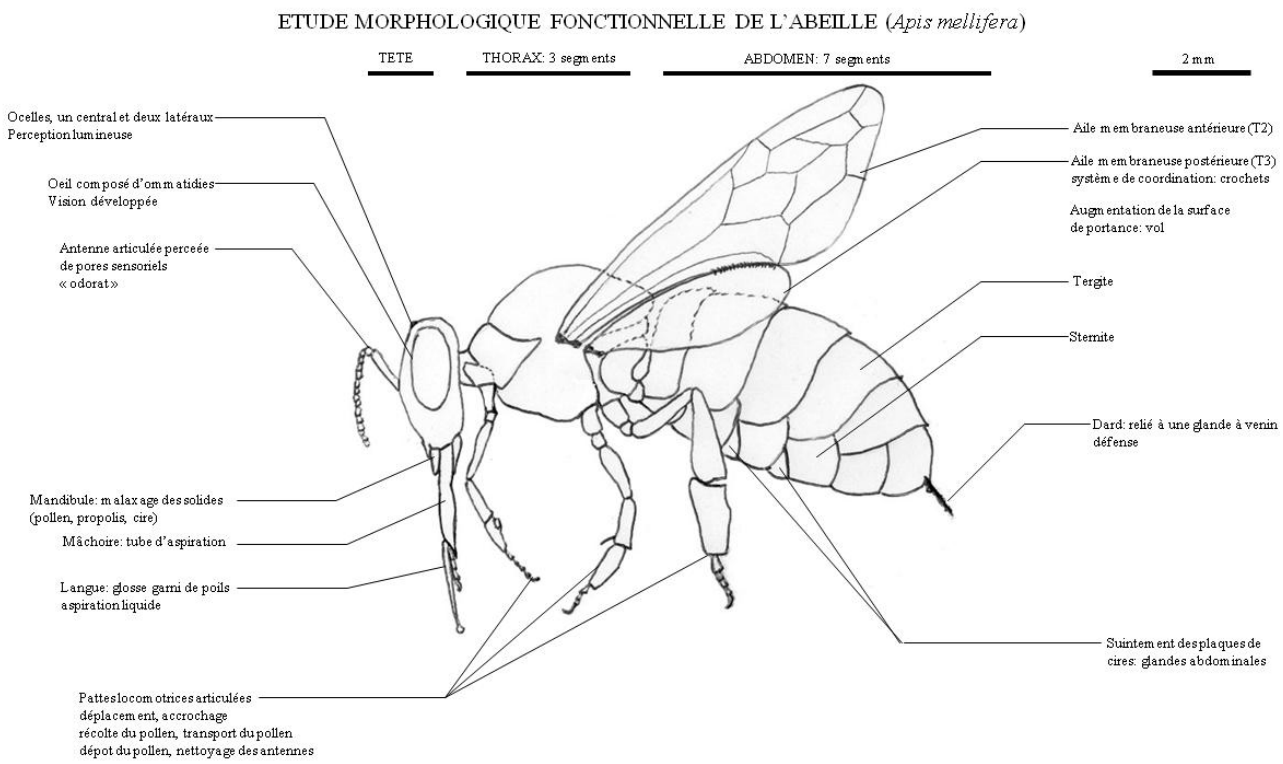
- C – Etude de l'échantillon animal
  - 1 – Morphologie générale de l'échantillon

A partir d'une étude de l'organisation du corps, des jonctions des ailes, justifiez de la position systématique de l'animal en réalisant un dessin judicieusement légendé

Réponse(s) à la question I- C- 1

Appendices articulés → Arthropodes
Hexapodes et pièces buccales externes → Insectes

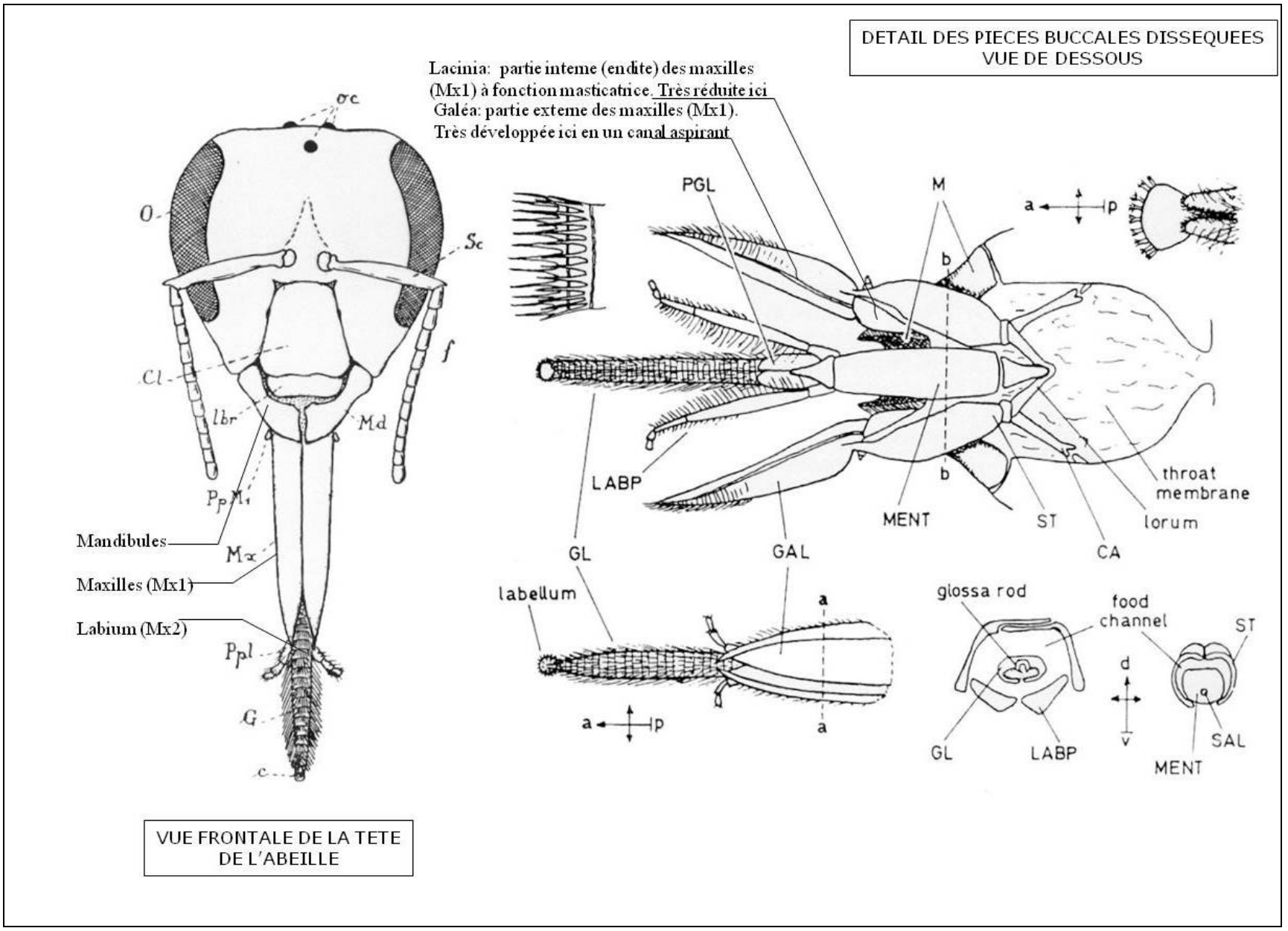
Jonction des ailes antérieurs et postérieures – Amincissement abdominal → Hyménoptères
Dard → Aculéates
Présence de poils entre les ommatidies → Apidés



2 – Disséquez les pièces buccales de l'échantillon – appelez l'examinateur pour contrôler votre présentation et réalisez un schéma légendé portant les fonctions déduites des observations des séquences comportementales

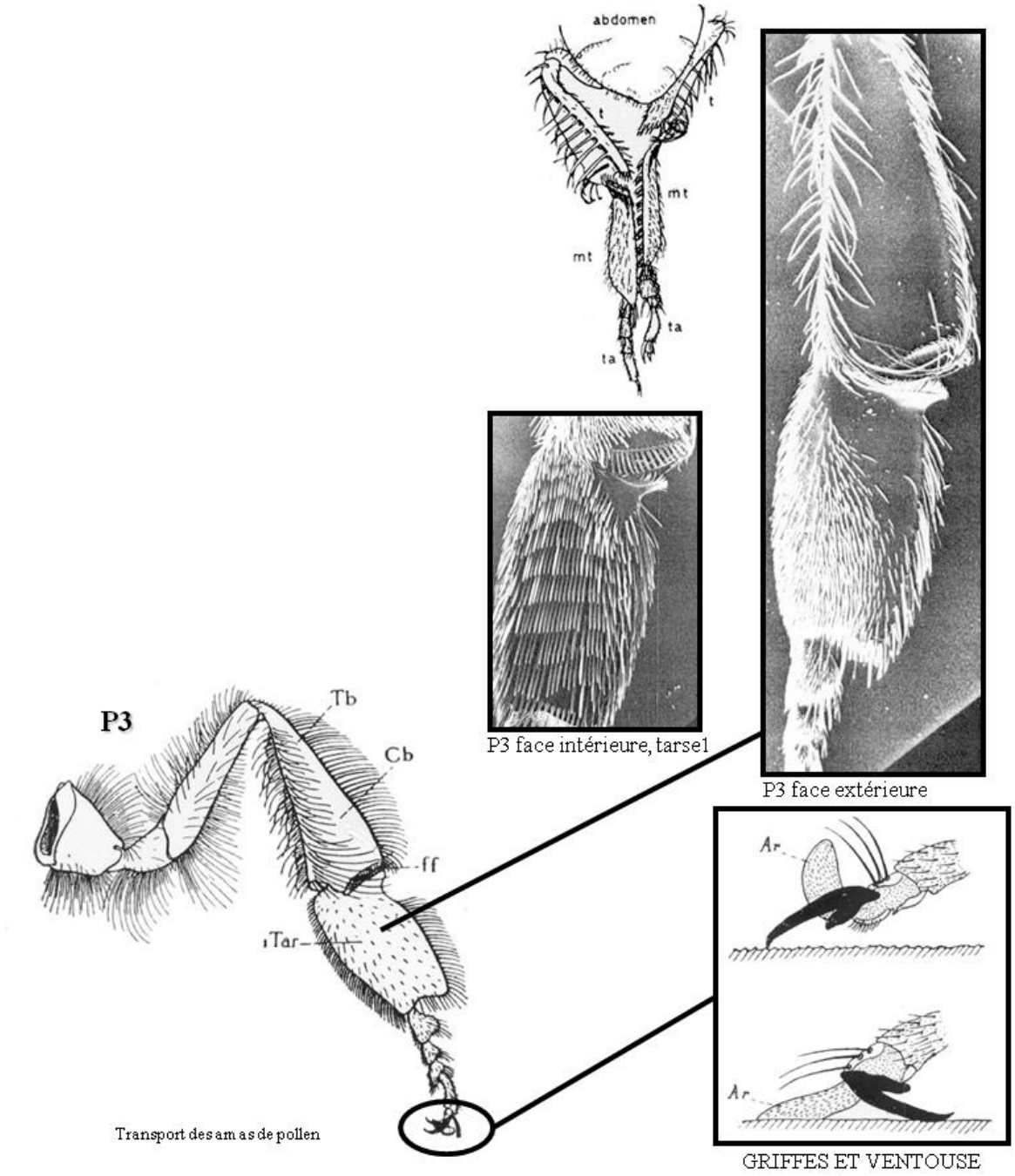
Réponse(s) à la question I- C- 2

Montage des pièces buccales


DETAIL DES PIECES BUCCALES DISSEQUEES
VUE DE DESSOUS
Lacinia: partie interne (endite) des maxilles (Mx1) à fonction masticatrice. Très réduite ici
Galéa: partie externe des maxilles (Mx1). Très développée ici en un canal aspirant
PGL
M
a
p
b
LABP
MENT
ST
CA
throat membrane
lorum
GL
GAL
labellum
glossa rod
food channel
ST
d
v
SAL
GL
LABP
MENT
VUE FRONTALE DE LA TETE DE L'ABEILLE
Mandibules
Maxilles (Mx1)
Labium (Mx2)

- 3 – Réalisez un dessin de la patte P3 (face interne et externe) portant les légendes fonctionnelles déduites des observations des séquences comportementales

Réponse(s) à la question I- C- 3



-Extrémité → ventouse (arolium) ou griffe et adhérence ou accrochage en fonction des supports
-Tibia (face ext) → corbeille=stockage du pollen
-Jonction tibio-tarse → peigne= modelage de la boule de pollen et passage face externe (P3g à P3d)
-Tarse → face interne=brosse, agglomération des grains de pollen en boule et remontée à la jonction tibio-tarse

- **II – Etude d'un organe du pistachier lentisque– Durée conseillée 1h30'**
  - A – Etude de morphologie-anatomie foliaire
    - 1 - Décrivez la morphologie foliaire de l'échantillon 1

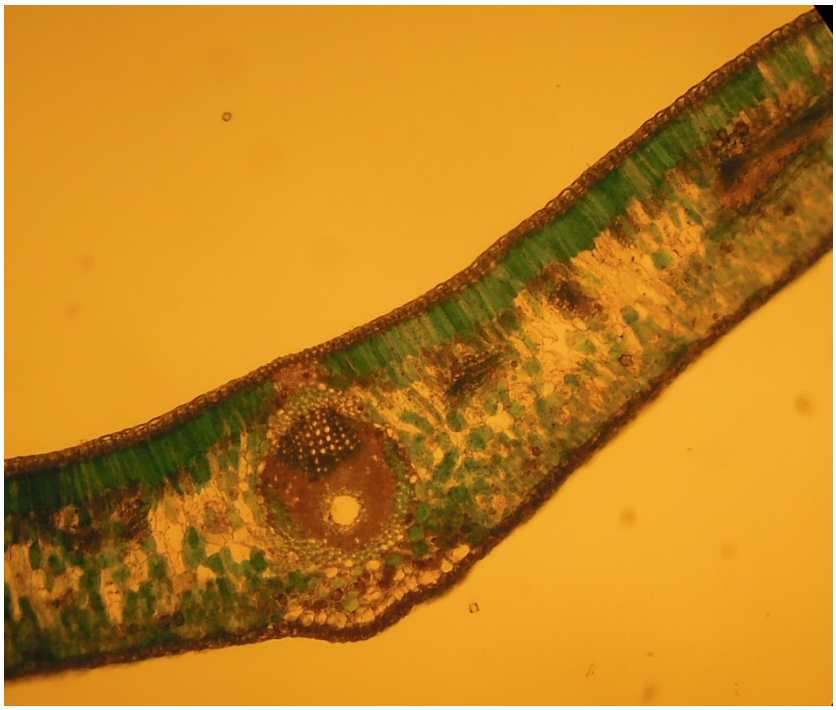
Réponse(s) à la question II- A- 1

Feuille (axillant un bourgeon axillaire) composée d'un nombre pair de folioles



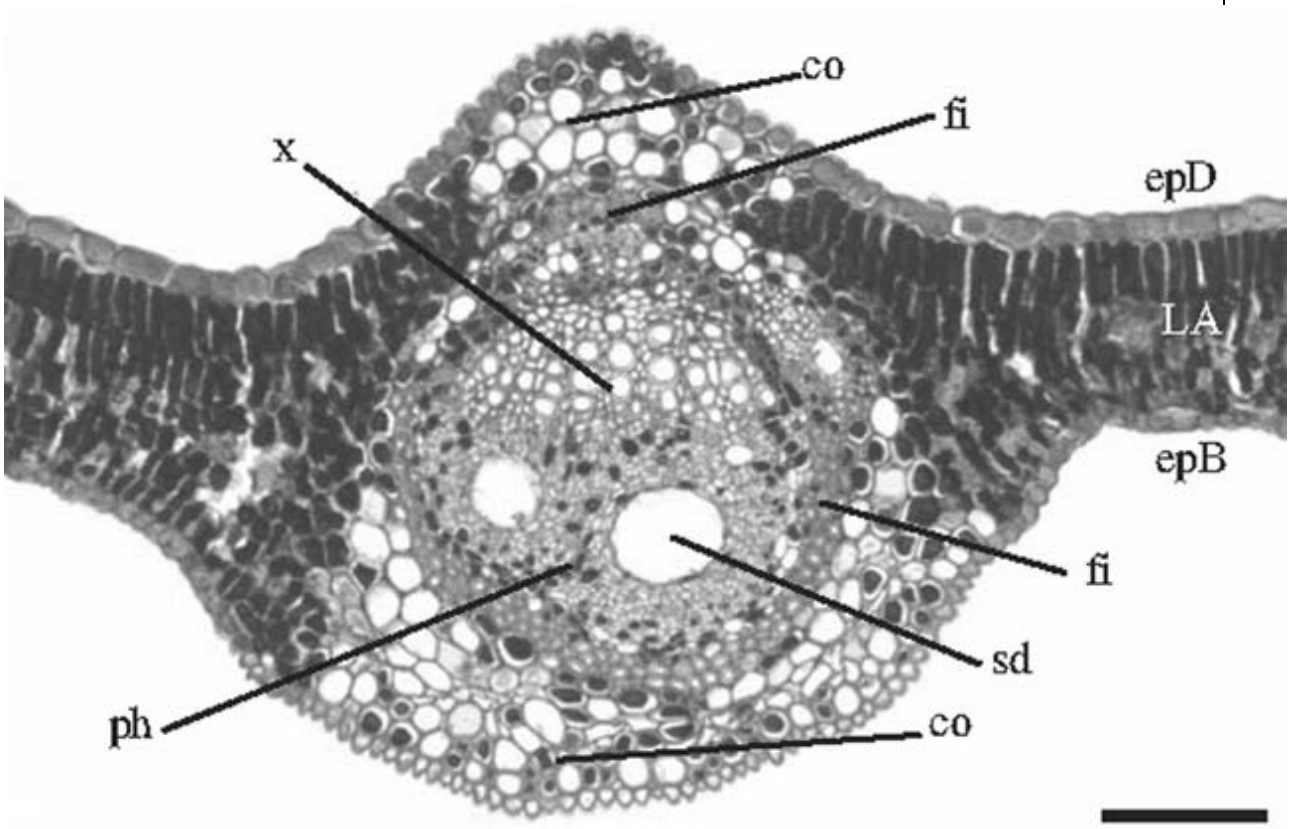
    - 2 - Réalisez plusieurs coupes transversales colorées dans la feuille afin d'en décrire la structure anatomique. Représentez vos résultats sous la forme d'un schéma conventionnel et d'un ou plusieurs dessins de détails de zone d'intérêt

Réponse(s) à la question II- A- 2

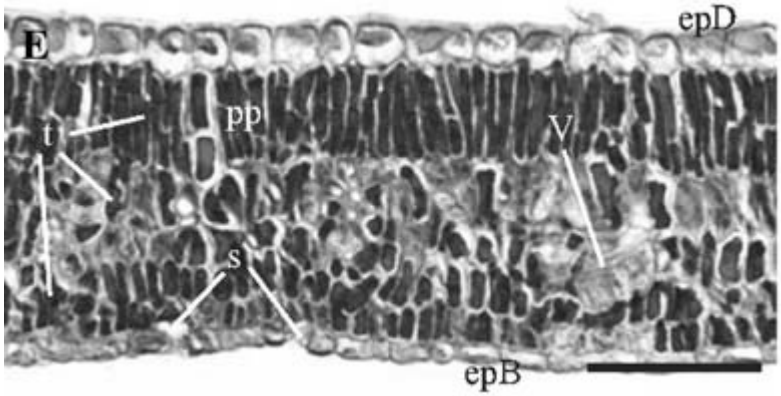


Légende attendue : nervure centrale, limbe, nervures périphériques, face sup/inf, symétrie bilatérale (donc feuille), poils glandulaires (bonus)

Réponse(s) à la question II- A- 2 (suite)



Légende attendue : xylème, phloème, collenchyme, fibres de sclérenchyme, épiderme monostratifié et cuticule



Légende attendue : nervure secondaire coupée en biseau (pas de nervation parallèle → dicot), parenchyme palissadique, parenchyme lacunaire, stomate.

- B – A partir de l'échantillon 2

- 1 – Décrivez les modifications de la morphologie foliaire de l'échantillon 2

Réponse(s) à la question II- B- 1

Renflement

Coloration rosée

Incurvation du limbe d'un foliole et repliement sur lui même



- 2 – A partir de plusieurs coupes dans l'échantillon 2, que vous prendrez soin de faire viser par un examinateur, vous décrirez les modifications de l'anatomie foliaire par rapport aux coupes témoins (échantillon 1). Conclure sur la nature de l'organe observé.

Réponse(s) à la question II- B- 2

Pas de dessin obligatoire !

- Epiderme de la chambre plurisérié → Interface feuille – parasite augmentée

- Réduction du parenchyme palissadique → moindre photosynthèse

- Cellules parenchymateuses plus volumineuses (hypertrophie) et plus nombreuses (hyperplasie)→ plus d'apport nutritifs

- Hyperdéveloppement des faisceaux cribro-vasculaires → zone puits

- 3 – Examinez et identifiez le plus précisément possible à l'aide d'un montage que vous ferez viser par un examinateur, le contenu de l'organe que vous venez d'ouvrir.

Réponse(s) à la question II- B- 3

Larve (et exuvies) ou nymphe ou adulte de pucerons (insectes à PB de type piqueur-suceur) et souvent en mélange attestant de plusieurs générations (parthénogénétiques, mais ils ne peuvent pas le conclure)







Sources= http://www.galerie-insecte.org/galerie/aploneura_lentisci.html

- C – Nature de la relation interspécifique mise en évidence : synthétisez vos observations afin de justifier le type de relation interspécifique que vous venez de mettre à jour

Réponse(s) à la question II- C

Modification morphologique de l'hôte en un habitat pour les pucerons (chambre presque close)

Interface d'échange trophique (épiderme pluristratifié, hyper développement des FCV)

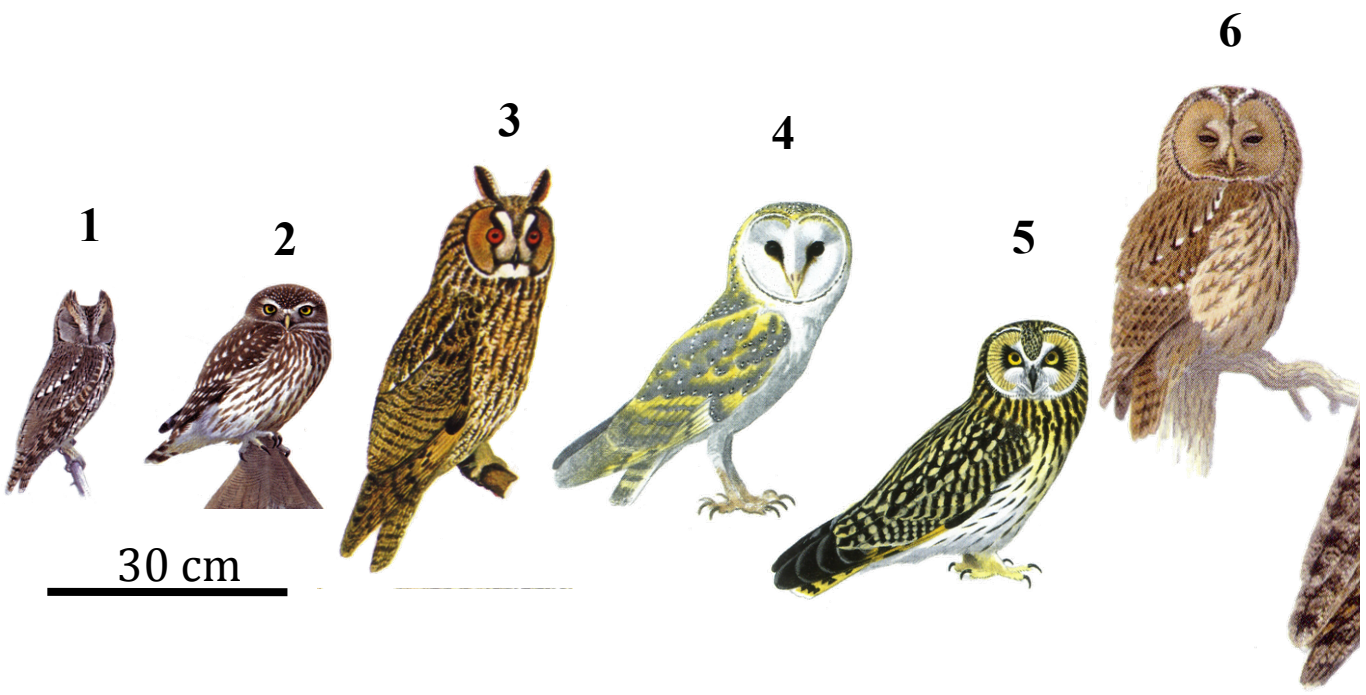
Diminution du métabolisme végétal (réduction du parenchyme palissadique)

→ Parasitisme

- **III – Régime alimentaire de la chouette effraie – Durée conseillée 1h**

Vous participez au cours de cette épreuve à l'inventaire national des micromammifères qui se base en partie sur l'analyse des pelotes de réjection de la chouette effraie.

- A – Le prédateur et ses attributs
  - 1- Identifiez la chouette effraie parmi les 7 rapaces nocturnes de France, présentés ci-dessous. Un bonus progressif vous sera octroyé si vous êtes capable d'identifier les autres rapaces nocturnes



Réponse(s) à la question III- A- 1

1=hibou petit-duc ; 2=chouette chevêche ; 3=hibou moyen-duc ; 4=chouette effraie ; 5=hibou des marais (hibou brachyote) ; 6=chouette hulotte ; 7=hibou grand-duc

- 2- Réalisez une étude comparée des deux plumes qui sont présentées dans le stand prévu à cet effet.
    - a – A l'aide d'un schéma rapide vous identifierez le type de plume présentée, son orientation et sa position sur le corps de l'animal.

Réponse(s) à la question III- A- 2- a

Asymétrie (Bord d'attaque et bord de portance) → plume du vol = rémige et aile droite ou gauche (ici droite mais cela pourra varier entre les salles en fonction de ce que je trouve)

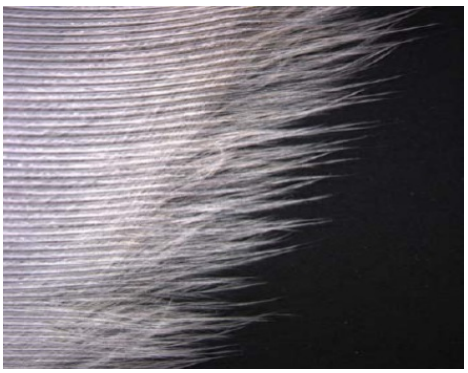
Courbure (concavité de la face inférieure) → vol

Rachis très épais → rémige primaire

- b- Réalisez un dessin de détail illustrant les différences majeures entre les deux plumes de ces deux rapaces et proposez des hypothèses quant à la fonction de ces différences

Réponse(s) à la question III- A- 2- b

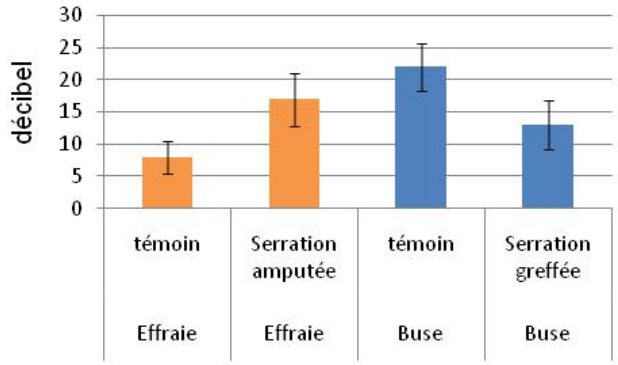


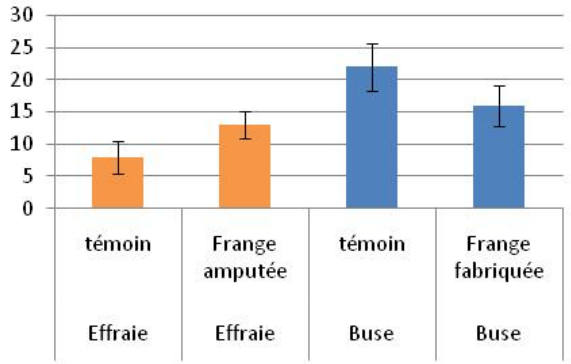


Bord d'attaque muni de serrations et bord de portance frangée chez la chouette, toute la plume de la buse étant à bord franc.
Serrations : ruptures d'un courant de frottement sur le bord d'attaque en plusieurs microcourants → vol silencieux

Frange : jonctions lissées des plumes les unes aux autres, les franges pénétrant dans les sillons des barbes de la plume du dessus→ moindre frottement entre plumes et vol silencieux

- c- Une cage insonorisée et munie de microphones permet de mesurer le bruit des ailes au cours du vol et de l'atterrissage d'un oiseau. Sont testées dans le document ci-dessous une buse, une chouette effraie ainsi qu'une chouette dont les plumes sont amputées de ses serrations et une buse à qui on les a greffées. Sont testées aussi une chouette dont les plumes sont amputées de ses franges ainsi qu'une buse chez qui des franges sont fabriquées Les résultats sont matérialisés dans les histogrammes ci-dessous. Analysez les résultats de ces graphes et proposez une (des) hypothèse(s) quant aux fonctions des serrations et des franges chez la chouette. Reliez ces résultats aux modes de vie de ces deux rapaces.





Réponse(s) à la question III- A- 2- c

Contexte amputation/greffe permettant de conclure à l'effet

Serration et frange → vol silencieux (effet serration plus fort que frange dans la réduction du bruit)

Rapace nocturne et proies de type rongeurs, dont le système auditif est développé (comme la vue est moins sollicitée)

- B – Analyse des pelotes de réjection

Dans un premier temps vous décortiquerez votre (vos) pelote(s) de réjection. Vous disposerez les différentes pièces de manière ordonnée permettant de mettre en évidence les différentes proies et de les compter. Vous appellerez un examinateur pour contrôler votre présentation

- 1- Rendez compte de la nature et du nombre des restes trouvés sous la forme qui vous semble la plus appropriée vous permettant de dénombrer les proies

Réponse(s) à la question III- B- 1

Une présentation des différents os étalés et classés, par type d'os (crâne, mâchoire, côtes, fémurs, humérus etc…) et éventuellement par paire.



- 2- A l'aide de la clé de détermination qui vous est prêtée, identifiez les différentes proies ingérées par la chouette. Etiquetez les cranes et appelez l'examinateur pour contrôler vos identifications. Les résultats collectifs des identifications de tous les candidats vous seront distribués 2h avant la fin du TP – Organisez vous donc en conséquence pour identifiez vos proies avant et appeler l'examinateur. Plus il y aura de proies déterminées collectivement, meilleures seront les chances de répondre aux questions III-B-3 et III-B-4.

Réponse(s) à la question III- B- 2

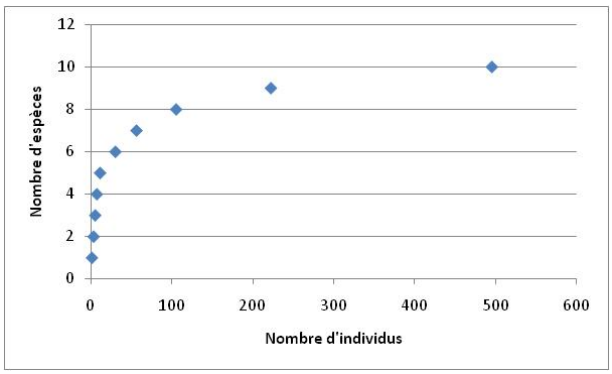
Un tableau avec les différentes espèces de proies identifiées et leur nombre est attendu. Deux identifications correctes sont exigées pour obtenir le max des points

- 3- On se propose de construire une courbe d'accumulation d'espèce à savoir un graphique présentant la richesse spécifique en fonction du nombre

d'individus capturés. Cette construction nécessite normalement un logiciel, mais pour s'en approcher, suivez la procédure détaillée ci-après : triez les différentes espèces par leur abondance croissante et construisez un graphique où s'accumulent une à une les espèces en cumulant le nombre des individus qui les composent en partant des espèces à petit effectif pour finir par celles à grand effectif.

Réponse(s) à la question III- B- 3

Noms communs	Nombre d'individus	Nombre cumulé d'individus	Nombre d'espèces
Campagnol agreste	1	1	1
Campagnol roussatre	2	3	2
Campagnol amphibie	2	5	3
Souris domestique	2	7	4
Rat surmulot	4	11	5
Musaraigne couronnée	19	30	6
Rat des moissons	26	56	7
Mulot sylvestre	49	105	8
Musaraigne musette	117	222	9
Campagnol des champs	273	495	10



- 4- Commentez la forme de la courbe obtenue et conclure quant au nombre de proies nécessaires permettant de bien échantillonner la biodiversité en petit mammifères à partir des pelotes de réjection.

Réponse(s) à la question III- B- 4

Courbe en forme logarithmique et un plateau de saturation.

A environ 250 individus, 9 espèces sont atteintes et il faut ajouter 250 autres individus (soit un gros effort) pour en obtenir une de plus.

L'échantillonnage de la communauté peut être considéré comme bon à partir de 250 individus.

- C – Analyse de jeu de données du régime alimentaire de la chouette effraie
  - 1 - Echantillon et fiabilité

Une espèce peut être considérée comme rare si son effectif participe à 1% ou moins de l'effectif total de l'échantillon. Soit un échantillon de n individus collectés ; formulez la probabilité de ne pas trouver une espèce rare dans un échantillon de n individus. Si l'on souhaite minimiser le risque de ne pas contacter d'espèce rare à 1%, quel doit être l'effectif minimal de proies échantillonnées ? On donne ln(0,01)= -4,6 et ln(0,99)= -0,01.

Réponse(s) à la question III- C- 1

Probabilité de ne pas trouver une espèce rare (dont la proba est 0.01) dans l'échantillon de taille n revient à piocher n fois sur les espèces abondantes (1-0.01). Donc la probabilité est $(1-0.01)^n$ soit 0.99^n

Si l'on souhaite minimiser ce risque à moins de 1% alors cela revient à poser l'équation $0.99^n = 0.01$

La résolution est simple n=ln(0.01)/ln(0.99)=458.2.

A partir de 459 individus collectés, le risque de ne pas avoir contacté une espèce rare est négligeable.

- 2 – Comparaison des communautés de deux sites

Deux sites (granges de ferme) du département de la Loire Atlantique ont permis de collecter des pelotes de réjection de chouette effraie au cours d'une année. Les pelotes ont été dilacérées et les proies identifiées à l'espèce. Le nombre d'individus pour chaque espèce de proie est récapitulé dans le tableau ci-dessous :

	Site de Sion-les-Mines	**La Plaine-sur-Mer**
Musaraigne couronnée	20	52
Musaraigne pygmée	4	
Musaraigne musette	119	78
Taupe européenne		2
Campagnol roussâtre	6	8
Campagnol des champs	291	86
Campagnol agreste	15	30
Campagnol souterrain	12	
Campagnol des Pyrénées		6
Mulot sylvestre	26	136
Souris domestique	1	
Rat surmulot	1	6
Rat des moissons	14	38
TOTAL	**509**	**442**

- a – Les deux effectifs vous semblent-ils suffisants pour caractériser les communautés de micromammifères des deux sites échantillonnés ?

Réponse(s) à la question III- C- 2- a

Oui (si on utilise la réponse à *III- B- 4*

Oui pour Sion les Mines et limite pour La Plaine sur Mer si on utilise la réponse *III- C- 1*

- Quelle hypothèse devez-vous formuler afin d'utiliser les restes osseux contenus dans les pelotes de rejection de la chouette effraie comme représentatifs des structures de communautés de micromammifères vivants dans les alentours ?

Réponse(s) à la question III- C- 2- b

La chouette effraie n'exerce pas de biais de sélection/digestion des proies afin que la proportion des différentes espèces de micromammifères vivants se retrouve dans les restes de pelotes

- c – Déterminez la richesse spécifique pour chacun des deux sites ?

Réponse(s) à la question III- C- 2- c

Sion-les-Mines = 11 espèces

La Plaine-sur-Mer = 10 espèces

L'indice de Shannon (H') est un indice de diversité qui incorpore l'abondance de chaque espèce et la richesse de la communauté dans l'équation suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^{s} p_i * \log_2 (p_i) \quad \text{où} \quad p_i = n_i/N$$

Avec p_i= proportion de l'espèce i dans l'échantillon total, à savoir le nombre d'individus de l'espèce i (n_i) divisé par le nombre total d'individus (N). s représente la richesse totale de l'échantillon à savoir le nombre total d'espèces contenues dans les N individus.

H' atteint sa valeur maximale (H'_{max}) lorsque chacune des s espèces de l'échantillon de N individus est équiprobable, à savoir comptabilisant le même nombre d'individus.

- d – Formulez la proportion de chacune des espèces sous l'hypothèse d'équiprobabilité et trouvez l'expression de H'_{max} en fonction de s. Calculez H'_{max} pour les deux sites échantillonnés ?

Réponse(s) à la question III- C- 2- d

Si N individus et s espèces alors l'équiprobabilité veut dire que chaque espèce a son effectif ni identique à savoir ni = N/s donc pi pour chaque espèce vaut pi=1/s

Donc H'max=-(somme de 1 à s de 1/s log2(1/s)).

Il s'agit donc d'additionner s termes égaux à 1/s log2(1/s)

Donc H'max=-s* 1/s log2(1/s)=-log2(1/s)=log (s)

H'max (Sion les Mines)=log2(11)=3.46

H'max (Plaine sur mer)=log2(10)=3.32

- e – Calculez le H' pour chacun des deux sites et comparez vos résultats avec les valeurs de richesse de chacun des deux sites ? Expliquez l'origine d'éventuelles contradictions ?

Réponse(s) à la question III- C- 2- e

H' (Sion les Mines)=1.94

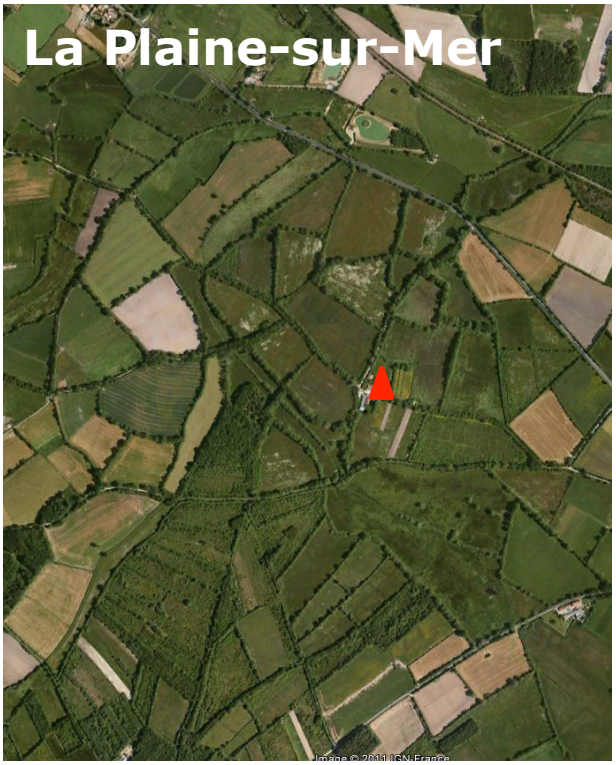
H' (Plaine sur mer)=2.66

Plus grande diversité (H') à la Plaine-sur-Mer alors que la richesse est plus faible… oui mais cela est du à une meilleure équitabilité (plus proche de l'équirépartition) entre espèces sur le site de La Plaine-sur-Mer

- 3 – Biodiversité et paysage

Les deux cartes ci-dessous illustrent le paysage rural autour des sites de collectes (triangles rouges) des pelotes. La fenêtre (carré de 1.8 km de côté) présentée couvre le territoire accessible à la chouette effraie pour exercer sa pression de prédation à savoir une surface d'environ 3.24 km².





- a – Comparez brièvement la composition et l'organisation paysagère de ces deux sites

Réponse(s) à la question III- C- 3- a

Critères	**Sion-les-Mines**	**La Plaine-sur-Mer**
Nombre de parcelles	moins	plus
Taille des parcelles	grandes	plus petites
Types de culture	céréales (sol nu)	plus diversifiée
Haies	peu abondantes	très abondantes

- b – Quels sont les composants du paysage qui vous permettent d'expliquer les différences mesurées de diversité (H') et de composition des communautés de proies de la chouette effraie

Réponse(s) à la question III- C- 3- b

Sion les Mines dominé par de grandes parcelles de champs (céréales) habitat donc relativement homogène permettant d'expliquer la sur-abondance du campagnol des champs.

La Plaine sur Mer, paysage diversifié de petites parcelles délimitées par des haies (zone boisée) donc un milieu plus hétérogène permettant d'expliquer la coexistence de plusieurs espèces où si l'habitat du campagnol des champs est présent, il y a aussi celui du mulot sylvestre (haie)

- **IV – Zone intertidale, relation trophiques et structure des communautés – Durée conseillée 1h**

Cette partie fonctionne avec un stand de reconnaissance qui vous est disponible pendant 15 minutes (heure de passage au tableau) pour les espèces numérotées, et des photographies naturalistes qui prolongent ces identifications. Les photographies de A à V sont rassemblées à la fin du sujet de la page 33 à la page 40

  - A- Ecologie de la colonisation
    - 1- Identifiez les trois échantillons numérotés de 1 à 3

Réponse(s) à la question IV- A- 1

1- Fucus serratus (Fucus denté)



2- Chthamalus stellatus (Chthamale étoilée, balane accepté mais pas tous les points)



3- Mytilus edulis (Mytilus galloprovincialis accepté, moule)



    - 2- Identifiez les trois stades de développement des échantillons précédents, numérotés de A à C, et associez les aux espèces précédentes.

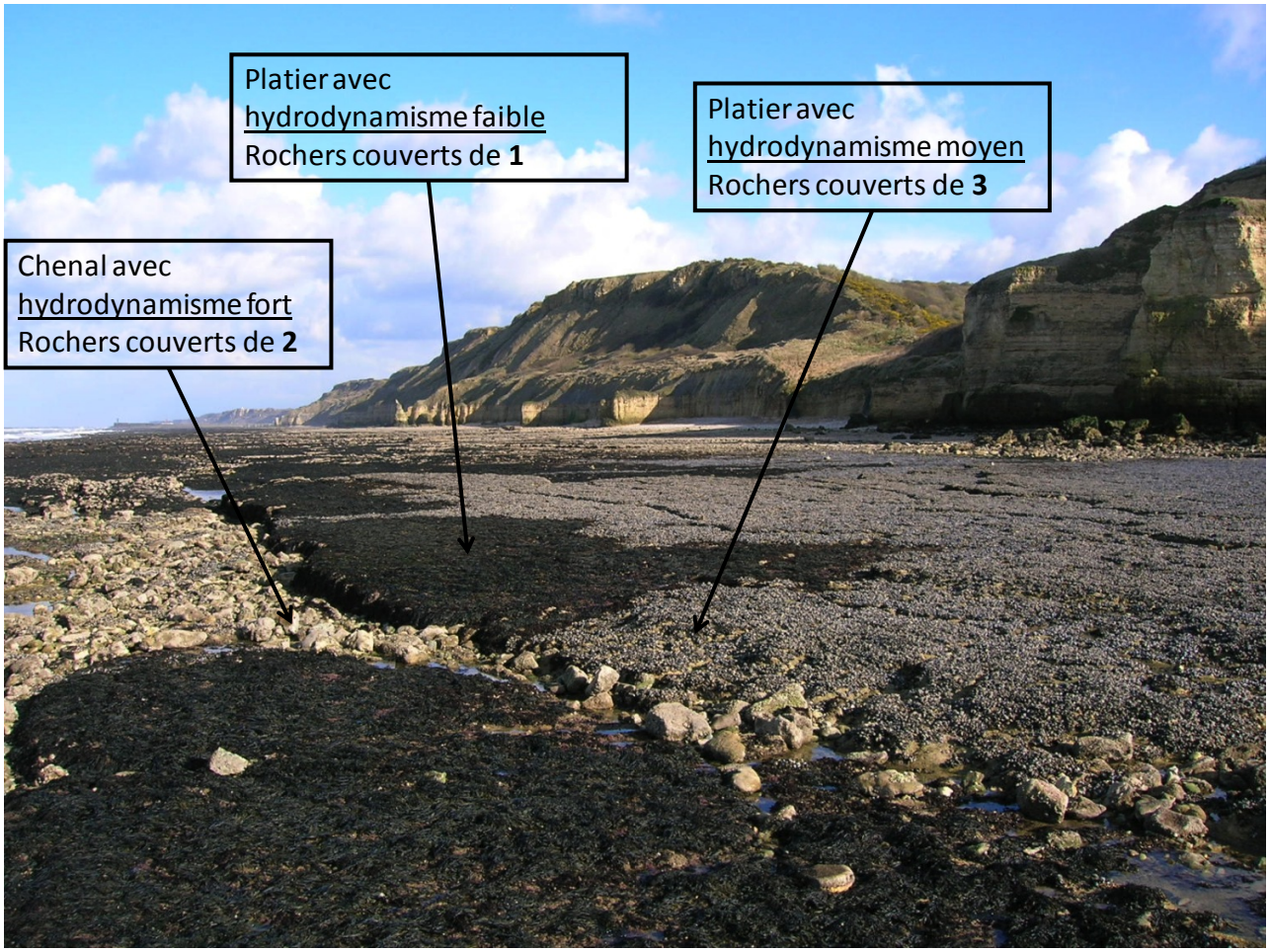
Réponse(s) à la question IV- A- 2

A- larve veligère de Mytilus

B- germination du zygote de Fucus serratus

C- Larve cypris de Chthamalus

    - 3- La photographie présentée ci-dessous montre un même étage (le médiolittoral moyen) mais dont l'hydrodynamisme local est variable. Les trois stades de développement précédemment identifiés représentent les phases de colonisation d'un substrat pour les trois espèces. Reliez les attributs biologiques de ces stades permettant de refléter leur distribution sur l'estran.



Réponse(s) à la question IV- A- 3

L'hydrodynamisme est un frein à la colonisation sauf si les espèces présentent des structures d'ancrage spécialisées. Or des capacités d'ancrage décroissantes sont présentées par la larve cypris (appendices) la larve de moule (seul pied) et encore moins le zygote du fucus (une seule cellule éventuellement à peine germée).

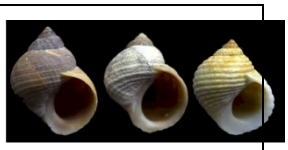
Mais la taille leur capacité compétitrice est inversement proportionnelle (taille des fucus qui limite l'hydrodynamisme local donc le renouvellement des ressources pour les moules et balanes>capacité de filtration et taille des moules>capacité de filtration et taille de la balane)

- B- Herbivorie
  - 1- Identifiez les quatre échantillons numérotés de 4 à 7

Réponse(s) à la question IV- B- 1

4- Littorina saxatilis (littorine des rochers)





5- Littorina littorea (bigorneau, littorine commune)



6- Gibbula umbilicalis (troque ombiliquée, Trochidae)



7- Littorina obtusata (littorine obtuse, Littorinidae)

- 2- Identifiez les ressources nutritives des différentes espèces en analysant les photographies D, E, F et G. Pour les photographies D et F envisagez les conséquences de l'herbivorie sur l'espèce broutée, pour la photographie G envisagez la (les) conséquence(s) sur la communauté locale d'algues.

Réponse(s) à la question IV- B- 2

D- Littorina obtusata se nourrissant des exsudats (ou des épiphytes) de Fucus serratus donc sans conséquences pour l'appareil végétatif

E- Littorina saxatilis broutant les lichens (Caloplaca spp.)

F- Gibbula umbilicalis broutant sur Fucus vesiculosus qui montre des zones de croissance et ramification post-broutage.

G- Littorina littorea sur ulve et délaissant les algues rouges (Laurentia) donc sélection d'espèces et favorisation d'autres

- C- Répartition, facteurs du milieu et relations interspécifiques
  - 1- Identifiez les échantillons de 8 à 10.

Réponse(s) à la question IV- C- 1

8- Pelvetia canaliculata



9- Fucus spiralis



10- Ascophyllum nodosum



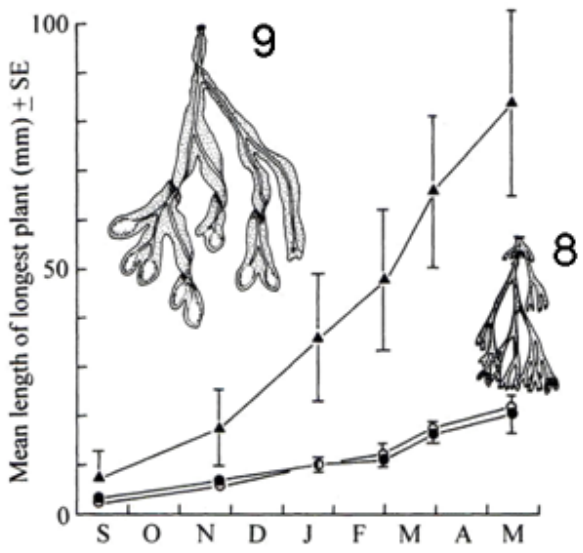
- 2- La photographie présentée ci-dessous illustre la distribution de ces trois espèces. Réalisez un schéma rapide de leur répartition et caractérisez-la.



Réponse(s) à la question IV- C- 2

En descendant vers la mer : Pelvetia/Fucus spiralis/Ascophyllum nodosum

Répartition aux limites marquées entre les ceintures des différentes espèces → notion d'étagement



- 3- Le graphique ci-contre présente la croissance comparée des échantillons 9 (triangles noirs) et 8 (ronds noirs) dans leur étagement propre, ainsi que la croissance de 8 dans l'étage de 9 dans lequel ce dernier a été préalablement ôté (ronds blancs). Il est précisé que 9 ne survit pas à une transplantation dans la zone de 8 qui lui est supérieure sur l'estran. La croissance est mesurée par la longueur moyenne de la plus grande fronde (*mean length of longest plant*) en mm au cours du temps (les mois) et est présentée avec l'intervalle de confiance pris sur 20 pieds.

Analysez le document ci-contre et concluez quant aux forces conditionnant la répartition des algues.

Réponse(s) à la question IV- C- 3

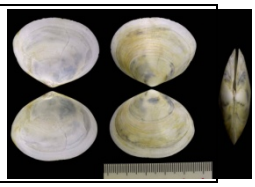
Pc est capable de croître dans la zone à Fs mais en est exclue par compétition interspécifique qui lui laisse ainsi une niche supérieure sur l'estran qu'il est incapable de coloniser.

Les capacités de résistance à la dessiccation expliquent la limite supérieure d'une espèce, la limite inférieure étant conditionner par la compétition interspécifique

- 4- Installation et modifications des conditions du milieu
  - a- Identifiez l'échantillon 11.

Réponse(s) à la question IV- C- 4- a

11- Scrobicularia plana (Scrobiculaire plane, Lamellibranche)



- b- A partir des photographies H, I et J précisez le mode de nutrition de cet animal, à marée haute et à marée basse. Précisez son importance dans la répartition des métabolismes microbiens du sédiment. H- animal en place dans le sédiment, I- trace laissée en surface par l'animal enfoui, J- animal en position de vie à marée haute.

Réponse(s) à la question IV- C- 4- b

Suspensivorie à marée haute (I) et dépositivorie à marée basse (J, traces du siphon inhalant en étoile).

La trace des siphons dans le sédiment laisse pénétrer de l'eau oxygénée, dans un sédiment anoxique. Ainsi sont visibles les conditions réductrices du sédiment (noir- métabolismes anaérobies fabriquant comme déchet du FeS, rouge- oxydes de fer témoignant de conditions locales oxydantes)

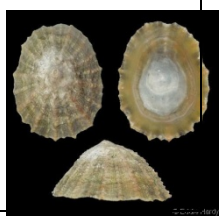
- D- Fonction de nutrition et relations interspécifiques
  - 1- Identifiez les échantillons 12 à 14

Réponse(s) à la question IV- D- 1

12- Anemonia sulcata ou Anemonia viridis (Anémone verte)



13- Patella vulgata (Patelle vulgaire ou conique)





14- Nucella lapilus (Nucelle ou pourpre, néogastéropode)

- 2- Vous disposez d'un fragment de tentacule de l'échantillon 12. A partir d'un montage simple entre lame et lamelle (vous appellerez un examinateur) vous caractériserez de manière synthétique les différents types cellulaires observés et vous conclurez sur le mode de nutrition chez cette espèce

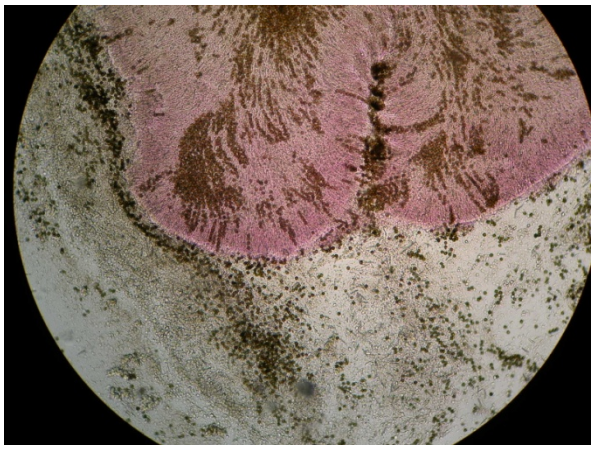
Réponse(s) à la question IV- D- 2

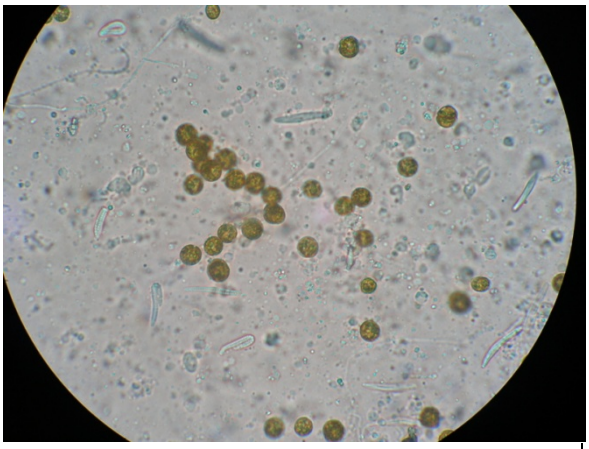
Montage validé si zooxanthelles et cnidoblastes visibles à l'observation directe

Zooxanthelles (cellules eucaryotes rondes contenant des organites pigmentés vert-brun) dans cellules endodermiques

Cnidoblastes (cellules allongées contenant un filament enroulé en spirale ou dévaginé) dans l'ectoderme

→ Autotrophie (le jour) et hétérotrophie par prédation = mode de nutrition mixte



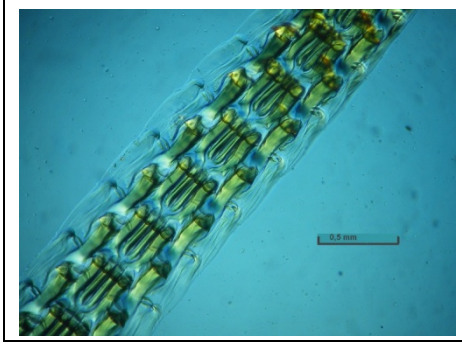


- 3- Vous disposez des échantillons 13 et 14. A partir d'une dissection ou d'un geste technique direct vous sortirez la radula de ces deux individus que vous monterez de manière comparée entre lame et lamelle (vous appellerez un examinateur)

    - a- Comparez brièvement les deux radulas et proposez des hypothèses de régime alimentaire compatibles avec vos observations.

Réponse(s) à la question IV- D- 3- a

Caractères	**Patelle**	**Nucelle**
Longueur de la radula	très longue	courte
Largeur	large	plus étroite
Types de dents	3	2
Nombre de dents	12	3
Caractéristiques des dents	racleuses	acérées
Régime alimentaire	herbivore	carnivore





- b- Les photographies K, L et M montrent des traces d'activités de l'espèce 13. La photographie M est un zoom du bas de la photographie L. Est-ce que cela confirme votre précédente hypothèse ? Analysez le plus finement possible ces photographies pour expliciter la pression qu'exerce l'espèce 13 sur ces ressources alimentaires ainsi que les conséquences écologiques de son action.

Réponse(s) à la question IV- D- 3- b

K - zone de broutage de la patelle ménageant des plages intensément broutées (substrat vide), moins souvent broutées (tapis d'entéromorphes) et encore moins souvent broutées où les fucus recolonisent

L - l'herbivorie s'exerce sur des tapis d'algues (ce qui confirme le régime alimentaire) qui sont largement dénudés après le passage de la patelle

M - zone de broutage de la patelle ménageant des plages intensément broutées (substrat vide), moins souvent broutées (tapis d'enteromorphes) et encore moins souvent broutées où les fucus recolonisent

L'herbivorie par la patelle représente une perturbation (destruction de biomasse) qui enclenche des successions écologiques d'algues

- c- Les photographies N, O et P montrent l'espèce 14 en interaction avec la moule (Mytilus edulis). Est-ce que cela confirme votre précédente hypothèse quant à son régime alimentaire ? La photographie O est prise juste après la photographie N, en ayant ôté l'espèce 14 de la moule. De l'analyse des photographies, concluez quant aux issues possibles de l'interaction

Réponse(s) à la question IV- D- 3- c

N et O : La nucelle se fixe sur une moule et en perce la coquille de manière circulaire avant que d'y insérer sa radula → c'est une prédateur carnassier ce qui confirme notre hypothèse initiale

P : en sécrétant du byssus, des moules peuvent engluer la nucelle et l'immobiliser. Elle peut en mourir.

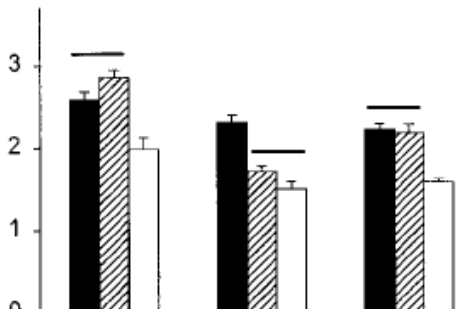
- d- Les photographies Q et R s'intéressent au patron de distribution des moules le long de l'estran. Q est prise dans le haut du médio-littoral et R dans le bas du médiolittoral. Proposez une hypothèse permettant d'expliquer ce patron de distribution que vous caractériserez.

Réponse(s) à la question IV- D- 3- d

Dans le haut du médio (Q) les moules sont dans les vasques, alors que dans le bas du médio (R), elles sont hors des vasques.

Un prédateur (la nucelle) ne pouvant pas vivre dans le haut du médio mais vivant dans le bas, exclue les moules des cuvettes. La pression de prédation ne s'exerce que peu hors des cuvettes comme le prédateur ne peut pas résister longtemps à la dessiccation.

- e- Le document ci-contre explicite l'effet de l'émersion sur la prédation de la moule par l'espèce 14. Il présente les résultats d'une expérimentation



de nourrissage de l'espèce 14 dans des aquariums d'émersion contrôlée. Sont quantifiés les nombres moyens de moules prédatées par individu prédateur et par jour pour les différentes conditions expérimentales chacune répliquées 10 fois. Les intervalles de confiance sont représentés. Les histogrammes noirs correspondent à des prédateurs nourris dans des aquariums émergés pendant 10% de la journée, quelque soit la période. Les histogrammes blancs correspondent à des prédateurs nourris dans des aquariums émergés pendant 90% de la journée quelque soit la période. Les histogrammes hachurés correspondent à des prédateurs nourris dans des aquariums d'émersion variable oscillant entre 10% et 90% (10% en période 1 ; 90% en période 2 et de nouveau 10% d'émersion en période 3). Chaque période est séparée de 15 jours. Les barres verticales surmontant les histogrammes attestent de l'identité des moyennes de moules consommées pour les histogrammes concernés.

Analysez ce document. En quoi vous permet-il de valider ou d'infirmer votre hypothèse préalable ?

Réponse(s) à la question IV- D- 3- e

L'intensité de la prédation dépend de l'émersion, les nucelles exerçant une moindre pression en condition de forte émersion (comparaison des histogrammes noirs et blancs). L'émersion est une condition conditionnant fortement la prédation comme sa variation provoquée affecte le comportement de prédation (histogrammes hachurés). Ainsi le métabolisme de la nucelle n'est pas compatible avec une émersion prolongée, les moules émergées (haut du médio ou surélevées dans le bas du médio) ont donc plus de chance de survivre que les moules immergées, ce qui conditionne leur distribution.

- 4- Quatre espèces différentes de limicoles vous sont présentées sur les photographies de S à V.
    - a- Identifiez les oiseaux présentés sur les photographies S à V en utilisant le guide ornithologique proposé.

Réponse(s) à la question IV- D- 4- a

S : Bécasseau variable (Callidris alpina) mâle en plumage nuptial

T : Barge à queue noire (Limosa limosa)

U : Chevalier gambette (Tringa totanus)

V : Gravelot à collier interrompu (Charadrius alexandrinus)

- b- Utilisez les informations recueillies sur les photographies et éventuellement sur le guide d'ornithologie afin d'expliquer ce qui permet à ces différentes espèces de vivre et se nourrir sur les mêmes estrans.

Réponse(s) à la question IV- D- 4- a

Taille de becs variables : pêche à différentes profondeurs

Taille de pattes variables : pêche sous une tranche d'eau plus ou moins haute

→ Ségrégation temporelle et spatiale de la niche alimentaire

Remarques générales

Le thème de l'épreuve était « les relations interspécifiques » qui étaient mises en évidence ou déduites à partir d'observations et manipulations simples. Cette année, la partie pratique a été volontairement favorisée par rapport aux comptes rendus et/ou exercices sur documents papiers. L'effet direct de la dilatation du barème en faveur des aspects pratiques a été d'augmenter la variance de l'épreuve et de la rendre encore plus discriminante. Les notes s'échelonnent de 2,55/20 à 16,76/20 avec une moyenne de 8,55/20 et un écart-type de 2,71.

Comme chaque année, certains candidats se sont illustrés par une excellente maîtrise de la gestion du temps au cours de l'épreuve, et des gestes techniques (coupe, dilacération de la pelote, dissection florale etc…) exigés, mais le niveau moyen de maîtrise de ces gestes pratiques pourtant simples reste décevant. La faiblesse des candidats réside cependant plus dans l'incapacité relative à observer et restituer (dessins et commentaires) des résultats d'observation que dans la réalisation de ces montages. Il est vraiment regrettable que des montages de qualité moyenne, dans lesquels pourtant l'ensemble des constats sont réalisables, donnent lieu à des exploitations très pauvres.

Par ailleurs, de trop nombreux candidats ne lisent pas suffisamment précisément l'énoncé et perdent des points à ne pas appeler l'examinateur pour faire viser leur montage alors même que la manipulation a été réalisée. Certains candidats critiquent leur préparation avant même que le jury n'ait eu le temps de la viser, et d'autres au contraire en attendent une approbation. Ces deux comportements sont inutiles et les candidats peuvent se consacrer à continuer leur épreuve lorsque le jury vient viser ses préparations.

Le jury constate comme chaque année un très fort effet salle, la dynamique de groupe induit des salles très dynamiques dans lesquelles l'ensemble des candidats appelle pour toutes les manipulations, ou au contraire des salles dans lesquelles une majorité de candidats n'appelle que pour viser une minorité de montages. Le jury précise qu'une bonne gestion du temps est une clé de réussite de cette épreuve pratique.

Commentaires spécifiques :

<u>Partie I – Etude d'une relation mutualiste entre l'abeille et le pissenlit</u>

Les candidats bénéficiaient de deux visionnages pour le film, et force est de constater que très peu ont utilisé cette possibilité, en outre trop peu de candidat ont eu le réflexe de regarder le film en prenant des notes dessus. Cette faiblesse d'observation de l'abeille en situation a eu pour conséquence une très mauvaise description des séquences comportementales réelles et une absence de légende fonctionnelle pour les pièces buccales et la P3. Au lieu de cela, la description des séquences comportementales a donné lieu à un discours très superficiel et théorique sur les relations mutualistes ou la pollinisation, ce qui n'était pas la réponse attendue.

L'analyse de l'inflorescence du pissenlit a donné lieu à trop peu de coupes longitudinales de capitule afin d'en apprécier la structure concave et la différenciation florale, alors que cela était spécifié dans le sujet. La dissection florale se borne pour la majorité des candidats à une observation sous la loupe binoculaire d'une fleur. Or il était au moins attendu une ouverture de la corole permettant de visualiser les étamines et leur insertion.

Plus troublant, alors que la fleur a été parfois très correctement disséquée/présentée, la formule florale s'est avérée complètement fausse voire fantaisiste. Le jury a lourdement sanctionné les observations théoriques inventées de fleurs tubulées au milieu des fleurs ligulées, alors que toutes étaient ligulées. Un nombre important de candidats s'est évertué à décrire les parties végétatives alors que le sujet spécifiait bien qu'une étude sur les appareils reproducteurs était attendue.

Si certains montages des pièces buccales de l'abeille ainsi que de la P3, ont été d'excellente tenue, beaucoup ont été de médiocre qualité (très incomplètes) et certains sont tout proprement fantaisistes (montage de P1 avec légende de pièces buccales !). Le jury rappelle que la présentation des pièces buccales, manipulation classique s'il en est, peut être réalisée sur du scotch double face ou dans une goutte d'eau. Là encore le jury déplore une très faible qualité du rendu dessiné et ce même pour les beaux montages ce qui atteste d'un trop faible effort d'observation de la part des candidats. Finalement certains ont réussi à identifier une mouche et même à observer des balanciers, ce qui est passablement troublant et a été sanctionné

Partie II – Mise en évidence d'une relation parasitaire sur le pistachier lentisque : une galle à pucerons

L'exercice comportait une partie classique d'anatomie végétale et une autre moins classique d'identification d'une structure surprenante qui devait être analysée. Malheureusement certains candidats n'ont pas décelé de différences entre les deux échantillons et sont donc passés totalement à côté de l'exercice. De manière globale les coupes sur les folioles saines ont été de qualité moyenne à médiocre, malgré d'excellents montages. Les coupes de galles, certes plus délicates, ont été encore moins bien réussies. Il n'était pas besoin de montrer la nervure centrale quand celle-ci n'est quasiment pas affectée par la parasitose. De manière globale les coupes n'étaient pas assez vidées, ce qui aurait pu inciter les candidats à prolonger le bain à la javel. Les colorations ont été généralement correctes. Les mises en évidence des pucerons, quand elles ont été faites, ont été souvent excellentes avec certains magnifiques montages entre lame et lamelles permettant d'identifier les larves d'un insecte piqueur-suceur.

Les comptes rendus (dessins et commentaires) sont très inégaux. Certains dessins ou schémas sont bons et manifestement résultent de l'observation mais la très grande majorité ressemble à des schémas théoriques types d'une feuille de dicotylédone et ont été sanctionnés. La description de la galle est également parfois plus que succincte. Pour la description de la feuille, en général correcte bien que pas toujours argumentée, un dessin, façon très efficace de décrire si les légendes sont précises, était souvent la façon la plus rapide d'obtenir les points. Le jury ne peut qu'encourager cette façon de répondre adoptée par une proportion importante de candidats (entre 30% et 40%).

Par ailleurs, la description ou le dessin de la foliole parasitée est, sauf exception, très peu précis et on se demande même si les coupes ont été vraiment regardées. Dans cette description on attendait la mise en relation des modifications observées avec le parasitisme, ce qui n'a été réellement fait que dans 3 copies qui ont obtenu une note maximale. Il est attendu des candidats un questionnement sur les relations structure-fonction ce qui ne semble pas une démarche naturelle pour la majorité d'entre eux. La question synthèse sur les relations entre partenaires dans la galle de pistachier a été très mal traitée. Aucune réelle synthèse n'a été proposée au lieu de cela des répétitions de ce qui avait été observé dans les coupes.

Face à un exercice naturaliste original, il est vraiment dommage que les candidats n'aient pas poussé un peu plus avant l'observation et aient baissé bien vite les bras.

Partie III – Régime alimentaire de la chouette effraie et écologie des communautés de micromammifères

Cette partie se proposait d'étudier quelques particularités morphologiques des plumes de chouette autorisant un vol silencieux, puis d'analyser le régime alimentaire de la chouette pour essayer de comprendre les structures de communautés des micromammifères proies en lien avec les paysages.

La partie sur les plumes a été relativement bien traitée, bien qu'un peu plus de rigueur aurait pu permettre à la majorité d'obtenir de meilleurs résultats. Lorsqu'une comparaison est demandée, la réponse doit être construite en conséquence (tableau ou deux dessins en parallèle etc). De nombreuses réponses aux questions sont largement incomplètes et peu se sont par exemple risqué à formuler des hypothèses sur les particularités de la plume de chouette. Ils manquaient de nombreuses échelles aux schémas et les dessins de détail n'étaient pas positionnés sur la vue d'ensemble. Il a été apprécié que les candidats tiennent compte des indications statistiques (intervalle de confiance) et en tirent des conclusions correctes en terme d'interprétation des données.

La dissection des pelotes a été réalisée de manière déplorable par la grande majorité des candidats (des crânes entiers encore dans les débris, de nombreuses mandibules manquantes) ce qui est inquiétant comme la manipulation est simple et réalisable en situation de classe ! Bon nombre de candidats ont même « caché » les restes non disséqués dans des poubelles de table qu'il a fallu aller trier pour conserver les cranes. Il est surprenant que la dissection la plus complète ait été le fait d'une candidate qui avait le plus de proies dans sa pelotes (7 dont 5 musaraignes) là où certains candidats n'ayant que deux proies n'ont pas été capables de compléter les cranes de leurs mâchoires !

La présentation des os a été très inégale, d'excellente et très ordonnée, à franchement anarchique. Le comptage des proies n'a donc pas toujours été évident, ce qui a pénalisé les candidats puisque c'était ce qui était demandé.

Quant aux calculs, si certains rares candidats sont arrivés au bout de l'exercice avec une vraie réflexion écologique sur les données, la majorité n'a pu aboutir pour la simple et bonne raison que la formules de H'_{max} ou encore l'équation posée pour H' (il s'agissait d'une simple application numérique) étaient fausses et donc le jury n'a pas donné le résultat numérique escompté.

Partie IV – Mutualisme, compétition et prédation dans la zone intertidale

Cette partie explorait une diversité de relations interspécifiques participant à structurer les communautés de la zone de balancement des marées. Elle se basait sur des reconnaissances très classiques et se proposait de les compléter soit par des manipulations simples soit par un complément d'informations sous la forme de photographies ou de documents. Cette partie a été la moins bien réussie globalement ce qui témoigne de qualités naturalistes très limitées des candidats, ce que déplore le jury.

Les reconnaissances des algues – pourtant extrêmement classiques – ont été moins bien réussies que celles des animaux. Par contre, les identifications des stades développement ont été largement erronées, avec certaines observations parfois totalement absurdes.

Des notions d'écologie de base ne semblent pas être toujours bien maîtrisées. Par exemple, dans un exercice sur la colonisation, la phase de mouvement et la phase d'établissement doivent être envisagées. Or de nombreux candidats ont focalisé leur attention sur la phase de mouvement des stades juvéniles, en lien avec l'hydrodynamisme du milieu, alors que l'hydrodynamisme du milieu constitue essentiellement une contrainte sur la phase d'établissement. Les interprétations données par un nombre non négligeable de candidats ont été en conséquences parfois tout à fait absurdes (non une larve cypris n'est pas taillée pour se déplacer plus vite et plus efficacement, et mieux résister au courant qu'une larve véligère).

Les questions relatives à l'étagement des algues ont également donné lieu à des résultats diversement justes, et le jury note une tendance nette à un problème de représentation dans l'espace en 3 dimensions (s'il y a un étagement, il faut nécessairement l'orienter…).

Bien que cela soit en progrès, on note également une tendance à vouloir faire rentrer des connaissances « en force » au lieu d'interpréter les données proposées – interprétation qui doit commencer, rappelons le encore, par une présentation détaillée des résultats expérimentaux lorsque ceux-ci sont fournis sous forme de figures (exercice compétition).

Les manipulations, ont été très inégales et donc très discriminantes. Certains montages de tentacules d'anémone étaient particulièrement réussis, d'autres épais, ne permettaient pas d'observer les zooxanthelles, et encore moins les cnidoblastes. L'observation de ces dernières cellules nécessitait un peu de manipulation du microscope (vis micrométrique et contraste) ce qui permettait de voir le filament urticant dans la cellule. Quant aux montages de radula, si certains se sont essayés à extraire celle de la patelle, très peu ont tenté d'extraire celle de la nucelle. Quand les montages ont été faits, la plupart des candidats ont obtenus une excellente note.

Pour conclure le jury rappelle que l'option B requiert des candidats une belle culture naturaliste ainsi qu'une maîtrise des concepts en physiologie, écologie et évolution. Ces aptitudes sont largement testées au cours des travaux pratiques qui mettent en avant les qualités d'observation et d'interprétation. Le jury rappelle que si un travail technique n'est pas parfait, il peut être largement compensé par une observation de qualité. De trop nombreux candidats l'oublient et baissent les bras rapidement, ce qui est vraiment dommage.

5.3 ÉPREUVE DE SPÉCIALITÉ DU SECTEUR C

5.3.1 Sujet

Les éléments de corrigé et des commentaires du jury sont intégrés dans le document.

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2012

TRAVAUX PRATIQUES DE SPECIALITÉ DU SECTEUR C

Durée totale : 6 heures

Quelques aspects de la géologie de l'Islande

L'épreuve comprend quatre parties :

Partie I : La structure de la croûte de l'Islande **page 2**

Durée conseillée : 1h40 – barème : 28/100

Partie II : La mobilité lithosphérique en Islande **page 9**

Durée conseillée : 1h10 – barème : 20/100

Partie III : Le volcanisme islandais **page 18**

Durée conseillée : 2h30 – barème : 43/100

Partie IV : Glaciers islandais et géodynamique **page 30**

Durée conseillée : 0h40 – barème : 9/100

Ce sujet contient 35 pages de texte et de figures, plus 2 documents au format A3 et une feuille de papier millimétré à rendre avec la copie.

Répondez directement sur les feuilles du sujet dans les espaces prévus à cet effet.

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

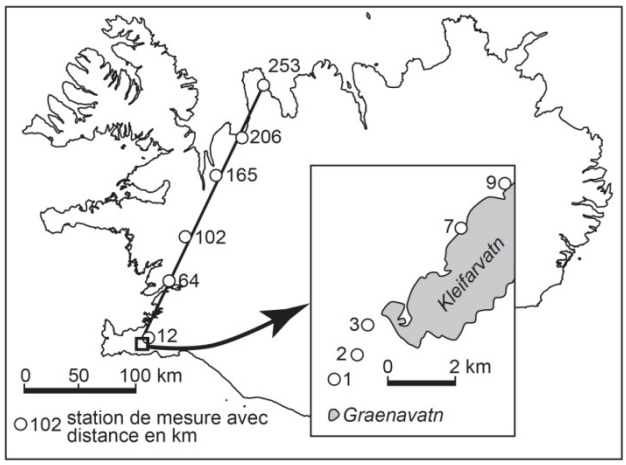
VOUS DEVEZ RENDRE LA TOTALITÉ DES FEUILLES DU DOSSIER.

Partie I – La structure de la croûte de l'Islande

I – A – Les apports de la sismologie à la connaissance de la croûte de l'Islande

Durée conseillée : 50 minutes – barème : 14/100

En 1959 a été réalisé le premier profil sismique en Islande (Båth, 1960) pour étudier la structure de la croûte. Les enregistrements (par des géophones) ont été effectués en différents points (stations) du profil (document **1-A**) lors d'explosions de charges de dynamite dans le lac de Graenavatn (presqu'île de Reykjanes). Le tableau du document **1-B** présente les temps d'arrivée des ondes P successives affectées par les discontinuités crustales (P1 à P3) et des ondes P_MP (ondes P réfléchies sur la discontinuité de Mohorovičić) au niveau des différentes stations. On considèrera une altitude constante de 120 mètres au-dessus du niveau de la mer pour l'intégralité du profil.



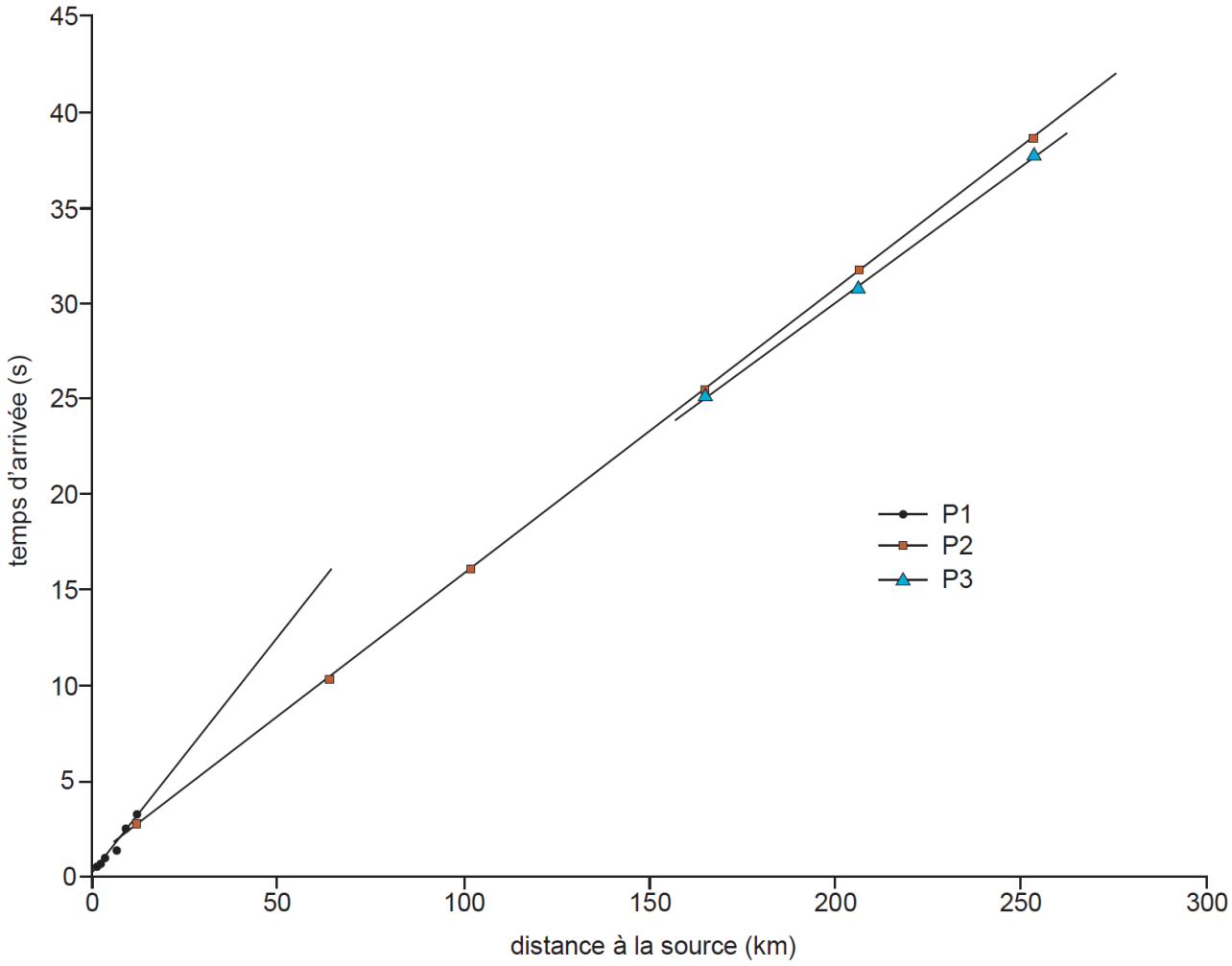
Document 1-A : *Carte de localisation des stations d'enregistrement sismique dans l'Ouest de l'Islande (Båth, 1960).*

		temps d'arrivée (secondes)			
Station	Distance (km)	P1	P2	P3	P_MP
1	1	0,355			
2	2	0,568			
3	3	0,830			
4	7	1,326			
5	9	2,402			
6	12	3,128	2,774		
7	64		10,316		12,845
8	102		16,096		17,601
9	165		25,487	25,231	
10	206		31,755	30,891	32,329
11	253		38,691	37,820	

Document 1-B : *Temps d'arrivée des ondes sismiques aux différentes stations d'enregistrement du profil (doc. 4-A). À partir de la station 7 les ondes P1 ne sont plus enregistrées en raison de leur atténuation.*

I – A – 1 – Tracez les hodographes (distance *vs.* temps) des différentes ondes P (P1 à P3) sur le papier millimétré fourni. Collez le graphique construit dans l'emplacement prévu à cet effet ci-dessous.

Collez ci-dessous la feuille de papier millimétré :



I – A – 2 – À partir des hodographes, combien de couches crustales mettez-vous en évidence ? Déterminez la vitesse de propagation des différentes ondes sismiques dans ces différentes couches.

Réponse à la question I – A – 2

La construction des hodographes met en évidence trois couches crustales, caractérisées par des droites de pentes sensiblement différentes. La pente de chacune de ces droites permet de déterminer la vitesse de propagation des différents types d'ondes sismiques :

Vitesse P1 = 4,32 $km.s^{-1}$

Vitesse P2 = 6,71 $km.s^{-1}$

Vitesse P3 = 7,03 $km.s^{-1}$

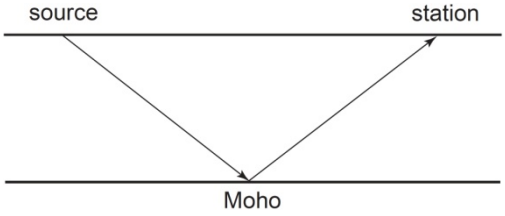
La couche crustale superficielle marquée par le trajet des ondes P1 est basaltique, fortement fracturée et altérée. La vitesse augmente avec la profondeur et les deux couches sous-jacentes sont également de nature basaltique.

Si la plupart des candidats a réussi à tracer les courbes hodographes et à mettre en évidence trois couches crustales superposées, peu sont parvenus à déterminer numériquement de manière satisfaisante les vitesses de propagation des ondes P dans ces différentes couches. Un quart des candidats n'a rien tenté pour résoudre le problème.

I – A – 3 – Profondeur du Moho

Les ondes sismiques P_MP, identifiables sur certains enregistrements (document **2-B**), témoignent de la réflexion des ondes P sur la discontinuité de Mohorovičić (Moho).

D'après le document 1-C, établir la relation mathématique permettant de calculer la profondeur du Moho en fonction de la distance entre la source et la station de mesure et du temps de parcours des ondes sismiques. Puis calculez la profondeur du Moho dans cette zone de l'Islande. On considérera ici que la croûte est de composition et d'épaisseur homogènes et que la vitesse moyenne des ondes P_MP est de 6,6 km.s^{-1}.

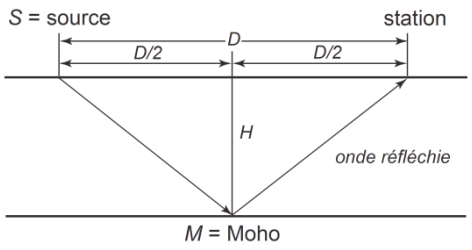


Document 1-C : *Trajet des ondes P_MP et leur réflexion sur le Moho.*

Réponse à la question I – A – 3

Soit la distance D entre la source (S) et la station la plus distante (par exemple station 11) : 206 km ; **D/2 = 103 km**

Le chemin de l'onde P_MP (onde réfléchie) correspond à deux fois la distance entre la source (*S*) et le Moho (*M*). *H* correspond à la profondeur du Moho, l'inconnue recherchée.



D'après le théorème de Pythagore, on peut poser :

$$SM^2 = H^2 + (\frac{D}{2})^2$$

d'où : $H = \sqrt{SM^2 - (\frac{D}{2})^2}$

Sachant que le temps d'arrivée de l'onde P_MP à la station est de 32,329 secondes et connaissant sa vitesse (6,6 km.s^{-1}), on en déduit la distance parcourue pour le

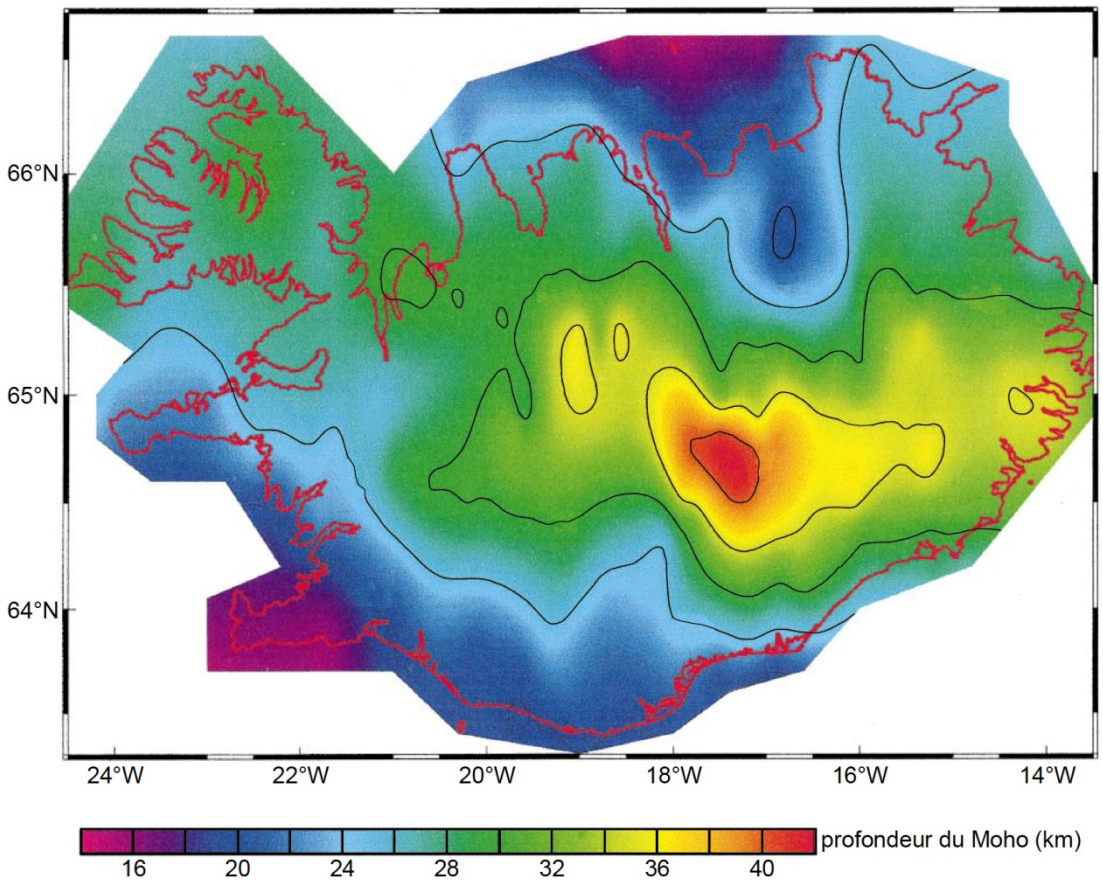
trajet « source-Moho-station » : 213,37 km, d'où la distance « source-Moho » : *SM* = **106,68 km**

Par conséquent, l'épaisseur de la croûte : ***H* = 27,77 km**

Remarque : le calcul réalisé à partir des temps d'arrivées de l'onde P_MP au niveau des deux autres stations d'enregistrement (9 et 10) donne des résultats similaires. Le choix de la station importe peu.

Près des deux tiers des candidats ont réussi cette question en appliquant une démarche géométrique logique. Plusieurs candidats ont tenté, sans succès, de résoudre le problème en ayant recours à la loi de Snell-Descartes, totalement inadaptée à la question posée.

I – A – 4 – Confrontez le résultat de votre calcul (question I – A – 3) avec les informations apportées par le document 2. Proposez une origine possible des variations de la profondeur du Moho en Islande.



Document 2 : *Carte de la profondeur du Moho en Islande (Darbyshire et al., 2000).*

Réponse à la question I – A – 4

Le profil étudié, situé dans la partie occidentale de l'Islande traverse une zone où la profondeur moyenne du Moho est de 26 km. Par conséquent, le résultat obtenu par le calcul (question I – A – 3) est cohérent avec les données du Document 2.

Cependant, l'épaisseur de croûte en Islande est variable selon les secteurs, avec des valeurs comprises entre 15 km (presqu'île de Reykjanes) et plus de 40 km (sous le secteur Nord-Ouest du Vatnajökull). La croûte est la plus épaisse au niveau d'une zone d'intense activité volcanique (systèmes volcaniques du Bardarbunga et du Grimsvötn sous le Vatnajökull) située à l'aplomb du panache mantellique islandais. Les variations d'épaisseur crustale peuvent s'expliquer par des processus de sous-placage crustal par les magmas en provenance du manteau. Par conséquent, la croûte islandaise correspond à une croûte océanique épaissie.

Si la plupart des candidats a reconnu l'anormale épaisseur de la croûte islandaise sous le Vatnajökull, peu d'entre eux ont évoqué le rôle du sous-placage magmatique crustal, seul mécanisme explicatif probable en l'absence de reliefs vigoureux. Certains ont évoqué par erreur l'existence d'une racine crustale (orogénique), ou encore les variations d'épaisseur de la croûte en relation avec une structure de marge passive.

I – B – Structure de la croûte superficielle dans le Nord-Est de l'Islande

Durée conseillée : 50 minutes – barème : 14/100

Le document **3-A** (feuille au format A3) est un extrait de la carte géologique de l'Islande au 1/250 000. Cette carte correspond à un secteur de la partie Nord-Est de l'île.

I – B – 1 – À partir de ce document, réalisez une coupe géologique selon le profil A-B-C-D. Vous tracerez votre coupe sur le profil topographique fourni (document 3-B ; feuille au format A3). Vous collerez votre coupe (document 3-B) sur la page 8 du dossier après avoir plié la feuille.

I – B – 2 – Décrire les structures géologiques et tectoniques observées sur votre coupe. Dégagez de vos observations le contexte géologique et structural général pour cette zone de l'Islande.

Réponse à la question I – B – 2

Les structures géologiques et tectoniques mises en évidence au niveau de la coupe sont :

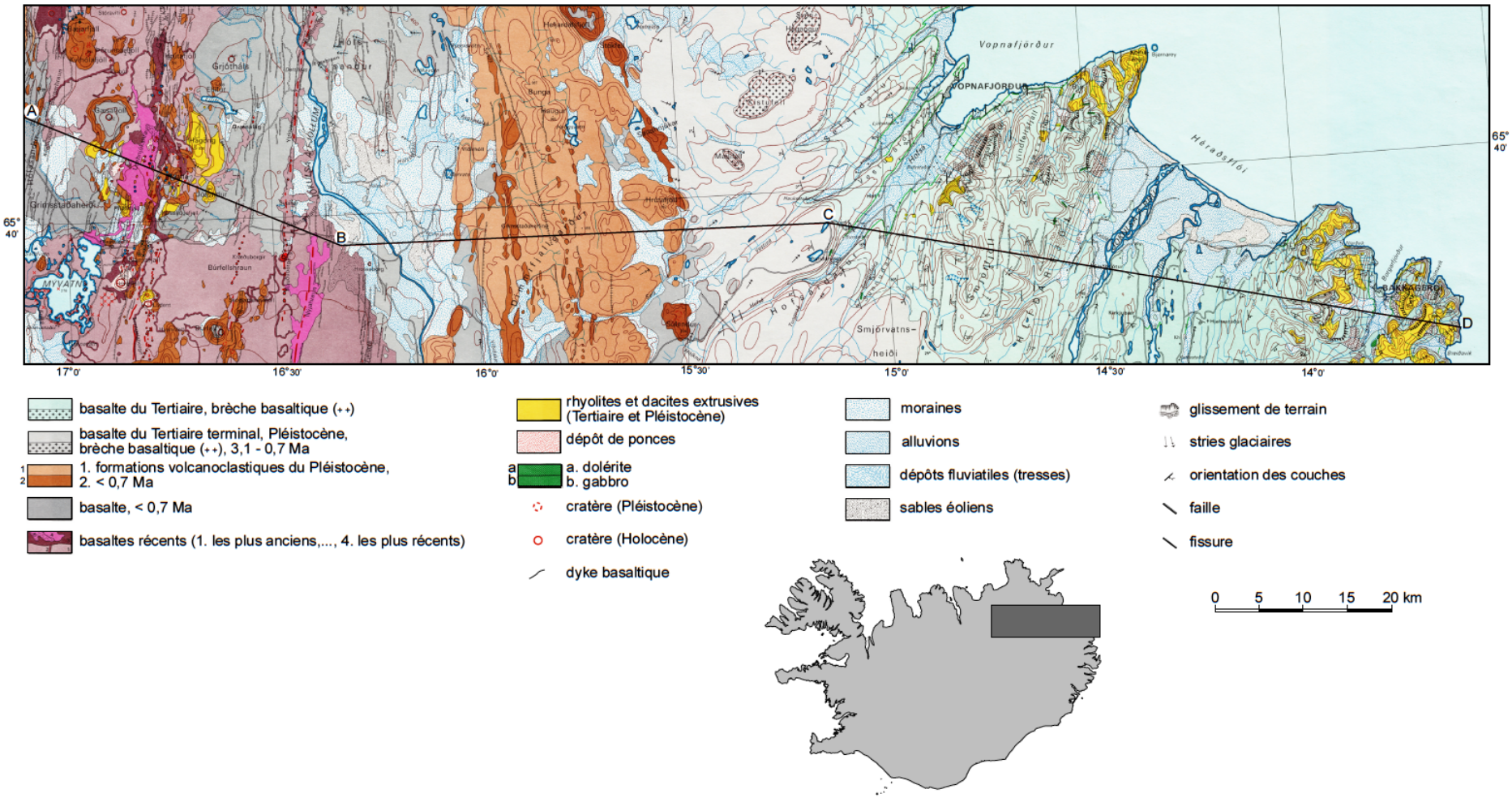
- un **substratum basaltique** constitué d'un empilement de coulées de laves d'âge variable, du Tertiaire au Pléistocène (l'orientation des coulées superposées peut être représentée – signes de pendage). Les coulées et formations pyroclastiques du Pléistocène sont discordantes sur les basaltes du Tertiaire (les plus anciens) qui affleurent dans la partie orientale de la coupe ;
- des **édifices volcaniques**, dans la partie occidentale de la coupe, correspondant au système volcanique du Krafla ;
- des **roches felsiques extrusives** s'enracinant dans le substratum basaltique dans la partie orientale de la coupe ;
- des **dépôts volcanoclastiques** ;
- de rares **roches mafiques grenues et microgrenues** sont présentes sous la forme de poches intrusives dans le substratum ;
- une **couverture sédimentaire peu épaisse** (ne pouvant que difficilement être représentée sur la coupe) est présente dans les vallées des fleuves et sur les versants des reliefs ;
- de nombreuses **failles normales**, témoins d'un contexte structural en extension avec structuration du socle en horsts et grabens.

Il s'agit d'une zone en extension (ici la zone de rift nord-islandaise) favorable à l'ascension vers la surface des magmas qui alimentent les édifices volcaniques ainsi que des extrusions felsiques et quelques intrusions mafiques.

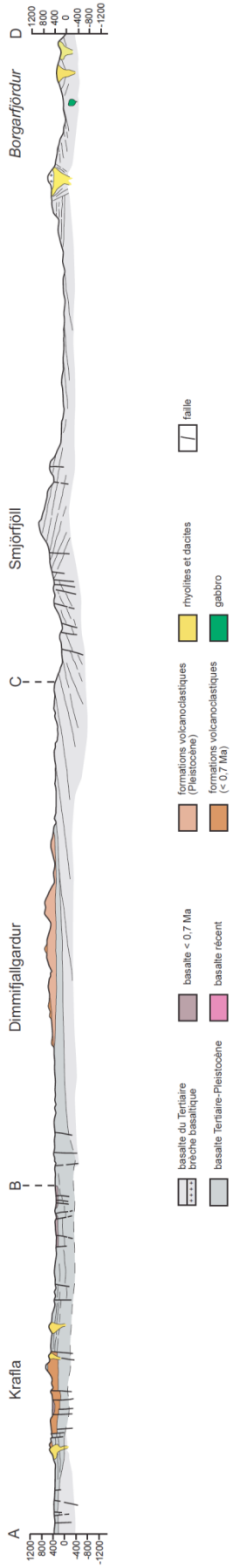
La coupe a été construite par les candidats avec des fortunes diverses. La grande majorité des candidats a réussi à réaliser une coupe logique dans ces formations volcaniques. Nombreux sont ceux qui ont bien placé les failles normales et reconnu la discordance des formations volcaniques récentes sur les basaltes du Tertiaire. L'interprétation de la zone de rift est trop souvent confondue avec celle d'une dorsale océanique. Cependant, peu d'entre eux ont représenté de manière satisfaisante les extrusions felsiques. L'intrusion

gabbroïque, visible à proximité du trait de coupe, n'a pas été reconnue ni représentée. L'interprétation des structures géologiques et tectoniques observées (réponse à la question *I – B – 2*) demeure en général trop imprécise.

Collez ci-dessous la coupe géologique (document 3-B) :



Document 3-A : *Extrait de la carte géologique de l'Islande au 1/250 000 (Service Géologique d'Islande, 1977). Partie Nord-Est de l'île. Intervalle des courbes de niveau : 100 m.*


A
B
C
D
Krafla
Dimmifjallgardur
Smjörfjöll
Borgarfjördur
1200
800
400
0
-400
-800
-1200
basalte du Tertiaire
brèche basaltique
basalte Tertiaire-Pleistocène
basalte < 0,7 Ma
basalte récent
formations volcanoclastiques
(Pleistocène)
formations volcanoclastiques
(< 0,7 Ma)
rhyolites et dacites
gabbro
faille

Partie II – La mobilité lithosphérique en Islande

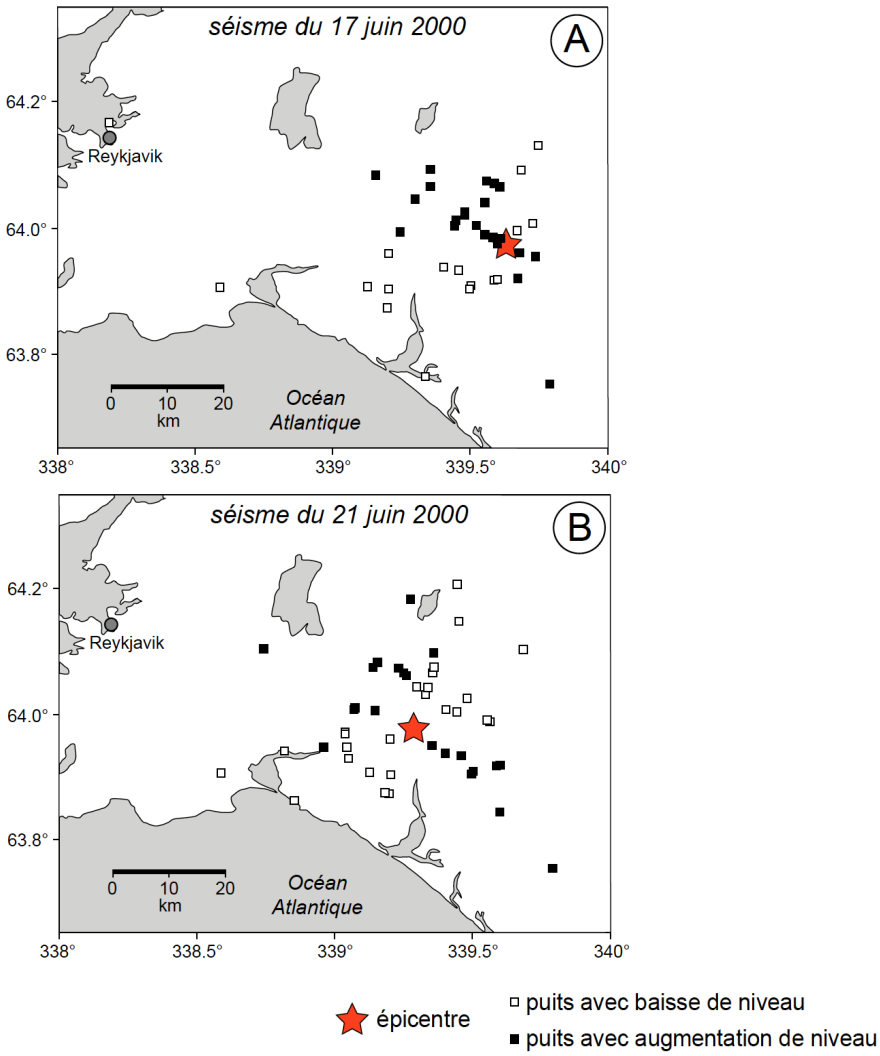
II – A – La crise sismique des 17 et 21 juin 2000 dans le Sud de l'Islande

Durée conseillée : 50 minutes – barème : 14/100

Deux séismes se sont produits dans le Sud-Ouest de l'Islande les 17 et 21 juin 2000 dans une zone appelée *Zone Sismique Sud-Islandaise* (ZSSI). Nous cherchons à comprendre le contexte géodynamique de ces séismes à partir des caractéristiques des mouvements co-sismiques associés.

II – A – 1 – Les caractéristiques générales des séismes des 17 et 21 juin 2000

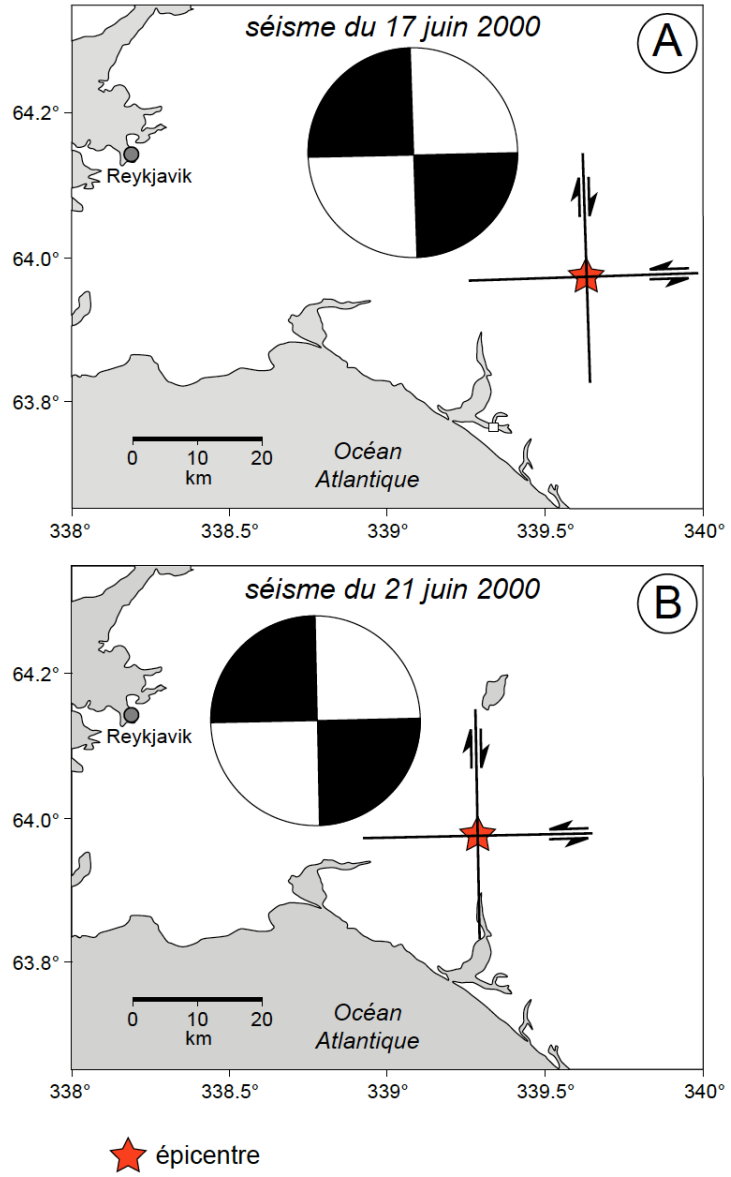
Dans le Sud-Ouest de l'Islande, de nombreux puits ont été forés pour l'alimentation de stations géothermiques. Le document **4** représente les variations relatives des niveaux piézométriques dans les puits géothermiques du Sud-Ouest de l'Islande en réponse aux séismes du 17 juin 2000 (document **4-A**) et du 21 juin 2000 (document **4-B**). Les étoiles rouges localisent les épicentres des deux séismes.



Document 4 : *Localisation des puits géothermiques avec indication de leurs variations de niveau piézométrique.* ***A :*** *séisme du séisme du 17 juin 2000.* ***B :*** *séisme du 21 juin 2000 (Björnsson et al., 2001).*

À partir des données présentées sur ces cartes, dessinez sur le document 5 (1) la sphère focale (avec les figurés conventionnels) pour chacun des deux séismes (document 5-A : séisme du 17 juin 2000 ; document 5-B : séisme du 21 juin 2000) et (2) l'orientation des failles sismogènes correspondantes en indiquant les mouvements relatifs.

Réponse à la question II – A – 1



Document 5 (A et B)

Les variations des niveaux des puits géothermiques indiquent la répartition des zones en compression et en extension. Les sphères focales qui apportent des informations sur les mécanismes au foyer sont caractéristiques d'un décrochement. Cependant, il n'est pas possible de déterminer lequel des deux plans nodaux correspond au plan de faille sismogène (dans les deux cas). Il est donc possible, pour les deux séismes successifs, d'envisager deux situations : le fonctionnement d'un décrochement sénestre EW ou d'un décrochement dextre NS.

La majeure partie des candidats a bien traité cette question. Cependant, la présentation des deux possibilités de mouvement des failles pour chaque sphère focale a souvent été omise, les candidats choisissant d'emblée un unique mouvement possible sans le justifier.

II – A – 2 – Analyse détaillée des structures co-sismiques de l'aire de stationnement de Bitra

Le document **6** (page 12) représente la carte d'une aire de stationnement proche de Bitra (Sud Islande), à proximité de l'épicentre du séisme du 21 juin 2000, ainsi que des photographies (de A à D) de structures de déformation qui se sont formées à cet endroit.

II – A – 2 – a – Décrivez les différents types de structures observées sur les photographies de A à D du document 6.

Réponse à la question II – A – 2 - a

Photographie A : ride de pression (*push up*) affectant le revêtement asphalté = structure en compression

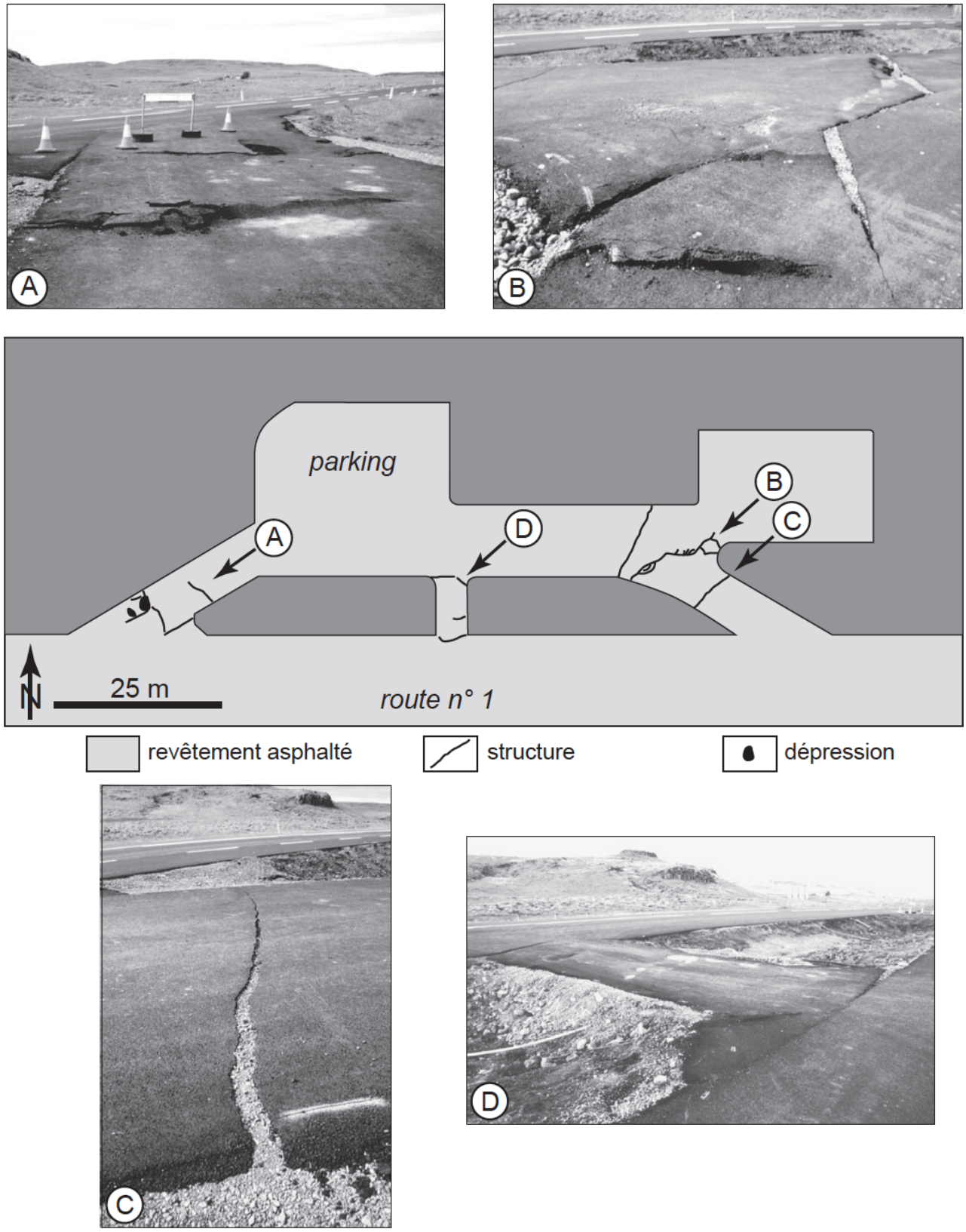
Photographie B : décrochement sénestre avec fentes de tension et une ride de pression : structure en compression avec composante décrochante.

Photographie C : fente de tension (fracture ouverte) oblique = structure en extension.

Photographie D : ride de pression associée à une rotation de l'ensemble du revêtement asphalté reliant la route n°1 à l'aire de stationnement : structure en compression avec composante décrochante s'exprimant par la rotation du revêtement asphalté.

Les déformations de surface observées au niveau de l'aire de stationnement de Bitra sont associées au fonctionnement d'un décrochement et s'expriment sous la forme de structures de transtension et de transpression. La contrainte principale est proche de l'horizontale et oblique par rapport à l'accident principal auquel les structures de déformations sont associées. L'orientation des structures par rapport au Nord indique le fonctionnement d'un décrochement sénestre d'orientation générale EW.

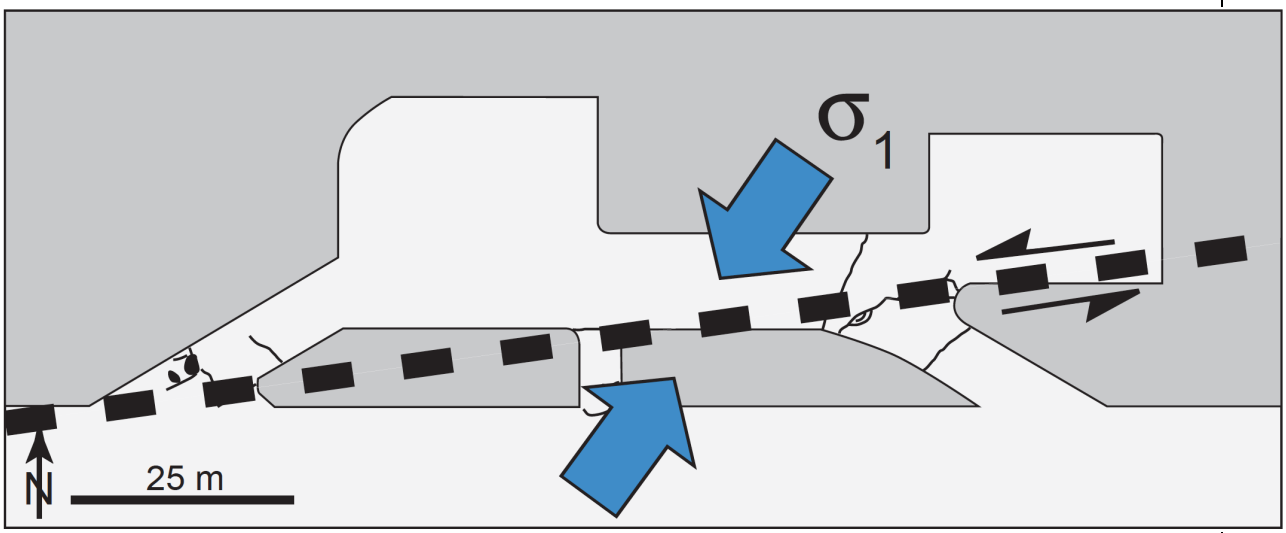
Cette question n'a été traitée que très moyennement. Peu de candidats ont tenté de décrire avec rigueur les structures présentées.



Document 6 : *Les structures de déformation du séisme du 21 juin 2000 au niveau de l'aire de stationnement à proximité de Bitra (Angelier et Bergerat, 2002).*

II – A – 2 – b – Sur le document 7, replacez l'orientation des contraintes principales déterminées à partir des structures représentées par les photographies (de A à D) du document 6. En déduire l'orientation et les caractéristiques de l'accident majeur qui pourrait expliquer l'ensemble de ces structures. Dessinez cet accident sur le document 7.

Réponse à la question II – A – 3 – b



Document 7

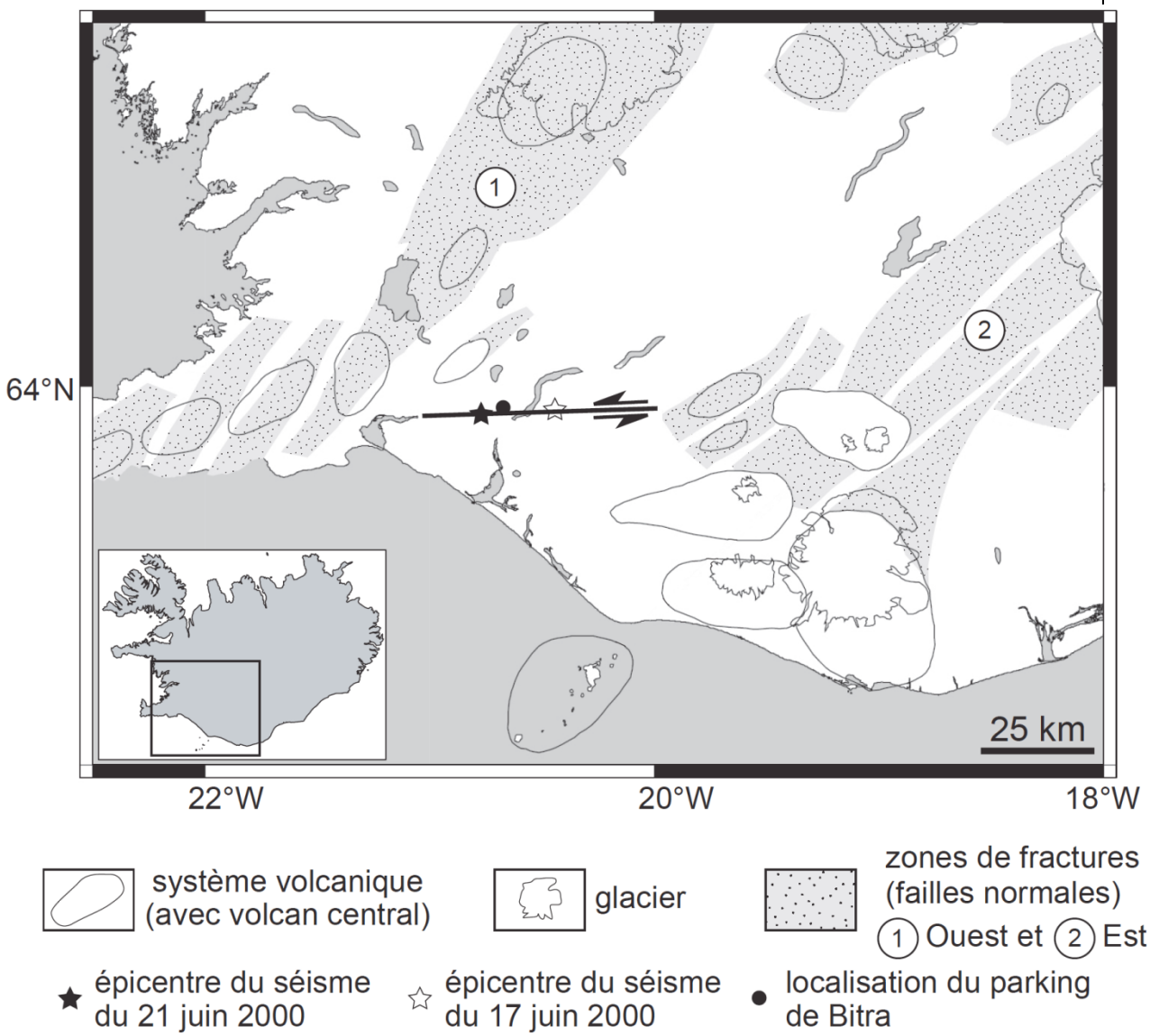
Peu de candidats sont parvenus à synthétiser leurs observations (réponse à la question *II – A – 2 – a*) et, de là, à reconstituer la géométrie de l'accident et les contraintes associées.

II – A – 3 – Synthèse structurale sur la Zone Sismique Sud-Islandaise

Le document **8** est une carte structurale simplifiée du Sud-Ouest de l'Islande sur laquelle ont été replacés les épicentres des séismes des 17 et 21 juin 2000, ainsi que la localisation de l'aire de stationnement de Bitra. Quelques informations structurales sont également reportées sur cette carte.

II – A – 3 – a – Sur la carte du document 8 (page 14), replacez l'ensemble de vos observations (questions II- A – 1 et II – A – 2) en précisant les mouvements relatifs le long des accidents.

Réponse à la question II – A – 3 – a



Document 8 : *Carte structurale simplifiée du Sud-Ouest de l'Islande.*

Cette question ne pouvait être traitée qu'à partir des données des questions précédentes. Les résultats sont par conséquent peu satisfaisants.

II – A – 3 – b – À partir de l'ensemble de vos observations et des informations complémentaires apportées par le document 8, déterminez le contexte tectonique de la Zone Sismique Sud-Islandaise et sa signification géodynamique entre les deux zones de fractures Ouest et Est (1 et 2 sur le document 8) ?

Réponse à la question II – A – 3 – b

Les épicentres des séismes des 17 et 21 juin 2000, ainsi que le décrochement sénestre du parking de Bitra s'alignent. La présence d'un décrochement sénestre au niveau du parking de Bitra permet de privilégier *a priori* le fonctionnement d'accidents décrochants sénestres au niveau du foyer des séismes des 17 et 21 juin 2000 pour lesquels les mécanismes au foyer indiquaient l'existence de deux orientations possibles de la faille. Il convient d'envisager le fonctionnement d'un décrochement sénestre majeur, d'orientation EW, reliant les zones de fractures Ouest (1) et Est (2). Le fonctionnement de cet accident s'apparente à celui d'une **faille transformante** entre les deux zones de rift.

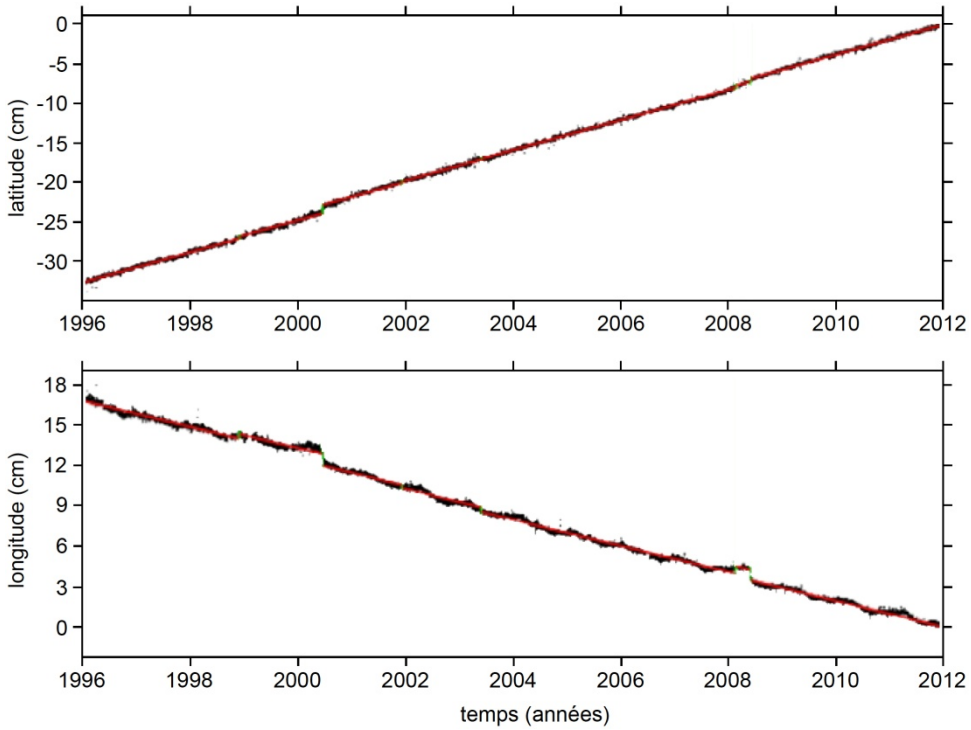
Malgré l'insuccès du traitement des questions précédentes concernant la crise sismique de juin 2000 en Islande, de nombreux candidats sont parvenus à comprendre le rôle transformant de l'accident situé entre les deux zones de rift, mais sans pouvoir le démontrer. Certains candidats ont réussi à discuter du choix pertinent du mouvement des failles sur les sphères focales (question *II – A – 1*).

II – B – La cinématique lithosphérique en Islande

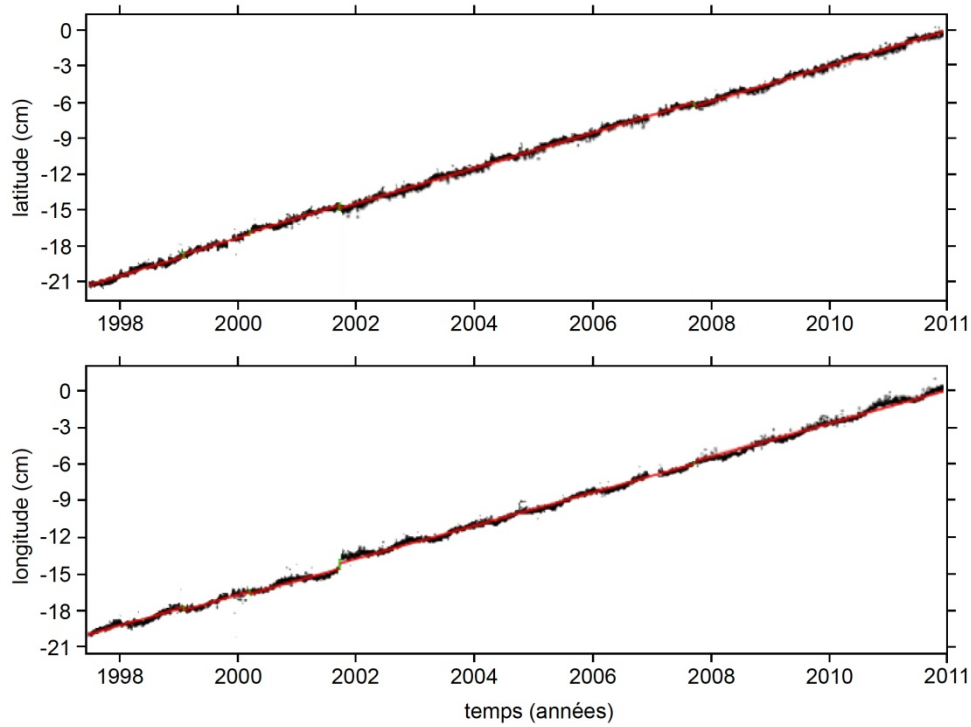
Durée conseillée : 20 minutes – barème : 6/100

L'Islande dispose d'un dense réseau de stations GPS (*Système de Positionnement Global*) utile à l'étude de la cinématique lithosphérique.

Le document **9** présente les résultats des mesures au niveau des stations REYK (Reykjavik ; période 1996-2012 ; document **9-A**) et HOFN (Höfn ; période 1998-2011 ; document **9-B**).



Document 9-A : *Données GPS pour la période 1996-2012 de la station REYK (GPS Time Series, JPL-Caltech).*



Document 9-B : *Données GPS pour la période 1998-2011 de la station HOFN (GPS Time Series, JPL-Caltech).*

En vous aidant des informations du document 9, tracez sur le papier quadrillé du document 10 les vecteurs de déplacement des deux stations. Déterminez les vitesses moyennes de déplacement des deux stations.

Réponse à la question II – B



Document 10

Le déplacement de la station s'obtient en construisant géométriquement la résultante de son déplacement en longitude et en latitude. Pour tracer les vecteurs de déplacement des stations REYK et HOFN, on détermine la vitesse de déplacement des stations en fonction de la longitude et de la latitude.

Les graphiques du document 9 représentent les déplacements de la station (en cm) en fonction du temps (courbes cumulatives) selon la longitude et selon la latitude. Pour déterminer la vitesse de déplacement de la station, on détermine la pente des droites (distance *vs.* temps).

Pour la station REYK :
Pente de la droite pour le déplacement selon la latitude : **+ 2,03 cm.an^{-1}**
Pente de la droite pour le déplacement selon la longitude : **- 1,07 cm.an^{-1}**

Pour la station HOFN :
Pente de la droite pour le déplacement selon la latitude : **+ 1,56 cm.an^{-1}**
Pente de la droite pour le déplacement selon la longitude : **+ 1,51 cm.an^{-1}**

On construit le vecteur résultant et la mesure de sa longueur donne la vitesse de déplacement de la station et l'orientation du vecteur détermine l'orientation du déplacement.

Pour la station REYK : vitesse de déplacement de **2,3 cm.an^{-1} vers le Nord-Ouest**.

Pour la station HOFN : vitesse de déplacement de **2,1 cm.an^{-1} vers le Nord-Est**.

Ces vitesses de déplacement sont cohérentes avec le taux d'accrétion de la dorsale nord-atlantique.

Nombreux sont les candidats qui sont parvenus à tracer les vecteurs de déplacement pour les deux stations, ainsi que le vecteur résultant, bien que la construction demeure trop souvent imprécise. En revanche, le calcul des vitesses de déplacement des deux stations n'a été réussi que par un faible nombre de candidats. On rappelle que ce type d'exercice est proposé aux élèves des classes de 1ère S dans le cadre de l'enseignement des sciences de la Terre.

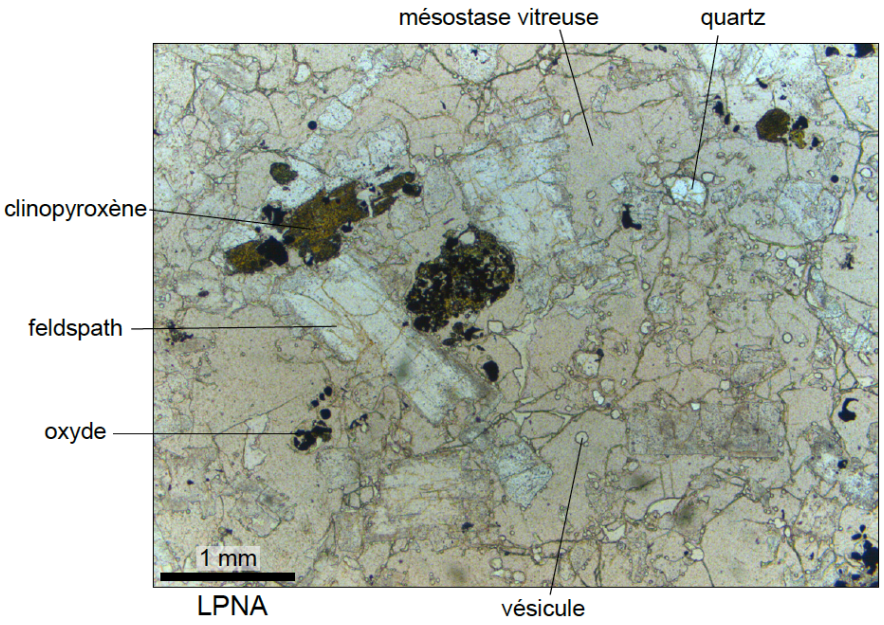
Partie III – Le volcanisme islandais

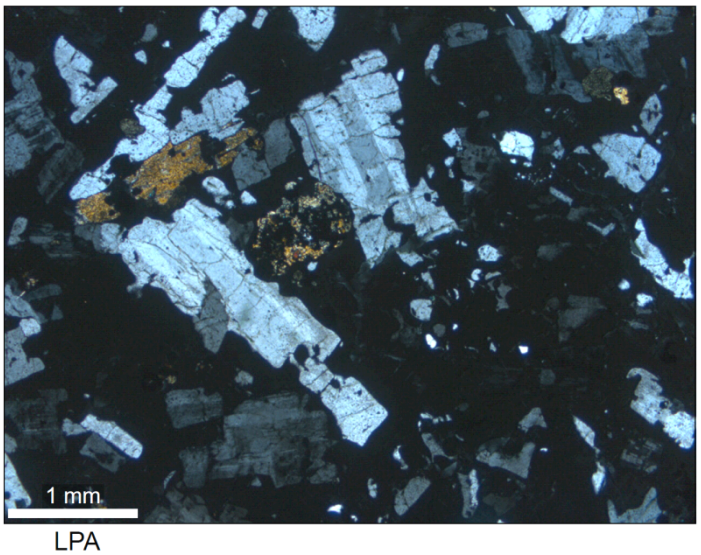
III – A – Etude pétrographique

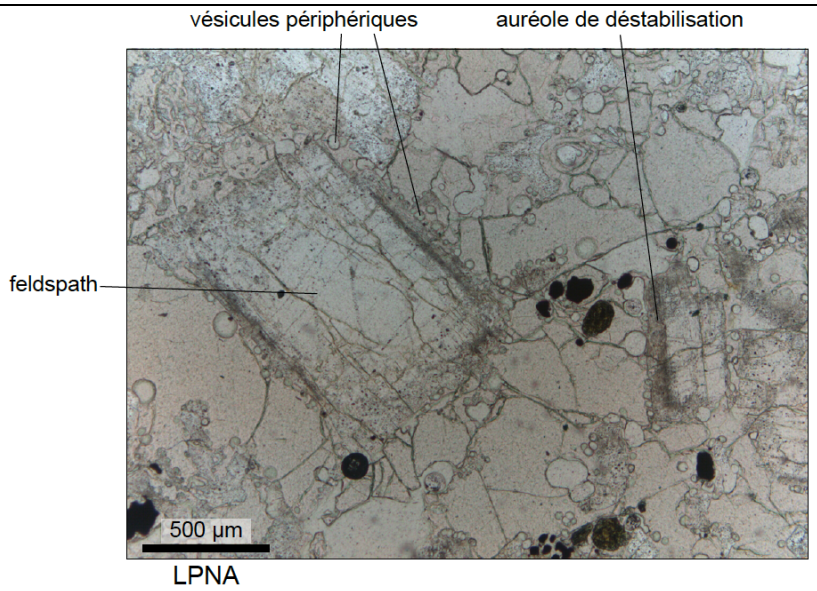
Durée conseillée : 30 minutes (passage au poste microscopie) – barème : 8/100

Observez au microscope polarisant (Poste 1) la lame mince correspondant à un échantillon de xénolite provenant d'un dépôt pyroclastique associé à une éruption majeure du Katla datée de 11500 ka BP. Vous décrirez, dessinerez et identifierez cette lame mince dans le cadre en page 19. Proposez un mode de formation des structures observées.

Réponse à la question III – A







Il s'agit d'une roche microlitique porphyrique avec une importante mésostase vitreuse, optiquement isotrope en LPA. Les phénocristaux dominants sont des feldspaths alcalins (riches en petites inclusions vitreuses) et plagioclases (faible angle d'extinction = plagioclase sodique) et des minéraux opaques (oxydes) automorphes de petite taille. De rares cristaux de quartz aux contours très irréguliers sont présents. On note également la présence de petits minéraux colorés à teintes de polarisation du second ordre ; ce sont des clinopyroxènes qui se regroupent parfois en petits amas.

La forme des phénocristaux de feldspath montre des figures de dissolution (contours irréguliers = corrosion). On observe également fréquemment la présence d'une auréole très altérée qui témoigne d'une déstabilisation au contact du verre. Ces phénocristaux sont parfois fracturés. La roche est fortement vésiculée. Les vésicules se répartissent dans la mésostase vitreuse où leur coalescence ménage des cavités de plus grande taille et de forme irrégulière. Des vésicules de petite taille se concentrent souvent à la périphérie des phénocristaux (photographie). Le verre est affecté d'un réseau de fractures irrégulières (texture perlitique).

Il s'agit d'une roche sursaturée en silice riche en feldspaths alcalins : **rhyolite**.

La roche résulte du refroidissement rapide d'une suspension de phénocristaux dans un liquide en cours de vésiculation, cette dernière s'initiant au contact des phénocristaux comme le suggère la localisation des vésicules de petite taille. Les figures de déstabilisation des cristaux de feldspath (contours corrodés et auréoles déstabilisées) suggèrent une modification rapide de la composition du liquide, très

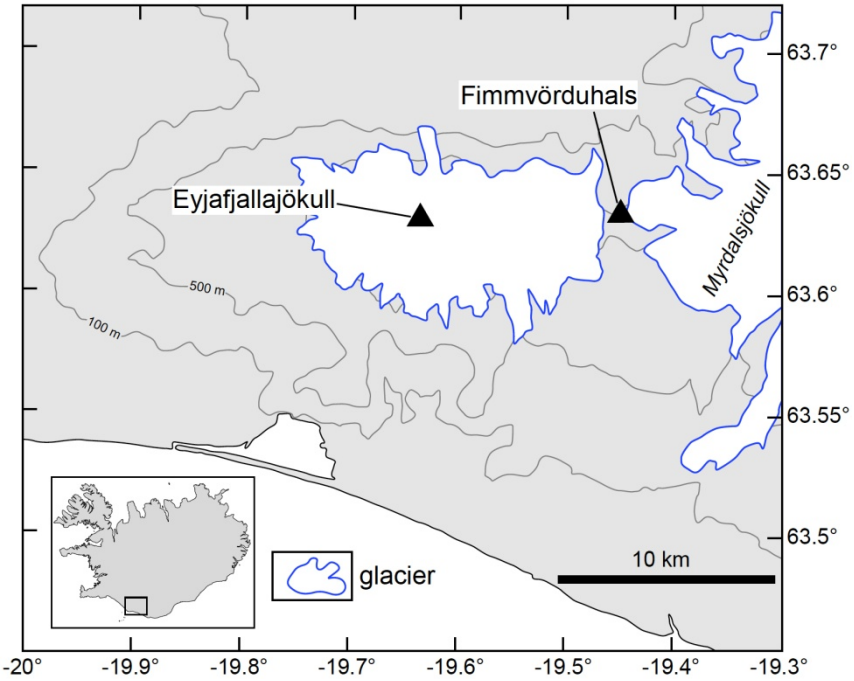
probablement en relation avec un mélange de magmas. Les mélanges de magmas entrainent souvent des déséquilibres favorables au déclenchement des explosions volcaniques. Par conséquent, ce xénolite (= élément lithique) récolté dans un dépôt pyroclastique (= conséquence d'une explosion volcanique) est un résidu de magma figé au moment du déclenchement de l'explosion volcanique et entrainé lors de la fragmentation du magma. La fracturation du verre peut témoigner d'un début d'altération post-dépôt.

Le traitement de cette question est très inégal. Des dessins de qualité ont été produits par la plupart des candidats. Cependant, de trop nombreux candidats rencontrent des problèmes dans la détermination de phases minérales relativement communes. La mésostase vitreuse a été interprétée, selon les cas, de manière satisfaisante, mais souvent comme une composante pyroclastique (en raison de la présence de vésicules) ou, pire, comme des minéraux isotropes. La présentation d'une diagnose cohérente est rare, certains candidats ayant parfois reconnu une roche grenue.

III – B – L'éruption de 2010 du volcan de l'Eyjafjallajökull

Durée conseillée : 20 minutes – barème : 6/100

Le volcan de l'Eyjafjallajökull est un volcan actif du Sud de l'Islande (voir localisation sur le document **11**). Après sa dernière éruption de 1821-1823, il a connu un nouvel épisode éruptif en 2010. L'éruption a débuté le 20 mars 2010 et s'est poursuivie jusqu'à la fin octobre de la même année. Le 20 mars 2010 des épanchements de lave et des cendres (= tephra) ont été émis à partir d'une fissure éruptive située au niveau du col de Fimmvörduhals (voir localisation sur le document **11**). À partir du 15 avril 2010, l'activité volcanique s'est centrée sur l'Eyjafjallajökull (voir localisation sur le document **11**). Cette dernière fut marquée par des épanchements de laves et par une succession de phases explosives dont chacun se souvient des conséquences sur la circulation des avions.



Document 11 : *carte de localisation de l'Eyjafjallajökull et du col de Fimmvörduhals.*

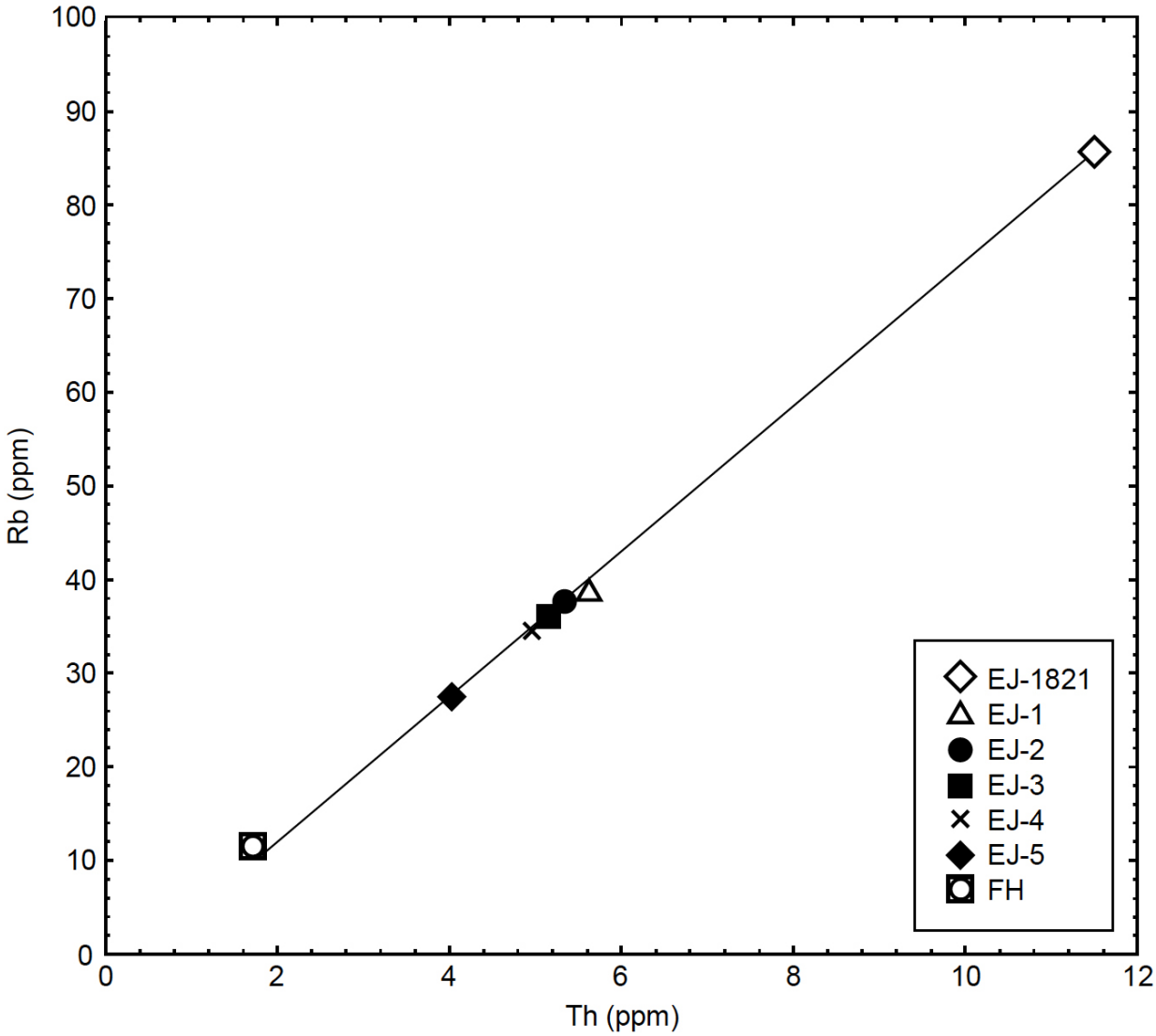
Des analyses géochimiques mettent en évidence qu'un mélange de magmas s'est produit au cours de l'épisode de 2010. Il résulte de la mise en contact d'un magma juvénile avec le liquide résiduel de l'éruption de 1821-1823 qui subsiste au niveau d'une poche en profondeur.

On étudie ce mélange de magma à partir des variations des teneurs en Rb et Th (éléments incompatibles en quantités traces) d'échantillons provenant du système volcanique Eyjafjallajökull-Fimmvörduhals (éruptions de 1821-1823 et de 2010). Le document **12** présente les échantillons. Le document **13** est un diagramme de variation Rb *vs.* Th de la série d'échantillons présentés dans le document **12**.

Echantillon	Caractéristiques
EJ-1821	lave de l'éruption de l'Eyjafjallajökull de 1821-1823
FH	tephra du Fimmvörduhals - 12 avril 2010
EJ-1	tephra de l'Eyjafjallajökull - 15 avril 2010
EJ-2	tephra de l'Eyjafjallajökull - 22 avril 2010
EJ-3	tephra de l'Eyjafjallajökull - 27 avril 2010
EJ-4	tephra de l'Eyjafjallajökull - 5 mai 2010
EJ-5	tephra de l'Eyjafjallajökull - 3 juin 2010

Document 12

Déterminez les proportions relatives (en %) des deux magmas en contact au 22 avril et au 3 juin 2010. Vous détaillerez votre méthode de calcul.



Document 13 : *Diagramme Rb vs. Th de tephra de l'éruption de l'Eyjafjallajökull de 2010 (EJ-1, EJ-2, EJ-3, EJ-4 et EJ-5), de l'éruption de 1821-1823 du même volcan (EJ-1821) et de la fissure éruptive du col de Fimmvörduhals (FH). Une droite de régression est tracée sur le diagramme. Inspiré de Sigmarsson et al. (2011).*

Réponse à la question III – B

Le calcul est basé sur une méthode graphique. Il suffit de déterminer la position des échantillons pertinents (EJ-2 : tephra de l'Eyjafjallajökull du 22 avril 2010 ; EJ-5 : tephra de l'Eyjafjallajökull du 3 juin 2010) par rapport au pôle basique (FH : tephra du Fimmvörduhals du 12 avril 2010) et au pôle acide (EJ-1821 : lave de l'éruption de l'Eyjafjallajökull de 1821-1823 ; liquide résiduel différencié).

En mesurant la longueur de la droite « FH – EJ-1821 » (14,3 cm), on détermine la position relative des points correspondants aux tephra émis les 22 avril (EJ-5 : 3,3

cm) et 3 juin 2010 (EJ-2 : 5,2 cm). En considérant que la droite « FH – EJ-1821 » est une droite de mélange entre le pôle basique (FH) et le pôle acide (EJ-1821), on détermine les proportions de mélange du magma lors de l'émission des deux tephra émis respectivement le 22 avril et le 3 juin 2010.

Echantillon EJ-2 : 64 % (basique) – 36 % (acide)

Echantillon EJ-5 : 77 % (basique) – 23 % (acide)

On constate qu'au 3 juin 2010, la proportion de magma basique dans le mélange est plus importante qu'au 22 avril 2010. Ce phénomène est la conséquence logique de l'alimentation continue en magma basique juvénile par rapport à la masse initiale et constante de la poche de magma résiduel différencié (acide) de l'éruption de 1821-1823 de l'Eyjafjallajökull.

Remarque : Par simplification, on considère ici qu'il n'y a pas de cristallisation fractionnée pendant ce bref intervalle de temps.

La plupart des candidats a réussi le calcul pour au moins l'un des liquides en utilisant, avec succès, la méthode de proportionalité.

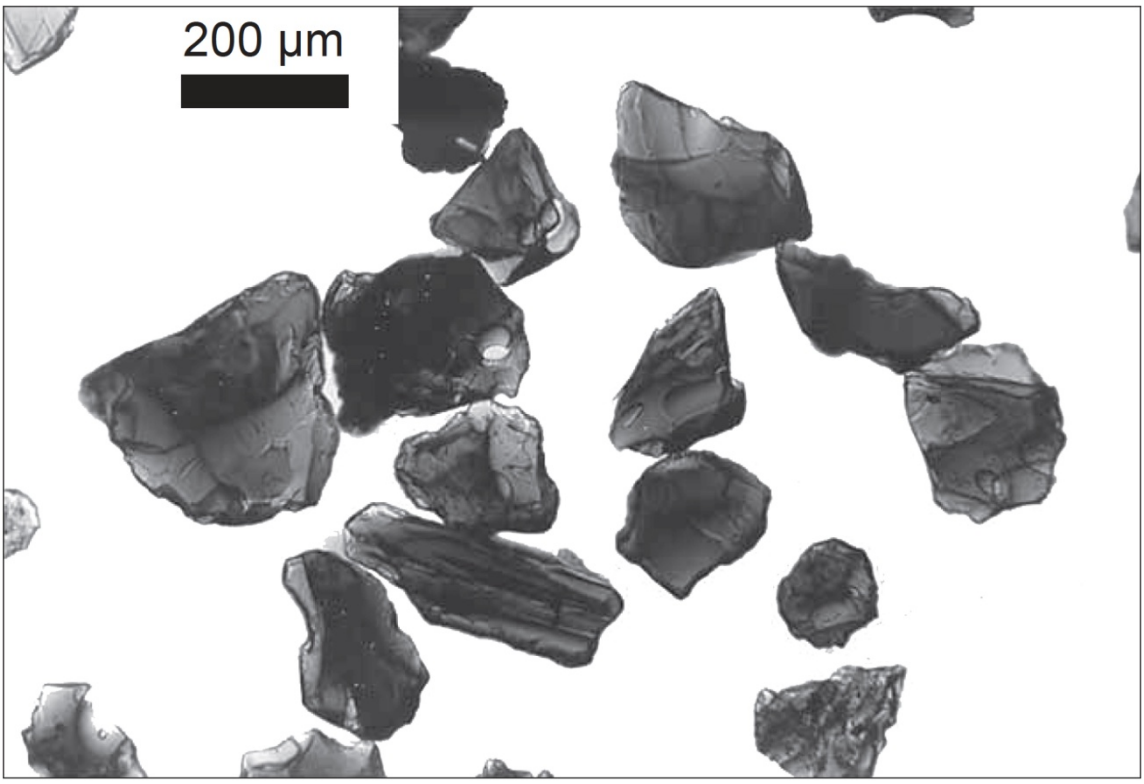
III – C – Caractéristiques des particules volcaniques et reconstitution des mécanismes éruptifs

Durée conseillée : 1h40 (dont 30 minutes de mesures au poste informatique) – barème : 29/100

III – C – 1 – Etude morphométrique de particules volcaniques par analyse d'images numérisées

Des particules volcaniques sont libérées au cours des éruptions. Leurs caractéristiques morphologiques rendent compte des processus de fragmentation associés aux différents mécanismes éruptifs.

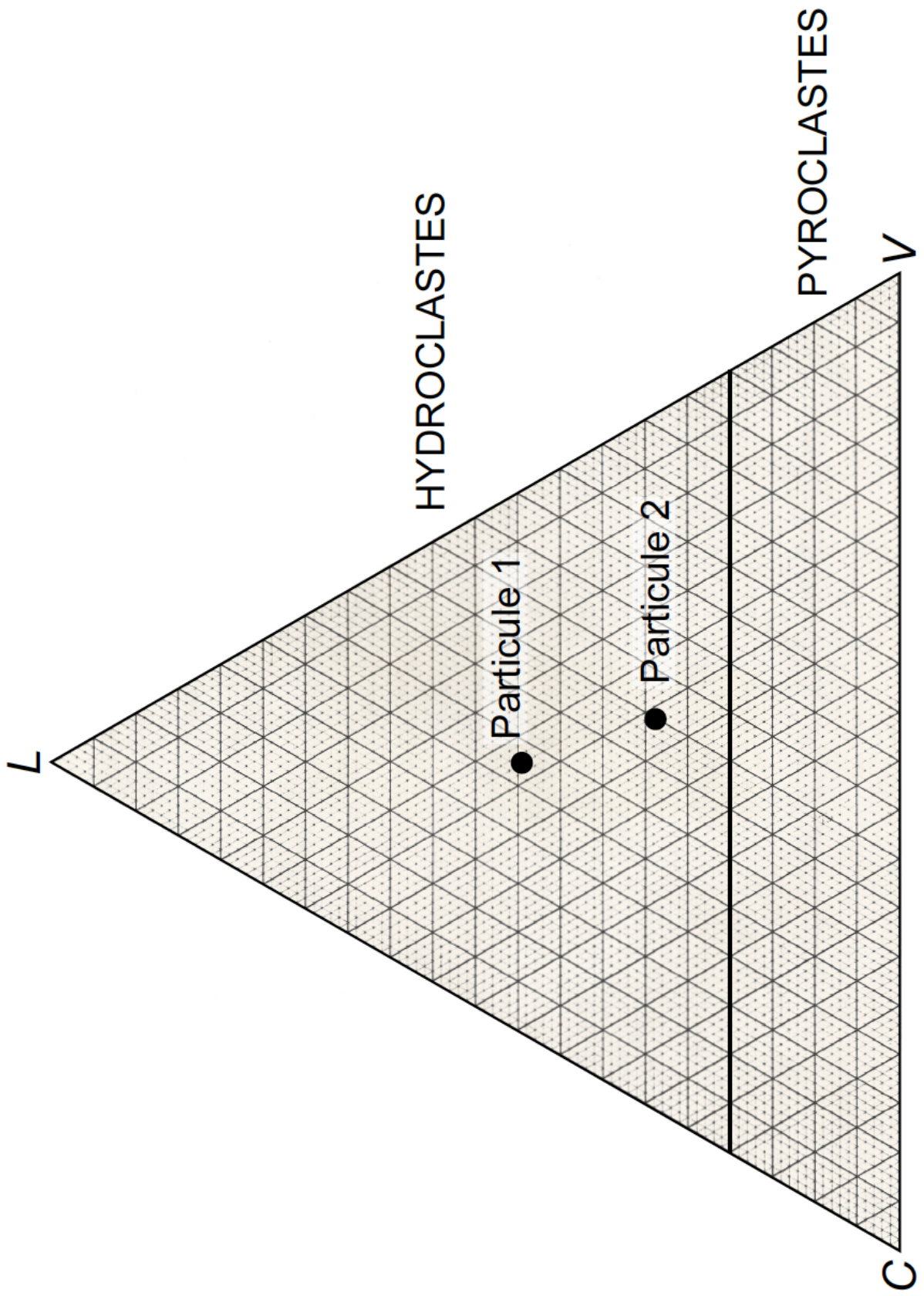
On cherche à quantifier la morphologie de particules volcaniques. Les particules étudiées proviennent d'un échantillon de l'éruption de 1996 du Grimsvötn (volcan situé sous le glacier du Vatnajökull). Le document **14** est une microphotographie de particules volcaniques vitreuses caractéristiques de cet échantillon.



Document 14 : *Microphotographie de particules volcaniques vitreuses de l'échantillon de l'éruption de 1996 du Grimsvötn (Maria et Carey, 2002).*

Une classification morphométrique triangulaire des particules volcaniques vitreuses est présentée sur le document **15**. Elle est basée sur les proportions relatives des segments *linéaires – droits* – (L), *concaves* (C) et *convexes* (V) du contour extérieur des particules. Cette classification permet de distinguer les *pyroclastes* libérés lors des explosions volcaniques (vésiculation explosive du magma) et les *hydroclastes* dont la fragmentation se produit lors d'une interaction entre le magma et de l'eau non juvénile.

Le logiciel MESURIM permet de quantifier la morphologie des particules volcaniques (voir le protocole d'utilisation du logiciel fourni à côté du poste de travail informatique ; Poste 2). À l'aide de ce logiciel, on détermine les proportions relatives des segments linéaires, concaves et convexes du contour extérieur de deux particules volcaniques vitreuses (particules 1 et 2).



Document 15 : *Classification morphométrique triangulaire des particules volcaniques vitreuses (d'après Honnorez et Kirst, 1975). L : segments linéaires (droits) ; C : segments concaves ; V : segments convexes.*

III – C – 1 – a – Au poste de travail informatique, tracez les contours *linéaires (droits)*, *concaves* et *convexes* sur les deux images des silhouettes (particules 1 et 2) disponibles sur le bureau de l'ordinateur en vous aidant du protocole d'utilisation du logiciel.

À l'aide de l'outil « Mesure » du logiciel, mesurez, par une succession de segments de droites, les proportions relatives des types morphologiques (L, C, V) déterminant le contour des deux silhouettes. Reportez les résultats cumulés de vos mesures (en %) dans le tableau du document 16, en fonction des types de segments mesurés.

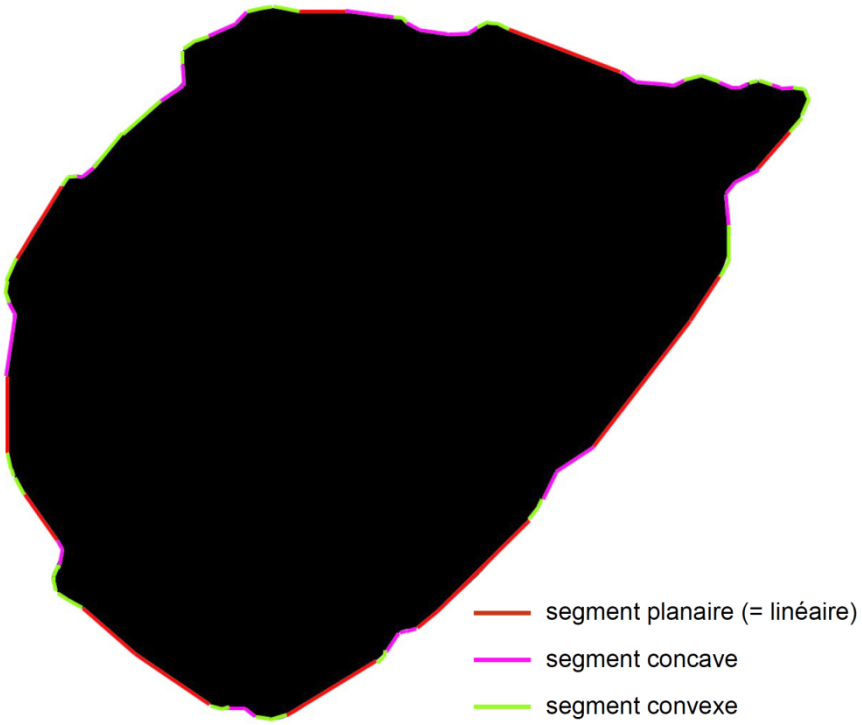
AU POSTE INFORMATIQUE, FAITES EVALUER LE RESULTAT DE VOTRE TRAVAIL SUR LA MACHINE PAR UN MEMBRE DU JURY PRESENT DANS LA SALLE.

Réponse à la question III – C – 1 – a

	segments linéaires	segments concaves	segments convexes
Particule 1	44,72	27,64	27,64
Particule 2	28,61	30,72	40,67

***Document 16 :** Tableau des résultats des mesures (en %) des silhouettes des particules 1 et 2 réalisées avec MESURIM.*

Un exemple de silhouette (particule 1) avec les contours des différents types morphologiques dessinés avec MESURIM :



Mesures : segments planaires : 1480 pixels ; segments concaves : 915 pixels ; segments convexes : 915 pixels.

L'utilisation de MESURIM, exigée dans le cadre de l'évaluation des capacités expérimentales au Baccalauréat, constituait la base de l'exercice. Un protocole opératoire était fourni aux candidats. La plupart d'entre eux a réussi à utiliser le logiciel. Cependant, de grandes imprécisions ont été relevées dans le tracé des contours des particules conduisant, ainsi, à des résultats erronés. Certains candidats ont confondu « convexe » et « concave ».

III – C – 1 – b – Déterminez la nature des particules 1 et 2 en reportant les points correspondant aux données morphométriques obtenues par les mesures des particules 1 et 2 (document 16) dans le document 15 (page 24). Proposez un contexte éruptif possible à l'origine des ces particules.

Réponse à la question III – C – 1 – b – Discussion sur le mécanisme éruptif

Les deux particules correspondent à des hydroclastes. Le mode de fragmentation n'est pas explosif (pyroclastique) mais résulte d'une interaction entre le magma et de l'eau. Compte-tenu du contexte régional, il convient d'envisager un phénomène de granulation thermique du magma par effet de trempe au contact de l'eau de fonte de la semelle du glacier au cours d'une éruption sous-glaciaire.

Remarque : Lors de l'éruption du Grimsvötn en 1996, un lac sous-glaciaire s'est formé sous le Vatnajökull par fusion de la semelle du glacier sous l'effet de l'émission des produits volcaniques. La vidange de ce lac a alimenté une débâcle glaciaire qui a transporté les produits éruptifs (entre autres des particules vitreuses de type hydroclastes) jusqu'à la mer.

Beaucoup de candidats sont parvenus à interpréter les résultats de leurs mesures. Cependant, la détermination des hydroclastes les a souvent conduits à invoquer des explosions phréato-magmatiques, peu compatibles avec la pression à la base d'un glacier et non à une fragmentation par trempe thermique au contact de l'eau d'un lac sous-glaciaire syn-éruptif.

III – C – 2 – Application à un dépôt volcanique associé à l'éruption de 2010 de l'Eyjafjallajökull

Un échantillon renfermant des particules volcaniques produites lors de l'éruption de 2010 de l'Eyjafjallajökull est fourni dans le pilulier (échantillon A).

III – C – 2 – a – Réalisez une observation de l'échantillon A à la loupe binoculaire. Représentez par un dessin chacun des types de particules volcaniques identifiés dans cet échantillon. Précisez pour chacun les caractéristiques morphologiques.

Réponse à la question III – C – 2 – a

Dans l'échantillon A, on observe quatre types de particules différentes :

Hydroclastes vitreux : particules sombres, faiblement vésiculées à aspect massif et limitées par des surfaces curvi-planaires qui témoignent d'une fragmentation par granulation thermique (effet de trempe du magma au contact de l'eau).

Pyroclastes vitreux : particules sombres fortement vésiculées à surface complexe en raison de l'importante vésiculation.

Eléments lithiques : particules à l'aspect terreux et altéré, souvent à contours arrondis. Il s'agit de fragments de lave d'âge plus ancien que l'éruption remobilisés depuis le substratum lors de l'explosion volcanique.

Cristaux : en faible proportion, il s'agit pour l'essentiel de cristaux automorphes (ou en fragments) de feldspath plagioclase. Nombre d'entre eux possèdent un manchon

vitreux parfois vésiculé. Il s'agit de cristaux en suspension dans le magma juvénile au moment de l'éruption et qui ont été libérés lors des explosions.

Peu de dessins ont été réalisés par les candidats et les interprétations demeurent très superficielles. La relation avec l'exercice précédent n'a été perçue que par un nombre très réduit de candidats.

III – C – 2 – b – Réalisez une étude statistique des proportions relatives des types de particules identifiés dans l'échantillon A par un comptage de 50 grains. Dans un tableau, présentez les résultats quantifiés de votre analyse.

Réponse à la question III – C – 2 – b

Un exemple de résultats :

hydroclastes vitreux	54%
pyroclastes vitreux	28%
éléments lithiques	12%
cristaux	6%

III – C – 2 – c – À partir de vos résultats, proposez le(s) mécanisme(s) éruptif(s) probable(s) à l'origine des particules volcaniques de l'échantillon A.

Réponse à la question III – C – 2 – c

Le tephra est un mélange de divers types de particules. Les **hydroclastes vitreux** témoignent d'interactions entre le magma ascendant et de l'eau (eau de fonte à la base du glacier lors de l'éruption). Les **pyroclastes vitreux** résultent d'une vésiculation explosive du magma – les conditions explosives sont remplies lorsqu'il y a communication avec l'atmosphère (baisse de la pression de confinement). Les **éléments lithiques** sont des particules étrangères au magma, entraînées dans le panache éruptif lors de l'explosion. Les **cristaux** sont des éléments juvéniles libérés par la fragmentation du magma *pro parte* cristallisé.

On peut proposer une interprétation du tephra de la manière suivante : l'explosion volcanique mobilise dans l'atmosphère (panache éruptif) des particules fragmentées au contact de l'eau en contexte sous-glaciaire qui se mélangent à des éléments juvéniles (pyroclastes vitreux et cristaux) fragmentés par des processus explosifs. Des éléments lithiques en provenance du substratum plus ancien sont également entraînés dans le panache éruptif lors de l'explosion.

Partie IV – Glaciers et géodynamique

Durée conseillée : 40 minutes – barème : 9/100

En Islande, une partie importante de l'activité volcanique se produit sous les glaciers. Au cours des épisodes éruptifs successifs, l'altitude des édifices volcaniques sous-glaciaires augmente, et peut atteindre la surface de la glace. Cette caractéristique permet ainsi d'estimer l'épaisseur de la calotte de glace. Au cours du dernier épisode pléniglaciaire (Dernier Maximum Glaciaire : DMG), de nombreux volcans sous-glaciaires étaient actifs au niveau de l'actuelle vallée de la rivière Jökulsá á Fjöllum au Nord de la calotte glaciaire actuelle du Vatnajökull.

Le document **17** (page 31) représente un profil topographique le long du cours actuel de cette rivière avec la répartition des anciens volcans sous-glaciaires (en grisé), dont les plus élevés ont atteint la surface de la calotte de glace au DMG.

On cherche à déterminer l'épaisseur et le volume de la calotte de glace islandaise au cours du DMG en utilisant les altitudes des volcans sous-glaciaires actifs pendant cette période et à estimer l'impact isostatique de cette calotte. On considèrera ici que le centre de la calotte glaciaire se situait au centre du Vatnajökull.

IV – A – En utilisant l'altitude actuelle des volcans sous-glaciaires les plus élevés, tracez sur le document 17 (page 31) le profil de la calotte glaciaire d'Islande au cours du DMG. On considèrera un profil en ligne droite qui s'étend du centre du Vatnajökull jusqu'au paléo-rivage de l'Islande au DMG, alors que le niveau de la mer était à -100 m. Au DMG, la calotte de glace s'étendait jusqu'au rivage. Estimez l'altitude atteinte par la calotte de glace au centre du Vatnajökull.

Réponse à la question IV – A – Estimation de l'altitude

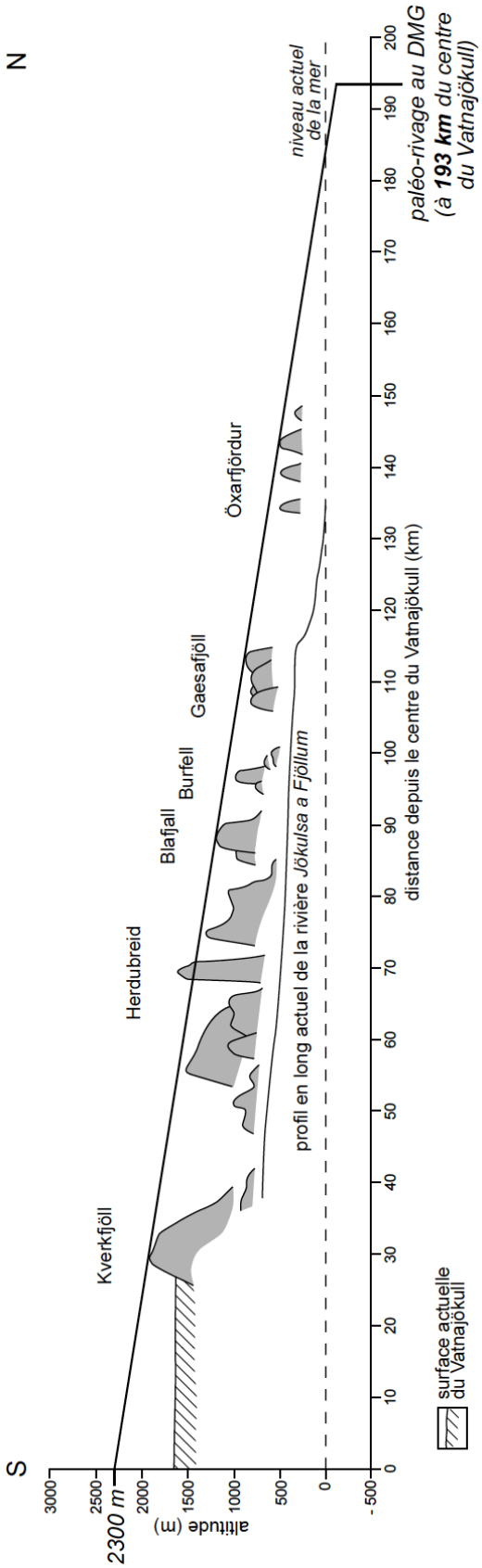
On trace un profil en ligne droite passant par le sommet des anciens volcans sous-glaciaires (document 7) qui atteint le paléo-rivage du DMG (-100 m). Certains volcans demeurent sous le niveau du profil ; ils n'ont pas atteint la surface du glacier. En revanche, l'Herdubreid a dépassé la surface de la glace (son sommet correspond en fait à un cône strombolien), mais on peut également, en première approximation, considérer qu'il a atteint la surface de la glace sans la dépasser.

L'altitude maximale atteinte par la glace au centre du Vatnajökull, déterminée graphiquement, est de **2300 m**.

Le paléo-rivage au DMG (-100 m) se situe à **193 km** du centre du Vatnajökull.

Par conséquent, la **paléo-altitude maximale de la calotte glaciaire** est de **2400 m** au-dessus du niveau de la mer au DMG.

Il suffisait de tracer une droite alors que quelques candidats ont rejoint les sommets de tous les édifices volcaniques par des lignes brisées. Plus gênant est l'oubli de prolonger la droite jusqu'au niveau -100 m pourtant clairement indiqué dans l'énoncé.



Document 17 : *Profil topographique des édifices volcaniques sous-glaciaires (en grisé) le long de la rivière Jökulsa a Fjöllum au Nord du Vatnajökull (d'après Walker, 1965).*

IV – B – Déterminez le volume et la masse de la calotte glaciaire islandaise au DMG (on donne d_{glace} = 0,9).

Pour votre calcul, vous considérerez que la calotte possède un volume conique centré sur le centre du Vatnajökull au DMG. On donne l'altitude actuelle du substratum rocheux au centre du Vatnajökull : 1200 m. Pour simplifier, on considèrera que le relief de l'Islande au DMG était également conique et centré sur le centre du Vatnajökull. On néglige ici les effets de la surcharge glaciaire sur l'altitude du substratum.

Réponse à la question IV – B

Volume de glace :

On considère la calotte glaciaire du DMG comme un volume conique. On néglige le volume des volcans sous-glaciaires. Le relief sous-glaciaire s'apparente également un cône.

Il convient de soustraire le volume du substratum (cône de hauteur : 1300 m) au volume total du cône culminant à 2400 m au-dessus du niveau de la mer au DMG.

Volume d'un cône : $V = \frac{1}{3}\pi r^2 h$

avec h = hauteur du cône ; r = rayon du cône (= 193 km). Le volume d'un cône correspond au tiers du volume d'un cylindre de base et de hauteur équivalente.

Volume de glace :

Pour obtenir le volume de glace il faut soustraire le volume du substratum à celui du cône total :

V_{total} = 93617,17 km^3

$V_{substratum}$ = 50709,29 km^3

donc le volume de glace : $\boldsymbol{V_{glace}}$ **=** $V_{total} - V_{substratum}$ = **42908 km^3**

Masse de glace : sachant que la densité de la glace est de 0,9, la masse de glace (M) est :

$\boldsymbol{M_{glace}}$ **= 3,86 . 10^{16} kg**

Nous précisons que la formule de calcul du volume d'un cône a été donnée à tous les candidats, bien qu'elle aurait pu être un pré-requis.

Peu de candidats sont parvenus aux résultats numériques du volume et de la masse de glace. Les ordres de grandeur des résultats sont parfois déraisonnables. Une erreur récurrente trouve son origine dans l'oubli de la soustraction du volume conique du substratum à celui du volume total.

IV – C – Subsidence de surcharge

La surcharge sur la lithosphère (supposée rigide mais élastique) exercée par les calottes de glace se traduit par une subsidence.

Déterminez l'amplitude maximale de la subsidence de surcharge exercée par la calotte glaciaire sur le substratum au centre du Vatnajökull au DMG à l'aide de l'équation suivante (Gray, 1996) :

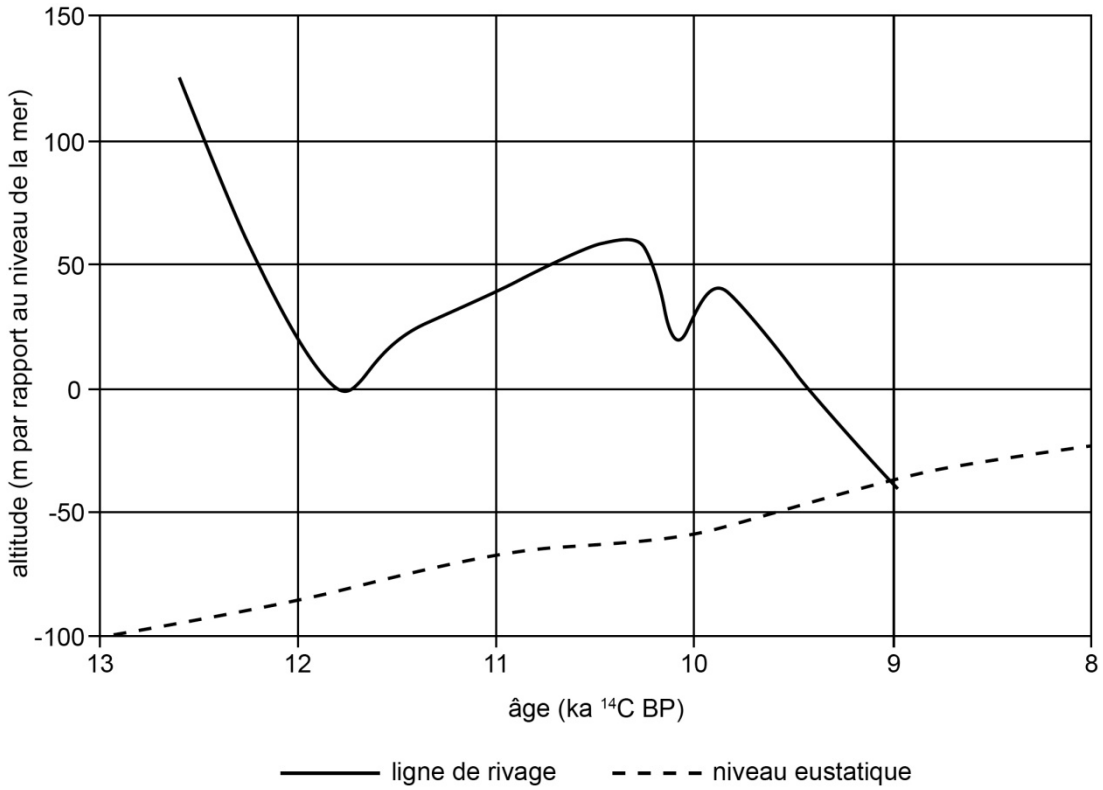
$$D = h_g \left(\frac{\rho_g}{\rho_{as}} \right)$$

avec D : profondeur de la dépression liée à la subsidence de surcharge ; h_g : épaisseur de glace (m) ; ρ_g : masse volumique de la glace ($0{,}9.10^6$ $g.m^{-3}$) ; ρ_{as} : masse volumique des roches de l'asthénosphère ($3{,}3.10^6$ $g.m^{-3}$).

Réponse à la question IV – C

Pour un point au centre du Vatnajökull, l'application numérique tient compte de l'épaisseur de glace (1100 m) et donne une amplitude maximale de la subsidence de surcharge exercée par la calotte de glace au niveau du centre du Vatnajökull : ***D* = 300 m**

IV – D – Comparez la valeur de subsidence de surcharge que vous avez obtenue (question IV – C) avec la valeur relative du rebond isostatique post-glaciaire qui peut être déterminée pour le début de l'Holocène (période 13 – 9 ka BP) à partir des données du document 18.



Document 18 : *Variations au cours du temps de la ligne de rivage au niveau de la côte ouest de l'Islande (Norðdahl et Pétursson, 2005) et du niveau eustatique (Fairbanks, 1989).*

Réponse à la question IV – D

Autour de 13 ka (on prendra la valeur à 12,5 ka sur le graphique), la ligne de rivage était au niveau de la mer, c'est-à-dire à 0 m d'altitude et le niveau de la mer à environ -90 m. Actuellement, la ligne de palé-rivage a subi une surrection et se trouve à une altitude de 100 m (lecture sur le document 18). Par conséquent, la valeur du rebond isostatique post-glaciaire total du rivage d'Islande est de l'ordre de 190 m.

On constate que la valeur de subsidence de surcharge calculée précédemment est de 300 m au centre du Vatnajökull, c'est-à-dire plus importante. Ce constat conduit à deux commentaires : (1) la valeur de subsidence de surcharge a été obtenue par une méthode très simplifiée postulant sur le volume conique de la calotte de glace mais (2) l'ampleur de la subsidence est maximale au centre de la calotte (à son maximum d'épaisseur) et s'estompe vers ses bordures. L'ampleur du rebond (surrection) post-glaciaire au niveau du paléo-rivage est logiquement plus faible qu'à l'aplomb du centre de la calotte. Ainsi, malgré les simplifications imposées par la méthode de calcul choisie, **l'ordre de grandeur de la subsidence de surcharge (équivalente à celle du rebond post-glaciaire) est cohérent**.

Suite de la réponse à la question IV – D

Peu de candidats ont réussi à interpréter les courbes de manière cohérente et, surtout, à discuter des ordres de grandeur des résultats numériques.

5.2.2 Commentaires du jury

Commentaires généraux sur l'épreuve de travaux pratiques d'option du Secteur C :

L'épreuve de travaux pratiques concernait cette année quelques aspects de la géologie de l'Islande et s'articulait autour de quatre grandes parties. Le sujet, qui ne se voulait pas exhaustif, tentait de faire découvrir la géologie de cette île de l'Atlantique Nord à travers des exercices variés conduisant les candidats à diverses activités et manipulations.

La **première partie** était consacrée à la structure de la croûte de l'Islande. Il s'agissait ici de déterminer quelques caractéristiques et l'épaisseur particulièrement importante de la croûte islandaise à partir de données sismologiques, mais également d'identifier quelques structures tectoniques affectant les formations volcaniques à partir d'une coupe géologique réalisée au niveau du rift nord-islandais.

La **seconde partie** concernait l'étude de la mobilité lithosphérique en Islande. Elle était basée d'une part sur l'analyse de la crise sismique de juin 2000 dans le Sud-Ouest de l'Islande. On cherchait à déterminer les caractéristiques de l'accident majeur impliqué dans cette crise sismique à partir de la construction de sphères focales et de l'observation de structures de déformations co-sismiques superficielles. D'autre part, la mobilité était également étudiée à partir de données GPS.

La **troisième partie** devait permettre aux candidats de réaliser une étude des particularités du volcanisme islandais. Tout d'abord, l'étude pétrographique d'une lame mince de rhyolite présentant une texture particulière en relation avec un mélange de magma était proposée. Ensuite, l'étude se concentrait sur le cas de l'éruption de 2010 du volcan de l'Eyjafjallajökull. Les candidats étaient conduits à déterminer l'évolution temporelle du mélange magmatique contemporain de cet épisode éruptif par un calcul basé sur des données géochimiques. Le volcanisme islandais présente la particularité remarquable de s'exprimer parfois en contexte sous-glaciaire. La découverte des processus éruptifs sous-glaciaires faisait l'objet de deux exercices. À partir d'une analyse d'images numérisées de silhouettes de particules volcanoclastiques (éruption du Grímsvötn de 1996), on cherchait à déterminer des mécanismes de fragmentation syn-éruptifs. L'analyse quantifiée des images, réalisée à partir du logiciel MESURIM, permettait de déterminer des hydroclastes, témoins d'une granulation thermique du matériel magmatique au contact de l'eau de fonte à la semelle du glacier Vatnajökull. Cette particularité étant désormais identifiée, les candidats devaient ensuite chercher à déterminer les mécanismes éruptifs impliqués au cours de l'éruption de 2010 de l'Eyjafjallajökull. Pour cela, une analyse visuelle et statistique à la loupe binoculaire des divers types de particules volcanoclastique du tephra était proposée, permettant d'identifier la coexistence de mécanismes hydroclastiques et pyroclastiques.

La **quatrième partie**, enfin, conduisait les candidats à analyser les effets géodynamiques du développement de la calotte glaciaire islandaise au cours du Dernier

Maximum Glaciaire. L'approche proposée était basée sur la détermination approchée du volume de cette calotte à partir de l'altitude atteinte par les volcans sous-glaciaires situés au Nord du Vatnajökull. À partir du volume et de la masse de la calotte glaciaire ainsi déterminés, on étudiait les effets de la surcharge sur le substratum de l'île. On comparait ensuite l'importance de la subsidence de surcharge à celle du rebond isostatique post-glaciaire qui a accompagné la déglaciation.

Les productions des candidats sont assez contrastées. On note des résultats satisfaisants pour l'étude sismologique, la coupe géologique, l'étude pétrographique et l'analyse morphométrique des particules volcanoclastiques. En revanche, certains candidats ont rencontré des difficultés dans l'analyse des déformations co-sismiques, lors de l'utilisation des données du GPS et, souvent, dans les calculs de la quatrième partie. Les commentaires détaillés des prestations des candidats sont insérés directement dans le corrigé de l'épreuve proposé dans ce rapport.

5.4 ÉPREUVE DE CONTRE-OPTION SECTEUR A

5.4.1Sujet

(éléments de réponse en rouge)

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2011

TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE-OPTION DU SECTEUR A

CANDIDATS DES SECTEURS B ET C

Durée totale : 2 heures

Les divisions cellulaires et leurs conséquences : aspects scientifiques et pédagogiques

Le sujet est constitué de trois parties indépendantes.

Partie I : Etude de la méiose chez le criquet durée conseillée 40 minutes – barème : 30 /100

Partie II : Etude de la méiose chez Sordaria durée conseillée : 40 minutes – barème : 35 /100

Partie III : Mitose et croissance de population cellulaire durée conseillée : 40 minutes – barème : 35 /100

Les réponses aux questions figureront dans les cadres réservés à cet effet. N'oubliez pas d'appeler les correcteurs pour vérifier préparations, dessins et résultats lorsque cela est demandé.

AVANT DE RENDRE VOTRE DOSSIER, VÉRIFIEZ QUE VOUS AVEZ BIEN INDIQUÉ VOS NOM, PRÉNOM ET NUMÉRO DE SALLE EN TÊTE DE CHACUNE DES FEUILLES.

Partie I

Etude de la méiose chez le criquet

durée conseillée 40 minutes – barème : 30 /100

Protocole d'extraction des cellules en méiose des testicules du criquet.

1 Extraire les 2 testicules, qui forment une masse unique jaune orangée, apparaissant à peu près au milieu de l'abdomen. Chacun comprend de nombreuses unités qui peuvent être considérées comme des tubes séminifères. (voir annexe 1 sur l'anatomie du criquet)

2 Prélever la masse testiculaire et placer l'ensemble dans un verre de montre, avec un petit volume de milieu hypotonique.

3 Couper finement (hacher) avec des ciseaux les tubes des testicules. Laisser ensuite 15 minutes à la température de la salle, puis verser l'ensemble dans un tube de type eppendorf.

4 Ajouter à l'extrait testiculaire un volume égal de fixateur. Laisser 15 minutes dans la glace.

5 Prélever une goutte de suspension cellulaire dans l'eppendorf, au-dessous de la couche supérieure riche en gouttelettes lipidiques.

6 Réaliser une préparation microscopique dans une goutte de bleu de toluidine à 0,1%.Laisser à l'air quelques minutes et observer

I-A-1 Dessinez une cellule en méiose

Réponse à la question I-A-1

La manipulation et des résultats d'observation sont visibles sur :

http://espace-svt.ac-rennes.fr/applic/meiose/criquet1/criquet01.htm

Faites vérifier par un surveillant l'adéquation entre votre dessin et votre préparation microscopique

I-A-2 Dessinez une cellule en méiose présentant une phase différente de la précédente

Réponse à la question I-A-2

Quelle que soit la phase, il était attendu :

Un titre,

Une échelle,

Les légendes :

- **Chromosome**
- **Cytoplasme**
- **Membrane plasmique**

Et selon la phase :

-Enveloppe nucléaire

-Plaque métaphasique

-Bivalent

Faites vérifier par un surveillant l'adéquation entre votre dessin et votre préparation microscopique

I.B.1 Relevez des données permettant de déterminer le stade de division de chacune de vos observations

Réponse à la question I-B-1

Chez le criquet mâle, 2n=23, XO

Les données permettant de déterminer le stade de division sont ;

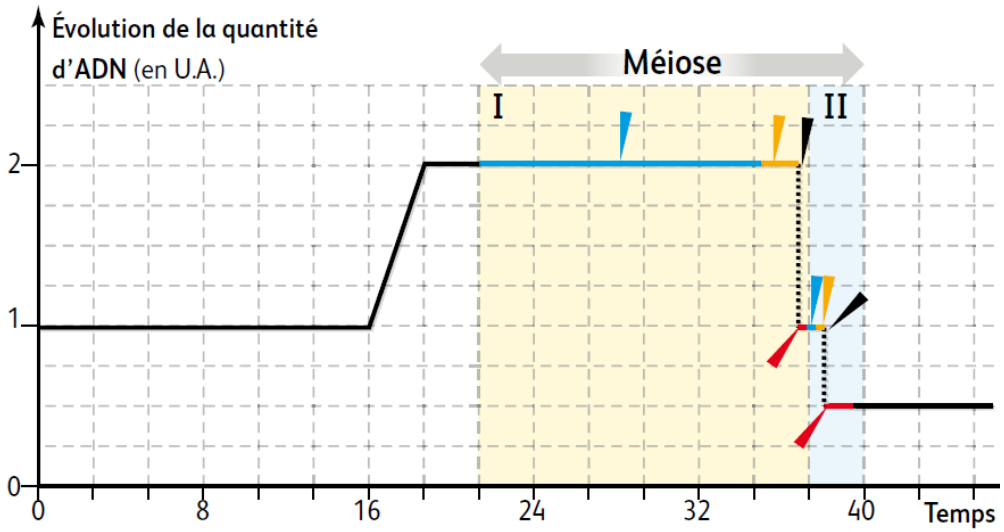
-Le nombre de chromosome

-La disposition des chromosomes

-L'état des chromosomes

I.B.2 Tracez le graphe de l'évolution de la quantité d'ADN d'une cellule lors de la méiose, et y replacer les phases que vous avez observées

Réponse à la question I-B-2



Extrait de Nathan TS

Partie II

Etude de la méiose chez Sordaria

durée conseillée : 40 minutes – barème : 35 /100

Le champignon ascomycete Sordaria est souvent utilisé pour illustrer le processus de brassage génétique associé à la méiose. Vous disposez d'une boite de Pétri sur laquelle ont été disposés deux souches de Sordaria différent l'une de l'autre par la couleur des spores. A la limite entre les deux souches apparaissent des «fructifications » appelées **périthèces**, contenant des **asques**. Ces asques contiennent des **spores**

II-A-1 Réalisez un montage microscopique d'un bouquet d'asque permettant d'illustrer les différents types de brassage et réalisez un dessin d'observation

Réponse à la question II-A-1

Il était attendu :

Un titre,

Une échelle,

Les légendes :

-Asque

-Spore

Faites vérifier par un surveillant l'adéquation entre votre dessin et votre préparation microscopique

II-A-2 Rédigez un protocole permettant à un élève de lycée de réaliser la manipulation que vous venez de faire

Réponse à la question II-A-2

-observer la boite de pétri et repérer la ligne noire à la limite de rencontre des deux souches de champignon

-sous la loupe binoculaire, repérer les périthèces, petites structures sphériques noires constituant la ligne de démarcation entre les deux souches

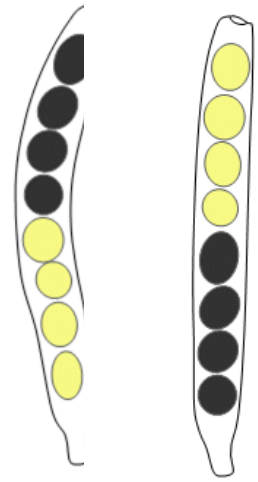
- prélever délicatement à l'aide d'une pince fine 2 ou 3 périthèces et les déposer sur une lame dans une goutte d'eau

-déposer une lamelle et écraser délicatement en tapotant au centre de la lamelle

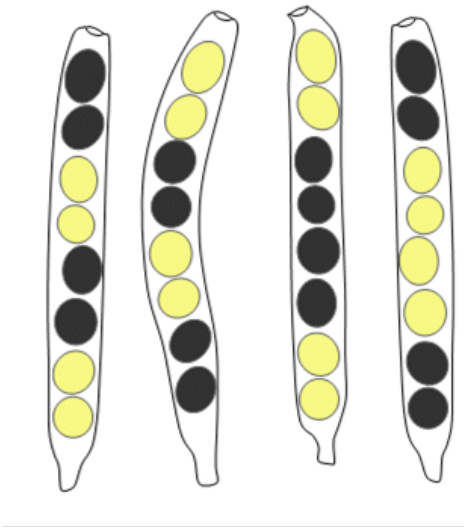
II-B-1 Représentez de manière schématique les différents types d'asques, et le type de brassage auquel ils sont associés

Réponse à la question II-B-1

Asques type 4/4 montrant la répartition aléatoire des chromosomes lors de l'anaphase I et associée au brassage interchromosomique



Asques type 2/2/2/2 et 2/4/2 montrant à la fois la répartition aléatoire des chromosomes et le brassage intrachromosomique

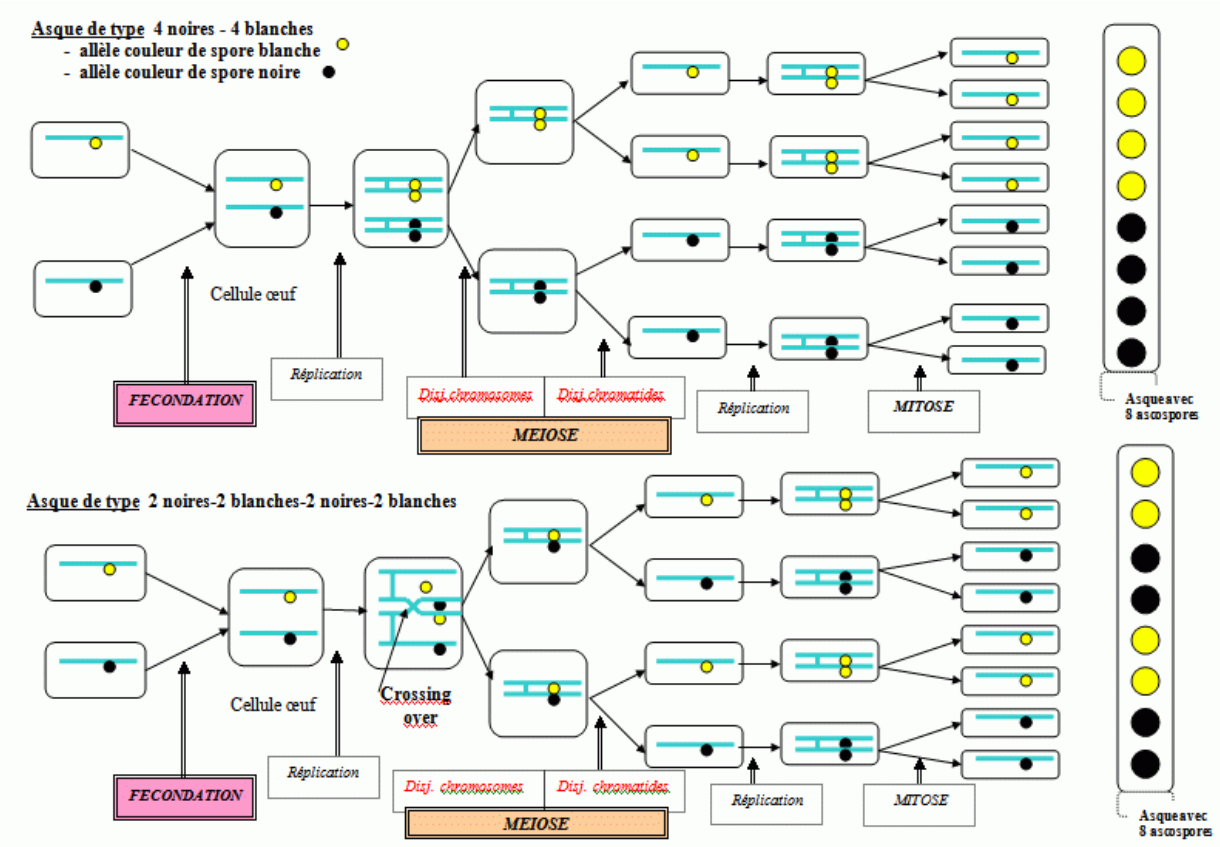


Figures issues de la banque d'image : http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt

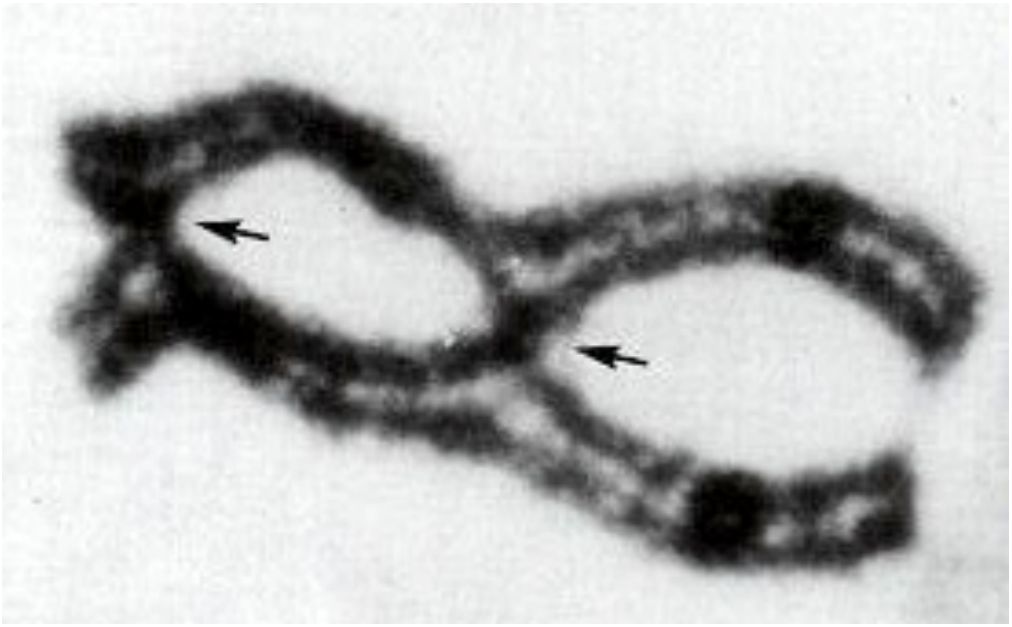
II-B-2 Réalisez un schéma explicatif rendant compte de la formation de chacun de ces types d'asques

Réponse à la question II-B-2

Un exemple possible issu de : http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt



II-C-1 Réalisez un schéma interprétatif du cliché ci-dessous



Réponse à la question II-C-1

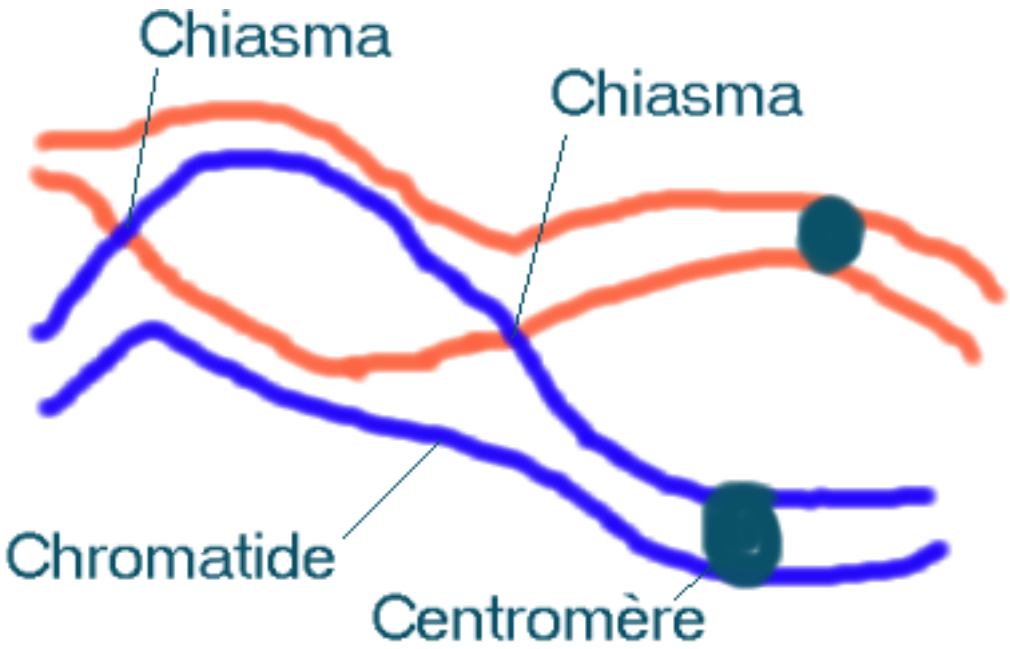


Schéma d'un bivalent présentant deux chiasmas indicateurs de crossing over possibles

Partie III

Mitose et croissance de population cellulaire

durée conseillée : 40 minutes – barème : 35 /100

Une culture de *Saccharomyces cerevisiae* est réalisée en milieu liquide complet. Vous disposez d'une fraction de cette culture. Afin de suivre la croissance de celle-ci on se propose de suivre l'évolution de la population cellulaire par turbidimetrie à 660nm.
A partir de cette fraction notée « Test », de la lame de numération KOVA dont la notice simplifiée est en annexe 2, et du spectrophotometre, vous réaliserez une courbe étalon reliant l'absorbance à 660 nm et la concentration cellulaire.
A l'aide de cette courbe étalon, vous déterminerez le temps de génération de ces cellules dont vous possédez deux aliquots A et B de la culture prélévés à interval e de 8h durant la phase de croissance de la population.

III.A dénombrement d'une population cellulaire par turbidimétrie.

III-A-1 Rappelez le principe de la turbidimétrie

Réponse à la question III-A-1

Une suspension de cellules, dans un milieu liquide traversé par un faisceau lumineux, absorbe une partie de ce rayonnement lumineux. A l'aide d'un spectrophotomètre, et connaissant la longueur d'onde absorbée par la suspension cellulaire, on peut mesurer l'absorbance de la suspension.
Si les concentrations cellulaires ne sont pas trop élevées, on peut voir que la relation entre l'absorbance et la concentration cellulaire est linéaire

III-A-2 Expliquez votre mode opératoire (protocole) vous permettant de tracer la courbe étalon, ainsi que les conditions de validités de ces mesures.

Réponse à la question III-A-2

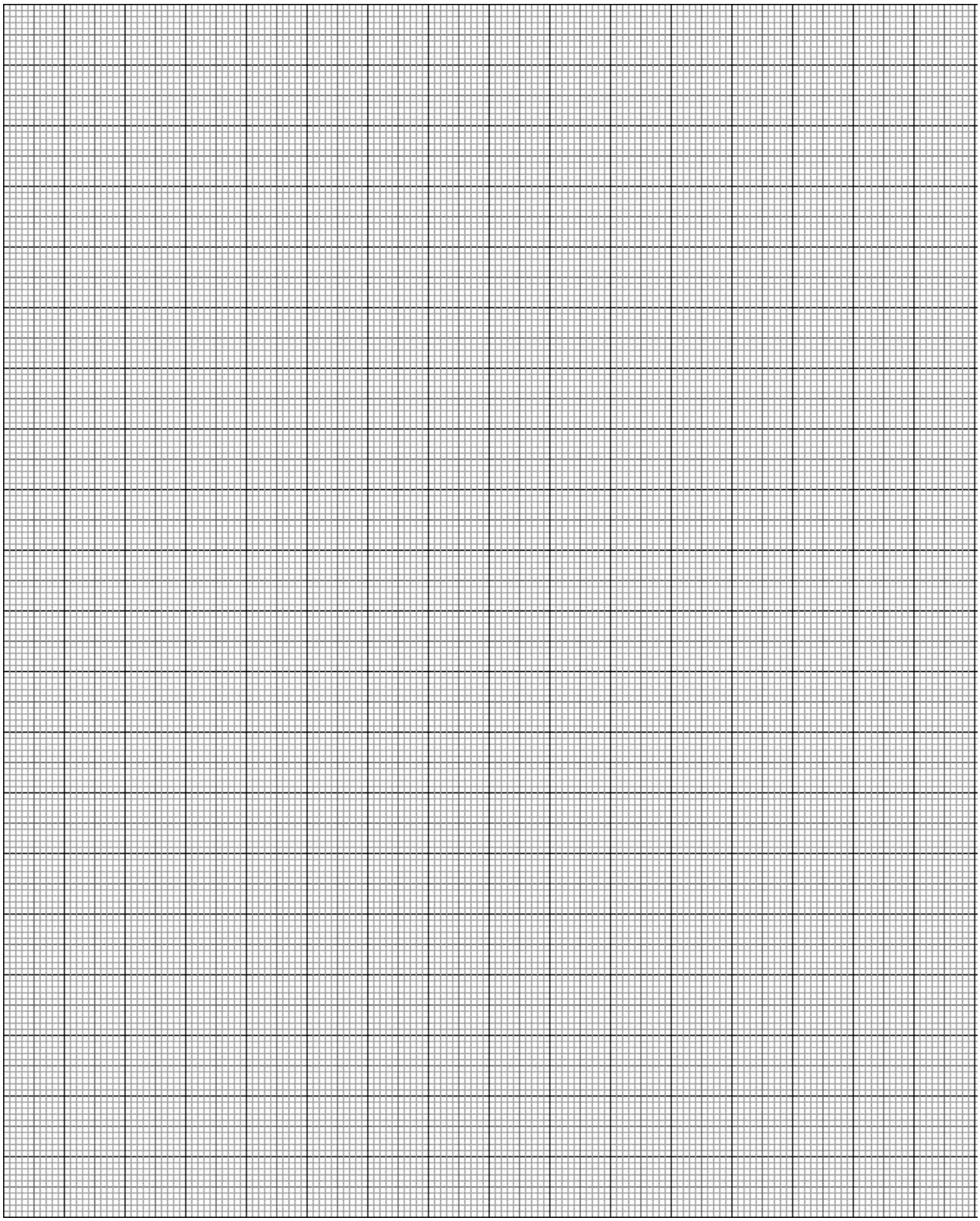
1- A l'aide de la lame Kova on détermine la concentration cellulaire de la solution test, au besoin on dilue cette solution d'un facteur 10 ou 100 afin de pouvoir réaliser facilement ce comptage.

2- On réalise une série de dilutions de la solution test au 1/10 ; 1/100 ; 1/200 ; 1/400 ; 1/800, pour lesquelles on mesure la densité optique, le milieu de culture servant à faire le zéro du spectrophotomètre.

3- Connaissant la concentration initiale de la solution test, on peut alors tracer la courbe absorbance = f(concentration cellulaire)

III-A-3 Tracez ci-dessous la courbe étalon établie a partir de vos mesures, précisez le domaine exploitable.

Réponse à la question III-A-3



III-B Etude du cycle cellulaire de *Saccharomyces cerevisiae*

III-B-1 Déterminez le temps de génération de *Saccharomyces cerevisiae* dans les conditions de cette culture, votre réponse devra être argumentée

Réponse à la question III-B-1

Grace à la courbe étalon on pouvait déterminer la concentration cellulaire des tubes A et B. On aboutissait à une concentration de 16000 cellules / µl pour A et 28800 cellules / µL pour B.

Sachant que l'évolution d'une population suit l'équation :

$$Nt = No \cdot 2^{(t/T)}$$

Où Nt est le nombre de cellules à l'instant t

No est le nombre initial de cellules

t : le temps entre les deux instants

T : le temps de génération

On en déduit que :

$$\log(Nt) = \log(No) + (t/T)\log(2)$$

$$D'où\ T = t\log(2) / [\log(Nt) - \log(No)]$$

Soit T= 9,43 heures

5.4.2 Commentaires

Afin de tenir compte des évolutions du métier d'enseignant, et de prendre en compte les pratiques de classe, le TP de contre-option a été bâti sur des exercices correspondant à des manipulations couramment réalisées en classe, voire constituant des éléments de la banque d'épreuves de l'ECE au baccalauréat.
Sur le fond, aucune difficulté majeure n'était présente dans ce sujet, et l'aspect manipulatoire était mis en avant par rapport aux connaissances. Néanmoins, force est de constater que ce sujet a constitué une épreuve sélective pour de nombreux candidats qui ont très mal organisé leur temps, ou qui ne maitrisaient pas les quelques connaissances élémentaires requises (méiose, turbidimétrie, logarithme).

Partie I : Etude de la méiose chez le criquet

Cet exercice, tiré de la banque d'épreuve de l'ECE au baccalauréat a été le moins bien réussi du sujet. Si la manipulation ne comportait pas de difficultés en soi, l'extraction des testicules du criquet a posé de nombreux problèmes aux candidats, certains ne prélevant pas les testicules, mais d'autres tissus comme les trachées, le tube digestif ou des muscles. Il est aussi à noter que les figures de méiose n'étaient correctement observables qu'à l'objectif x100 à immersion.
Par ailleurs, il est à noter qu'u grand nombre de candidat a été incapable de tracer le graphe de l'évolution de la quantité d'ADN dans une cellule en méiose, les quantités d'ADN étant souvent des plus fantaisistes.

Partie II : Etude de la méiose chez Sordaria

Cet exercice a été le mieux réussi du sujet. Si là aussi, aucune difficulté majeure n'était présente on peut s'étonner du manque d'esprit pratique de certains candidats dans leur proposition de protocole. Par ailleurs, les termes « bivalent », « chiasma », « crossing over » sont souvent utilisés indifféremment les uns des autres alors qu'ils correspondent à des notions différentes.

Partie III : Mitose et croissance de population cellulaire

Dans cet exercice, le jury regrette un manque de connaissance des candidats vis-à-vis de techniques aussi simples que la turbidimétrie. Ainsi une moitié des candidats ne s'est pas préoccupé du zéro servant de référence aux mesures. Pour d'autres, c'est le principe même des dilutions qui semble complètement oublié.
Enfin, seuls quatre candidats ont formulé correctement l'équation de l'évolution d'une population cellulaire au cours du temps, une grande partie se contentant de remarquer que l'absorbance ayant à peu près doublé, pour répondre que le temps de génération est d'à peu près huit heures.

5.5 ÉPREUVE DE CONTRE-OPTION SECTEUR B

5.5.1Sujet

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2012

TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE-OPTION DU SECTEUR B

CANDIDATS DES SECTEURS A ET C

Durée totale : 2 heures

Couleurs de vie

Ce sujet est fondé sur l'étude de différents processus et mécanismes qui contribuent à la coloration des êtres vivants, ainsi qu'aux conséquences biologiques de cette coloration dans la vie des organismes concernés ou encore à la perception des couleurs par certains animaux. Les différentes parties du sujet sont indépendantes. Certaines d'entre elles comprennent des manipulations et il vous faudra donc organiser votre temps de travail en conséquence. La dernière partie IV de reconnaissance thématique s'effectuera à partir des documents photographiques inclus en fin de sujet.

Partie I - Quelques aspects cytologiques et biochimiques de la coloration chez les angiospermes. **page 2**

durée conseillée : 40 minutes *barème : 7 / 20*

Partie II - Couleurs animales : deux modalités complémentaires. **page 7**

durée conseillée : 25 minutes *barème : 4 / 20*

Partie III - Etude anatomique et histologique des structures impliquées dans la vision des couleurs. **page 10**

durée conseillée : 45 minutes *barème : 7 / 20*

Partie IV - Importance de ces colorations dans la biologie des êtres vivants : reconnaissance thématique à partir de documents photographiques. **page 13**

durée conseillée : 10 minutes *barème : 2 / 20*

Répondez directement sur les feuilles du sujet, dans les espaces prévus à cet effet.

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

VOUS DEVEZ RENDRE LA TOTALITÉ DES FEUILLES DU DOSSIER.

Partie I - Quelques aspects cytologiques et biochimiques de la coloration chez les angiospermes

durée conseillée : 40 minutes *barème : 7 / 20*

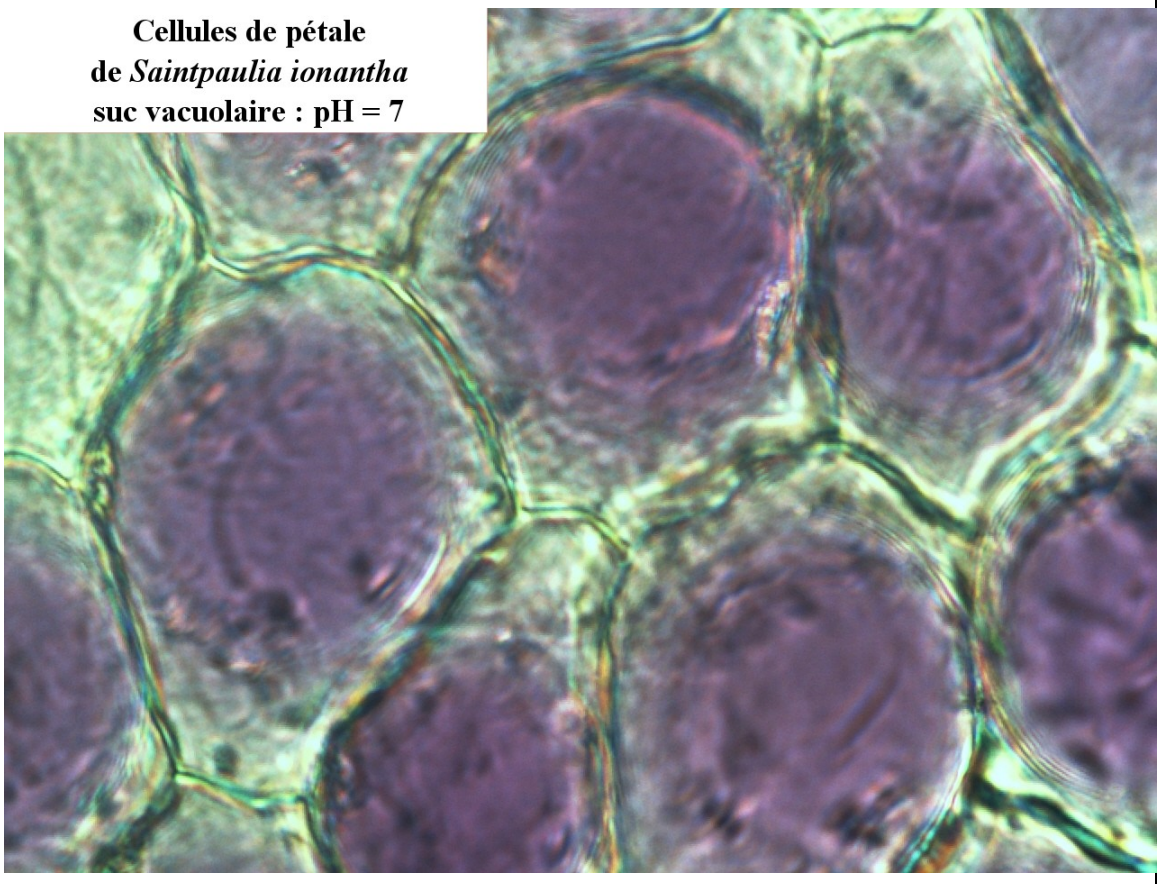
Dans cette première partie on se propose d'étudier quelques caractéristiques cytologiques et biochimiques qui correspondent aux différents types de coloration que l'on peut observer chez beaucoup de végétaux angiospermes, en dehors des pigments chlorophylliens au sens strict qui ne seront pas étudiés dans le cadre de ce sujet. Les échantillons n° 1 (fleurs de *Saintpaulia ionantha*) et n° 2 (poivron rouge *Capsicum annuum*) seront les supports biologiques de cette étude.

I – A : étude de la coloration de l'échantillon n° 1

I – A – 1 Effectuez un prélèvement de la zone colorée de cet échantillon et faites en un montage à l'eau distillée entre lame et lamelle. Réalisez et légendez un dessin d'observation des structures cellulaires colorées visibles.

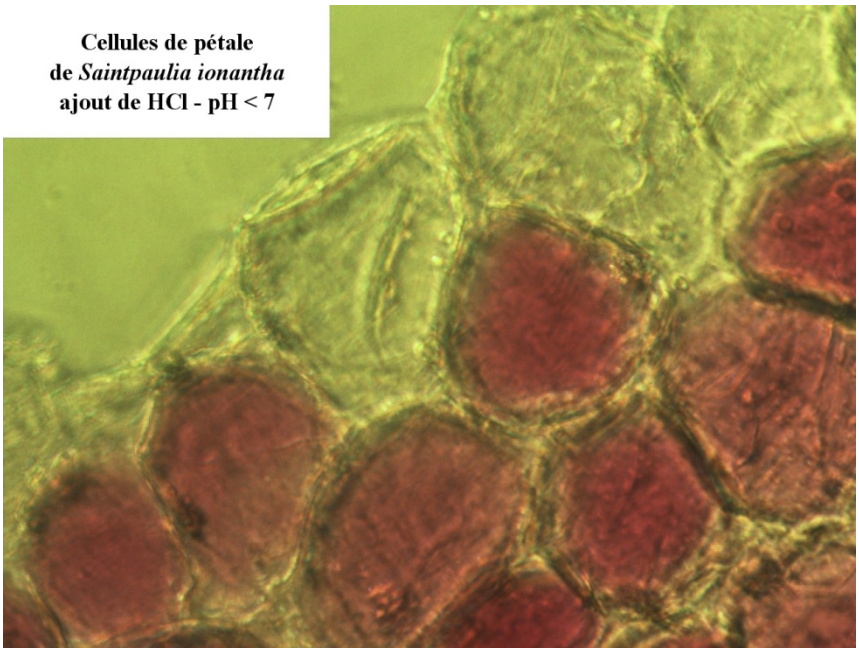
Faites appel à un examinateur pour l'évaluation de votre montage lorsque votre dessin sera terminé.

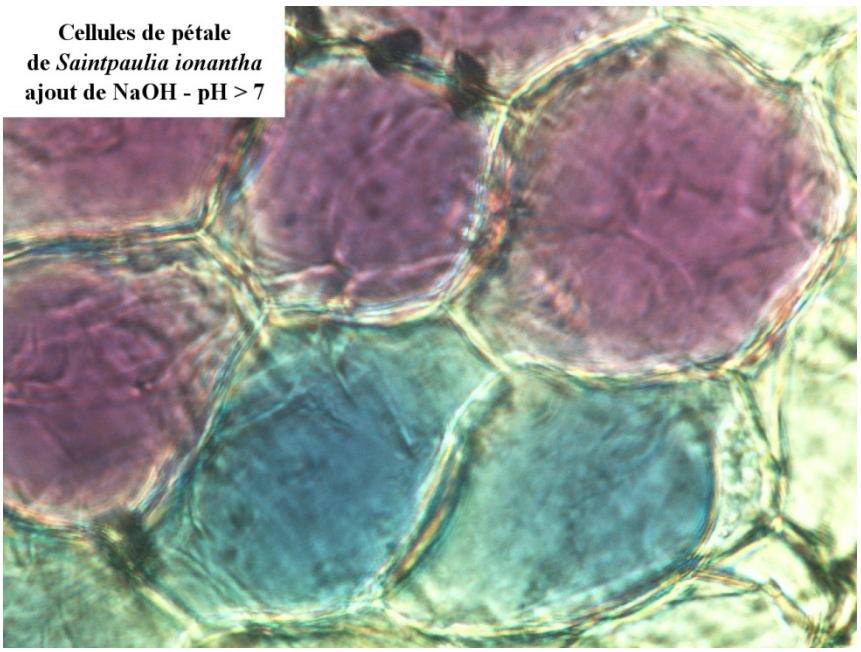
Réponse à la question I - A - 1



I – A – 2 À nouveau à partir de prélèvements sur l'échantillon n° 1, vous effectuerez deux montages microscopiques similaires mais complémentaires, l'un avec de l'acide chlorhydrique HCl en solution décimolaire (0,1 N), l'autre avec de la potasse KOH également en solution décimolaire (0,1 N). Appelez un examinateur pour contrôler chaque montage dès qu'il est réalisé et résumez dans le cadre ci-dessous vos observations à partir des trois montages réalisés.

Réponse à la question I – A - 2





I – A – 3 Faites ressortir dans une conclusion finale les caractéristiques de la coloration de cet échantillon n° 1 : De quel type de coloration s'agit-il ? Quelles sont la ou les molécules impliquées ? Quelle en est la localisation cellulaire précise et en quoi est-ce logique d'un point de vue biochimique ? Quel est l'impact des éventuelles variations de coloration dans la vie de l'espèce ?

Réponses à la question multiple I – A - 3

- type de coloration : **C'est une pigmentation véritable (biochromes).**

- molécule(s) impliquée(s) : **Ce sont des anthocyanes : la coloration change en fonction du pH du suc vacuolaire (cf. photos ci-dessus).**

- localisation cellulaire précise et logique biochimique : **Accumulation vacuolaire - dérivés de glucides, donc molécules hydrophiles.**

- impact biologique des variations éventuelles de coloration :

Selon l'évolution du pH du suc vacuolaire, la pigmentation des pétales va changer, en passant progressivement du rose au violet. La coloration violette caractéristique des fleurs de *Saintpaulia ionantha* à maturité sert de signal attractif vis-à-vis des pollinisateurs.

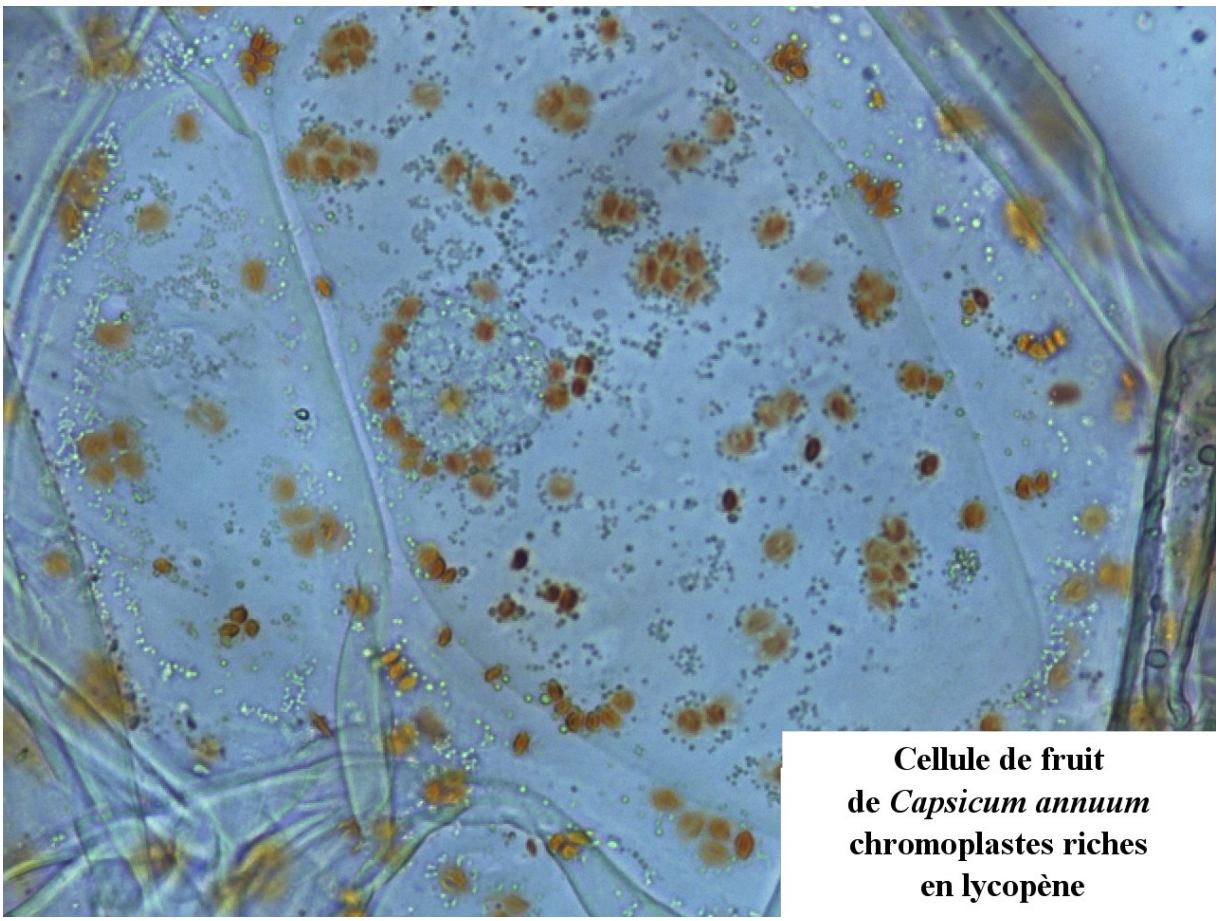
I – B : étude d'un autre type de coloration végétale, à partir de l'échantillon n° 2

L'échantillon n° 2 présente une autre coloration dont l'étude se fera selon deux approches complémentaires : une étude histologique et cytologique et aussi une analyse spectrophotométrique dont le résultat vous est fourni sous forme d'un graphique.

I – B – 1 Comme précédemment, étudiez la localisation cellulaire et intracellulaire des substances impliquées dans cette coloration : après avoir réalisé un montage microscopique à partir d'un prélèvement dans cet échantillon n° 2, représentez dans un dessin titré et légendé les structures qui contiennent les substances impliquées dans cette coloration.

Appelez un examinateur qui contrôlera votre montage et votre représentation graphique.

Réponse à la question I – B - 1



Cellule de fruit de *Capsicum annuum* chromoplastes riches en lycopène

I – B – 2 Pour caractériser plus finement le type de substances que vous avez repérées, vous disposez du résultat d'une analyse spectrophotométrique réalisée après une extraction des substances colorées, dont le protocole vous est indiqué ci-dessous, à titre d'information :

[Prélèvement de 10 g de l'échantillon n° 2 et broyage de ce prélèvement dans un mortier avec un peu d'acétone (environ 10 mL) comme solvant. Filtration du liquide ainsi obtenu. Préparation de deux tubes pour la spectrophotométrie, le "blanc", c'est-à-dire l'acétone, et l'échantillon. Mesures d'absorbance entre 350 et 750 nm]

Balayage de Spectre 19/12/2011 19:36:10

Instrument	Biowave II
Version	7121 V1.2
Numéro de Série	100829
Date	19 Décembre 2011
Temps	19:36:10

Poivron rouge, *Capsicum annuum* (lycopène)

Instrument Calibration Passe
19 Décembre 2011 19:14:34

Long.d'Onde Départ	350 nm
Long. d'Onde fin	750 nm
Mode	Absorbance

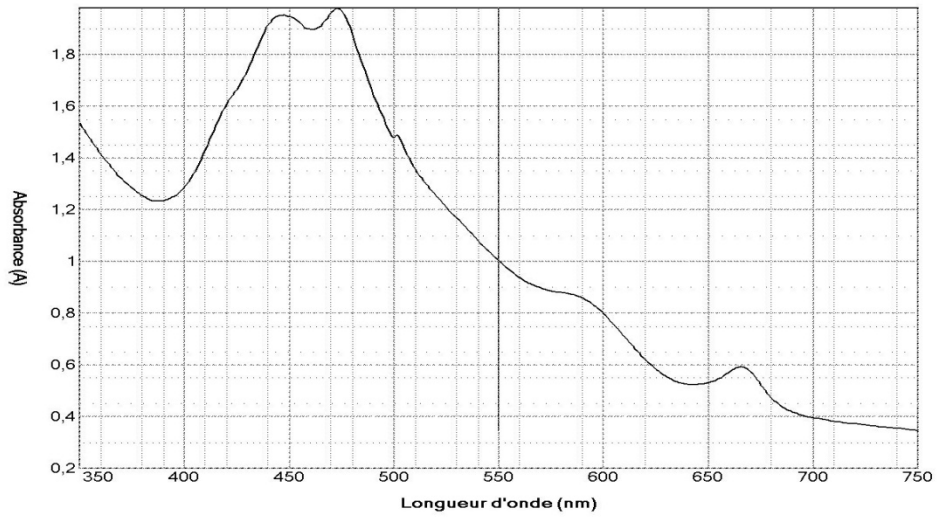
Echantillon 1

Détection Pic

Hauteur Minimum	0.00 A
Largeur Minimum	6 nm
Pics Triés Par	Longueur d'Onde

Pic nm	Absorbance A
447	1,954
473	1,980
665	0,594

Curseur nm	Absorbance A
550	1,004



serial:100829 1 Biowave II

Analysez ce graphique. D'après vos connaissances et ces mesures d'absorbance et en justifiant vos réponses, de quelle catégorie moléculaire s'agit-il ? Plus précisément quelle est la molécule qui est vraisemblablement responsable de cette coloration et comment est-elle stockée dans les cellules ?

Réponses à la question I – B - 2

- catégorie moléculaire :

Il s'agit d'un ou de caroténoïde(s) : l'acétone est un solvant apolaire qui permet la mise en solution de cette catégorie de molécules apolaires ou faiblement polaires. La coloration rouge est bien sûr également un indice. Et le spectre d'absorption obtenu est absolument typique d'un caroténoïde.

- molécule impliquée et stockage cellulaire :

L'observation microscopique doit permettre de vérifier que le pigment est stocké dans des chromoplastes et non pas dans la vacuole, ce qui serait incompatible avec le caractère hydrophobe, liposoluble, de ce type de molécules. Dans le cas du poivron rouge et de la tomate, il s'agit de lycopène ($C_{40}H_{56}$), de même formule brute que le carotène, et dont le spectre d'absorption des radiations lumineuses est très proche de celui du carotène.

Partie II - Couleurs animales - investigations sur deux modalités complémentaires de coloration.

durée conseillée : 25 minutes *barème : 4 / 20*

On se propose maintenant d'étudier de façon pratique quelques unes des caractéristiques des colorations visibles chez les animaux, en prenant comme exemple la livrée colorée d'un "poisson" téléostéen, *Salmo trutta*, la truite.

II – 1 Prélevez les structures responsables de la coloration de la livrée de l'animal et observez les au microscope (montage à l'eau distillée).

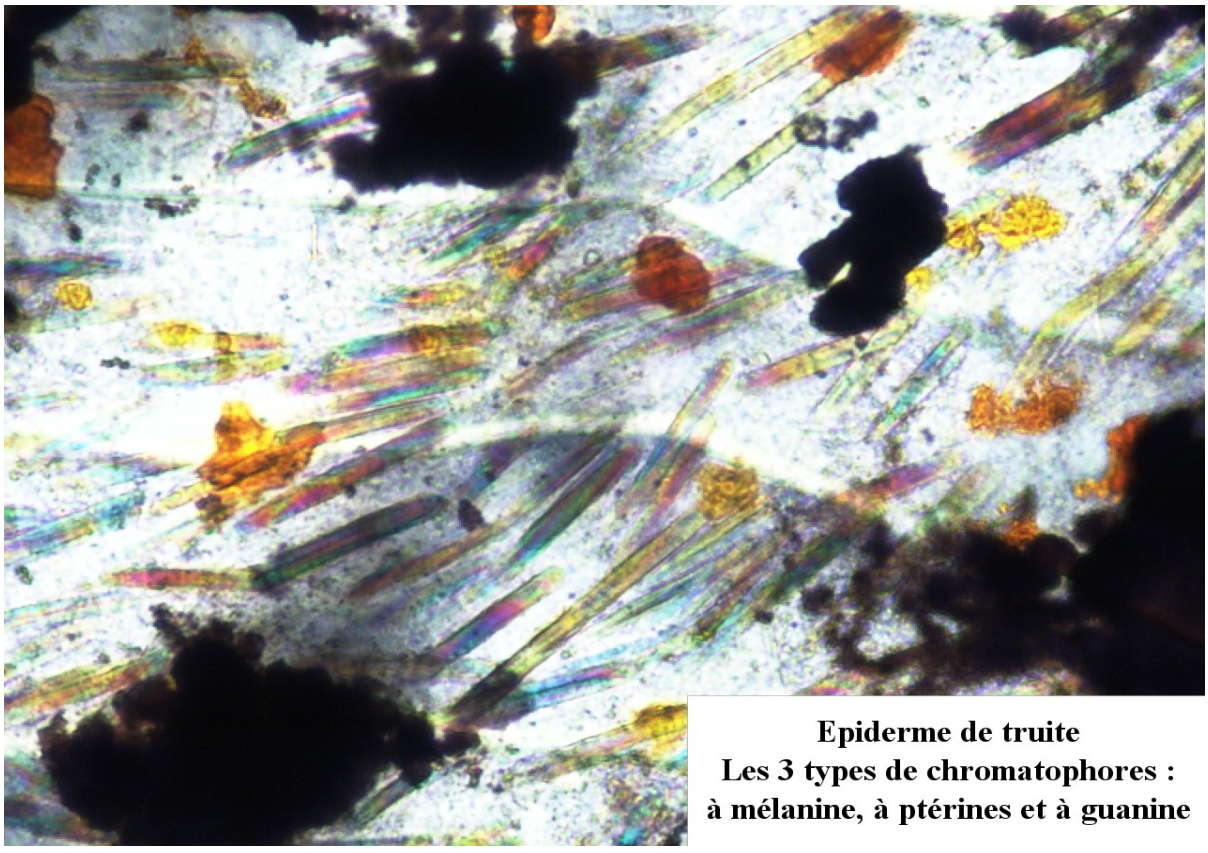
Indiquez la zone de prélèvement et rendez-compte, par un dessin d'observation titré et légendé, des structures colorées que vous avez repérées.

Appelez un examinateur qui contrôlera votre montage et votre représentation graphique.

Réponse à la question II - 1

- zone de prélèvement :

- dessin d'observation des structures observées :



Epiderme de truite
Les 3 types de chromatophores :
à mélanine, à ptérines et à guanine

II – 2 Comment peut-on appeler ces structures colorées ? Combien de types différents pouvez-vous identifier ? A quelles grandes modalités de coloration des téguments peut-on les rattacher ?

Réponses à la question multiple II - 2

- dénomination générale de ces structures colorées :

Il s'agit de chromatophores c'est-à-dire de cellules colorées présentes dans l'épiderme qui recouvre les écailles.

- nombre de types différents de structures colorées et noms spécifiques :

On peut observer trois types de chromatophores dans l'épiderme d'un téléostéen comme la truite :

1) des chromatophores à mélanine, de couleur noire, souvent de forme étoilée.

2) des chromatophores à ptérines (ou ptéridines), de couleur orangée, qui apparaissent de forme globalement ovoïde dans la plupart des cas.

3) des chromatophores à guanine (ou iridophores ou guanophores) qui se présentent en microscopie optique sous forme de baguettes irisées et qui sont très abondants dans l'épiderme latéral et ventral, ce qui donne la dominante argentée de ces zones.

- grandes modalités de coloration des téguments :

Il est possible de regrouper ces chromatophores en deux grandes catégories :

Les biochromes correspondent aux cellules pigmentaires véritables qui contiennent un ou plusieurs pigments. Ceux-ci absorbent certaines radiations lumineuses du spectre visible. La coloration finale de ces chromatophores correspond donc aux radiations peu ou pas absorbées. C'est le cas des deux premiers types, à mélanine et à ptérines.

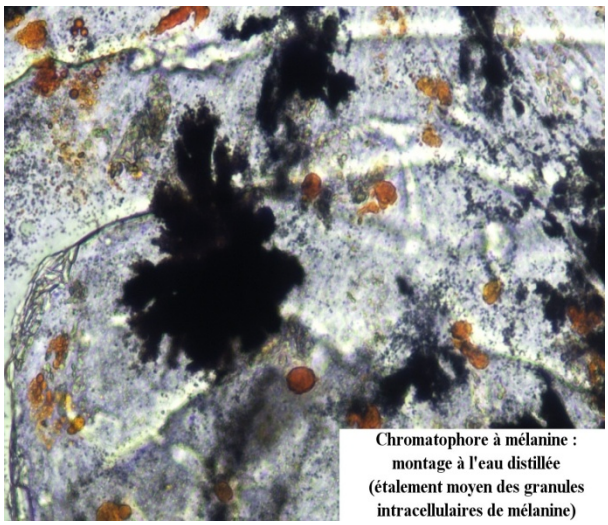
Les schémochromes sont en fait des chromatophores qui diffractent la lumière, et pas véritablement des pigments. Cela concerne ici le troisième type, les chromatophores à guanine ou iridophores ou guanophores. La conséquence sur la coloration du tégument dépend des zones considérées : lorsqu'il y a aussi des biochromes et qu'ils sont étalés, ceux-ci masquent en grande partie l'effet de ces schémochromes ; au contraire, s'il n'y a pas de biochromes ou si ceux-ci sont rétractés (cf. ci-après), alors les schémochromes jouent pleinement leur rôle de diffraction de la lumière.

II – 3 On se pose maintenant la question de comprendre le mécanisme par lequel une truite est capable d'apparaitre plus ou moins sombre selon le secteur de rivière où elle vit. Pour cela, on va s'intéresser plus particulièrement aux structures colorées les plus sombres observées dans l'étude précédente.

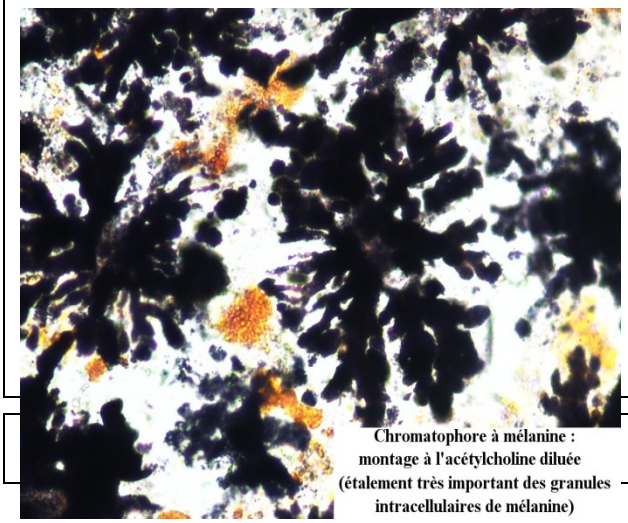
Tout en conservant votre montage microscopique précédent comme élément de référence, effectuez deux montages complémentaires, selon la même méthode, mais en utilisant pour l'un la solution diluée d'acétylcholine (solution à 0,01 N) et pour l'autre la solution diluée d'adrénaline –solution à 0,01 N) qui sont à votre disposition. **Que constatez-vous ? Indiquez dans le cadre suivant les variations observées et proposez une interprétation des effets respectifs de l'acétylcholine et de l'adrénaline.**

Appelez un examinateur pour une vérification à la fois de vos montages complémentaires et de la pertinence de vos conclusions par rapport à ceux-ci.

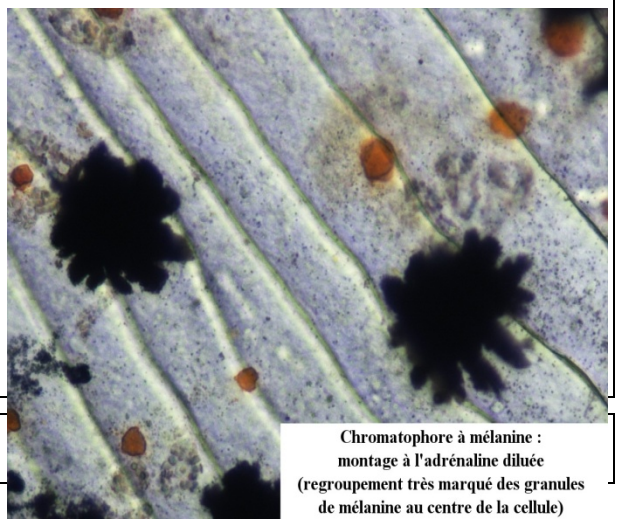
Réponse à la question II - 3



Chromatophore à mélanine : montage à l'eau distillée (étalement moyen des granules intracellulaires de mélanine)



Chromatophore à mélanine : montage à l'acétylcholine diluée (étalement très important des granules intracellulaires de mélanine)



Chromatophore à mélanine : montage à l'adrénaline diluée (regroupement très marqué des granules de mélanine au centre de la cellule)

II – 4 En guise de conclusion de cette partie II, expliquez comment une truite est capable de modifier la couleur de sa livrée en fonction du tronçon de rivière où elle vit, tronçon dont la

couleur dépend de l'environnement. Quel est l'intérêt biologique de cette capacité de modification de coloration ?

Réponse à la question II - 4

Sous l'influence de la vision et par le jeu des messages nerveux correspondants, différents neurotransmetteurs vont agir sur l'état de condensation ou de dilatation des chromatophores eux-mêmes (les biochromes fondamentalement) et surtout de la répartition des granules pigmentaires qu'ils contiennent.

Par exemple, lorsqu'une truite vit dans une rivière en pays calcaire, il y a rétraction et condensation des chromatophores à mélanine et à ptérines, et donc les schémochromes à guanine confèrent une coloration claire, argentée, à cette truite. Pour une truite vivant dans une rivière qui coule en zone basaltique, la perception de cet environnement sombre conduira *in fine* à la dilatation et à l'étalement des granules des chromatophores à mélanine. Enfin, si le fond la rivière est plutôt sableux, de couleur jaunâtre, alors la part des chromatophores à ptérines, par leur étalement plus important, sera prépondérante.

Ces réactions variables selon la couleur de l'environnement permettent aux truites de se confondre par homochromie dans leur milieu de vie et ainsi de réaliser leur activité de prédation de façon plus efficace grâce à ce camouflage homochromique. Cela implique une vision colorée de la part de ces animaux.

Partie III - Couleurs et vision colorée : étude anatomique et histologique des structures impliquées dans la vision des couleurs

durée conseillée : 45 minutes *barème : 7 / 20*

La coloration des êtres vivants est perceptible par les animaux grâce à l'intervention d'organes ou de tissus spécialisés dans la perception des variations des signaux colorés de l'environnement, l'émission des messages nerveux correspondants et ensuite leur traitement par différentes unités du système nerveux central encéphalique. Cette partie III est fondée sur l'étude partielle de ces éléments qui participent au traitement global des informations visuelles.

III – A Etude de l'encéphale de *Salmo trutta*, la truite, en relation avec la vision.

Procédez à la dissection de l'encéphale de la truite, tout en dégageant également les unités sensorielles impliquées dans la vision et leurs connexions avec l'encéphale.

Vous effectuerez un dessin titré et légendé correspondant à cette dissection et aux objectifs indiqués ci-dessus.

Une fois ce dessin terminé, vous appellerez un examinateur pour évaluer l'ensemble de la dissection demandée et la représentation graphique associée.

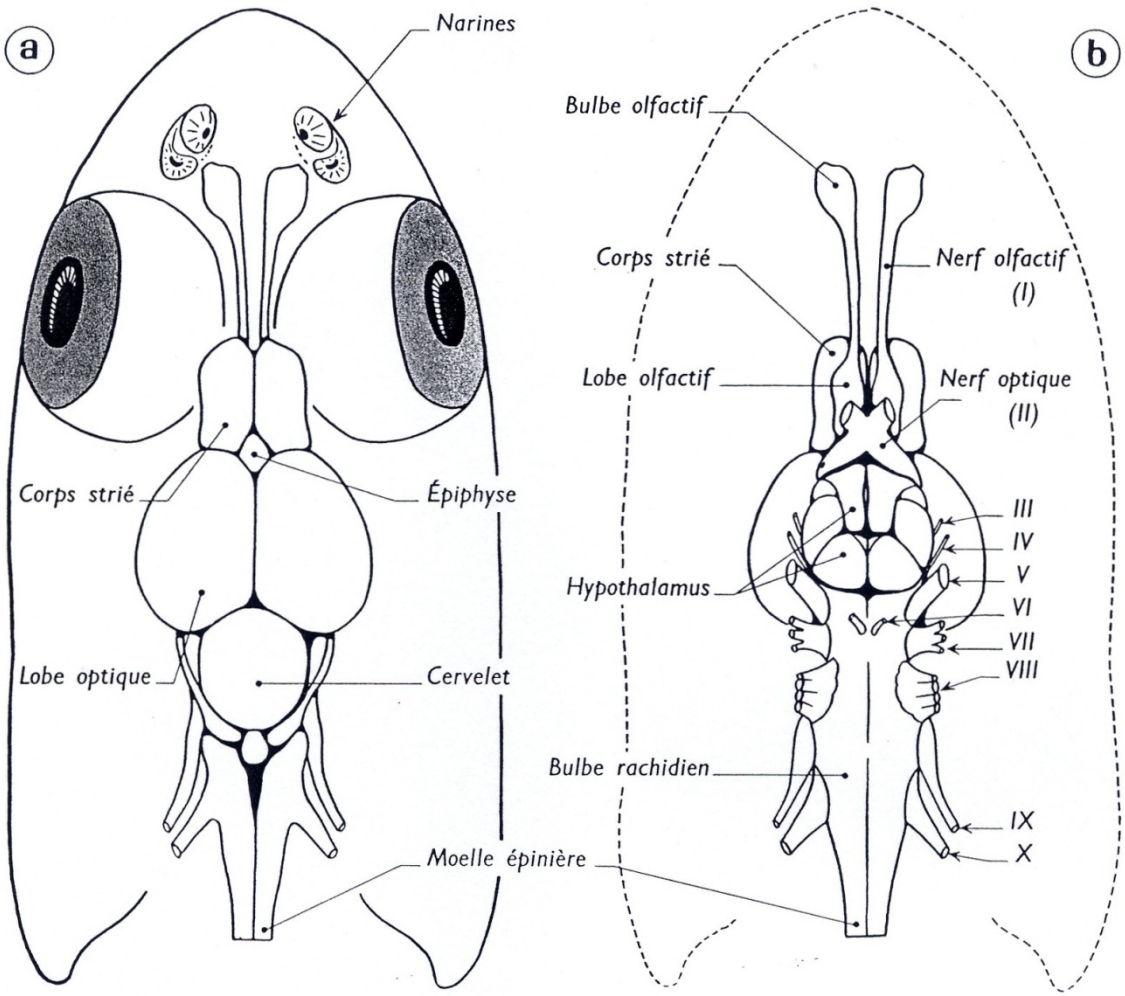
Dessin d'observation correspondant à la question III – A



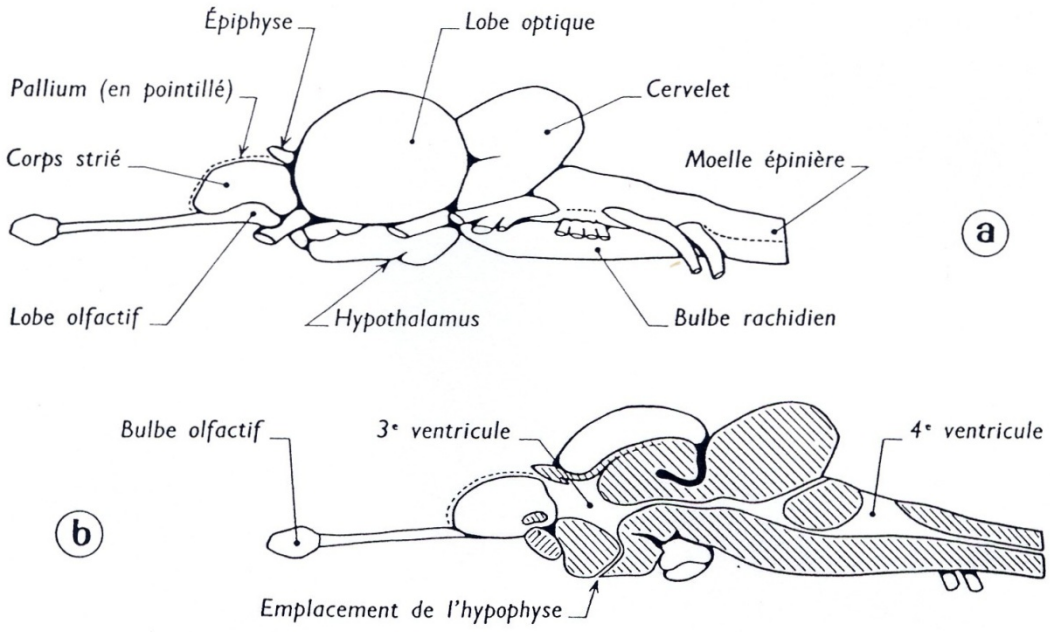
Encéphale de truite
(vue dorsale)



Encéphale de truite
(vue ventro-latérale)



10. — *Étude de l'encéphale : face dorsale* (a) *et face ventrale* (b).



11. — *Étude de l'encéphale (suite) : profil* (a) *et coupe longitudinale* (b).

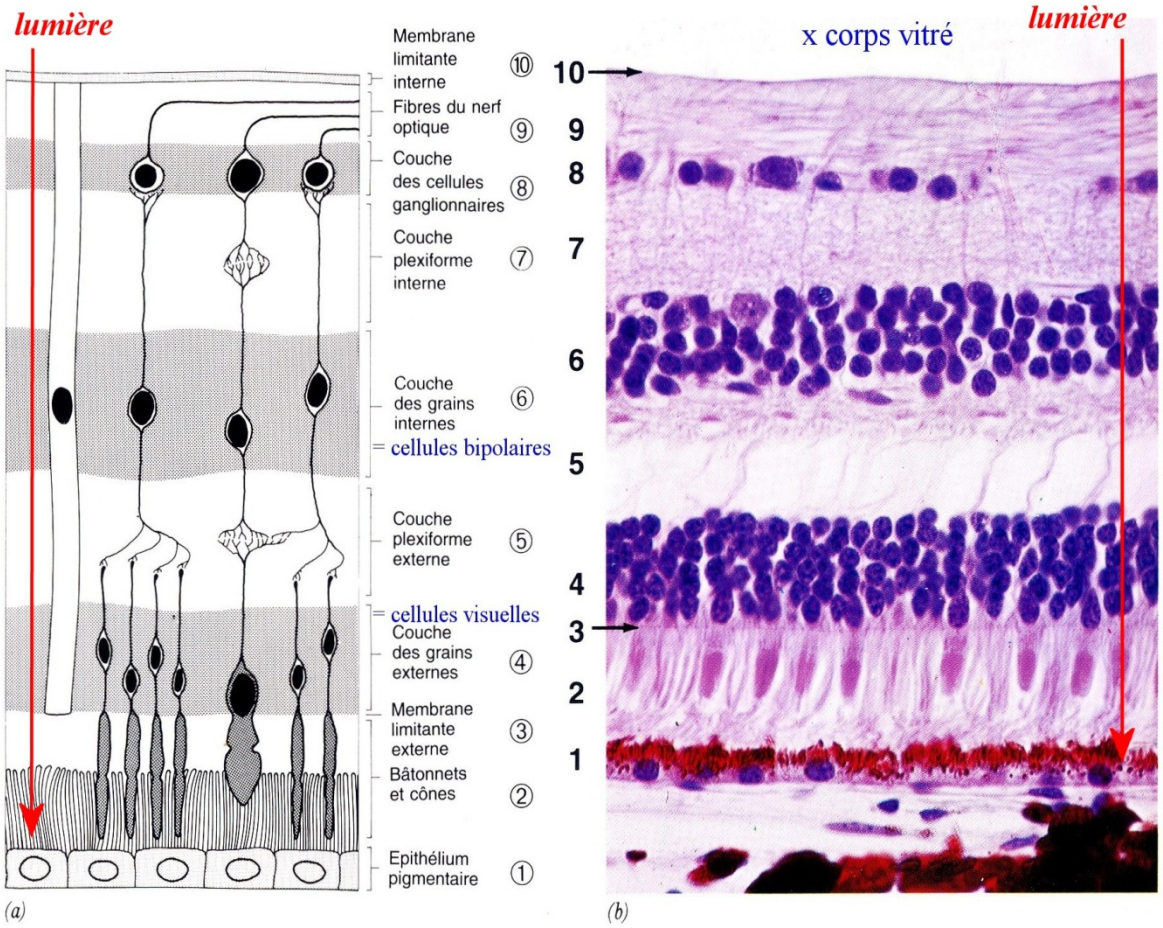
Encéphale de gardon, *Rutilus rutilus*

III – B Observation histologique de la préparation microscopique fournie.

On s'intéresse pour finir aux éléments qui permettent la perception initiale des couleurs. Vous disposez d'une préparation commerciale, déjà colorée et fixée, qui vous permettra d'étudier les structures cellulaires impliquées dans cette perception initiale et dans les premiers traitements de messages effectués avant le transfert vers l'encéphale.

III – B – 1 Etudiez cette coupe histologique dans la zone qui à votre avis est la plus impliquée dans la vision des couleurs. Faites en un dessin d'observation complètement renseigné sur lequel vous indiquerez le trajet de la lumière.

Dessin d'observation correspondant à la question III – B - 1

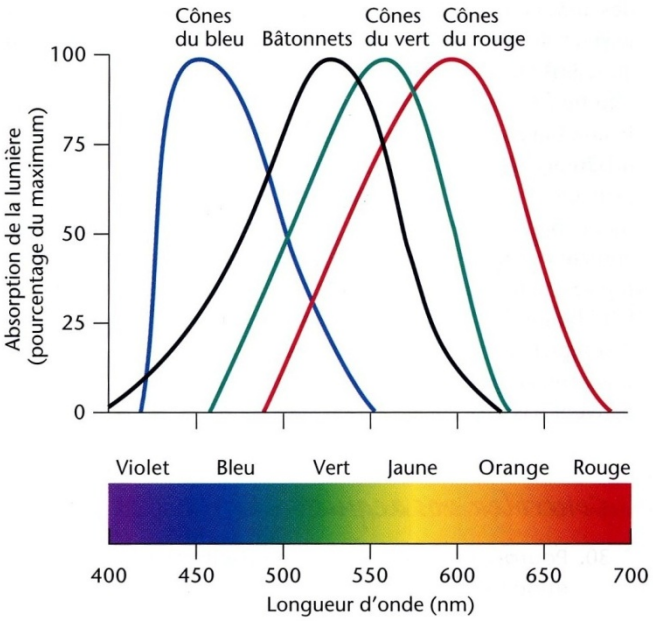


Rétine *(a) Schéma (b) H & E × 640*

III – B – 2 D'après vos connaissances et en vous appuyant sur l'observation précédente, expliquez comment se déroule la vision des couleurs chez les mammifères. Quelles sont les cellules qui permettent la perception initiale ? Quel est le principe de la transduction ? Quels rôles peut-on attribuer aux autres cellules observables dans la coupe histologique étudiée ?

Réponse à la question III – B - 2

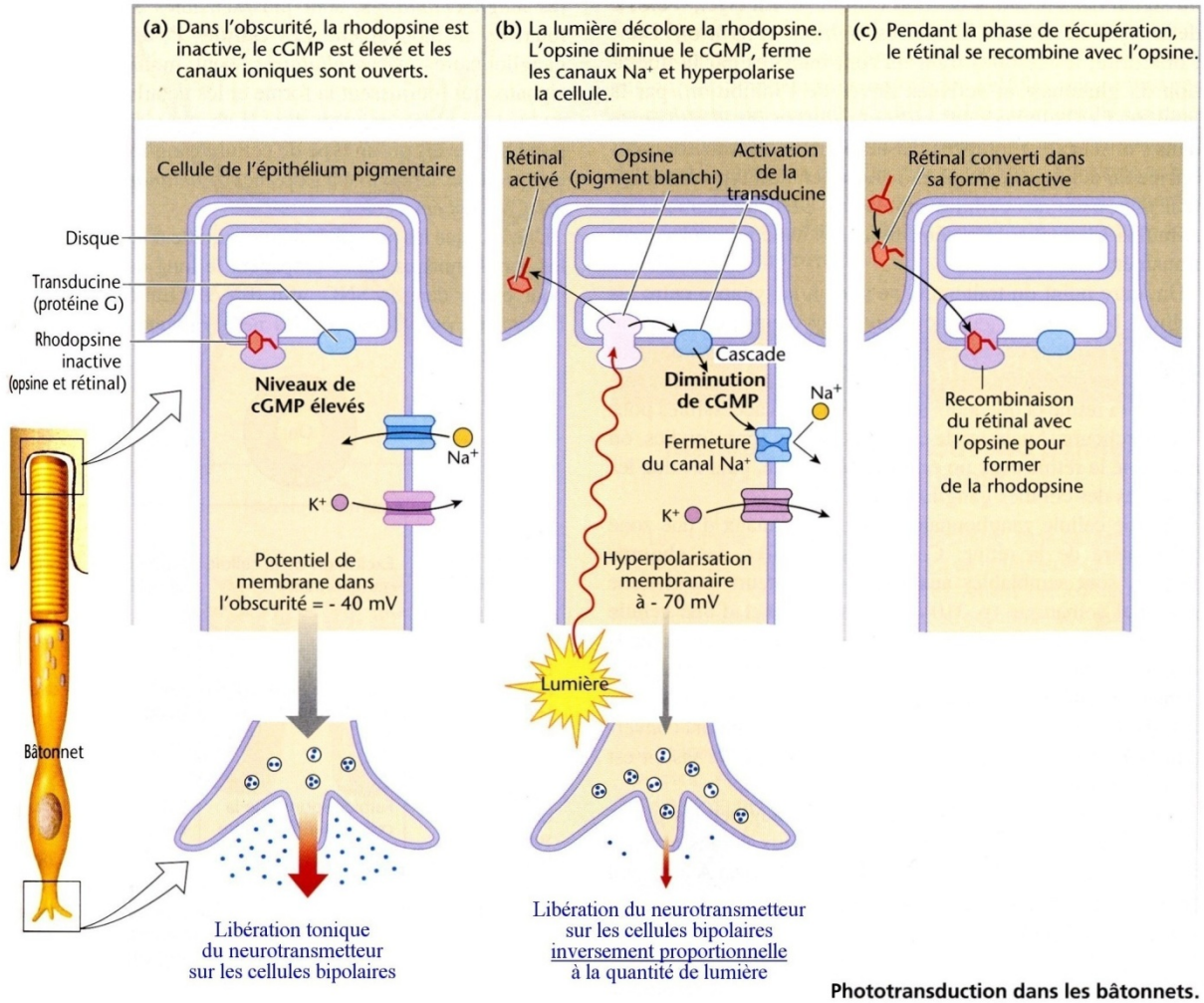
La rétine comprend dans la couche des cellules visuelles trois types de cellules à cône, certaines plus sensibles aux radiations bleues, d'autres plus sensibles aux radiations vertes et enfin la troisième catégorie plus sensibles aux radiations orangées ou rouges. Mais les spectres respectifs d'absorption se chevauchent plus ou moins, comme on le voit dans le document suivant :



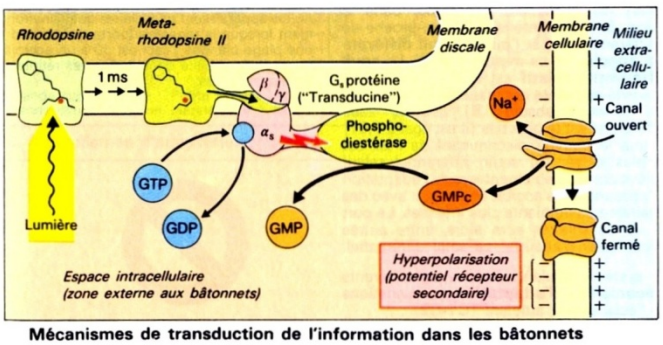
Absorption de la lumière par les pigments visuels. Il existe trois types de pigments pour les cônes, chacun ayant un spectre d'absorption de la lumière qui lui est propre.

Les grandes lignes des mécanismes de la transduction initiale du signal lumineux incident en message "nerveux" visuel sont attendues. Ces mécanismes étant très similaires pour la vision en noir et blanc permise par les cellules visuelles à bâtonnet et pour la vision en couleurs grâce aux cellules visuelles à cône, des trois types, on peut considérer le cas des cellules à bâtonnet qui est plus classiquement présenté dans la bibliographie scientifique. Concrètement les radiations lumineuses atteignent les prolongements en forme de cône ou en bâtonnet (segment externe d'une cellule visuelle) ; elles interagissent au niveau des disques membranaires de ces prolongements avec le pigment lié à une opsine (rhodopsine par exemple) en l'activant en méta-rhodopsine. Celle-ci active alors une protéine G, la transducine, qui va à son tour activer une enzyme, la phospho-diestérase. La conséquence est une diminution de la quantité de GPMc dans ces cellules visuelles, ce qui se répercute par une fermeture plus ou moins marquée de canaux ioniques membranaires GPMc-dépendants : l'ion

Na^+ ne peut plus entrer dans ces cellules, ce qui aboutit à une hyperpolarisation des cellules visuelles et donc à une moindre libération de neurotransmetteur dans la synapse avec les cellules bipolaires situées dans la couche voisine de la rétine. En résumé, plus le stimulus lumineux sera important, moins il y aura de neurotransmetteur libéré et moins il y aura de potentiels d'action visuels dans le message nerveux visuel circulant vers l'encéphale.



Phototransduction dans les bâtonnets.



Mécanismes de transduction de l'information dans les bâtonnets

Partie IV - Importance de ces colorations dans la biologie des êtres vivants : reconnaissance thématique à partir de documents photographiques.

durée conseillée :10 minutes *barème : 2 / 20*

Etudiez les documents photographiques des pages suivantes et complétez le tableau ci-dessous :

Numéro	Identification aussi précise que possible	Contexte biologique dans lequel la coloration est importante
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

1





2



3



4



5



6



7



8



9



10



Pour les animaux, les noms communs seuls ont été acceptés. Pour les végétaux figurant dans les flores classiques des candidats, les noms scientifiques étaient également attendus, en plus des noms vernaculaires.

Etudiez les documents photographiques des pages suivantes et complétez le tableau ci-dessous :

Numéro	Identification aussi précise que possible	Contexte biologique dans lequel la coloration est importante
1	*Vespa germanica*, la guêpe commune, et *Syrphus ribesii*	mimétisme batésien : une espèce inoffensive ressemble à une espèce dangereuse
2	cynorhodon : faux-fruit de *Rosa canina*, l'églantier	pigmentation d'un faux-fruit attirant des animaux consommateurs et conséquences sur la dissémination
3	*Misumena vatia*, la thomise jaune, sur un capitule de composée	camouflage par homochromie, dans le cadre de l'activité de prédation
4	*Salvia pratensis* (sauge des prés) en fleur et *Apis mellifica* (abeille domestique)	attraction des polinisateurs par des fleurs colorées : pollinisation entomophile peu ou pas spécialisée
5	*Oophaga pumilio* = *Dendrobates pumilio* "grenouille des fraises"	aposématisme (couleurs avertissantes) : attention, je suis mortelle ! (batrachotoxine)
6	prunes jaunes (mirabelles)	fruits pigmentés par des flavones : attraction des consommateurs et conséquences sur la dissémination
7	*Phyllium giganteum,* la phyllie géante	camouflage par mimétisme homochromique (et homotypique aussi)
8	chenille de *Cerura vinula*, la queue-fourchue	colorations intimidantes faisant fuir des prédateurs éventuels
9	*Ophrys tenthredinifera*, l'ophrys guêpe, et son pollinisateur spécifique, *Eucera nigrilabris*, l'abeille cornue	couleurs attractives spécifiques vis-à-vis d'un pollinisateur précis
10	papillons : *Danaus plexippus*, le monarque, et *Limenetis archippus,* le vice-roi	mimétisme müllérien : ressemblance de motifs et de couleurs avertissantes entre deux espèces néfastes (toxiques) non apparentées

5.5.2 Commentaires

Cette épreuve de contre-option b du secteur B destinée aux candidats des secteurs A et C avait pour thème général les couleurs chez les êtres vivants. A travers différentes observations, associées à quelques manipulations (montages microscopiques, utilisation de quelques produits chimiques, dissection), il s'agissait d'étudier de façon très concrète quelques modalités de ces colorations et leurs conséquences dans la biologie des espèces concernées.

L'épreuve de TP b comportait quatre parties, trois d'entre elles nécessitant des manipulations pratiques, de telle sorte que les études demandées puissent aboutir à des conclusions pertinentes. En fonction du barème global indiqué en première page du sujet, il était donc important que les candidats s'organisent dans leur préparation et utilisent au mieux le temps forcément court de cette épreuve.

Un grand nombre de candidats a mal géré ce temps de travail, d'où une partie III consacrée à la vision des couleurs, comportant la dissection de l'encéphale de la truite, qui a été délaissée par de trop nombreux candidats.

La quatrième partie correspondait à des reconnaissances à partir de photographies incluses dans le sujet, sur une durée conseillée de 10 minutes, mais toujours en relation avec ce thème général des couleurs des êtres vivants.

Les résultats globaux suivants ont été obtenus : moyenne de 8,5, note minimale de 3,1, note maximale de 15.4 et écart-type de 2.2, ce qui montre que l'épreuve a pleinement joué son rôle de repérage et d'évaluation discriminante des compétences en travaux pratiques des candidats et aussi de leur aptitude à dégager des conclusions pertinentes à partir de leurs observations. Les résultats sont quasiment identiques entre les candidats des secteurs A et C, tant pour les moyennes et l'amplitude des notes que pour les écart-types. Mais cela est variable selon les exercices et les capacités évaluées, les candidats du secteur C présentant globalement une moins bonne aptitude aux observations initiales mais une meilleure interprétation et intégration des observations vis-à-vis de la biologie des organismes par rapport aux candidats du secteur A. Les meilleures notes obtenues lors de cette session montrent à l'évidence qu'il est possible de bien réussir cette épreuve grâce du bon sens et une bonne démarche méthodologique dans l'analyse du sujet et dans la réalisation des exercices proposés, le tout associé à une harmonieuse répartition du temps de travail en fonction du barème indiqué.

Passons maintenant aux principaux éléments que le jury souhaitait retrouver dans les prestations pratiques, évaluées immédiatement en salle d'épreuve, et les compte-rendus et conclusions associés que chaque candidat devait remettre en fin de séance. Le contenu scientifique lui-même ne sera que peu mentionné dans ce rapport, puisque le corrigé de l'épreuve figure dans les pages suivantes, avec les réponses attendues dans les cadres correspondants. Ce corrigé comporte différents documents complémentaires (photographies de référence pour les observations, conclusions principales attendues, corrigé pour les reconnaissances…), donc la pagination initiale du

sujet s'en trouve modifiée mais le lecteur pourra se repérer facilement grâce à la numérotation identique des parties et sous-parties de l'épreuve.

Un élément important à signaler est le manque très marqué de réalisme des dessins d'observation demandés par rapport à ce qu'on observe dans la cuvette à dissection (encéphale de truite), sous la loupe binoculaire ou encore au microscope. Ce phénomène est malheureusement trop fréquent. Le jury est évidemment très attentif à l'adéquation entre les observations et les comptes-rendus sous forme de dessins titrés et légendés. Et les éléments d'informations du titre et des légendes doivent être suffisamment étoffés d'un point de vue technique (quel montage ? quel colorant ? quel instrument d'observation ? etc…) et scientifique (légende aussi complète que possible par rapport à ce qu'on observe réellement). Enfin, les candidats doivent impérativement utiliser le cadre graphique à leur disposition dans le sujet et réaliser leur mise en page dans ce cadre prédéfini.

De façon générale, le jury insiste sur la qualité indispensable des montages microscopiques, trop de montages étant mal préparés :

- Manque de discernement et de bon sens dans l'approche initiale du problème à étudier : prenons l'exemple du repérage des structures colorées de la peau de la truite pour illustrer ce point. Le simple examen visuel de l'animal permettait de repérer au moins trois types de colorations différentes : des zones de couleur argentée nacrée, plutôt en position latérale et ventrale, des taches jaune orangé en zone dorso-latérale et enfin des taches beaucoup sombres, noirâtres, dans cette même zone. Cette simple observation permettait déjà de supposer l'existence d'au moins trois types de structures colorées, d'où l'intérêt de réaliser un prélèvement dans la zone dorso-latérale, un peu au-dessus de la ligne latérale.
- Zone de prélèvement mal choisie car de façon précipitée (cf. ci-dessus).
- Prélèvements trop volumineux, montés sans dilacération et sans étalement.
- Inadéquation totale entre le choix du matériel d'optique et l'observation à réaliser : un nombre non négligeable de candidats ont présenté aux examinateurs les chromatophores de la truite sous la loupe binoculaire, ce qui n'est évidemment pas adapté à une étude précise de ces différentes cellules.
- Mauvais réglage fréquent de l'éclairage du microscope : l'intensité lumineuse est souvent trop forte, les intérêts respectifs du diaphragme et du condenseur étant souvent complètement ignorés par les candidats.
- Passage beaucoup trop rapide au fort ou très fort grandissement du microscope, sans avoir repéré au préalable la zone la plus intéressante de la préparation en prospectant d'abord au faible puis au moyen grandissement.

Partie I – Quelques aspects cytologiques et biochimiques de la coloration chez les angiospermes

Cet exercice pratique en deux parties avait comme objectif le repérage et l'étude de deux types de pigmentation chez les angiospermes, par des anthocyanes d'une part en utilisant les fleurs de *Saintpaulia ionantha*, et par des caroténoïdes d'autre part, plus précisément le lycopène, par l'étude du fruit du poivron rouge, *Capsicum annuum*.

Anthocyanes des cellules de pétale de fleur de Saintpaulia

Ce premier exercice assez sécurisant a été assez bien réussi pour sa partie pratique par nombre de candidats, une petite minorité l'ayant négligé. D'un abord expérimental aisé, il devait permettre à tout candidat de se mettre en confiance par quelques montages simples à l'eau, puis avec une solution d'HCl et enfin avec une solution de KOH. Attention par contre à ne pas compliquer inutilement le sujet comme l'ont fait certains candidats : il n'était ici nullement demandé de réaliser une coupe transversale de pétale, alors qu'un simple prélèvement d'épiderme de pétale suffisait pour étudier ces pigments ! De même, comme l'énoncé l'indiquait, il fallait prendre garde à appeler rapidement l'examinateur pour le montage avec KOH (idem avec NaOH) car les bases ont la propriété de détruire les cellules épidermiques qui perdent ainsi très rapidement leur coloration bleu-vert. Ce problème étant souvent découvert lors du passage de l'examinateur. Il est conseillé aux candidats de vérifier préalablement ce qu'ils veulent montrer.

Dans les faits, comme cela est indiqué dans le préambule, d'une part l'adéquation entre le dessin et l'observation fait souvent défaut, d'autre part titre et légendes restent imprécis et incomplets.

L'interprétation est assez décevante : le stockage vacuolaire apparaissait comme une évidence au microscope donc le caractère hydrophile du pigment se déduisait facilement. Les virements de teinte provoqués par HCl et par KOH devaient permettre d'aboutir de façon indiscutable à un pigment anthocyanique, en l'occurrence la malvidine, ce dernier terme n'étant évidemment pas attendu par le jury. Or cette démarche logique dans l'interprétation est souvent absente. Au final, l'importance biologique de cette pigmentation qui évolue au cours du temps selon les modifications du pH vacuolaire n'est pas toujours reliée à son impact sur les pollinisateurs, en particulier les insectes, l'aspect protecteur face aux UV étant souvent mis en avant comme un aspect majeur, ce qui n'est pas le cas dans ce contexte.

Enfin, il était important de ne pas consacrer trop de temps à ce premier exercice, aux dépens des autres parties du sujet. Le barème général et la durée conseillée, indiqués en première page, devaient servir de garde-fou pour éviter ces dépassements d'horaires.

Chromoplastes à lycopène des cellules du fruit du poivron rouge

Les remarques sont similaires : les montages sont souvent de bonne qualité, avec toutefois un peu plus de montages moins réussis, le prélèvement s'avérant un peu plus difficile. On retrouve la même défaillance fréquente dans la qualité du rendu graphique, notamment des chromoplastes dans lesquels on pouvait voir fréquemment les petites aiguilles caractéristiques du lycopène, ce qui se

retrouve de façon trop peu fréquente dans les dessins réalisés. De même la pertinence de l'interprétation (chromoplastes contenant un caroténoïde) fait souvent défaut, alors que l'analyse du spectre d'absorption inclus dans le sujet confirmait très nettement cette catégorie moléculaire. Là encore, le manque de logique et de méthode dans les conclusions diminue nettement la note finale de l'exercice dans beaucoup de cas.

Partie II – Couleurs animales : investigations sur deux modalités complémentaires de coloration

Il s'agissait dans cette deuxième partie de « mener une enquête » pour repérer puis caractériser les différents types de cellules pigmentaires (nous utiliserons le terme générique de chromatophores) présentes dans la peau de la truite. Une proposition de démarche méthodologique rationnelle aboutissant à une étude correcte de ces chromatophores a servi d'exemple dans l'introduction de cette partie du rapport « b » et le lecteur peut s'y reporter.

Les constats sont les suivants, sur l'ensemble des candidats A et C :

- La zone de prélèvement est assez souvent mal choisie, en dépit de l'objectif affiché. La zone la plus intéressante est la zone dorso-latérale, un peu au-dessus de la ligne latérale.

- Les premiers montages à l'eau distillée sont souvent trop épais, voire dans certains cas très très épais, plus proches du « tournedos » que d'un montage microscopique. Cela ne gêne pas pour l'observation des mélanocytes mais les autres chromatophores ne sont alors plus discernables ou avec de grandes difficultés. De plus, cela rendait alors totalement impossible la bonne réalisation des tests ultérieurs avec l'acétylcholine et l'adrénaline, les solutions diluées ne pouvant avoir aucune action sur de tels échantillons. Par ailleurs, d'excellents montages ont été réalisés par un nombre conséquent de candidats. Le prélèvement d'une ou deux écailles suffisait amplement. L'exercice s'est ainsi révélé très discriminant.

- Le mauvais repérage des trois types principaux de chromatophores (deux ont souvent été reconnus) ne pouvait conduire qu'à une conclusion partielle, voire très partielle, dans la majorité des cas.

- Pour les deux montages complémentaires avec des solutions diluées d'acétylcholine d'une part et d'adrénaline d'autre part, là encore une exploration globale de la lame microscopique d'abord au faible grandissement puis au moyen et enfin au fort grandissement sur une zone caractéristique devait permettre de repérer les effets correspondants sans difficulté. Il était alors facile de constater que l'acétylcholine provoquait un étalement très marqué des granules de mélanine dans les mélanocytes (les chromatophores à ptérines présentent eux aussi un phénomène de dilatation) : la peau apparaît ainsi plus colorée, notamment plus sombre. De même, en repérant progressivement une zone favorable sur la préparation avec l'adrénaline, on pouvait facilement voir l'effet inverse de regroupement des granules au centre de chaque mélanocyte, d'où un éclaircissement général de la peau de la truite. Que dire alors des candidats qui ont dégagé des conclusions inverses, soit du fait de préparations mal observées ou bien mal annotées (Ach. versus Adr.) et présentées en ordre inverse, soit par invention pure et simple de conclusions non fondées sur des observations mais sur des *« a*

priori » du type « l'adrénaline est l'hormone du stress donc cela provoque un étalement des granules de mélanine dans les mélanocytes. »

Partie III – Couleurs et vision colorée : étude anatomique et histologique des structures impliquées dans la vision des couleurs

La première activité de cette partie III correspondait à la dissection de l'encéphale de la truite de façon à mettre en évidence les différents territoires encéphaliques et de dégager aussi les connexions nerveuses impliquées dans la vision (yeux, nerfs optiques, chiasma optique).

C'est finalement l'exercice qui a été le moins réussi, avec un assez grand nombre de candidats (30 %) qui n'ont pas abordé du tout la dissection. Certes il fallait prendre le temps nécessaire pour cette dissection mais cela fait partie de la gestion du temps de l'épreuve par les candidats. Le fait de négliger d'emblée une grande partie du sujet conduit forcément à une érosion de la note finale.

Pour ceux qui ont pratiqué cette dissection, rappelons que chaque candidat doit avoir le matériel adapté et dans le cas présent il fallait utiliser les bons outils : pas de découpe aux ciseaux fins et encore moins aux gros ciseaux mais au contraire il fallait privilégier l'utilisation un scalpel avec une lame neuve pour araser la boîte crânienne, puis continuer avec les pinces fines.

L'observation devait conduire à un dessin titré et légendé mais la méconnaissance des territoires d'un encéphale de téléostéen est fréquente. Le jury a évidemment sanctionné lourdement les candidats qui ont inventé leur dessin, alors même que la dissection n'avait pas été réalisée.

Enfin, la deuxième activité de cette partie III avait pour objet une coupe de rétine de mammifère, de façon à réaliser une étude histologique de ce tissu d'origine nerveuse. Des erreurs multiples ont été observées, aussi bien pour les cellules photo-réceptrices à cônes ou à bâtonnets que pour les cellules bipolaires ou encore les cellules ganglionnaires. Cette grande hétérogénéité scientifique se retrouve de façon encore amplifiée dans les connaissances de base demandées en dernière question sur la vision des couleurs chez les mammifères.

Partie IV – Importance de ces colorations dans la biologie des êtres vivants : Reconnaissance thématique à partir de documents photographiques.

Cet exercice se déroulait sur un temps conseillé de 10 minutes, à partir de photographies car le nombre important d'observations à évaluer *in situ* pendant l'épreuve par le jury pour les trois premières parties rendait impossible l'organisation d'une rotation sur des postes de démonstration. Les candidats devaient renseigner une grille en indiquant pour chaque photographie, simple ou double, l'identification de l'espèce ou des espèces observables (nom commun ou vernaculaire, nom scientifique, taxon d'appartenance) et le contexte biologique dans lequel la coloration est importante.

Le nom scientifique était attendu pour les végétaux car les candidats avaient tous accès à une flore mais n'était pas attendu systématiquement pour les animaux : par exemple, un candidat qui a indiqué thomise jaune (ou même araignée-crabe) pour la photo n° 3 avait le maximum des points pour cette photographie s'il indiquait nettement que ce camouflage par homochromie était fondamental dans l'activité de prédation de cette espèce.

Les résultats de cet exercice sont extrêmement contrastés, entre des candidats dont les connaissances biologiques naturalistes sont extrêmement faibles (la phyllie de la photo n° 7 est confondue avec une « menthe religieuse », espèce véritablement extraordinaire…) et des candidats qui à l'opposé possèdent une bonne culture naturaliste, avec tous les intermédiaires entre ces deux extrêmes.

Conclusion

Le bilan global qu'on peut dégager de ces analyses est le suivant : chacune des grandes parties du sujet de contre-option « b » a pleinement joué son rôle de repérage et d'évaluation des candidats, avec un niveau de discrimination légèrement atténué pour la partie III mais celle-ci reste finalement efficace. Pour les futures sessions du concours, le jury recommande fortement aux futurs candidats de développer leur approche naturaliste et pratique des problèmes biologiques, fondée sur une démarche méthodologique à la fois rigoureuse et progressive.

5.6 ÉPREUVE DE CONTRE-OPTION SECTEUR C

5.6.1Sujet

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2011

TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE-OPTION DU SECTEUR C

CANDIDATS DES SECTEURS A ET B

Durée totale : 2 heures

Géologie du Jura

L'épreuve comprend 3 parties

Partie I - Etude de Cartes Géologiques

durée conseillée : 45 minutes *barème : 7 / 20*

Partie II - Etude sédimentologique et stratigraphique

durée conseillée : 45 minutes *barème : 8 / 20*

Partie III - Erosion et modelé des paysages

durée conseillée : 30 minutes *barème : 5 / 20*

Le Jura, situé à l'est de la France, forme un arc qui s'étend de la Forêt Noire vers le Nord-Ouest jusqu'aux Alpes vers le Sud. A l'Est il borde la Suisse et à l'Ouest le fossé Bressan. Cette épreuve porte sur quelques aspects de l'histoire géologique du Jura français.

Partie I – Etude de Cartes Géologiques

Vous trouverez figure 1A et 1B, la carte géologique de Chalon-sur-Saône au 1/250 000ème et un extrait de la légende.

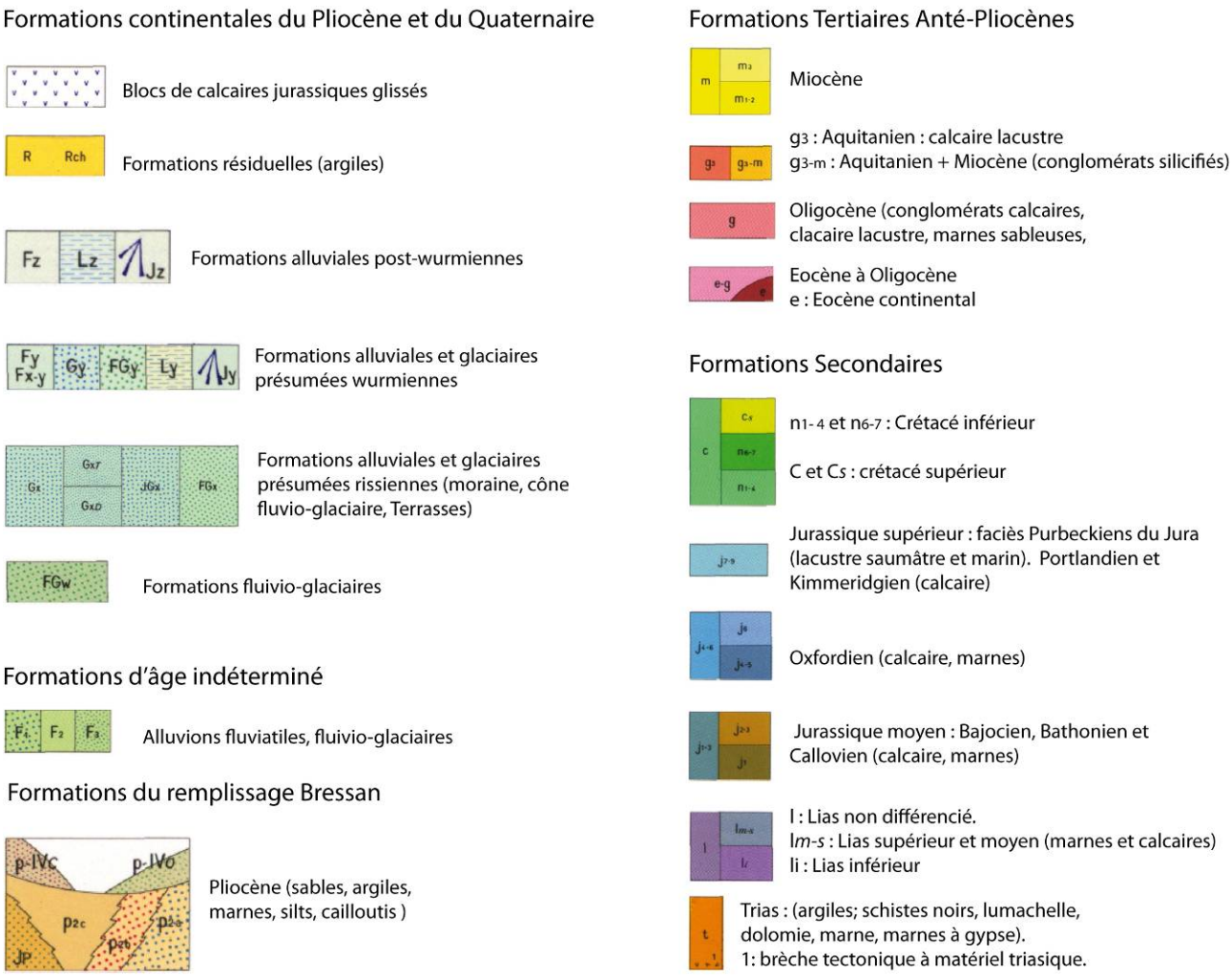


Figure 1A: Extrait de la légende carte Géologique de Chalon-sur-Saône au 1/250 000 ème.

Légende du schéma structural

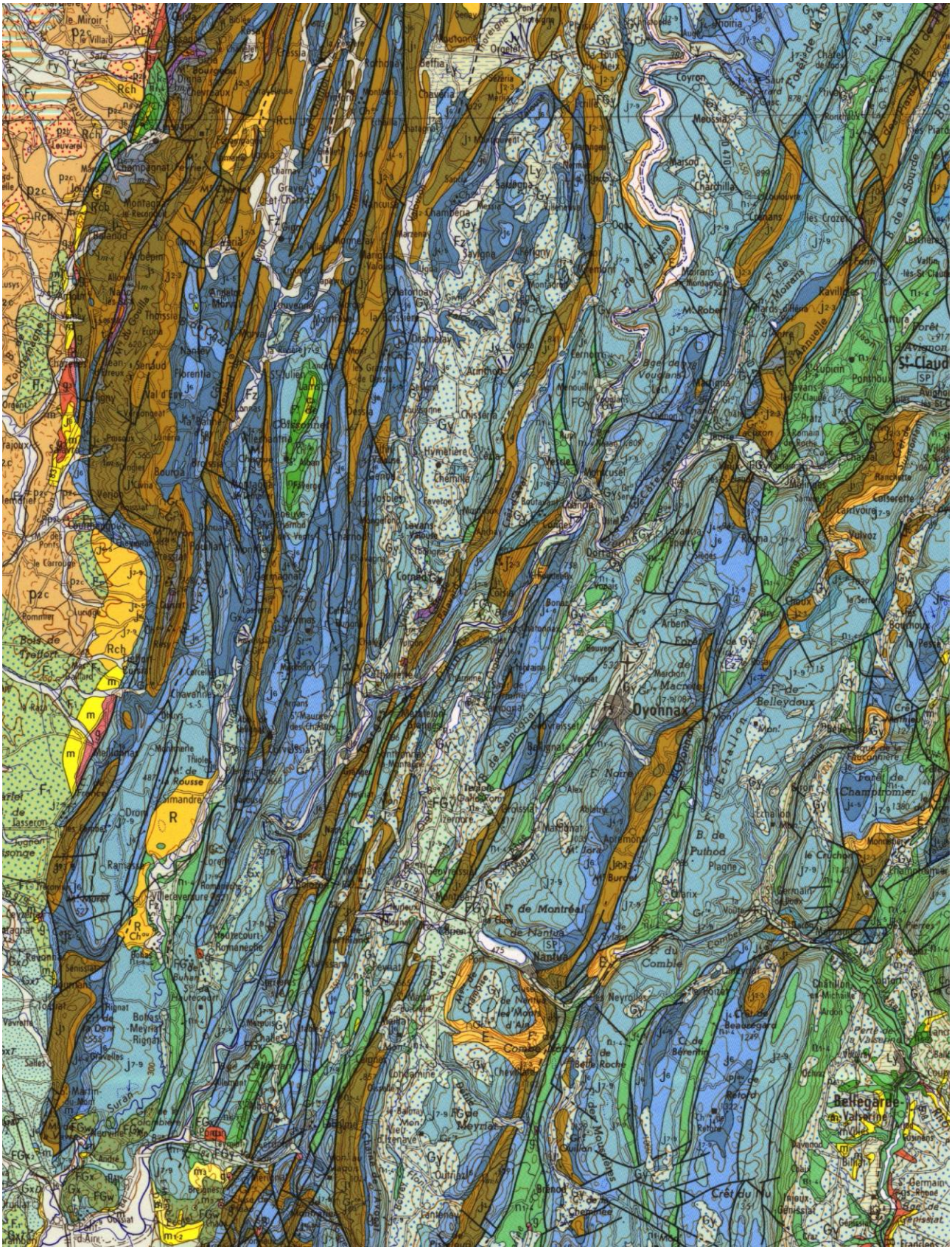


Figure 1B : Extrait de la carte Géologique de Chalon-sur-Saône au 1/250 000 ème.

I - A Réalisez, sur le papier calque fourni, un schéma structural de l'extrait de la carte de Chalon-sur-Saône au 1/ 250 000ème. Dégagez les 4 grands ensembles structuraux de cette carte.

Réponse à la question I – A : collez votre calque ici et légendez votre schéma dans le cadre prévu page 2.

Les attendus :

Le schéma structural doit présenter quatre ensembles structuraux qui s'organisent d'Est en Ouest de la façon suivante : (1) domaine caractérisé par des structures plissées (axes N-S à NNE-SSW) qui peuvent être découpées par des décrochements (NO-SE) affectant pour l'essentiel des dépôts d'âge Crétacé et Jurassique (Haute-Chaîne) ; (2) le domaine des plateaux, caractérisé par de larges affleurements de J7-9, peu déformés (bien visible au Nord Est de la carte autour de la retenue d'eau, sur l'Ain entre Orgelet et Moirans en Montagne), parfois recouverts de sédiments glaciaires ; (3) le domaine des faisceaux fortement tectonisé enregistrant de nombreux plis (étroits) et failles inverses ; les synclinaux présentent majoritairement des cœurs crétacés ou J7-9 et les anticlinaux du J1 ou du lias ; (4) le quatrième ensemble structural correspond au fossé bressan dont la couverture sédimentaire visible sur la carte est essentiellement Plio-Quaternaire. Dans le coin Sud-est de la carte, la dépression de Bellegarde à couverture sédimentaire glaciaire pouvait également être individualisée.

Par ailleurs, sur ce schéma structural doivent ressortir : les axes de plis anticlinaux et synclinaux, les failles (avec leur jeu), le chevauchement du domaine externe du Jura sur les dépôts du fossé bressan et les discordances de l'Oligocène et du Miocène sur les dépôts d'âge Crétacé et Jurassique.

Les figures 2B et 2A présentent une partie de la carte géologique de Salins-les-Bains agrandie au 1/25000ème et un extrait de cette carte. Cette région se situe à 50km au Nord de la carte de Chalon - sur - Saône.

I - B Réalisez la coupe géologique correspondant au trait de coupe AB en rouge sur la figure 2B, en utilisant le profil topographique fourni page 7.

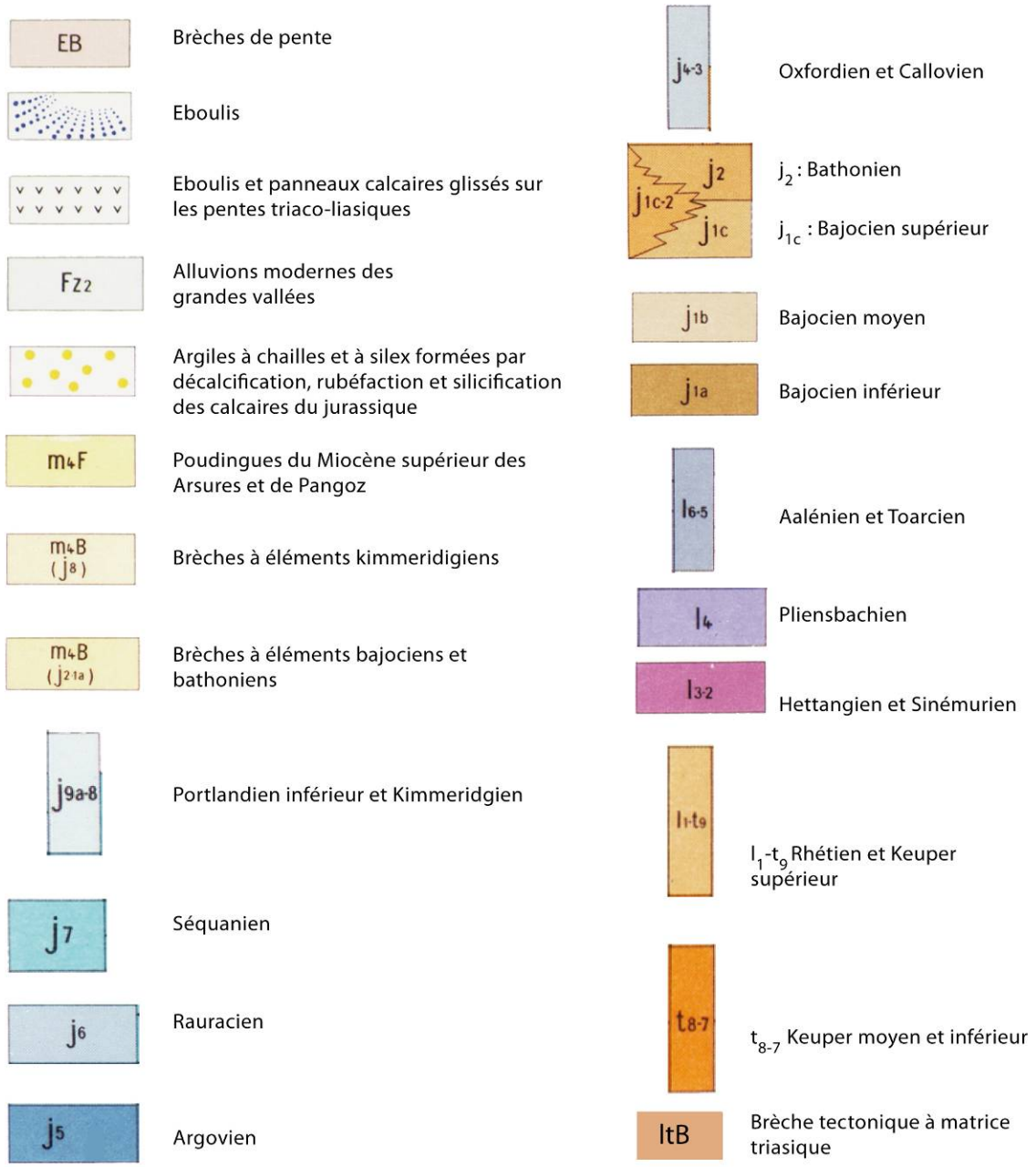


Figure 2A : Extrait de la légende de la carte Géologique de Salins-les - Bain (Figure 2B).

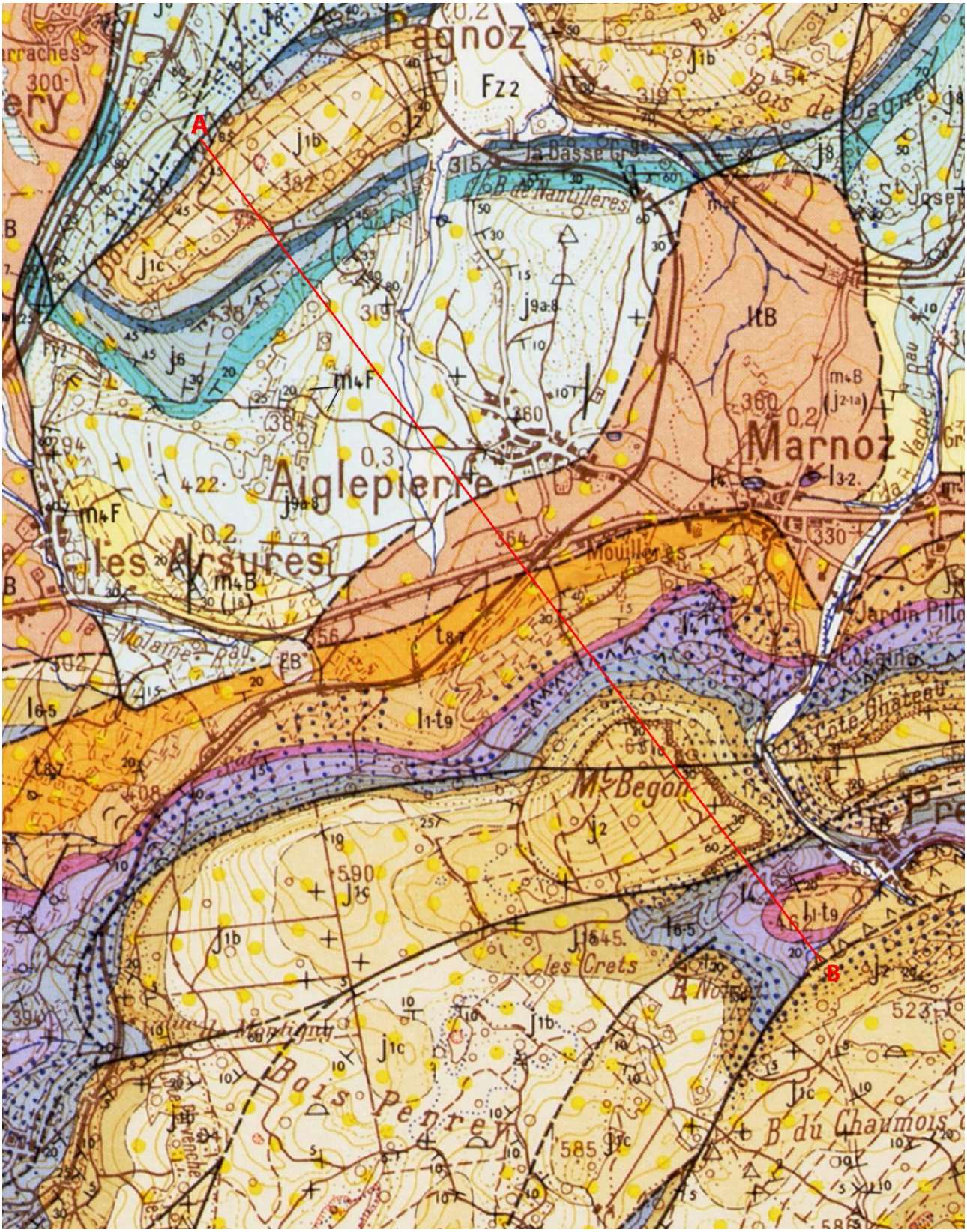
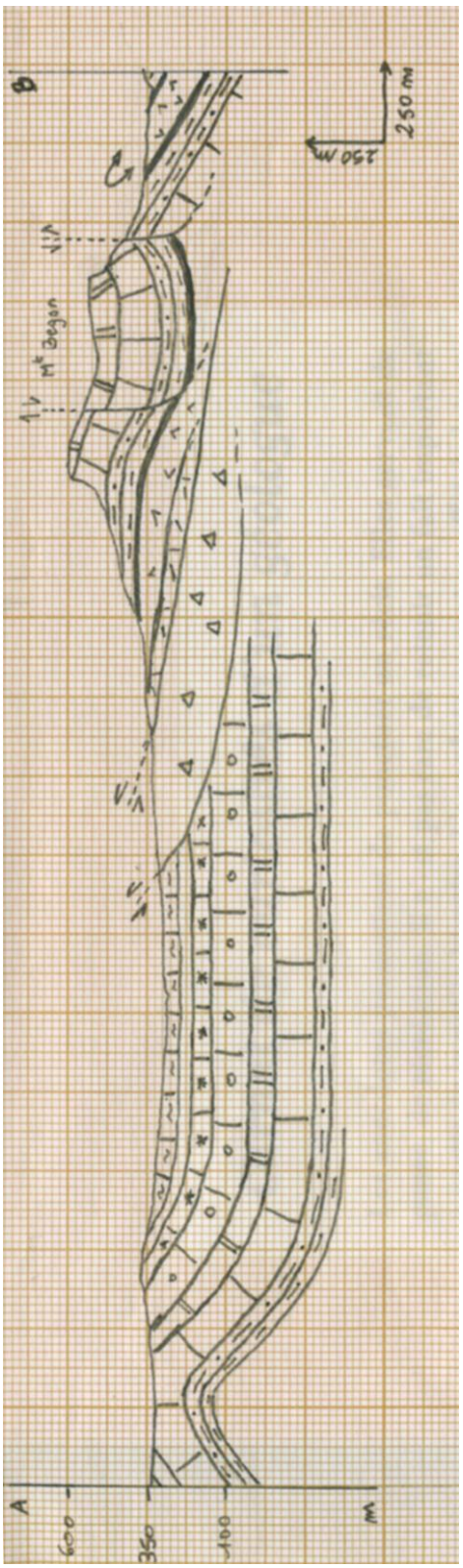
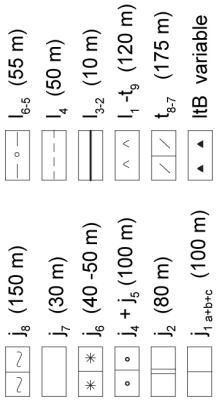


Figure 2B: Extrait de la carte Géologique de Salins-les -Bains agrandi au 1/25 000ème.

Réponse à la question I - B


B
250 m
250 m
Mt Begon
A
600
350
100
m



I - C A partir de la coupe et de l'analyse du schéma structural, retracez la chronologie des principaux événements géologiques de la région.

Réponse à la question I – C

Age Évènements sédimentaires et/ou tectoniques Arguments cartographiques

L'exercice ne consistait pas à retranscrire des connaissances préalables sur le jura mais à proposer la succession des évènements pouvant être déduite des documents précédents même s'ils ne permettaient pas une chronologie précise. Par exemple : sédimentation triasique lagunaire (dolomies, gypse) puis mise en place d'une plate forme marine du Jurassique jusqu'au Crétacé (carbonates et marnes) puis une émersion à partir de l'Eocène. Une phase tectonique de plissement post Crétacé (Crétacé affecté par les plis et dépôts de l'Oligo-Miocène discordants sur les séries antérieures). Un phase de fracturation anté Aquitanien (g3 non affecté par la faille au Sud-Ouest de la carte). Une autre phase post-Miocène qui est responsable de l'écaillage et du chevauchement du Jura externe sur le Fossé Bressan (le Jurassique chevauche le Miocène ; décollement sur le Trias sur la carte de Salin-les-Bains). Cette phase accuse les plissements (plis étroits, Miocène présent au coeur de synclinaux au Sud de St Claude).

Partie II – Etude sédimentologique et stratigraphique.

Des échantillons de roche ont été prélevés dans la région de Salins-les-Bains. Leur étude aura pour but de déterminer des environnements de dépôt. Tous ces échantillons sont positionnés dans leur contexte stratigraphique dans la figure 6.

II-A-1 Déterminez, en justifiant votre réponse la nature de l'échantillon 1, les conditions de sa formation et le type d'environnement de dépôt.

Réponse à la question II-A-1

Description : roche blanche composée de cristaux fins, rayée par l'ongle ; dureté <2,2, pas d'effervescence.

Détermination : Gypse saccharoïde CaSO4, 2(H2O).

Interprétation : Roche sédimentaire d'origine chimique : Evaporite.

Cette roche se forme par évaporation, précipitation des sels dissous dans l'eau, au moins 30% du liquide initial pour le Gypse.

Elle se forme préférentiellement dans des environnements lagunaires, peu profonds et en climat chaud.

II-A-2 Déterminez, en justifiant votre réponse la nature de l'échantillon 2, les conditions de sa formation et le type d'environnement de dépôt.

Réponse à la question II-A-2

Description : roche sédimentaire ; effervescence à l'HCl : calcaire, composé d'éléments plus blanchâtres, majoritairement anguleux, mais quelques uns arrondis, beaucoup ont un point central gris: fragments de crinoïdes.

Détermination : Calcaire à entroques.

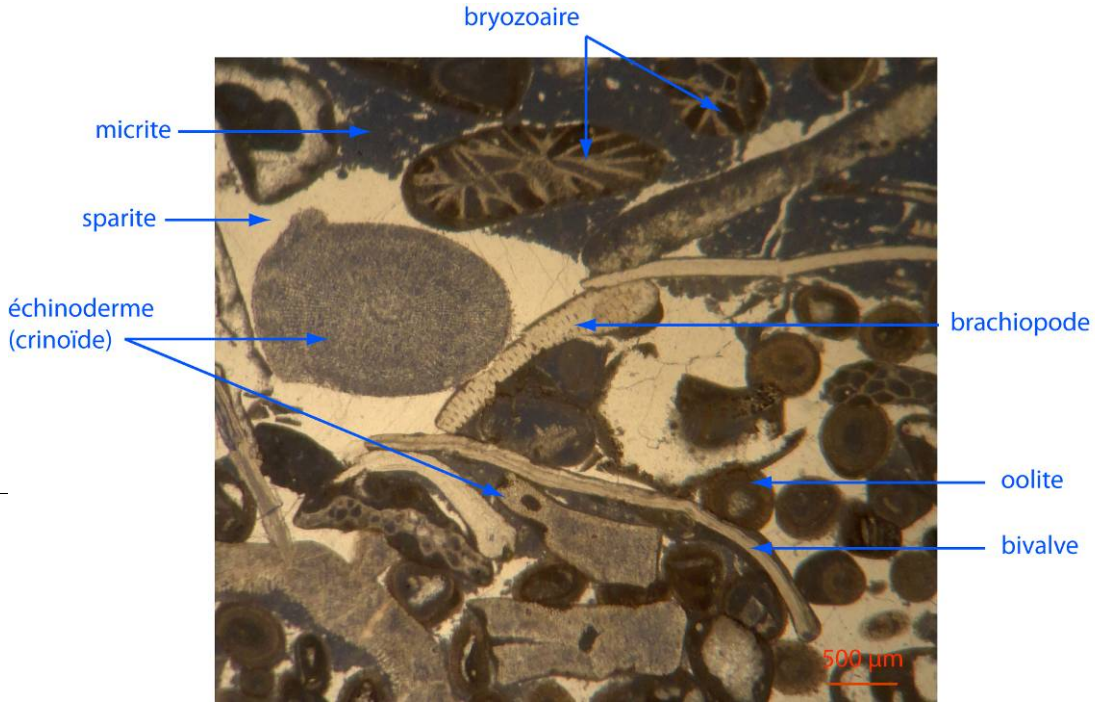
Interprétation : Cette roche est issue de sédiments accumulés dans un milieu de type prairie à crinoïdes. Ce milieu correspond à une plate-forme carbonatée où l'accumulation des sédiments résulte du démantèlement des crinoïdes dans un milieu agité de façon intermittente, situé dans le domaine d'action des vagues de tempête.

II-A-3 L'échantillon 3 est une lame mince. Dessinez et légendez une zone de cette lame mince : déterminez la nature de la roche 3.

Réponse à la question II-A-3

Description : Lame contenant de nombreux bioclastes, majoritairement des bryozoaires, des débris de bivalves, d'échinodermes, de gastéropodes, parfois des coraux et des oolites dont le nucléus est souvent composé de bioclastes. Les éléments figurés sont entourés de ciments (sparite à cristaux drusiques à poecilitiques) ou de matrice micritique.

Détermination : Calcaire bioclastique à oolites, texture grainstone (à packstone dans certaines zones)



II-A-4 La figure 3 montre un affleurement où a été prélevé l'échantillon 3. Légendez la figure 3 en surlignant en couleur les principales structures sur la photo et précisez les conditions de formation de la roche 3 dans le cadre ci-dessous.

Réponse à la question II-A-4

Les roches calcaires visibles sur cette photographie montrent des litages obliques et une stratification entrecroisée (base tangentielle assez nette au milieu de la photo). Les rides de grande amplitude à la base, (environ 2 mètres de haut) correspondent à une dune hydraulique sous faible tranche d'eau. On peut observer de plus petits trains de rides tronqués traduisant une influence tidale. La roche 3 s'est formée en milieu marin de type plate-forme carbonatée, sous une relative faible tranche d'eau, soumise à un hydrodynamisme important. La présence d'oolites et de nombreux bioclastes témoigne d'une agitation intense (vannage pour les oolites), par contre la présence de matrice micritique entre les grains indique une action intermittente de l'énergie du milieu, traduisant l'action des marées.

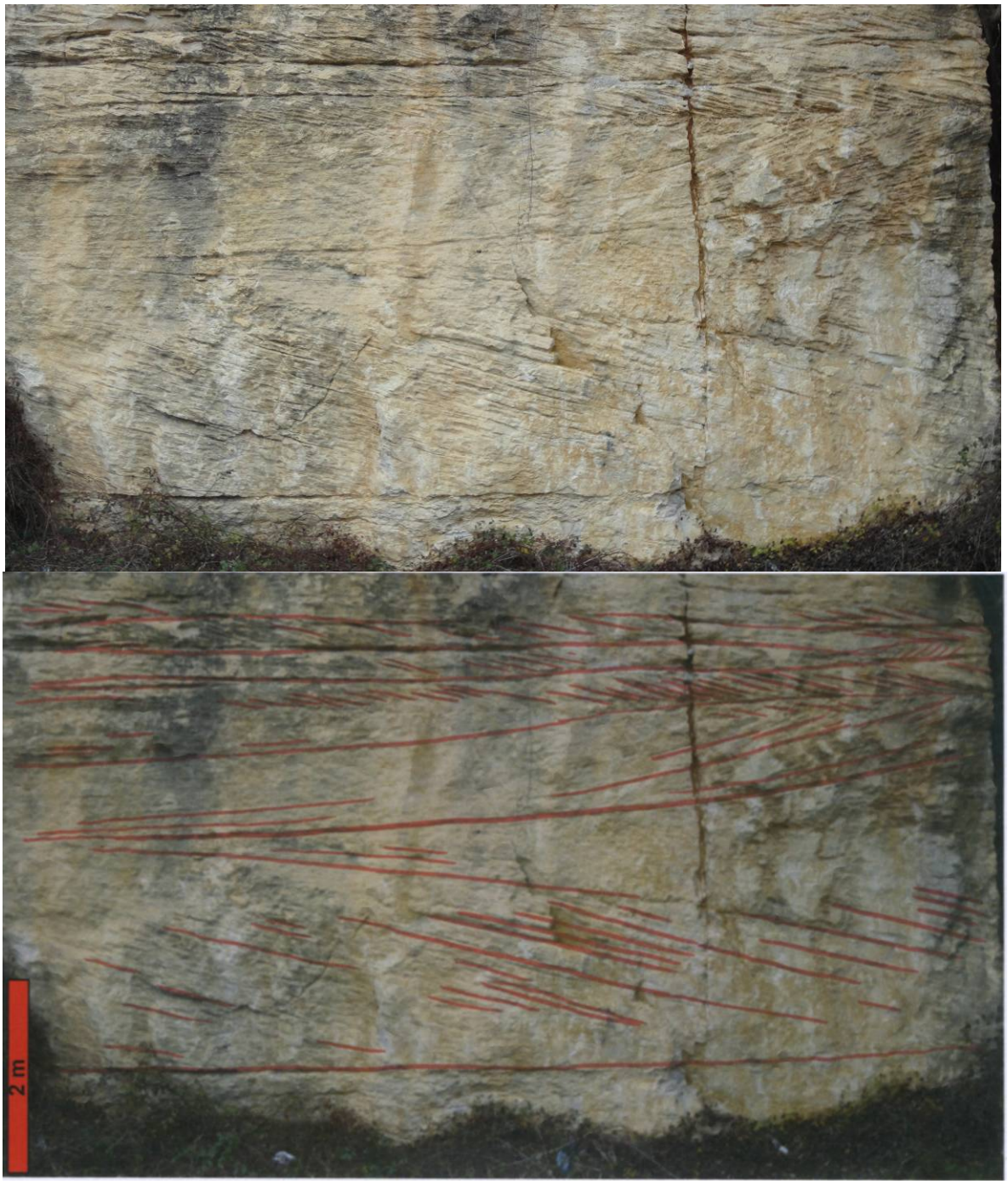


Figure 3: Affleurement exposant la roche 3.

II-B Biostratigraphie et taux de sédimentation

Une échelle chronostratigraphique du Callovo-oxfordien incluant une échelle biostratigraphique basée sur les faunes d'ammonites est présentée figure 4.

II-B-1 : Rappelez les grands principes sur lesquels repose la biostratigraphie et définissez le terme de Biozone.

Réponse à la question II-B-1

La biostratigraphie repose sur la notion d'irréversibilité de l'évolution des espèces et sur le principe d'identité paléontologique (deux strates contenant les mêmes espèces fossiles sont de même âge).

La biozone est l'unité biostratigraphique de base des échelles biostratigraphiques. Elle correspond à un volume de roche sur le terrain dont l'extension latérale et verticale contient un ou plusieurs fossiles dont l'existence ou la coexistence est unique dans l'histoire de la terre.

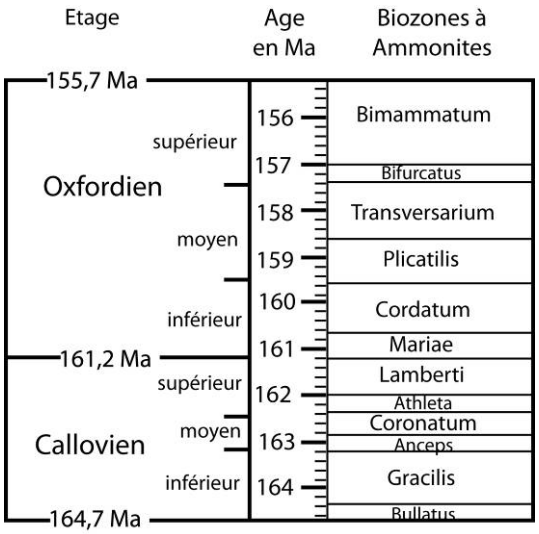
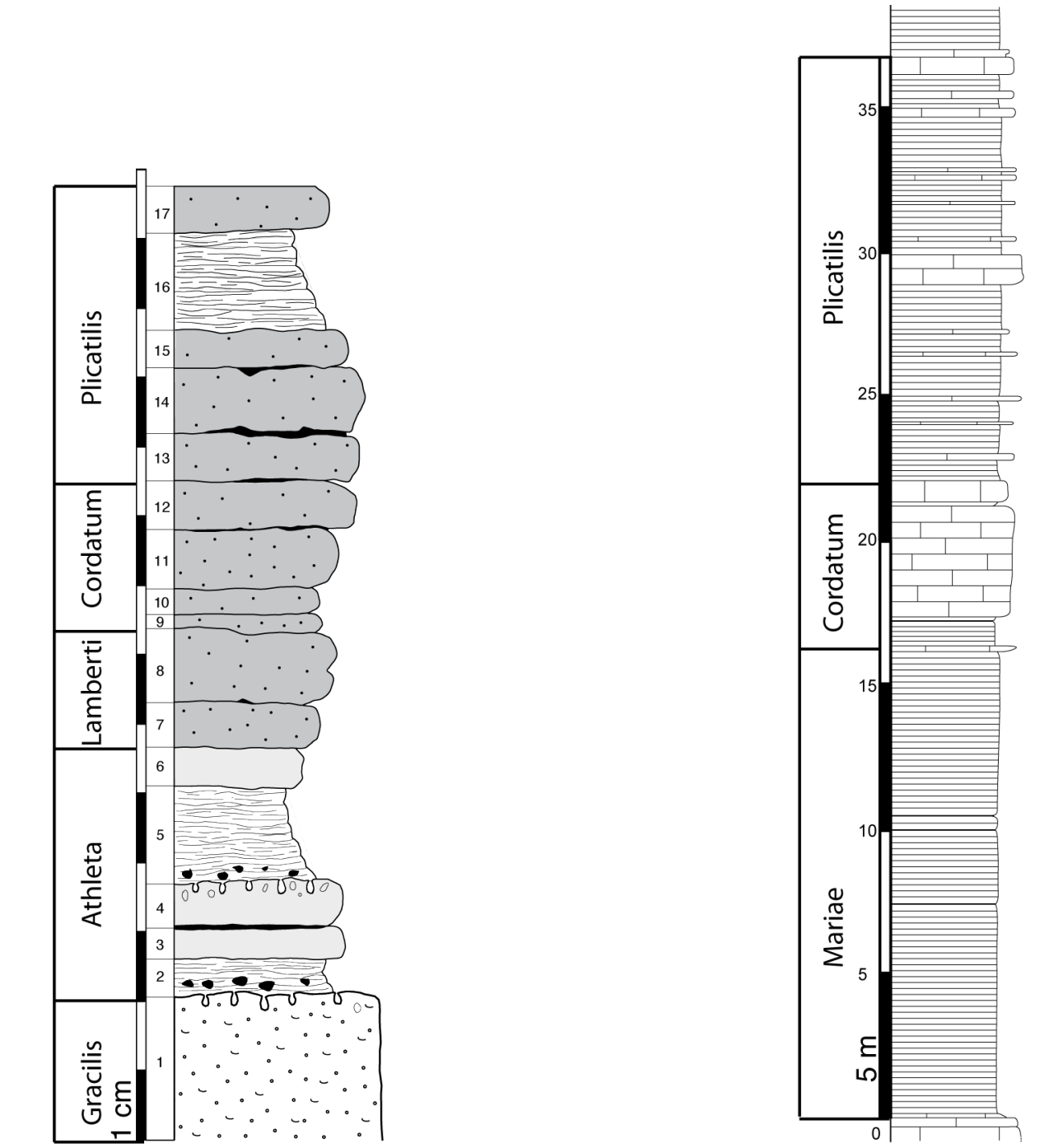


Figure 4 : Echelle Chronostratigraphique et Biostratigraphique du Callovo-Oxfordien

(*d'après Gradstein et al. 2004*).



A - Log de Larrey (Côte d'Or)
(d'après collin et al. modifié)

B - Log de Crotenay (Jura)
(d'après Courville et al. modifié)

Figure 5 : Log Stratigraphique de deux coupes géologiques en Bourgogne (A) et dans le Jura (B). A gauche des Logs : Zones à ammonites.

II-B-2 : La figure 5 présente deux coupes géologiques situées en Bourgogne et dans le Jura central replacées dans leur contexte biostratigraphique. Observez l'enregistrement sédimentaire des deux coupes et calculez le taux de sédimentation pour chacune biozones oxfordiennes dans ces deux coupes. Quelles conclusions pouvez-vous tirer de la comparaison entre la série bourguignonne et la série jurassienne?

Réponse à la question II-B-2

Log A : Cordatum : environ 2,1 cm/Ma Plicatilis : environ 3,8 cm/Ma

Log B : Mariae : environ 26,3 m/Ma Cordatum : 5,8 m/MA Plicatilis : 14,2/Ma

La coupe A présente des taux de sédimentation très faibles qui sont typiques des valeurs des niveaux condensés : dans une même unité sédimentaire les zones à ammonites se succèdent sur des épaisseurs de sédiments très réduites. La coupe B est une série plus dilatée avec des taux de sédimentation élevés.

On peut noter l'existence de hiatus dans la coupe A dans le Callovien (manque la biozone à Anceps, Cordatum et Lamberti) et à la base de l'Oxfordien avec l'absence de la zone à Mariae qui fait plus de 15 mètres dans la coupe B (Jura). Il n'était pas attendu de déterminer s'il s'agit de non dépôt ou d'érosion car les éléments n'étaient pas fournis.

II-B-3 : Quels facteurs peuvent être responsables des différences de sédimentation observées entre ces deux régions?

Réponse à la question II-B-3

On attendait ici simplement deux hypothèses :

Taux de subsidence très différents dans les deux régions, plus faible en Bourgogne que dans le Jura. Cette subsidence peut être d'origine tectonique et couplée au poids des sédiments.

L'autre facteur peut être la variation importante des apports sédimentaires et de la production carbonaté, beaucoup plus élevés dans le Jura qu'en Bourgogne.

La figure 6 est une coupe synthétique simplifiée des formations géologiques jurassiennes. Les échantillons 1, 2 et 3 ainsi que les niveaux observés dans la partie II-B sont indiqués sur cette figure.

II-B-4 : Synthèse des résultats : reportez sur la figure 6 les informations sur les roches 1, 2 et 3 décrite dans la partie 2 (faciès et environnement de dépôt). A l'aide des informations sur les faciès, déterminez les environnements de dépôt pour les autres formations et proposez une interprétation en terme de variations relatives du niveau marin pour l'ensemble de la série.

Réponse à la question II-B-4

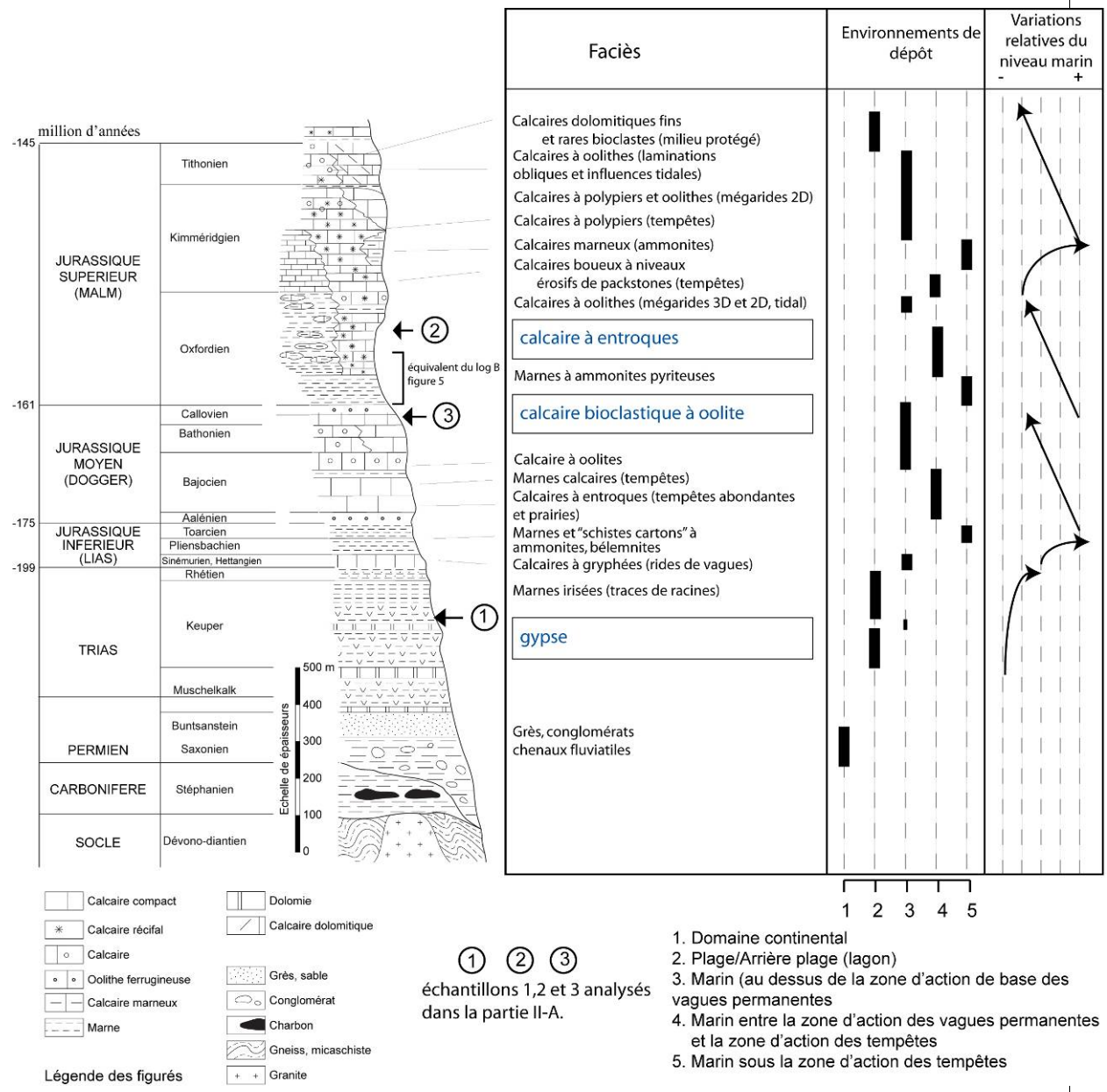


Figure 6 : Série stratigraphique synthétique montrant les principaux terrains anté Crétacé rencontrés dans le Jura.

Partie III – Sédimentation quaternaire

III - A Décrivez les structures sédimentaires des figures 7 à 10 et donnez en une interprétation en terme d'environnement de dépôt.

Réponse à la question III-A

Figure 7 :

Roche meuble à matrice brune, englobant des galets hétérométriques: c'est une roche détritique de la classe des rudites et de type conglomératique. Il s'agit de dépôts en domaine continental, morainique. Formation sur les bords,au centre et à l'avant de la langue du glacier.

Figure 8 :

L'important est de noter l'alternance des lits très fins sombres et clairs. L'échelle montre des lamines très fines et une roche tendre de type argileuse. Il s'agit typiquement de varves. Ce type de dépôt se fait en domaine lacustre sous l'influence de variations saisonnière de la sédimentation.

Figure 9 :

Surface structurale d'une roche très dure, rayée par des stries pluridécimétriques: stries de plancher glaciaire. Ces stries d'érosion se forment lors du déplacement de la langue glaciaire sous l'action de blocs de roche pris dans la base du glacier et qui sous l'effet du poids de la glace érodent le substratum.

Figure 10 :

Dépôt de delta pro-glaciaire (avec des géométries de top set, off set caractéristiques) ; On observe particulièrement bien les grandes laminations obliques en progradation à la base de la carrière, surmontées par des niveaux horizontaux qui soulignent les géométries en toplap. Mise en place à l'avant de la moraine en contexte pro-glaciaire.





Figure 7 – Illustration de sédiments, la lithologie des galets est variable ; la hauteur du talus est de 2 m.

Figure 8 – Illustration d'alternance de sédiments clairs (marnes) et sombres (matière organique) ; l'échelle est une pièce de 20 centimes



Figure 9 – Illustration d'une structure sédimentaire sur un plan horizontal ; l'échelle est un GPS de 7 cm de long.



Figure 10 – Illustration d'une structure ; le front de taille de cette série sableuse s'élève à 5m. (Figures 8 à 11, d'après Buoncristiani – 2011).

III – B Replacer les différents environnements décrits précédemment dans les cadres rouges (figure 11) en indiquant le numéro de la figure correspondante sur la carte ci dessous. Légendez dans les cadres prévus à cet effet.

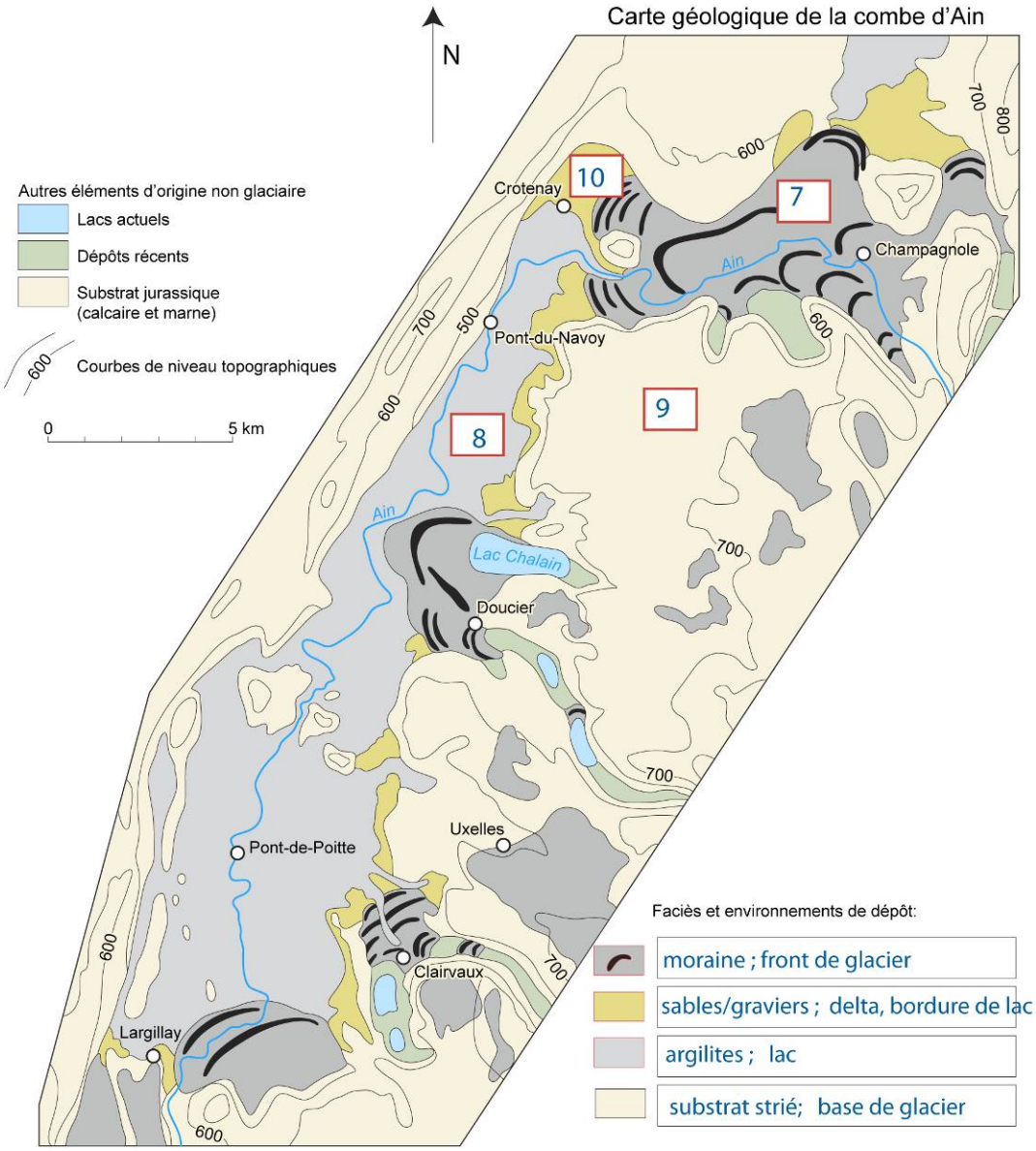
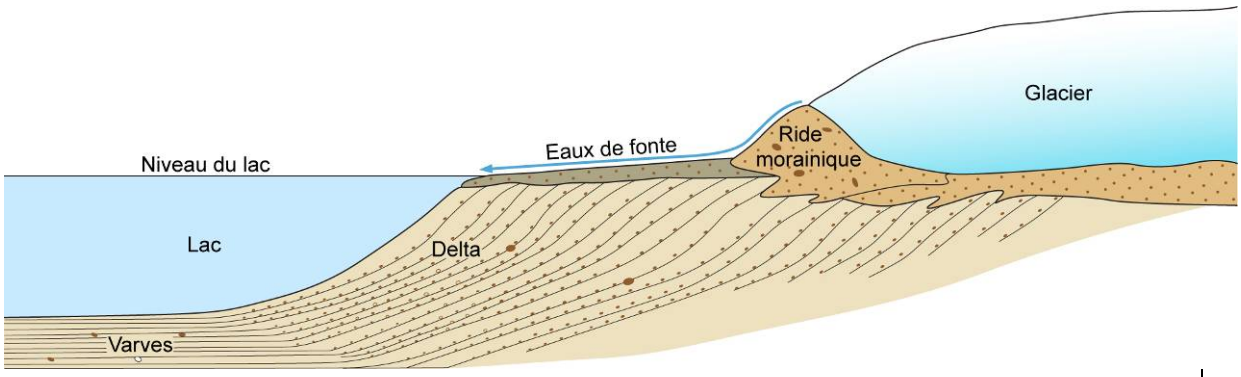


Figure 11. Carte géologique simplifiée de la région de la combe d'Ain (Jura) d'après Bichet et Campy, 2009.

III – C -1 Reconstituez un profil sédimentaire correspondant à la succession horizontale des différents environnements de dépôts illustrés ayant une direction Ouest-Est.

Réponse à la question IV – C -1

Ouest Est



III – C -2 Expliquez en quelques lignes le mode de mise en place de ces dépôts au cours du temps.

Réponse à la question IV – C -2

Il s'agit d'un contexte climatique froid avec formation de glacier d'altitude se prolongeant en plaine. Lors de l'avancée de du glacier, la base chargée de blocs rocheux est très érosive et produit les stries sur le substrat. Pendant cette période d'avancée du glacier, les langues de glaces et leurs moraines ont favorisé le développement de barrages naturels ayant conduit à la formation de lacs pro-glaciaires au sein desquels s'accumulent des dépôts varvaires (témoins des changements de saisons). En période de retrait et de fonte des glaciers, les produits de l'érosion glaciaire se déposent dans les lacs sous forme de delta. Lors de la fonte des glaciers et de leur retrait, les barrages disparaissent et les lacs

5.6.2 Commentaires

Le TP de contre option du secteur C s'appuyait résolument sur l'analyse d'objets géologiques (cartes géologiques, échantillons de roche et photos d'affleurement) et visait à évaluer la capacité des candidats à élaborer à partir d'observations un raisonnement cohérent tel qu'il pourrait être entrepris lors d'une excursion sur le terrain. Le sujet portait sur des aspects sédimentaires et avait pour cadre géologique le Jura.

Une première partie proposait de dégager les grands ensembles structuraux de la géologie du Jura et de tracer les grandes lignes de l'histoire géologique de la région. Ce premier résultat permettait également de repérer les grands ensembles sédimentaires et pouvait aider les candidats dans la suite des interprétations.

La deuxième partie était consacrée à l'étude des échantillons prélevés sur le terrain (repérés stratigraphiquement) et à leur interprétation en termes d'environnements de dépôt ; une hypothèse sur les variations relatives du niveau marin pouvait finalement être proposée.

La dernière partie était centrée sur l'analyse de structures sédimentaires quaternaires de la région. La reconnaissance de ces structures permettait de proposer un mode de mise en place dans l'espace et dans le temps de dépôts formés en période glaciaire et interglaciaire.

D'une manière générale, l'analyse des copies a montré que les candidats ont bien appréhendé les deux premières parties. La dernière partie du sujet semble avoir posé davantage de problèmes puisque certaines questions n'ont souvent pas été traitées. Il est recommandé aux candidats de bien lire les documents et les questions. Trop souvent des erreurs sont dues à une mauvaise lecture d'échelle ou une lecture trop rapide de la question. Bien que les trois parties pouvaient être traitées indépendamment les unes des autres, la mise en relation des informations apportées par les cartes géologiques avec la deuxième et la troisième partie devait éviter aux candidats de se lancer dans des interprétations irréalistes.

Concernant la partie I, les candidats ont su identifier les grands ensembles mais environ la moitié d'entre eux n'ont pas indiqué le jeu de quelques failles ni représenté les plis. La plupart des candidats ont tenté de réaliser la coupe géologique qui ne présentait pas de difficultés majeures. Bien souvent les signes de pendages sur la carte ont été sous exploités et le jeu des failles reste trop rarement indiqué sur les coupes. Beaucoup de candidats ont rencontré des difficultés dans la représentation de la partie chevauchante et bréchifiée et la présence de Trias (dont il était indiqué qu'il pouvait être gypsifère sur la carte de Chalon sur Saône) a été sous-exploitée. On attendait ensuite une reconstitution de l'histoire géologique du Jura très simplifiée. L'idée était simplement d'établir la chronologie que permettait l'analyse des deux cartes géologiques. Les candidats ont en général bien réussi à extraire les informations sur les phases de sédimentation (sans oublier les épisodes glaciaires) et la chronologie relative des évènements tectoniques.

La deuxième partie a été traitée de manière très inégale. L'échantillon de gypse (échantillon 1) a été globalement bien identifié par les candidats et montre qu'ils maîtrisent bien les conditions de formation d'un tel dépôt. En revanche l'échantillon de calcaire à entroques (échantillon présentant une face polie) a posé beaucoup de problèmes aux candidats. Il a été interprété comme une roche volcanique, sédimentaire siliceuse ou encore une brèche. Très curieusement, dans un nombre non négligeable de copies, les entroques ont été confondues avec des plagioclases.

L'échantillon en lame mince était réalisé sur la formation d'âge Bathonien dite «dalle Nacrée » qui contenait de nombreuses oolites et de nombreux bioclastes dominés par les bryozoaires (puis des échinodermes, des bivalves, des brachiopodes et des gastéropodes). Dans l'ensemble, les candidats ont réussi à reconnaître les oolites, mais ont eu beaucoup de mal à identifier, ne serait-ce qu'un des autres bioclastes présents. Le type de ciment présent n'a que rarement été mentionné, il s'agit pourtant d'un élément important dans l'analyse des microfaciès carbonatés qui renseigne sur l'histoire de la roche.

Les questions de la partie II-B avaient pour but d'introduire l'idée de variation d'espace d'accommodation à travers la comparaison de deux coupes géologiques situées dans leur contexte biostratigraphique. Les principes de la biostratigraphie et le concept de biozone restent mal compris par les candidats. De nombreuses fois, le principe d'actualisme a été évoqué sans nécessité dans le cas de la biostratigraphie. Les candidats ont parfaitement noté que les coupes présentaient des taux de sédimentation très différents ; cependant, les calculs de ces taux, pourtant simples ont posé de nombreuses difficultés et les résultats ont donné lieu à des incohérences surprenantes (avec des taux de plus de 10 m/an). Peu de candidats ont souligné la présence de lacunes sédimentaires dans la coupe A.

L'interprétation des variations de taux de sédimentation a dans l'ensemble été bien discutée ; les lacunes sédimentaires ont été systématiquement interprétées comme des émersions, lorsqu'elles ont été évoquées. D'autre part, il a été très surprenant de constater que dans un nombre important de copies le taux de sédimentation élevé à l'Oxfordien dans le Jura est interprété comme le résultat du démantèlement des Alpes.

Plus de la moitié des candidats ont complété le schéma de synthèse des résultats. Les candidats ont surtout exploité sur ce schéma les trois échantillons à leur disposition lors de cette seconde partie et ont eu des difficultés à exploiter l'ensemble des informations disponibles pour interpréter les variations relatives du niveau marin. Une fois de plus, cet exercice met en exergue le manque de capacité de synthèse des candidats.

Dans la troisième partie du TP, la reconnaissance de structures et de corps sédimentaires d'origine glaciaire a posé problème aux candidats. Pourtant déduire la présence de glaciers au

quaternaire dans le Jura ne semblait pas une difficulté majeure et la carte géologique de Chalon-sur-Saône indiquant la présence d'une sédimentation glaciaire aurait dû ôter tout doute d'interprétation. Les candidats ne tiennent pas compte de l'échelle des structures (ex : des deltas pro-glaciaires à structures obliques marquées interprétés comme des loess), de la cohérence du sujet traitant de la sédimentation Quaternaire (interprétation de dépôts marins au Quaternaire dans le Jura) et ont fait peu de lien avec le document cartographique proposé (IIIB). Peu de candidats ont tenté de réaliser une coupe de la succession latérale des dépôts. Etait pourtant attendu une simple coupe illustrant un pro-delta débouchant dans un lac à sédimentation varvaire en contexte glaciaire et sa moraine associée. L'interprétation visant à décrire la mise en place de ces dépôts au cours du temps a cependant été bien expliquée lorsqu'elle a été tentée.

6. ÉPREUVES ORALES

6.1 ÉPREUVES DE SPÉCIALITÉ

6.1 Commentaires généraux commun à toutes les options

6.1.1 Déroulement de l'épreuve de spécialité

Conditions de préparation :
Après avoir pris connaissance du sujet, le candidat dispose de 4h pour préparer sa leçon. 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. Aucun matériel d'expérimentation n'est fourni dans les 30 dernières minutes de la préparation. Il en est de même pour les documents et autres supports dans les 15 dernières minutes. Durant son temps de préparation, l'étudiant doit construire sa leçon, réaliser les transparents qui lui semblent indispensables et éventuellement un ou plusieurs montages expérimentaux.
Le titre de la leçon est accompagné d'un nombre limité de documents (le plus souvent 4 ou 5) que le candidat devra analyser et interpréter afin de les intégrer à son propos. La difficulté des documents est en général progressive, depuis un document d'appel, jusqu'à des documents de haut niveau scientifique. Les documents sont conçus pour que leur analyse ne dépasse pas 45 minutes en moyenne.

Présentation et entretiens :
A l'issue des 4 heures de préparation, le candidat expose pendant 50 minutes devant une commission de membres du jury de spécialité.
Dès la fin de l'exposé, l'interrogation a lieu en deux temps. Un premier échange de 10 minutes, conduit par le concepteur du sujet, porte sur le contenu de la leçon. Une deuxième interrogation de 15 minutes, menée par les deux autres interrogateurs permet d'interroger le candidat dans un certain nombre de domaines du secteur concerné.

Lors de la première interrogation, le jury revient sur certains aspects de l'exposé ; cela peut concerner le déroulement d'une expérience, l'explicitation d'un cliché, l'exploitation d'un échantillon présenté, un aspect du sujet qui n'a pas été abordé par le candidat ou bien certaines erreurs pour déterminer s'il s'agissait d'un lapsus. C'est aussi l'occasion de revenir sur l'exploitation des documents proposés par le jury. L'objectif de ce questionnement est de s'assurer que le candidat a acquis une bonne compréhension globale des différents aspects du sujet proposé.

La deuxième interrogation s'écarte de l'exposé et explore d'autres domaines du secteur. Les interrogateurs s'efforcent généralement de prendre appui sur un ou plusieurs points présentés dans la leçon pour élargir leur questionnement.

6.1.2 Constats et conseils :

Une épreuve de haut niveau scientifique :
L'épreuve orale dite de spécialité est exigeante et souvent redoutée. Elle recouvre les thèmes de l'option choisie par le candidat. Les champs disciplinaires concernés sont donc ceux qui doivent permettre au candidat de montrer sa maîtrise des connaissances et des démarches scientifiques et ses aptitudes pédagogiques pour énoncer clairement des notions de haut niveau. Il est fondamental que la leçon s'enracine dans une problématique clairement énoncée et se développe autour d'un raisonnement qui utilisera le matériel, les connaissances et les données collectées dans les ouvrages et les documents proposés comme des arguments - des outils - au service d'une démarche.

Le recul nécessaire pour traiter des thèmes plus ou moins classiques :
Le sujet renvoie le plus souvent à des thèmes classiques connus de la majorité des candidats ; parfois il aborde un ou des thèmes à priori plus délicats à cerner, et pour lesquels les candidats estiment leurs connaissances initiales plus limitées. Paradoxalement, les candidats ont souvent moins de difficultés à traiter des leçons jugées à priori ardues que des leçons plus classiques. Leurs connaissances initiales ne pouvant servir de refuge, ils sont alors forcés de rentrer dans une démarche de raisonnement. Ce constat oblige à répéter qu'il est indispensable de prendre du recul pour construire sa leçon : il faut qu'elle soit un exposé personnel mettant en avant les qualités scientifiques et pédagogiques du candidat et non pas ses seules capacités mnésiques. 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. Ces leçons conduisent le plus souvent à un échec à cette épreuve, alors que les entretiens révèlent que dans bon nombre de cas les candidats avaient la capacité de mener leurs leçons autrement. 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 qu'il s'agit évidemment d'analyser les interrelations entre les deux composantes (deux exemples de leçons pour illustrer ces propos « Les perturbations **et** la dynamique des écosystèmes » - « Mise en place de comportements : aspects ontogéniques **et** évolutifs »

L'exploitation des documents imposés : Les documents proposés avec la leçon doivent, bien sûr, être exploités au cours de l'exposé mais également aident le candidat à mieux cerner le sujet, ou à l'orienter vers quelques aspects spécifiques du sujet. Ils permettent parfois de compléter certaines informations lorsque celles-ci ne sont pas disponibles dans la bibliographie classique. Une analyse rigoureuse des documents peut donc aider le candidat à définir, au moins partiellement, la problématique de sa leçon.

Le matériel complémentaire : Les documents proposés ne couvrent pas tous les aspects du sujet. Le concepteur du sujet peut choisir de ne pas aborder, par les documents qu'il propose, certains aspects importants du sujet afin de laisser au candidat l'initiative de certains documents et matériels. L'intégralité de l'exposé ne peut donc pas être construite seulement autour des thèmes que les documents permettent d'aborder. Il revient donc au candidat de compléter l'illustration de sa leçon par du matériel ou des expérimentations complémentaires. Le matériel complémentaire doit être exploité avec la même rigueur que le matériel imposé. Ces étapes sont très clairement prises en compte dans l'évaluation de la leçon par le jury. Ainsi, les candidats doivent essayer d'appuyer et illustrer leurs propos à partir d'observations argumentées sur du matériel biologique ou géologique. Les observations sur du matériel restent trop rares. L'observation directe d'un objet plutôt que sa présentation sous forme d'image doit être privilégiée. Prendre l'initiative de sortir, de présenter et de manipuler du matériel est aussi une occasion que trop peu de candidats saisissent pour montrer leur créativité, leur habileté à manipuler, leurs connaissances naturalistes et leur goût pour le réel 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,…). Il rappelle que les Sciences de la Vie et de la Terre basent leur démarche sur l'analyse du réel. Il se montre donc sévère quand un candidat délaisse le matériel frais ou donne raison à une idée théorique manifestement contredite par les faits.

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

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, pourquoi il délaissera volontairement certains aspects. C'est la rigueur de la démarche qui justifiera la validité de ses choix. Il convient également de préciser que le candidat est maître de ce choix et qu'il lui revient de les présenter au jury et, au besoin, de les discuter avec lui. Contrairement à ce que pensent de nombreux candidats, si le jury entre en salle avec une idée claire de ce qui doit figurer dans la leçon, il n'arrive pas avec un plan préconçu et est prêt à entendre les propositions que pourra lui faire le candidat et à les accepter pour peu que ces choix assumés puissent être justifiés. Le fait d'apprendre par cœur des plans préconçus n'est donc pas une

façon pertinente de se préparer à cet exercice qui demande, plutôt que la capacité à restituer une organisation préétablie, une capacité à réorganiser ses idées le moment venu, autour de la problématique proposée.

Une communication d'une qualité suffisante : Cette année, le jury a constaté l'augmentation nette d'une tendance à une lecture systématique et constante des notes de préparation par une proportion importante des candidats : il faut absolument proscrire cette pratique totalement inadaptée aux exigences du métier d'un enseignant qui doit pouvoir se détacher du support de préparation de ses cours. En outre, certaines expressions sont incohérentes : par exemple, « un bassin en pull-apart se forme ***via*** un décrochement » est bien mal venue et d'autant plus que cette même locution ***via*** est utilisée plusieurs fois dans le même exposé et toujours à contre-sens. Les candidats doivent donc veiller à utiliser le vocabulaire et la syntaxe adaptés au message qu'ils souhaitent délivrer.

Une indispensable réactivité : Le premier entretien, consécutif à la leçon, a pour but de faire réfléchir le candidat sur l'exposé qu'il vient de produire, pour l'aider à découvrir d'éventuelles omissions, imprécisions ou erreurs et l'inviter à les corriger. Il sert également à évaluer l'aptitude du candidat à raisonner et à exploiter ses connaissances en temps réel. L'interrogation est ensuite ouverte aux autres domaines de la spécialité, sous des formes très variables, qui visent à évaluer les connaissances du candidat dans le secteur de spécialité, sa culture générale en rapport avec le domaine de spécialité ainsi que ses aptitudes à construire un raisonnement logique. Il est à noter que l'entretien peut porter sur le programme spécifique de chaque secteur. L'écoute et la réactivité sont des qualités indispensables pour une bonne réussite dans cette partie de l'épreuve qui peut permettre au candidat de montrer que, malgré une leçon plus ou moins réussie, il maîtrise de larges connaissances dans son secteur de prédilection.

6.1.3 Liste des leçons de spécialité de la session 2012

6.1.3.1 Leçons de spécialité du secteur A

- Les diabètes sucrés
- Les virus
- Détermination et différenciation du sexe chez les mammifères
- Centromère et télomères : des éléments essentiels du chromosome eucaryote
- Les érythrocytes, cellules spécialisées
- La maladie d'Alzheimer
- La gastrulation chez les Amphibiens
- Défense immunitaire et thérapies anti-bactériennes
- La drosophile, un organisme modèle
- Les ribosomes
- Les méristèmes des angiospermes
- La régulation de la glycémie chez l'Homme
- Les potentiels d'action
- Les synapses
- Le spermatozoïde, cellule spécialisée
- La réplication de l'ADN
- Transport axonaux et cycle vésiculaire synaptique
- L'homme face à la maladie : exemple de la tuberculose
- Les éléments génétiques mobiles
- La mitochondrie des cellules animales
- Rôle des cellules de la rétine dans la vision
- Le brassage génétique chez les bactéries

- Les dystrophies musculaires : des maladies dégénératives
- Les bases cellulaires du fonctionnement cardiaque
- Les synapses
- Le rôle de l'auxine dans le développement des Angiospermes
- Information génétique et information épigénétique
- Les levures : des organismes modèles
- Les ARN dans la cellule eucaryote
- Lactation et alimentation du jeune humain
- Aspects moléculaires et cellulaires de la fécondation chez les vertébrés
- Le cycle cellulaire des eucaryotes et sa régulation
- Les protéines nucléaires
- La maladie de Parkinson
- Les canaux membranaires
- Les réserves énergétiques chez les Mammifères
- Obtention et utilisation des animaux transgéniques
- Les bases cellulaires du fonctionnement cardiaque
- L'ATP synthase
- Les mutations
- La méiose et ses conséquences
- L'acide abscissique
- La mitochondrie des cellules animales
- Les hormones, de leur synthèse à leur inactivation
- La méiose et ses conséquences

6.1.3.2 Leçons de spécialité du secteur B

- L'importance biologique des signaux sonores chez les Arthropodes
- L'activité cardiaque chez l'homme
- La place du hasard dans l'évolution
- De l'induction florale à la fleur chez les angiospermes
- La compétition interspécifique
- Classifications traditionnelles et classifications évolutives
- Les mécanismes photosynthétiques de type C4 et CAM et leur intérêt écologique
- Structure et fonctions de la racine
- Le sexe chez les animaux
- Le polymorphisme génétique et son maintien
- Le comportement territorial
- La gamétogenèse chez les mammifères
- Le bilan hydrique chez les animaux terrestres
- Biologie écologie et évolution des mammifères
- La mise en place du rameau feuillé végétatif
- La photosynthèse de type C3 et la nutrition carbonée chez les Angiospermes

- Les innovations dans la lignée verte en liaison avec la colonisation du milieu aérien
- Phéromones et vie sociale chez les insectes
- Autofécondation, allofécondation
- La prédation
- La dissémination chez les végétaux
- Les rythmes biologiques chez les organismes chlorophylliens
- L'utilisation d'outils chez les animaux
- La sélection sexuelle
- Des plantes sauvages aux plantes cultivées
- Ectothermie et endothermie chez les Vertébrés
- L'homme et la biodiversité
- La vie ralentie chez les végétaux
- L'autotrophie pour l'azote chez les Angiospermes
- La respiration en milieu aquatique
- Mise en place du comportement chez les animaux : aspects ontogénétiques et évolutifs
- Importance du complexe hypothalamo-hypophysaire dans la physiologie des mammifères
- L'hémodynamisme vasculaire
- Unité et diversité des Mollusques
- Les végétaux envahissants
- Les interactions entre les végétaux chlorophylliens et les champignons
- Le maïs, biologie, physiologie, génome et évolution
- Les compartiments liquidiens extracellulaires chez les métazoaires
- Les relations gamétophyte-sporophyte chez les embryophytes
- Les biocycles des parasites
- Les besoins alimentaires de l'Homme
- La diversité des algues
- Les systèmes sexuels (individualisme, polygynie, polyandrie, polygynandrie, monogamie et coopération reproductive)
- Les stomates : interface avec l'environnement
- Biologie et physiologie des végétaux des milieux secs
- Le rein des Mammifères
- La vie dans la zone intertidale
- Squelette et locomotion chez les métazoaires
- Les symbioses chez les végétaux
- Les stratégies parasitaires
- Pollen et pollinisation
- Dépense énergétique, composition corporelle et obésité dans l'espèce humaine
- Structure et fonctionnement des écosystèmes
- La respiration pulmonaire chez les vertébrés

- Les fonctions branchiales
- La respiration pulmonaire chez les Vertébrés
- Les fonctions brachiales
- La vie des orchidées
- Un modèle de boucle de régulation : la pression artérielle chez les Mammifères
- Le carrefour duodénal
- La vie de la feuille
- Le chant des oiseaux : mécanismes neurophysiologiques et importance biologique

6.1.3.3 Leçons de spécialité du secteur C

- Les marges continentales de la France métropolitaine
- Originalité de la Terre dans le système solaire
- Le noyau
- La différenciation de la Terre
- Rôle de la vie dans la formation des roches
- La mesure du temps en géologie
- Nature et structure de la lithosphère continentale à partir de la carte géologique de la France au millionième
- Origine et évolution des Hominidés
- Subduction et collision
- L'enregistrement sédimentaire des variations du niveau marin
- Origine et genèse des granites
- Le manteau
- La tectonique des plaques, approche historique
- La sismicité de la France dans son cadre géologique
- Données géologiques, chimiques et biologiques sur les origines de la Vie
- Le couplage océan atmosphère
- Les énergies fossiles
- Origine et évolution des magmas basaltiques
- Le cycle sismique
- Les cycles du carbone à différentes échelles de temps
- Les provinces magmatiques géantes
- La dynamique des éruptions volcaniques
- Transfert de matière des continents vers les océans
- Les glaciations
- La lithosphère océanique
- Les provinces magmatiques géantes
- La dynamique des éruptions volcaniques
- Les glaciations

- Transfert de matière des continents vers les océans
- La lithosphère océanique
- Les météorites
- Le relief de la Terre
- Métamorphisme et déformation des roches à différentes échelles
- La notion d'anomalie en géophysique

6.1.5 Commentaire particulier concernant les leçons d'option A

Quelques conseils établis à partir des constatations du jury :

Maîtriser les connaissances :
L'un des enjeux de la leçon de spécialité est bien évidemment de faire montre de sa maîtrise de connaissances pointues dans le secteur choisi par le candidat. De ce point de vue les capacités démontrées par les candidats sont très hétérogènes, s'échelonnant d'un niveau proche de la perfection pour quelques rares candidats à un niveau insuffisant pour un concours comme l'agrégation. Dans la majorité des cas, les connaissances sont correctes bien que parfois hétérogènes. On relève ainsi souvent une réelle difficulté à hiérarchiser les connaissances et une tendance à mettre sur un même plan ce qui relève des principes fondamentaux et ce qui, au contraire, a trait aux détails des mécanismes biologiques.

Exemple à éviter : connaître les mécanismes moléculaires de la réplication, mais confondre les termes de réplication et de transcription.

Adopter une démarche explicative :
L'enjeu des connaissances ne doit pas masquer ce qui, chez la plupart des candidats constitue un handicap majeur : la capacité à construire la leçon en adoptant une démarche logique et explicative. Dans la plupart des cas, les candidats commencent par présenter les modèles explicatifs puis exposent ensuite les modalités selon lesquelles les faits peuvent coller à ce modèle. Ils proposent ainsi une démarche antinomique avec celle qui permettrait à un enseignant de construire, avec ses élèves, un modèle explicatif à partir de faits d'observation ou d'expérimentation. De ce fait, pour plusieurs candidats, alors que les connaissances sont correctes, la leçon proposée reste seulement moyenne. Cet enjeu est probablement le plus difficile à remplir puisqu'il dépend de la capacité du candidat à proposer une problématique scientifique pertinente à partir du titre de la leçon qui lui est proposé. Cette capacité de problématisation est, de loin, celle qui est la plus complexe à construire. D'elle dépend cependant largement la capacité du candidat à traiter le sujet qui lui est proposé et, à plus long terme à enseigner des concepts scientifiques.

Exemple :

Travailler à toutes les échelles et construire le sens biologique :
Dans le programme officiel de l'Agrégation le titre suivant est utilisé pour désigner le secteur A : « biologie et physiologie cellulaires, biologie moléculaire ; leur intégration au niveau des organismes ». 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.

Exemple à éviter : pour une leçon sur la gastrulation, préciser les mécanismes fins de régulation sans indiquer quel est le rôle de la gastrulation au cours du développement.

S'appuyer sur le réel et enrichir la documentation proposée :
Les candidats donnent l'impression de fuir le matériel biologique réel et les manipulations qui pourraient être associées à la leçon proposée. Si aucun matériel n'est imposé par le jury, il est très rare de voir les candidats s'orienter vers la présentation de matériel réel (à l'exception des lames histologiques parfois peu ou mal exploitées). Bien souvent, les candidats préfèrent une photographie ou un document tiré d'internet à un objet réel qui permettrait d'observer la même chose voire plus.

Il est également à noter que les candidats ont très souvent recours à l'équipe technique pour demander des copies de documents qui sont ensuite utilisés tels quels. La présentation de matériel complémentaire à l'initiative du candidat, qui fait partie des critères d'évaluation, ne peut être prise en compte par le jury qu'à la condition qu'une véritable plus-value soit proposée (production de schémas originaux, proposition d'expérimentation…).
Il faut souligner la très grande disponibilité de l'équipe technique du concours qui tient à la disposition des candidats une grande quantité de matériel biologique prêt à l'emploi, depuis les échantillons qui peuvent être présentés en l'état jusqu'aux dispositifs d'expérimentation complexes (ExAO par exemple). L'utilisation de ce matériel permettrait aux candidats de montrer leur savoir-faire techniques et de répondre par la même occasion aux deux points mentionnés ci-dessus (adopter une démarche explicative et travailler à différentes échelles).

Exemple à suivre : dans le cadre d'une leçon sur les bases cellulaires du fonctionnement cardiaque, proposer la réalisation d'un ECG et reconstituer sur transparent ou au tableau le cycle cardiaque de façon à y inscrire les mécanismes cellulaires.

Analyser et interpréter les documents dans le cadre d'une démarche explicative :
Le principe de la leçon d'option repose sur l'intégration, par le candidat, d'un certain nombre de documents proposés par le concepteur de la leçon.
Pour ce faire, les documents doivent, dans un premier temps, faire l'objet d'une analyse précise y compris sur les aspects techniques. On note ici la difficulté des candidats à procéder à une analyse critique des documents proposés. On en reste le plus souvent à une analyse sommaire et l'interprétation n'est pas toujours suffisamment poussée. Il convient d'ailleurs de bien distinguer les deux niveaux de ce travail, l'analyse reposant directement sur les données présentées par le document, l'interprétation demandant au candidat de faire appel à ses connaissances pour replacer les résultats proposés par le document dans la problématique de la leçon.
Ce deuxième temps est souvent mal réalisé par les candidats qui peinent à intégrer correctement les documents dans la logique de la leçon. Le document est alors analysé pour lui-même sans qu'une réelle transition conduise à cette analyse.

Exemple à éviter : dans le cadre d'une leçon sur les pathologies génétiques, n'analyser que partiellement les arbres généalogiques proposés et ne pas présenter leur intérêt dans la détermination de la localisation du ou des gènes impliqués.

Rester réactif pour répondre aux questions lors de l'entretien :
Les 50 minutes de présentation sont suivies de 10 minutes de questionnement sur la leçon. Elles sont l'occasion, pour le concepteur de la leçon, de revenir sur un certain nombre de points abordés par le candidat, soit pour lever un certain nombre d'ambiguïtés, soit pour aller plus loin dans l'analyse de la problématique.
Durant les 15 minutes suivantes, les deux autres interrogateurs proposent au candidat de travailler sur un certain nombre de concepts balayant plus ou moins largement le reste du secteur A. Deux objectifs sont alors poursuivis :

- tester les connaissances du candidat dans les domaines concernés
- tester ses capacités de raisonnement

De fait, il n'est pas rare, si le candidat butte sur une question, que le correcteur lui fournisse la réponse pour aller plus loin ou l'aide à la retrouver lorsque c'est possible. Il n'est donc, en aucun cas question de piéger le candidat mais de le guider dans cet exercice complexe où il s'agit de mobiliser rapidement ses connaissances sur des sujets variés. Pour y parvenir, le jury évite soigneusement de passer du coq à l'âne et propose plutôt un cheminement continu.
Insistons pour finir sur l'importance, pour le candidat, de rester mobilisé et réactif jusqu'au bout de cet exercice qui peut, plus souvent qu'on ne le pense permettre à un candidat de se remettre en selle.

6.1.6 Commentaire particulier concernant les leçons d'option B

6.1.6.1 Construction de la leçon

Cette étape est cruciale et doit reposer d'abord sur une analyse rigoureuse des termes du sujet de la leçon. Celle-ci doit s'enraciner autour d'une problématique scientifique clairement énoncée dans l'introduction et se développer autour d'un raisonnement -une progression logique d'arguments

articulés- qui utilise la documentation ou le matériel (celui proposé par le jury et celui demandé par le candidat), les connaissances du candidat et les données collectées dans les ouvrages et les autres ressources documentaires comme des arguments –des outils- au service d'une démarche.

Certains exposés se limitent à une juxtaposition d'idées glanées dans les ouvrages, sans qu'aucun fil directeur n'apparaisse, alors que l'entretien révèle que le candidat avait pourtant les connaissances nécessaires pour élaborer un exposé logique. Afin de pouvoir les utiliser à bon escient et de manière efficace lors de l'oral, il est fortement conseillé aux candidats de connaître les ouvrages, revues et médias (y compris les vidéos) proposés dans la liste du concours, et de ne pas se limiter aux seuls ouvrages généralistes, alors que d'autres ouvrages plus adaptés et bien plus riches pour traiter le sujet sont à leur disposition.

6.1.6.2 Rigueur de la démarche adoptée

Une démarche scientifique rigoureuse est attendue sur tous les sujets, y compris ceux qui touchent de près les activités humaines et font l'objet de débats dans les médias, tels la biodiversité, les OGM, l'exploitation des ressources, les variations du climat, etc. A ce niveau de recrutement, les candidats doivent s'appuyer sur des arguments scientifiques concrets afin de construire leur raisonnement.

Certaines leçons, entre autres celles concernant le comportement animal, sont encore abordées avec une vision naïve argumentée à l'aide d'un vocabulaire et d'un point de vue superficiels, finalistes, voire anthropomorphiques et en utilisant des modèles et hypothèses théoriques soutenus à posteriori par des faits évidemment ad hoc. Un modèle ne saurait se substituer à des données concrètes : une démarche expérimentale testant des hypothèses élaborées à partir d'observations doit être constamment privilégiée. Une éventuelle formalisation théorique ne saurait venir qu'ensuite.

Malgré ces réserves, le jury tient à souligner que le niveau des candidats dans le domaine de la biologie du comportement animal a continué à s'améliorer de façon significative. La vision de l'évolution et des mécanismes évolutifs se révèle encore trop souvent superficielle voire caricaturale, même si des progrès sensibles en la matière ont également été remarqués au cours de cette session.

6.1.6.3 Dimension pédagogique générale de l'exposé

La dimension pédagogique de la leçon est certaine : au-delà des qualités scientifiques du candidat, le jury cherche à savoir s'il est capable de se montrer un orateur au service de son message. Le jury a apprécié l'attitude de la majorité des candidats, leur gestion du temps en général correcte.

En ce qui concerne l'aisance à l'oral, celle-ci s'avère très inégale selon les candidats. Cette année, le jury a constaté l'augmentation nette d'une tendance à une lecture systématique et constante des notes de préparation par une proportion importante des candidats : c'est un travers qu'il faut combattre vigoureusement pour la bonne fluidité du discours et de façon à garder une certaine distance vis-à-vis des notes de préparation qui doivent seulement servir de point d'appui ponctuel pour ne pas perdre le fil de l'exposé.). D'autre part, le jury a parfois relevé des « tics de langage » qui nuisent à la qualité de l'exposé mais cela reste limité.

En général, l'utilisation du tableau et des autres supports est assez bonne. Le jury rappelle qu'il prête une attention marquée à la tenue du tableau, à la qualité des transparents produits par le candidat. Cependant un certain nombre de candidats ont une mauvaise gestion du rétroprojecteur, dans la mesure où ils ne regardent que le transparent sur le rétroprojecteur, sans vérifier que la projection sur l'écran de la salle d'oral est correcte : beaucoup de transparents n'ont pas été présentés efficacement au cours de cette session.

L'utilisation et le bon réglage des appareils d'observation (mise au point, luminosité, grossissement, etc.) n'ont pas posé de problèmes. Par contre, l'exploitation scientifique des observations ainsi réalisées laisse à désirer : pauvreté et schématisation extrême des observations, faiblesses scientifiques des titres et légendes sont des constats assez fréquents. Cet aspect de l'exploitation des observations doit être amélioré.

6.1.6.4 Utilisation pertinente et rigoureuse de la documentation ou du matériel fournis ou demandés

Pour étayer leur leçon, les candidats doivent appuyer et illustrer leurs propos à partir d'observations argumentées sur du matériel biologique. Au cours de leur exposé, ils doivent exploiter sérieusement le matériel imposé ou demandé et ne pas se contenter d'en faire une présentation rapide et superficielle. Le jury souligne l'importance de l'observation et de la démarche expérimentale et invite les candidats à manipuler avec soin pendant la leçon (dissections, EXAO, calculs, etc.), de façon à bien relier les notions exposées à des objets concrets.

Le corpus documentaire fourni par le jury B doit être utilisé de façon méthodique et rigoureuse, dans le cadre de la progression choisie par le candidat. L'exploitation de ces documents, en nombre restreint (en général 4 ou 5 documents), doit être poussée aussi loin que possible, ce qui n'est pas le cas général. De trop nombreux candidats se contentent d'une approche superficielle de ces documents, souvent limitée à une description sans véritable analyse, et *ipso facto* sans interprétation réelle.

Rappelons que le « statut » des documents est variable selon les leçons : pour beaucoup d'entre elles, les documents du jury B permettent au candidat de développer plus particulièrement tel ou tel point du sujet, sans prétendre à l'exhaustivité. Dans quelques sujets de leçons plus ciblées, pour lesquelles la documentation générale pourrait s'avérer limitée, l'essentiel de l'information scientifique nécessaire pour traiter la leçon peut être tiré du corpus documentaire fourni et le jury portera alors une attention encore plus marquée à la qualité d'utilisation scientifique de ces documents et à leur intégration dans la démarche globale du candidat.

Les observations sur du matériel frais restent encore trop rares ou maladroitement mises en œuvre. L'observation directe d'une coupe microscopique plutôt que sa présentation sous forme d'image doit être privilégiée. Prendre l'initiative de sortir, de présenter et de manipuler du matériel est aussi une occasion que trop peu de candidats saisissent pour montrer leur créativité, leur habileté à manipuler, leurs connaissances naturalistes et leur goût pour le réel et l'observation du concret. Le jury déplore que de nombreux candidats préfèrent des schémas théoriques (souvent approximatifs) à du matériel frais (coupes, dissections, montage). Il rappelle que les Sciences de la Vie et de la Terre fondent leur démarche sur l'analyse du réel. Le jury se montre donc sévère quand un candidat délaisse le matériel frais ou interprète le réel à la lumière d'une idée théorique au lieu du contraire. Présenter une seiche dans une cuvette sans la disséquer, demander une lame histologique de feuille d'élodée quand le candidat dispose d'élodée vivante est inacceptable, tout autant que de représenter un schéma théorique de cyanobactéries comme illustration d'une culture ne contenant que des algues vertes !
Mais le jury note avec satisfaction que certains candidats ont utilisé des séquences vidéo choisies fort à propos et illustrant bien certaines leçons.

6.1.6.5 Connaissances scientifiques générales

Comme chaque année, le jury B a été frappé par la difficulté qu'éprouvent de nombreux candidats à exploiter des principes physiques, chimiques et biochimiques de base, indispensables à la compréhension au premier ordre des phénomènes biologiques abordés. Cette méconnaissance s'accompagne également de difficultés à manier les outils mathématiques les plus élémentaires. Par exemple, trop peu de candidats savent calculer une fréquence, une pression, formaliser un concept de base comme l'oxydo-réduction, utiliser des lois élémentaires de la thermodynamique ou développer l'équation de la croissance d'une population.

Par ailleurs, la rigueur ne peut être respectée que si les ordres de grandeurs des objets observés en sciences de la vie et de la terre, ainsi que les unités de mesure sont maîtrisés par le candidat.

D'autre part, le jury tient également à rappeler que les notions d'histoire des sciences font partie du programme et qu'elles sont utiles à la maîtrise de la démarche scientifique

6.1.6.6 Lacunes et insuffisances scientifiques sur le programme de spécialité B

Le jury souligne des lacunes importantes dans des domaines pourtant incontournables.

De façon globale, le jury a constaté une méconnaissance flagrante, voire des lacunes inexplicables dans un concours de recrutement de ce niveau, quant aux plans d'organisation des êtres vivants,

quelle que soit la catégorie d'êtres vivants considérée, ou sur le fonctionnement des méristèmes, ou encore sur les grands principes et les méthodes de la classification phylogénétique et les conséquences sur le redécoupage évolutif lié à cette classification.

Un autre domaine fortement touché par cette érosion des connaissances est celui de la physiologie animale, y compris humaine, pour lequel les grandes fonctions sont rarement dominées scientifiquement par les candidats.

En ce qui concerne les neurosciences. Il n'est pas admissible que des candidats soient incapables de décrire l'organisation générale du cerveau humain et ses grands principes fonctionnels (comme par exemple celui du traitement des informations sensorielles), ce qui est très dommageable au regard de l'importance que ce domaine a pris en biologie.

Un autre domaine négligé des candidats est celui de la biologie de la conservation. Un professeur agrégé des SV-STU doit faire preuve d'un minimum de connaissances en la matière étant donné son impact sociétal.

Enfin, les candidats à l'Agrégation des SV-STU doivent avoir reçu une solide formation naturaliste de base. Il est pour le moins étonnant qu'aucun candidat ou presque ne sache reconnaître une cigale, un hanneton ou encore une hirondelle ; c'est encore plus étonnant lorsqu'un candidat affirme n'en avoir jamais vu voler ! Au cours des prochaines sessions, le jury continuera à renforcer l'évaluation des connaissances naturalistes des candidats, en particulier celles concernant les espèces les plus courantes de la faune et de la flore de France.

6.1.7 Commentaire particulier concernant les leçons d'option C

Les leçons d'option C entraînent le même type de remarques que celles des secteurs A et B. Les observations suivantes ne feront que compléter les commentaires ci-dessus.

Construction de la leçon

Les documents proposés sont très variés en contenu et en niveau. Ils peuvent ou non comporter des objets: échantillons, lames minces, cartes... Cette dimension naturaliste est privilégiée dans l'évaluation par le jury et c'est au candidat d'apporter les objets s'ils ne sont pas proposés.
Les documents fournis par le jury n'indiquent pas forcément le fil conducteur de la leçon : un sujet classique se voit par exemple enrichi de documents plus innovants, de résultats expérimentaux récents … Alors qu'un sujet plus pointu sera accompagné de documents plus « éclairants ». L'ordre des documents fournis n'est pas un plan de la leçon.
Les candidats doivent compléter ces documents fournis en rajoutant des faits scientifiques et/ou du matériel leur permettant d'argumenter certains aspects de la leçon. L'exploitation à bon escient de ce « matériel » choisi par le candidat lui-même est jugée positivement, car elle permet au jury d'apprécier sa créativité. Le jury regrette que la contribution du candidat, en termes d'illustration supplémentaire, se résume trop souvent à des transparents de schémas.

Connaissances scientifiques

Le jury déplore un manque de maîtrise des bases scientifiques en général, non seulement en sciences de la Terre mais sur des notions simples de chimie ou de physique. Cela peut se traduire par un vocabulaire inadapté. Un exemple parmi tant d'autres : de nombreux candidats confondent et utilisent indifféremment les termes éléments (chimiques), isotopes, molécules, atomes. Ils peuvent tenir tout un long discours sur la formation du système solaire et de la Terre mais ne connaissent pas la différence entre fer ferreux et fer métallique ou ne font pas de différence entre élément volatils/réfractaires/lourds/légers/sidérophiles etc. La confusion est fréquente entre ferromagnésien/ferromagnétique et fer métallique/fer ferreux.
L'utilisation des cartes géologiques par les candidats pose problème : la carte de France au millionième reste un mystère pour la moitié d'entre eux, les cartes au 1/50000 ne sont que trop rarement exploitées correctement.....
Un minimum de connaissance géographique est exigé en particulier pour situer correctement certaines structures où régions géologiques remarquables (le Kamtchatka n'est pas au Japon…).
L'exploitation des échantillons microscopiques et macroscopiques ne doit pas se transformer en une description des caractéristiques optiques des minéraux. La description doit être directe et précise

(nom des minéraux, texture) et être exploitée au-delà de la simple description (conditions de formation des roches….). Malheureusement, l'analyse reste très souvent sommaire et souvent erronée (confusion péridotite – gabbro, quartz – plagioclase…).

Présentation de l'exposé

Les candidats lisent souvent leurs notes et ne rentrent pas suffisamment dans leur sujet.
Les leçons collant de trop près aux contenus des livres restent impersonnelles et superficielles : on attend des candidats un investissement, une appropriation des faits géologiques.

Les plans proposés par les candidats sont souvent scolaires et présentent des titres peu démonstratifs ou non homogènes. Le manque d'une problématique définie, posée en introduction, empêche souvent la construction d'une leçon suivant un fil directeur bien identifié : les candidats se contentent d'un empilement de résultats, données ou modèles, sans hiérarchie claire.

On ne conseillera jamais assez aux candidats d'utiliser des exemples concrets (roches, lames minces, photographies, cartes etc…) permettant d'illustrer un processus géologique et accompagnant un modèle qui permet d'accéder à une compréhension des paramètres importants jouant sur le fonctionnement d'un système géologique.
La démarche scientifique n'interdit pas de partir d'un modèle pour en comprendre la construction, ou pour tester ledit modèle et montrer comment les connaissances permettent de l'améliorer : par exemple l'utilisation du modèle PREM dans la connaissance de la structure interne du globe.

Les documents proposés par le jury sont souvent des transparents rapportant des données géophysiques ou géochimiques, des résultats d'expériences ; ce peut être également des cartes géologiques, des échantillons de roches, des lames minces, des photos d'affleurement… Le candidat doit les présenter au jury, les décrire systématiquement (avant même de les interpréter !) en expliquant ce qui a été mesuré et comment, les interpréter et les replacer dans le contexte de la leçon pour argumenter sa démonstration. L'exercice de présentation et d'exploitation des documents permet ainsi d'évaluer conjointement les capacités d'analyse scientifique et les qualités pédagogiques.
Souvent les candidats présentent des modèles analogiques, mais leur utilisation est très fréquemment maladroite. En effet, il ne faut pas confondre modèle et réalité : un modèle ne démontre pas qu'un phénomène naturel de grande échelle existe dans la nature, et le problème du transfert entre les deux échelles doit être évoqué. Le modèle permet en revanche de mesurer l'effet de certains paramètres. Egalement, l'utilisation d'un modèle doit découler d'un certain cheminement, qui pose préalablement une hypothèse, et malheureusement, les modèles sont trop souvent "sortis du chapeau" sans aucune discussion préalable.
Rares sont les candidats qui cherchent à quantifier les phénomènes par des calculs simples qui s'appuient sur des lois physiques classiques. Les ordres de grandeur des vitesses, débits, quantité d'énergie, durées, concentrations ... sont rarement présentés.
Les échantillons et lames minces sont inégalement exploités : un exemple à suivre est celui des candidats qui font une présentation très complète des échantillons à différentes échelles et l'accompagnent de schémas et croquis explicatifs soignés.
L'utilisation des documents sur transparents doit être personnalisée c'est-à-dire s'accompagner d'une production personnelle interprétative.
Pour être efficace dans la présentation et l'exploitation de ces documents, il faut à la fois penser à décrire de façon précise et compréhensible le document en question, et en tirer rapidement les résultats principaux. Les candidats doivent absolument donner des indications essentielles (origine et techniques d'acquisition des données, axes du graphique, discussion sur les limites de fiabilité des valeurs, etc.) nécessaires à la compréhension du document. Il ne s'agit pas non plus pour le candidat de passer trop de temps à relire toutes les légendes et à essayer de retrouver ses conclusions. Certains documents sont construits à partir de plusieurs figures, observations ou résultats, sur un ou plusieurs transparents : il est alors attendu des candidats qu'ils mettent en relation ces différentes données ou figures pour parvenir à une conclusion. Ces documents doivent illustrer mais surtout mettre en avant certains aspects du sujet. Il faut donc faire ressortir clairement l'apport du document à la compréhension du sujet et non se limiter à une simple description en intégrant pleinement le document dans la construction de l'exposé.
Les candidats maîtrisent de mieux en mieux les différents moyens de communication : rétroprojecteur et vidéoprojecteur, cependant cela se fait souvent au détriment de l'utilisation du tableau. Rares sont

les leçons où le tableau se construit progressivement et à la fin desquelles le candidat présente un schéma bilan répondant au sujet.

Contenus des entretiens

Au cours du premier entretien, le jury revient sur certaines des points abordés au cours de la leçon pour obtenir des précisions et des explications. Des aspects non abordés pendant la leçon, mais dans la thématique de la leçon, peuvent aussi être discutés.

Dans la deuxième partie de l'entretien, sur d'autres thèmes du secteur C, les questions portent sur différents points du programme général. Les questions ont souvent porté sur des sujets scientifiques largement discutés et pourtant pas toujours maîtrisés ; comme par exemple sur les ressources énergétiques. Au cours de l'entretien, les candidats peuvent être également amenés à raisonner sur des observations ou résultats qui ne sont pas classiques et qu'ils n'ont pas forcément vus au cours de leur formation.

Le jury est dans ce cas sensible à la réactivité des candidats et à la réflexion menée par ceux-ci.

6.2 ÉPREUVES DE CONTRE OPTION

6.2.1 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).

6.2.1.1 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. Aucun matériel d'expérimentation n'est fourni dans les 30 dernières minutes de la préparation. Il en est de même pour les documents et autres supports dans les 15 dernières minutes.

Durant son temps de préparation, l'étudiant doit construire sa leçon, réaliser les transparents qui lui semblent indispensables et, éventuellement un ou plusieurs montages expérimentaux.

Conditions de présentation et d'entretien :
A l'issue des 4 heures de préparation, le candidat expose pendant 40 minutes devant une commission de 4 personnes.

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

- Un premier échange de 5 minutes, conduit par le concepteur du sujet, porte sur le contenu de la leçon.
- Une deuxième interrogation de 10 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 10 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.
La deuxième interrogation s'écarte de l'exposé et explore d'autres domaines du secteur. L'interrogateur s'efforce généralement de prendre appui sur un ou plusieurs points présentés dans la leçon pour élargir son questionnement. 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 (électronographie, résultat d'expérience, photographie) pour amorcer le questionnement. Au cours de la discussion qui s'engage, le membre du jury qui interroge explore différents domaines de la deuxième contre option.

Le questionnement dans les deux contre-options est aussi l'occasion d'aborder les questions d'actualité. Cela permet au jury de s'assurer que le candidat est informé de grandes problématiques de société liées au secteur considéré.

L'oral de contre-option est donc une épreuve qui nécessite une concentration permanente, une bonne réactivité et de solides connaissances générales en lien avec les problématiques sociétales actuelles lies aux Sciences de la Vie et de la Terre, qualités appréciées chez un futur enseignant.

6.2.1.2 Constats et conseils

Le jury a assisté à quelques leçons dogmatiques, très théoriques et sans démarche démonstrative. Ce type d'exposé, qui ne constitue heureusement pas la majorité, doit être proscrit. Les connaissances actuelles en sciences de Vie, de la Terre et de l'Univers reposent sur des faits d'observation, des relevés de mesures, des expériences. Il est donc important que le futur enseignant intègre cette démarche dans la conception de ses leçons. Ainsi, des expériences, des montages ou des manipulations, mêmes 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. Par exemple, dans le secteur A, un sujet qui traite du rôle du néphron chez l'Homme doit certes décrire les mécanismes cellulaires et moléculaires de la filtration ou de la réabsorption mais aussi s'intéresser à la place de ces phénomènes dans le fonctionnement global du système ou à la signification évolutive de ce fonctionnement dans le contexte de la vie aérienne…
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.

6.2.1.3 Quelques particularités propres à chaque secteur

Secteur A
Problématiser pour trouver le sens biologique :
Le titre des leçons proposées recouvre généralement une ou plusieurs problématiques que le candidat doit énoncer de façon claire. Il s'agit d'une étape importante et difficile car elle requiert, de la part du candidat, un minimum de connaissances sur le sujet proposé et le recul nécessaire pour les mettre en perspective. Cette problématisation va souvent de pair avec une bonne maîtrise, par le candidat du sens biologique des phénomènes concernés. Par exemple, une leçon sur la différenciation cellulaire nécessitera une mise en perspective de ce phénomène dans le cadre des processus de développement et de régénération tissulaire. C'est aussi sur la base de cette problématique claire que le candidat pourra bâtir la progression de sa leçon.

S'appuyer sur le réel pour construire une démarche explicative pouvant aboutir à des modèles :
Trop souvent, les candidats fondent leur progression sur un modèle théorique préexistant et présenté d'emblée en début de leçon. Les observations sont ensuite utilisées pour être plaquées sur le modèle et le justifier a posteriori. Cette démarche est à l'opposé d'une démarche scientifique qui, sur la base d'un certain nombre d'observations, d'arguments, d'expériences, d'investigations, aboutit à la construction progressive d'une théorie plus tard enrichie ou modifiée par de futurs apports. L'observation du réel, l'expérimentation jouent, dans cette perspective, un rôle prépondérant. Pour les candidats, elles devraient être un passage quasiment obligatoire pour amorcer puis accompagner la démarche explicative. Par exemple, dans le cadre d'une leçon sur la circulation sanguine, proposer une manipulation puis une dissection du cœur.

Ne pas se cantonner à l'échelle cellulaire ou moléculaire :
Le secteur A couvre les champs de la : « biologie et physiologie cellulaires, biologie moléculaire ; leur intégration au niveau des organismes ». Trop de candidats oublient la deuxième partie de cet intitulé en passant sous silence l'intégration des mécanismes moléculaires et cellulaires à l'échelle des organismes : ils se précipitent ainsi sur la description des mécanismes moléculaires en laissant de côté la signification biologique de ces mécanismes et phénomènes dans le cadre des cellules, des tissus et des organismes. Le jury est certes sensible au fait que le candidat maîtrise les aspects moléculaires mais l'intégration biologique nécessite que ces aspects puissent être mis en perspective dans le cadre d'un balayage de toutes les échelles de la molécule à l'organisme.

Hiérarchiser et maîtriser les connaissances :
L'ensemble des conseils précédents ne peut être suivi efficacement qu'à la condition que les candidats aient une maîtrise suffisante des connaissances dans le secteur A et qu'ils sachent, surtout hiérarchiser ces connaissances. Inutile par exemple de maîtriser tous les aspects de la transduction via les récepteurs liés aux protéines G si, par ailleurs, la notion d'hormone ne peut pas être définie de façon simple.

Secteur B

Malgré une hétérogénéité réelle, de nombreux candidats présentent des leçons de bon niveau scientifique, bien illustrées et basées sur une démarche démonstrative. Cependant une constante persiste : la rareté d'utilisation de matériel frais ou de petits montages utilisant du matériel frais. Quand des dissections sont réalisées, elles sont assez souvent présentées à sec et ne sont absolument pas démonstratives. Le jury insiste sur la nécessité de baser ses constats quand cela est possible sur des expériences et manipulations simples utilisant du matériel frais ! De futurs professeurs de biologie ne sauraient se contenter de montrer des schémas de livres ou de simplement illustrer leurs cours de photographies.

Certains candidats témoignent d'une bonne réactivité au cours des entretiens dans la contre-option b. Leur culture naturaliste est correcte, les bases de la physiologie des organismes et les adaptations aux milieux de vie sont maîtrisées et pour certains les concepts en écologie et évolution sont connus et relativement compris. Mais ce n'est pas le cas général, loin s'en faut, et il y a donc lieu de renforcer les acquis des futurs candidats en biologie des organismes et des populations pour réussir correctement cette première partie de l'épreuve de contre-option.

Notamment, les apports de Darwin, la construction de la théorie de l'Évolution ainsi que les bases du fonctionnement des écosystèmes sont en général peu maîtrisés et il est donc important de développer le fond scientifique des candidats dans ces domaines de connaissance.

Secteur C

La liste des sujets posés permet de couvrir le programme de façon homogène. Cette épreuve ne demande que des connaissances classiques et assez générales, permettant de voir si le candidat est capable de soutenir un discours géologique de niveau lycée.
Certains candidats ont parfaitement maîtrisé cette épreuve.
Il faut cependant bien lire le titre du sujet : "la sédimentation océanique" n'est pas le même sujet que "les sédiments océaniques". Dans le premier cas, on ne s'intéresse qu'aux processus sédimentaires et non à l'évolution des sédiments.
Quelques candidats ont des soucis avec l'orthographe, y compris sur les mots très proches de leur sujets qu'ils ont forcément lus au cours de leur préparation bibliographique. La situation est caricaturale lorsqu'un candidat décrit une roche au futur ! :"cette roche va subir un métamorphisme" en parlant d'une éclogite.
L'utilisation du vidéoprojecteur et du rétroprojecteur est en revanche correctement intégrée par la plupart des candidats. Les candidats ont la possibilité de projeter des documents à l'écran, ou d'obtenir des transparents d'images issues des livres consultés. Le jury n'estime donc pas très utile de recopier des images à la main (comme la carte de répartition des sédiments océaniques!)

Comme dans toute discipline naturaliste, le jury est sensible à une démarche fondée sur l'observation et l'analyse d'objets réels en priorité. Une introduction posant un problème de sciences de la Terre en montrant un « objet » (une photo de volcan, une carte du monde, un film etc.) est souvent une bonne démarche. Trop de présentations commencent par des platitudes (la Terre bleue) et ne posent pas vraiment une problématique qui est alors introduite par un « on peut donc se demander » totalement péremptoire. L'utilisation d'observations d'objet 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 maitrisés (en particulier les échantillons pétrologiques). Si la démarche de multiplier les supports est louable, ceux-ci doivent être choisis judicieusement pour illustrer la leçon et être clairement et précisément exploités pour en tirer 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 on permis de le reconnaître. Trop peu de candidats s'appuient sur la carte géologique de France au millionième, pourtant utilisable avec la majorité des leçons posées. Les échantillons classiques et leur minéralogie sont pourtant largement utilisés dans les programmes d'enseignement secondaire. Le microscope polarisant installé dans chaque salle n'est utilisé qu'exceptionnellement.
Souvent les candidats présentent des modèles analogiques, mais leur utilisation est très fréquemment maladroite. En effet, il ne faut pas confondre modèle et réalité : un modèle ne démontre pas qu'un phénomène naturelle de grande échelle existe dans la nature), et le problème du transfert entre les deux échelles doit être évoqué. Le modèle permet en revanche de mesurer l'effet de certains paramètres. Egalement, l'utilisation d'un modèle doit découler d'un certain cheminement, qui pose préalablement une hypothèse, et malheureusement, les modèles sont souvent "sortis du chapeau" sans aucune discussion préalable.
L'utilisation du tableau est trop souvent limité à la présentation d'un schéma bilan ou tableau. Trop peu de candidat l'ont utilisé pour réaliser des coupes ou schéma structuraux construits progressivement au cours de la leçon. Il est inconcevable qu'à la fin d'une leçon sur le Jura, il ne reste pas une coupe de la chaîne à la fin.
Un certain nombre de points du programme sont souvent imparfaitement traités. Les questions sur le principe de l'utilisation de la méthode isochrone pour la datation de roches donnent de très mauvais résultats dans plus de 70% des cas. La définition même d'isotope est rarement satisfaisante.
Les entretiens révèlent souvent des lacunes des candidats sur des notions de base : reconnaissance des structures tectoniques sur les cartes, formules chimiques et structures des minéraux essentiels… Un minimum de connaissances de la géographie est également requise (le golfe de Gascogne n'est pas dans l'Océan Indien). De même, quelques structures et régions géologiques « classiques » doivent être connues des candidats (faille de San Andreas, plateau d'Ontong Java….) et replacées géographiquement. Certain exemples de géologie régionale doivent être connus sous forme de schéma structural, logs stratigraphiques ou coupes (Jura, Alpes…).

En fin de leçon, il est judicieux de laisser au tableau un schéma bilan, 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 en guise d'ouverture.

6.2.2 Sujets de contre option

6.2.2.1 Sujets de contre option de sciences de la vie pour les candidats de spécialité C

- Les réserves chez les angiospermes
- La vie dans la zone intertidale
- Les rôles biologiques des lipides
- La biodiversité
- Les relations interspécifiques
- La maîtrise de la reproduction humaine
- Le potentiel d'action sodique
- Les virus
- La vision chez l'Homme

- Les levures
- Le réflexe myotatique
- Les cellules cardiaques et leur fonctionnement
- Rapprochement des gamètes et fécondation
- Les matrices extracellulaires
- Qu'est ce qu'un gène ?
- Les phytohormones
- Respiration et milieu de vie
- Les échanges de matières minérales chez les Angiospermes
- La reproduction chez les embryophytes
- la régulation de la glycémie chez l'Homme
- Le devenir des aliments ingérés (chez l'Homme)
- Les méristèmes et la croissance des Angiospermes
- La dépense énergétique chez l'Homme
- La notion d'hormone
- Les méristèmes et la croissance des Angiospermes
- La dépense énergétique chez l'Homme
- La notion d'hormone
- La circulation sanguine chez les Mammifères
- Equilibre hydro-électrolytique chez les métazoaires
- La nutrition carbonée des autotrophes
- L'évolution : des faits aux théories
- Recherche de nourriture et prise alimentaire chez les insectes

6.2.2.2 Sujets de contre option de sciences de la Terre et de l'univers pour les candidats de spécialité A et B

- Le noyau terrestre
- L'énergie solaire reçue par la terre : devenir et effets
- Les modifications anthropiques des enveloppes externes
- Les glaciations
- Les chemins pression, Température, temps du domaine métamorphique
- Le volcanisme outre-mer et sa signification géodynamique
- Origine et genèse des granitoïdes
- La chaleur interne de la Terre
- Les différents types de métamorphisme et leur signification géodynamique à partir de la carte de France au millionième
- Géoïde et reliefs de la Terre
- La rythmicité dans les processus sédimentaires
- Le cycle du Carbone et ses variations au cours des temps géologiques
- Les dorsales océaniques
- Transferts de matières du continent à l'océan
- Récif et sédimentation périrécifale

- La construction de l'échelle chronostratigraphique
- Les métamorphismes liés au cycle alpin en France
- Les grandes lignes de l'histoire géologique du Massif Armoricain à partir de cartes géologiques au choix du candidat
- Croûte océanique et croûte continentale
- La distribution d'énergie solaire à la surface de la Terre et ses conséquences
- Erosion et altération des continents
- Origine et histoire de la matière organique des roches
- La Terre comparée aux autres planètes telluriques
- La genèse des magmas dans leur contexte géodynamique
- Formation et évolution d'une chaîne de collision
- Comportement rhéologique des matériaux géologiques et structures associées
- Chronologie absolue : principes et applications
- La subduction océanique
- Genèse de la croûte océanique
- Origine et genèse des séquences des dépôts
- Influence de la lithologie et du climat sur le modelé des paysages
- Sismologie et structure du globe
- Dynamismes éruptifs et risques associés
- Les grandes accumulations sédimentaires détritiques
- Collision continentale à partir d'un exemple
- Le cycle externe de l'eau
- Les ophiolites
- La chaleur interne de la Terre
- Utilisation des roches dans la construction
- Exploitation et protection des ressources en eau
- La biostratigraphie
- Origine et genèse des séquences des dépôts
- Les marqueurs géologiques et géochimiques des glaciations
- Chronologie relative : principes et applications
- Les marqueurs géologiques et géochimiques des glaciations
- La sédimentation sur les marges passives
- Les bassins houillers en France
- La stratigraphie séquentielle
- Rifting et ouverture océanique
- La formation des roches par les êtres vivants
- Le magmatisme d'origine mantellique
- Les métamorphismes liés au cycle alpin en France
- La terre comparée aux autres planètes telluriques
- Les bassins sédimentaires observés sur la carte de France au millionième dans leur cadre géodynamique

- Géologie de l'Europe à partir de supports cartographiques au choix du candidat
- La reconstitution des paléoenvironnements continentaux
- Origine et histoire de la matière organique des roches
- Les ophiolites
- La Terre au précambrien
- Les marqueurs de la collision continentale
- Utilisation biostratigraphique et paléoécologique des fossiles
- Accumulation sédimentaire et géodynamique
- Le cycle de l'eau
- Le cycle du Carbone et ses variations au cours des temps géologiques
- Les enregistrements des paléoclimats
- Energie solaire et bilan énergétique de la Terre
- L'apparition de la vie
- Mobilité horizontale et verticale de la lithosphère océanique
- Les marqueurs de la collision continentale
- L'érosion des continents
- Géologie de l'océan indien
- Circulations atmosphérique et océanique
- Origine et évolution des Hominidés
- Les chemins Pression, Température, Temps du domaine métamorphique
- Les grandes lignes de l'histoire géologique des Alpes à partir de cartes géologiques au choix du candidat
- Les nappes d'eau souterraines : ressources en eau, sources d'énergie
- Chronologie relative : principes et applications
- Mobilité horizontale et verticale de la lithosphère océanique
- Les grandes lignes de l'histoire géologique du Jura à partir de cartes géologiques au choix du candidat
- La sédimentation en domaine océanique
- Les courants océaniques
- Les grandes lignes de l'histoire géologique du Jura à partir de cartes géologiques au choix du candidat
- L'effet de serre
- Les gisements métallifères dabs leur contexte géodynamique
- Le manteau terrestre
- Les dorsales océaniques
- La subduction océanique
- La collision continentale à partir d'un exemple
- Origine et genèse des granitoïdes
- Les grands cycles orogéniques à partir de la carte de France au millionième
- Les ressources énergétiques fossiles
- La subduction océanique
- Collision continentale à partir d'un exemple

- Origine et genèse des granitoïdes
- Les grands cycles orogéniques à partir de la carte de France au millionième
- Les ressources énergétiques fossiles
- La lithosphère océanique
- La mesure du temps en géologie
- Cadre géodynamique et évolution des bassins sédimentaires
- La construction de l'échelle chronostratigraphique
- Les bioconstructions carbonatées
- La Pangée
- Cadre géodynamiques et évolution des bassins sédimentaires
- Géologie de l'océan indien
- La Terre au Précambrien
- L'érosion des continents
- Les grands cycles orogéniques à partir de la carte de France au millionième
- Rifting et ouverture océanique
- Le champ magnétique terrestre : origine et évolution

6.2.3. Épreuve portant sur la compétence « Agir en fonctionnaire de l'État et de façon éthique et responsable »

- Durée de la présentation : 10 minutes maximum
- Durée de la discussion avec le jury : 10 minutes maximum

Pour cette seconde partie de l'épreuve de contre-option, le candidat est invité à argumenter pendant dix minutes à partir d'une question accompagnant un document d'appel, remis au début de l'épreuve. Il a construit pendant 20 minutes au maximum (durée conseillée) des éléments de discussion durant le temps de préparation. A la suite de la présentation, les membres du jury s'entretiennent dix minutes avec le candidat.

La question et le document portent sur des registres variés : épistémologie, histoire des sciences, place de la science dans la société à partir de thèmes socialement vifs (alimentation, santé, dopage, génétique, évolution, environnement et développement durable, risques naturels, gestion des ressources, enjeux de l'exploration minière, pétrolière, ou spatiale, expertise scientifique et prise de décision).
Les échanges avec le candidat s'intéressent aux connaissances, aux capacités et aux attitudes attendues dans l'exercice du métier de professeur et définies par le Bulletin officiel n° 29 du 22 juillet 2010 (plus particulièrement mais pas exclusivement les points 1 et 3*).*

Le jury propose ici une explicitation de ce texte officiel dans le contexte précis du concours de l'agrégation externe de SV-STU.

6.2.3.1 Modalités de l'épreuve

Le candidat reçoit, en même temps que le sujet de la leçon de contre-option, une enveloppe contenant une question qui l'incitera à envisager un thème socialement vif, sous l'angle de l'exercice responsable du métier de professeur de sciences de la vie et de la Terre.

A la fin de l'interrogation sur la leçon de contre-option, un temps de transition est aménagé pour aider le candidat à changer de posture pour cette épreuve : il est invité à quitter l'estrade et à s'asseoir en

face du jury. Il prend la parole lorsqu'il s'estime prêt, pendant dix minutes au plus.

Une discussion s'engage ensuite avec le jury, durant dix minutes au maximum. Le jury apprécie alors la capacité du candidat à prendre un certain recul critique par rapport aux connaissances scientifiques, en évoquant par exemple, leurs caractéristiques, leur mode de construction, leurs relations avec des problématiques éthiques, leur lien avec l'exercice de la responsabilité individuelle et collective du citoyen (en matière de santé et environnement notamment), ainsi que certaines ouvertures interdisciplinaires (importance de la pensée statistique, relation avec les progrès techniques, rapport de l'homme à la nature et aux croyances, prise en compte des enjeux économiques, sociaux, politiques, médiatiques, culturels,...).

6.2.3.2. Commentaires du jury et orientations pour la session 2012

Le jury a valorisé les candidats capables par exemple :

- d'identifier l'ancrage social et éventuellement historique du thème proposé, d'en appréhender la complexité et d'évoquer des argumentaires parfois contradictoires portés par différents acteurs sociaux liés à des intérêts, des valeurs et des idéologies divergents ;
- de proposer une vision non dogmatique et dynamique du fonctionnement des sciences, prenant en compte quelques aspects épistémologiques : comme les relations entre modèles , faits, théories et observations. Une réflexion sur la place dans la démarche du chercheur de l'inventivité, du hasard et de l'erreur ;
- de présenter des éléments et faits mettant en lumière les relations entre la construction du savoir scientifique et l'environnement socio-économique ;
- d'identifier comment ces différentes facettes peuvent être prises en charge dans l'enseignement scientifique, notamment dans le cadre des « éducations à » et en quoi elles contribuent à la construction d'une image des sciences;
- d'identifier les enjeux et les différents objectifs de l'éducation scientifique citoyenne (en termes de savoir, savoir faire, savoir être) ;
- de caractériser le rôle et la place de l'enseignant de sciences dans le cadre plus général des missions de l'Ecole ;

- de prendre un recul critique et argumenté face aux différentes formes de médias traitant un contenu scientifique.

Le jury a constaté les difficultés suivantes lors de la discussion avec les candidats :

- une difficulté à mettre en perspective la problématique dans différents contextes (de recherche, de société et d'enseignement par exemple) ;
- un discours parfois trop formaté, dogmatique ou simpliste, concernant le fonctionnement et la place des sciences dans la société ;
- un refus systématique de prendre position pas toujours pertinent et surtout argumenté de façon peu convaincante ;
- un recours systématique au débat n'est pas toujours pertinent ;
- une représentation des sciences qui n'appréhende pas le raisonnement scientifique comme une articulation de modèles, d'observations et d'expérimentations ;
- une insuffisance de réflexion sur la place des sciences dans la société, notamment autour des questions d'expertise, de gestion des risques et des ressources, de développement durable ;
- des représentations caricaturales et simplistes des enjeux des « éducations à » des activités à mener, des objectifs à atteindre en tant que futur enseignant de sciences.

6.2.3.3 Quelques éléments de précisions sur les thèmes et les questions associées, durant la session 2012

Quelques grands thèmes proposés

- Inventivité, créativité, hasard, erreur dans la démarche scientifique
- Modèles et observations dans la démarche scientifique
- Gestion des risques, des ressources et prise de décision
- Éducation aux choix responsables et éthiques et enseignement scientifique
- Caractère scientifique ou non scientifique des connaissances
- Médiatisation d'une question scientifique et positionnements éducatifs

Un point doit être souligné : la question posée au candidat a pour but d'amorcer une discussion ; elle ne vise en rien à rechercher des réponses toutes faites et ne limite nullement la discussion qui suivra avec les membres du jury. Il s'agira toujours d'une question très ouverte du type :

«Indiquez comment vous pourriez attirer l'attention des élèves sur les problèmes éthiques liés à cette question socialement vive»
Ou
« Proposez une piste de réflexion qui pourrait être engagée avec les élèves sur la place des données scientifiques sur le thème abordé, dans le cadre d'une éducation aux choix responsables»

La question pourra être un peu plus précise si le thème s'y prête. Par exemple :
« Quelle(s) attitude(s) particulière(s) de votre part au moment d'aborder en classe les débats médiatisés sur la question climatique ?»
Ou
« L'enseignement de l'évolution se heurte parfois à des résistances sociales. Quelle(s)s attitudes adopteriez-vous en tant que professeur de sciences ?».

6.2.3.4. Quelques réflexions générales autour de l'esprit de l'épreuve

Qu'entend-on par « exercice responsable du métier de professeur de sciences de la vie et de la Terre » ?

Chacun s'accorde sur deux points : il est incontestablement indispensable d'avoir un haut niveau de maîtrise disciplinaire pour enseigner les sciences de la vie et de la Terre, mais ce haut niveau ne suffit pas. En particulier, au-delà de la stricte connaissance approfondie du champ scientifique, il convient d'être conscient que l'acte d'enseigner se déroule dans un contexte (social et institutionnel) et que l'on ne peut pas se désintéresser totalement des implications de cet enseignement au-delà du champ scientifique strict.

Pour bien comprendre ce que l'on attend, il convient cependant aussi de prendre conscience que l'agrégation de SV-STU reste – évidemment – une agrégation scientifique et que l'on n'attend pas d'un agrégatif qu'il soit également expert en philosophie, sociologie, psychologie, etc. Tout au plus lui est-il demandé de montrer qu'il a l'esprit ouvert sur au moins une partie de ces questions. Le balayage large conduit au cours de la discussion a pour objectif de permettre au candidat de montrer un exemple de ces qualités dans le champ de réflexion qui l'intéresse le plus.
Il faut insister : cette discussion n'est pas un oral de langue de bois.

Qu'attend-on du candidat lors des 10 minutes maximum à sa disposition pour exposer son analyse ?

Le candidat sera libre de s'organiser comme il veut pour montrer, comme il est dit plus haut, qu'il est capable d'élaborer une analyse réflexive et critique sur ses connaissances. Il n'y a aucun exercice imposé, ni aucune consigne formelle particulière.

Un point doit être souligné : l'exposé du candidat dure 10 minutes <u>au maximum.</u>

Quel temps le candidat doit-il passer à préparer cet aspect de l'interrogation pendant les quatre heures de préparation ?

Clairement : le moins possible. C'est d'ailleurs pourquoi le jury s'interdit de fournir un document complémentaire long et complexe dont l'étude serait en elle-même chronophage. Dans le même esprit, il est fortement déconseillé de recourir à des ouvrages de la bibliothèque. Cela parait inutile au vu de l'exercice demandé.

Insistons : l'agrégation de SV-STU recrute des professeurs de sciences. Elle cherche donc à observer un futur professeur mimant autant que possible l'acte d'enseigner. Il est question ici de prendre en compte l'appréciation du contexte de l'acte d'enseigner..

Qui interroge les candidats sur ces aspects ?

Le jury. Le jury tout entier. Il n'y a aucun membre du jury spécialisé dans cette interrogation. De même que la totalité des membres du jury sont impliqués dans la partie strictement scientifique de la leçon de contre-option.
Les questions portant sur le recul critique vis-à-vis des savoirs scientifiques sont posées par des scientifiques et non par des spécialistes de l'éthique, des institutions, ou de l'épistémologie. Au cours de la discussion, un ou plusieurs membres du jury participent à la discussion, sans exclusion ni organisation systématisée à l'avance.

L'interrogation est-elle si ouverte qu'il est totalement inutile de s'y préparer ?

Non. Une préparation est possible et nécessaire. Trois pistes peuvent être proposées.

Les conférences

De sa propre initiative, ou à celle de ses enseignants, le candidat pourrait suivre telle ou telle conférence (il n'en manque pas) proposant une analyse réflexive sur les sciences et leur rôle en société.
Insistons : il ne s'agit pas d'écouter tel ou tel « gourou » qui dirait ce que doit être une bonne vision sociétale des sciences, mais bien d'écouter un point de vue, une analyse argumentée et de la prendre comme une incitation à la réflexion.

Quelques lectures

C'est naturellement une gageure de proposer une bibliographie sur ces questions. Sauf à être si longue qu'aucun agrégatif ne saurait rien en faire, elle ne peut être que partielle, et donc potentiellement partiale.
Les cinq ouvrages suivants étaient proposés à la réflexion des candidats de la session 2011 :

- Pestre D. 2006. Introduction à l'histoire des sciences. Paris : La Découverte. 122p.
- Bensaude-Vincent B. 2003. La science contre l'opinion. Les Empêcheurs de Penser en rond. 240p.
- Russ J., Legui C. 2008. La pensée éthique contemporaine. Paris : PUF. 127p
- Lecourt D. 2003. Humain, post-humain. Paris : PUF. 192p.

Insistons : ces ouvrages ne sont en rien ceux qu'il faut lire. Ce qui est suggéré, c'est que le candidat, au cours de sa préparation, lise deux ou trois livres de ce genre, ceux-là ou d'autres. Ces titres n'ont pour but que de donner des idées à ceux qui en manqueraient… Il ne s'agit en rien d'une bibliographie qui contiendrait les savoirs à acquérir. A aucun moment l'interrogation du candidat ne cherchera à vérifier s'il sait ou non ce qui se trouve dans un de ces livres. En revanche, dans la discussion, la question pourrait bien venir de lui demander s'il a lu quelque chose, ce qu'il en a tiré, ce qui l'a intéressé, ce qui lui a déplu.

Quelques regards autour de soi

Le jury le sait bien, pendant l'année de l'agrégation, il est fréquent de ne faire un peu « que ça ». Ce qui est proposé, c'est de s'ouvrir à ce qui se passe dans le monde, de s'intéresser aux débats médiatisés qui traversent la société sur des questions scientifiques socialement vives. Ainsi, préparer l'agrégation l'année de la biodiversité ou en même temps que le parlement vote une révision des lois de bioéthique peut inspirer la réflexion.

La rubrique Le grand débat dans le magazine La Recherche ou la rubrique sciences d'un certain nombre de quotidien peuvent être des bases de réflexion.

Insistons : le candidat ne sera nullement interrogé sur sa connaissance précise de tel ou tel débat. De même, à propos de l'actualité, le candidat ne devra nullement chercher à exprimer tel ou tel point de vue qu'il supposerait attendu ou partagé par le jury. L'oral de l'agrégation s'intéresse au potentiel de réflexion des candidats, pas à leurs opinons.