



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 2009

CAPES EXTERNE ET CAFEP

Section: SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

**Rapport de jury présenté par M. Dominique LARROUY
Président de jury**

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

Sommaire

1. Introduction (p 3)
2. Composition du jury (p 6)
3. Maquette du concours (p 9)
4. Epreuves écrites
 - a. Composition sur un sujet de biologie
 - i. Sujet (p 11)
 - ii. Corrigé et commentaires (p 32)
 - b. Composition sur un sujet de géologie
 - i. Sujet (p 52)
 - ii. Corrigé et commentaires (p 73)
 - c. Bilan statistique des notes obtenues aux épreuves écrites (p 95)
5. Epreuves orales
 - a. Exposé scientifique suivi de deux entretiens
 - i. Exposé scientifique et premier entretien (p 100)
 - ii. Liste des sujets d'exposé scientifique
 1. Géologie (p 105)
 2. Biologie (p 110)
 - iii. Le deuxième entretien (p 115)
 - iv. Bilan statistique des notes obtenues à l'exposé scientifique suivi de deux entretiens (p 118)
 - b. Epreuve sur dossier
 - i. Critères d'évaluation, commentaires et bilan statistique des notes obtenues (p 127)
 - ii. Présentation et proposition d'exploitation d'un dossier (p 149)
6. Statistiques concernant les candidats et les lauréats (p 162)
7. Programme de la session 2010 (p 171)
8. Documentation disponible pour l'exposé scientifique
 - a. Ouvrages de biologie (p 179)
 - b. Ouvrages de géologie (p 187)
 - c. Périodiques (p 191)
 - d. Cartes de géologie (p 198)
 - e. Cartes de la végétation (p 202)

1. Introduction

Le nombre de postes mis au concours à la session 2009 du CAPES externe de SVT a légèrement augmenté par rapport à la session 2008 mais il a diminué pour le CAFEP. Le nombre de candidats présents aux deux épreuves écrites ayant diminué de 16 %, la sélectivité du concours est moindre qu'à la session 2008. Le programme et l'architecture du concours n'ayant pas évolué depuis la session 2007, la session 2009 apparaît sans grand changement et les remarques et conseils contenus dans les précédents rapports du jury restent largement d'actualité.

Les épreuves orales se sont déroulées, comme les années précédentes, au lycée Victor Duruy, 33 boulevard des Invalides, Paris 7^{ème}.

L'objectif de ce rapport est de fournir aux futurs candidats tous les renseignements utiles pour réussir. Chaque épreuve fait ainsi l'objet d'un chapitre qui en présente les objectifs, les critères d'évaluation et les résultats obtenus par les candidats.

Les chiffres-clés de la session 2009

	Inscrits	Postes	Non éliminés(#)	Admissibles(*)	Admis
CAPES	2842	316	2129	711	316
CAFEP	666	75	479	104	44

(*) Dont 2 élèves d'une ENS dispensés d'écrit, (#) présents aux deux épreuves

Bilan de l'admissibilité

	Moyenne des candidats non éliminés	Moyenne des admissibles	Barre d'admissibilité
CAPES	6.32	9.41	7.51
CAFEP	5.61	9.05	7.53

Bilan de l'admission

	Admissibles	Non éliminés	Admis
CAPES	711	646	316
CAFEP	104	97	44

	Moyenne des candidats non éliminés	Moyenne des admis	Barre d'admission
CAPES	8.55	10.13	8.51
CAFEP	8.16	9.92	8.29

L'analyse statistique détaillée des notes obtenues à chaque épreuve permettra aux candidats ayant échoué de se situer par rapport aux autres candidats.

Comme on pourra le constater à la lecture des statistiques détaillées présentées en fin de rapport, 70% des admis sont des élèves de première année d'IUFM dont le taux de réussite (30%) est

deux fois plus élevé que le taux de réussite général (15% des présents). La possession d'une maîtrise (M1), non exigée pour se présenter, fait plus que tripler le taux de réussite (21% vs 6%). Quarante deux candidats admissibles au CAPES ont été également admis à l'agrégation et ne se sont pas présentés aux épreuves orales du CAPES. La féminisation du concours se poursuit puisque 66% des candidats présents et 70% des lauréats sont des femmes.

Cette année, 94 candidats ont été déclarés admissibles au CAPES et à l'agrégation. Parmi ceux-ci, 42 ont été admis à l'agrégation (sur un total de 87 lauréats) et 52 n'y ont pas été admis dont 49 ont présenté les épreuves orales du CAPES et 41 y ont été déclarés admis

Il n'est prévu aucun changement significatif du concours pour la session 2010. Le programme de la session 2009 a été reconduit (B.O. spécial n° 6 du 25 juin 2009 reproduit en annexe). Comme pour la session précédente, les programmes scolaires sur lesquels porteront les épreuves sur dossier seront ceux en vigueur dans les classes.

Pour conclure cette brève introduction je souhaiterais remercier M. Frizon, proviseur du lycée Victor Duruy, et son équipe administrative qui ont permis que cette session se déroule dans d'excellentes conditions, ainsi que M. Hervé Désormes qui a, comme les années précédentes, assuré avec une grande efficacité, la conception et la maintenance du site web du concours, ce qui a permis une mise en ligne rapide des sujets proposés à l'exposé scientifique.

Mes derniers mots iront aux membres de l'équipe technique et au jury, en particulier à Mme Régine Déléris et M. Jean-Luc Schneider, vice présidents du jury dont le dévouement et l'efficacité ont permis de sélectionner les lauréats dans la plus grande impartialité.

Dominique LARROUY

Maître de conférences à l'université Paul Sabatier

Président du jury

2. Composition du jury

Composition du jury

Président

M. Dominique LARROUY Maître de conférences, université Paul Sabatier, Toulouse

Vice-présidents

Mme Régine DELERIS IA-IPR, académie de Toulouse

M. Jean-Luc SCHNEIDER Professeur, université de Bordeaux 1

Membres du jury

M^{me} Marianne ALGRAIN-PITAVY Professeur agrégé, lycée St Louis, Paris

M. Louis ALLANO Professeur agrégé, lycée Chateaubriand, Rennes

M. Yann BASSAGLIA Maître de conférences, université Paris 12 - Val de Marne, Créteil

M^{me} Ghislaine BEAUX Professeur agrégé, lycée Lakanal, Sceaux

M^{me} Anne BERTRAND Maître de conférences, université Bordeaux 1

M. Nicolas BERTRAND Maître de conférences, université Aix-Marseille II

M^{me} Claude BUSSIÈRE IA-IPR, académie de Clermont-Ferrand

M. Jacky CARIOU Professeur agrégé, lycée Pierre de Fermat, Toulouse

M. Claude CENSIER IA-IPR, académie de Dijon

M. Jean-Marc DEMONT Professeur de chaire supérieure, lycée Saint Louis, Paris

M. Marc DESMET Maître de conférences, INRP, académie de Lyon

M^{me} Dominique DUBOIS Professeur agrégé, lycée Hector Berlioz, Vincennes

M. Jean-Yves DUPONT IA-IPR, académie d'Orléans

M. Gérard DUTRUGE Professeur agrégé, lycée Claude FAURIEL, Saint-Etienne

M. Eric ESPINOSA Professeur agrégé, université Paul Sabatier, Toulouse

M. Alain FARALLI IA-IPR, académie de Marseille

M. Bruno FORESTIER Professeur agrégé, lycée Joffre, Montpellier

M^{me} Emmanuelle FRANCOIS Professeur agrégé, lycée Victor HUGO, Besançon

M^{me} Marie-Christine GERBE Maître de conférences, université Jean Monnet, Saint Etienne

M. André GILLES	Maître de conférences, université D'Aix-Marseille I
M. Pierre-Jean GODARD	Professeur agrégé, lycée Thiers, Marseille
M ^{me} FLORENCE GODARD	IA-IPR, académie de Montpellier
M. David GRAINDORGE	Maître de conférences, université de Brest
M ^{me} Marie-Paule GROSSE-TETE	Professeur de chaire supérieure, lycée Thiers, Marseille
M ^{me} Myriam HARRY	Professeur, université Paris 12 - Val de Marne, Créteil
M. Loïc LABROUSSE	Maître de conférences, université de Paris VI,
M. Siegfried LALLEMANT	Professeur, université de Cergy-Pontoise
M. Christophe LAVILLE	Professeur agrégé, LEGT Général Leclerc, Saverne
M ^{me} Catherine MARUTTI	Professeur agrégé, lycée Val de Garonne, Marmande
M. Stéphane MAURY	Maître de conférences, université d'Orléans
M. Marc PELLESCI	Professeur agrégé, lycée Louise Michel, Bobigny
M ^{me} Christiane PERRIER	Professeur de chaire supérieure, lycée du Parc, LYON Cedex 06
M ^{me} Gaëlle PROUTEAU	Maître de conférences, université Paris 6
M. Daniel POISSON	Professeur de chaire supérieure, lycée Masséna, Nice
M. Eric QUEINNEC	Maître de conférences, université Paris 6
M. Xavier RAYNAUD	Maître de conférences, université Paris 6
M ^{me} Catherine REEB	Professeur agrégé, université Paris 6
M ^{me} Françoise RIBOLA DURANEL	IA-IPR, académie de Versailles
M ^{me} Cécile ROBIN	Maître de conférences, université de Rennes 1
M ^{me} Elena SALGUEIRO	Professeur de chaire supérieure, lycée Janson de Sailly, Paris
M ^{me} Christine SAUX	Professeur agrégé, lycée St Louis, Paris
M. Pascal THIBERGE	IA-IPR, académie de Caen
M. Blaise TOUZARD	Maître de conférences, Université de Bordeaux 1
M. Alain TRENTESAUX	Professeur, Université de Lille 1, Villeneuve d'Ascq
M. Victor WAJSBERG	Professeur agrégé, lycée Henri IV, Paris

3. Maquette du concours

Composition écrite sur un sujet de biologie (6h)	Coef. 5	100	160
Composition écrite sur un sujet de géologie (5h)	Coef. 3	60	
Exposé Scientifique et entretiens (1h, coef. 5)	Exposé (30 min)	50	100
	Premier entretien (10 min)	20	
	Second entretien (20 min)	30	
Epreuve sur dossier (1h, coef. 3)	Exposé (30 min)	30	60
	Entretien (30 min)	30	

Maquette du concours : nature et durée des épreuves, coefficients

Le sujet de biologie peut comporter plusieurs parties indépendantes et être fondé, en totalité ou en partie, sur des documents à exploiter fournis aux candidats. Il porte sur un ou plusieurs des domaines du programme de biologie du concours.

Le sujet de géologie peut être fondé sur des documents à exploiter fournis aux candidats. Il porte sur le programme de géologie du concours.

Exposé scientifique suivi de deux entretiens avec les membres du jury

Le candidat tire au sort un sujet portant sur le programme de biologie ou sur le programme de géologie, pouvant comporter un dossier documentaire et demander une présentation pratique ou expérimentale.

Le premier entretien porte sur l'exposé.

Le second entretien porte sur la géologie si l'exposé a porté sur la biologie et inversement

Epreuve sur dossier

Cette épreuve comporte un exposé suivi d'un entretien avec les membres du jury. Elle prend appui sur des documents proposés par le

jury.

Elle permet au candidat de démontrer :

- qu'il connaît les contenus d'enseignement et les programmes de la discipline au collège et au lycée ;
- qu'il a réfléchi aux finalités et à l'évolution de la discipline ainsi que sur les relations de celle-ci aux autres disciplines ;
- qu'il a réfléchi à la dimension civique de tout enseignement et plus particulièrement de celui de la discipline dans laquelle il souhaite exercer ;
- qu'il a des aptitudes à l'expression orale, à l'analyse, à la synthèse et à la communication ;
- qu'il peut faire état de connaissances élémentaires sur l'organisation d'un établissement scolaire du second degré.

SESSION 2009

**CONCOURS EXTERNE
DE RECRUTEMENT DE PROFESSEURS CERTIFIÉS
ET CONCOURS D'ACCÈS À LA LISTE D'APTITUDE**

Section : SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

COMPOSITION SUR UN SUJET DE BIOLOGIE

Durée : 6 heures

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout matériel électronique est rigoureusement interdit.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : Hormis l'en-tête détachable, la copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.

Remarques importantes

1. Le sujet comporte 4 parties, 8 documents et un tableau à rendre avec votre copie. Les différentes parties sont indépendantes, mais certaines hypothèses formulées en réponse à la question 6 pourront être reprises dans la question 10.
2. Certaines figures pourront être jointes à la copie si le candidat considère que des annotations en surcharge constituent des éléments appréciables de réponse aux questions ; il devra alors les coller sur la copie.
3. Une durée conseillée est indiquée pour chaque partie.
4. La qualité de la rédaction, de l'orthographe et des schémas qui accompagnent les réponses sera prise en compte dans la notation.
5. Il n'est pas demandé d'introduction ni de conclusion générales mais seulement de répondre aux questions posées dans l'énoncé.
6. Précisions de vocabulaire : le terme « Plantae » correspond à la lignée verte (selon Lecointre & Le Guyader, 2003) et comprend les Glaucocystophyta, les Rhodophyta et les Chlorobionta - cf. document 5).

Structure, fonctions et évolution des plastes chez les Eucaryotes

Partie I - Étude structurale de la cellule Eucaryote photosynthétique.

Durée conseillée 45 minutes

Question 1 :

- Légendez le document 1 sur le tableau I à rendre impérativement avec la copie.

Question 2 :

- En vous référant au document 1 et à vos connaissances, décrivez sous forme d'un tableau, les organites présents dans toutes les cellules eucaryotes photosynthétiques et précisez leurs fonctions dans la cellule.

Partie II - Fonctions du chloroplaste

Durée conseillée 1 heure 30

Question 3 :

Chez *Chlamydomonas sp.* (Chlorophyta, Chlorobionta, Plantae, Eucaryota), comme chez tous les Eucaryotes autotrophes pour le carbone, la nutrition est assurée en partie par la photosynthèse.

- Proposez de manière synthétique deux protocoles expérimentaux réalisables dans une salle de travaux pratiques permettant de mettre en évidence le rôle des chloroplastes dans la photosynthèse, d'une part dans les processus photochimiques, d'autre part dans les processus biochimiques d'assimilation du carbone.

Question 4 :

Les expériences de Calvin (1952), non décrites ici, ont permis de suivre le devenir du carbone fixé lors de la photosynthèse (document 2). Un dispositif permet de contrôler le temps de mise en contact d'une suspension de chlorelles avec du CO₂ radioactif (= ¹⁴CO₂). Les chlorelles (Chlorophyta, Chlorobionta, Plantae) sont des algues unicellulaires proches de *Chlamydomonas*.

- Après avoir dégagé les informations pouvant être déduites des documents 2A à 2D, proposez un schéma de synthèse du fonctionnement d'un chloroplaste prenant en compte ces informations et vos connaissances.

Partie III - Diversité et origine des chloroplastes

Durée conseillée 1 heure

Question 5 :

La comparaison d'organismes photosynthétiques permet de formuler des hypothèses sur l'origine des plastes des cellules eucaryotes.

A - Légendez les documents 3A à 3D (directement sur le tableau I à rendre avec la copie)

B - En vous appuyant sur les documents 3 et 4 comparez les structures présentées.

Question 6 :

- En vous fondant uniquement sur les informations précédentes (ultrastructure des plastes et distribution des principaux pigments photosynthétiques) et en vous appuyant sur la phylogénie des Eucaryotes (document 5), quelles premières hypothèses pouvez-vous formuler sur l'origine des plastes dans les différentes lignées eucaryotes photosynthétiques?

Partie IV – Évolution de la cellule photosynthétique.

Durée conseillée 2 heures 30

La division des plastes est un mécanisme fondamental du développement et de la croissance des Eucaryotes photosynthétiques.

Les peptidoglycanes sont des macromolécules structurales que l'on trouve dans la paroi de toutes les Eubactéries. Ces molécules sont impliquées dans la division cellulaire : elles participent à la formation de la cloison cellulaire médiane qui isole les cellules filles au cours des divisions successives. Chez les bactéries, l'ampicilline est un antibiotique qui bloque la voie de synthèse des peptidoglycanes et empêche l'aboutissement de leur division.

Cyanophora paradoxa est un Glaucocystophyta (cf. document 5), algue eucaryote unicellulaire photoautotrophe obligatoire, dont le plaste est entouré d'une structure contenant des peptidoglycanes. Des cellules de *Cyanophora paradoxa* ont été mises en culture en présence d'ampicilline et on a observé la croissance de la colonie (document 6A).

Question 7 :

A - Analysez les expériences proposées sur le document 6A.

B - Quelles hypothèses pouvez-vous émettre pour expliquer l'action de l'ampicilline sur la croissance des Glaucocystophytes en culture? Quelle(s) expérience(s) complémentaire(s) serai(en)t nécessaire(s) pour tester ces hypothèses.

Le document 6B compare la taille des génomes et le nombre de gènes plastidiaux présents chez différents organismes.

C - Quelles informations peut-on tirer de ces données?

La protéine FtsZ et sa fonction chez les Eucaryotes.

La protéine FtsZ (pour '*Filamentous temperature sensitive*') découverte en analysant des mutants d'*Escherichia coli* (Eubacteria) est l'une des molécules impliquées dans la division cellulaire de cet organisme. Les monomères de la protéine FtsZ (40 kDa) peuvent s'auto-assembler en protofilaments (activité GTPase) puis former un anneau contractile (l'anneau Z) à l'origine de la constriction membranaire qui s'opère au niveau du septum séparant, lors de chaque division, les cellules filles d'*E. coli*.

Chez *Arabidopsis thaliana* (Embryophyta, Chlorobionta, Plantae, Eucaryota), deux séquences de transcrits (*FtsZ1* et *FtsZ2*) ont été identifiées à partir d'une banque d'ADNc nucléaire.

Les protéines correspondantes, *FtsZ1* et *FtsZ2*, présentent une séquence dont la région centrale est très conservée mais elles diffèrent par la longueur de leurs extrémités N-terminales : *FtsZ1* possède une séquence N-terminale beaucoup plus longue que celle de *FtsZ2*. A titre d'information, on notera également la présence d'un site de fixation au GTP dans les deux séquences.

Afin d'analyser les fonctionnalités biologiques de ces séquences, une série d'expériences a été réalisée (documents 7A, 7B et 7C) :

Question 8 :

A- Interprétez indépendamment les expériences 7A, 7B et 7C.

B- Quelles conclusions concernant le rôle des protéines FtsZ peut-on formuler à partir des résultats obtenus?

Évolution des protéines FtsZ chez les Eucaryotes :

Les recherches menées chez les Eucaryotes ont conduit à la mise en évidence de FtsZ chez différents taxons de plantes terrestres et d'algues. Tout comme chez *Arabidopsis thaliana*, certains d'entre eux (*Cucumis sativus*, *Physcomitrella patens*) présentent deux gènes qui ont pu être identifiés et également annotés *FtsZ1* et *FtsZ2*.

On notera que ce gène est absent de différents génomes Eucaryotes totalement séquencés : *Saccharomyces cerevisiae*, *Drosophila melanogaster*, *Caenorhabditis elegans*, des génomes de vertébrés, ainsi que des génomes mitochondriaux.

Une analyse phylogénétique réalisée selon une méthode dite de maximum de vraisemblance a été effectuée à partir d'un alignement de séquences des protéines FtsZ d'Eubactéria, d'Archaea et d'Eucaryota (cf. liste des taxons sur le document 8B). L'une des hypothèses phylogénétiques qui en résulte est présentée sous la forme d'un arbre des relations de parenté entre les différentes protéines FtsZ échantillonnées (document 8A).

Question 9 :

- En vous fondant sur l'analyse de la phylogénie proposée sur le document 8A, formulez des hypothèses sur l'évolution de ces gènes.

Question 10 :

- En vous appuyant sur les informations dégagées dans les parties III et IV, ainsi que sur vos connaissances, vous établirez une liste structurée d'arguments soutenant l'origine symbiotique des plastes eucaryotes.

Afin de compléter l'histoire évolutive du gène *FtsZ* (qui code pour la protéine FtsZ), des recherches exhaustives (Nogales et al., 1998; Gilson et al., 2001) ont été menées sur des bases de données de gènes (GeneBank). Ces auteurs ont pu montrer que la plupart des protéines FtsZ présentaient de faibles similarités de séquences avec différents gènes de la famille des tubulines, présents uniquement chez les Eucaryotes (quelques acides aminés sont conservés). En revanche, des similarités structurales très importantes ont pu être identifiées.

Question 11 :

- Après avoir présenté de façon concise les molécules de la famille des tubulines (vous pourrez vous appuyer sur des représentations schématiques) et précisé leurs principales fonctions biologiques, discutez, en quelques phrases, de l'importance que peuvent présenter ces travaux dans la compréhension de l'évolution de la cellule eucaryote.

Bibliographie :

- Berenguer & al., 1987, FEBS Letters, 224(2) : 401-405.
Bouck, 1965, The Journal Of Cell Biology, 26 : 523-537.
Calvin, 1962, Science, 135 (3507) : 879-889.
De Reviers, 2002, Biologie et Phylogénie des algues, Tome 1, Belin, 351 pp.
Erikson, 1995, Cell, 80: 367-370.
Erikson, 1997, Trends in Cell Biology, 7: 362-367.
Erikson, 2007, BioEssays, 29: 668-677.
Gilson & Beech, 2001, Research in Microbiology, 152: 3-10.
Keeling, 2004, American journal of botany, 91(10): 1481-1493.
Nogales & al., 1998, Nature Structural Biology, 5 (6) : 451-458.
Ohad, Siekevitz & Palade, 1967, The Journal Of Cell Biology, 35 : 521-552.
Osteryoung & al., 1995, Nature, 10: 1991-2004.
Osteryoung & al., 1998, The plant cell, 10: 1991-2004.
Robert & Roland, 1989, Organisation cellulaire (Biologie végétale), Tome 1, 265 pp.
Lecointre & Le Guyader, 2003, Classification phylogénétique du vivant, 559 pp.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE

Académie : _____ Session : _____

Concours : _____

Spécialité/option : _____ Repère de l'épreuve : _____

Intitulé de l'épreuve : _____

NOM : _____

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms : _____ N° du candidat

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

EBE SVT 1

Tableau I à rendre avec la copie - Légendes des documents 1 et 3.

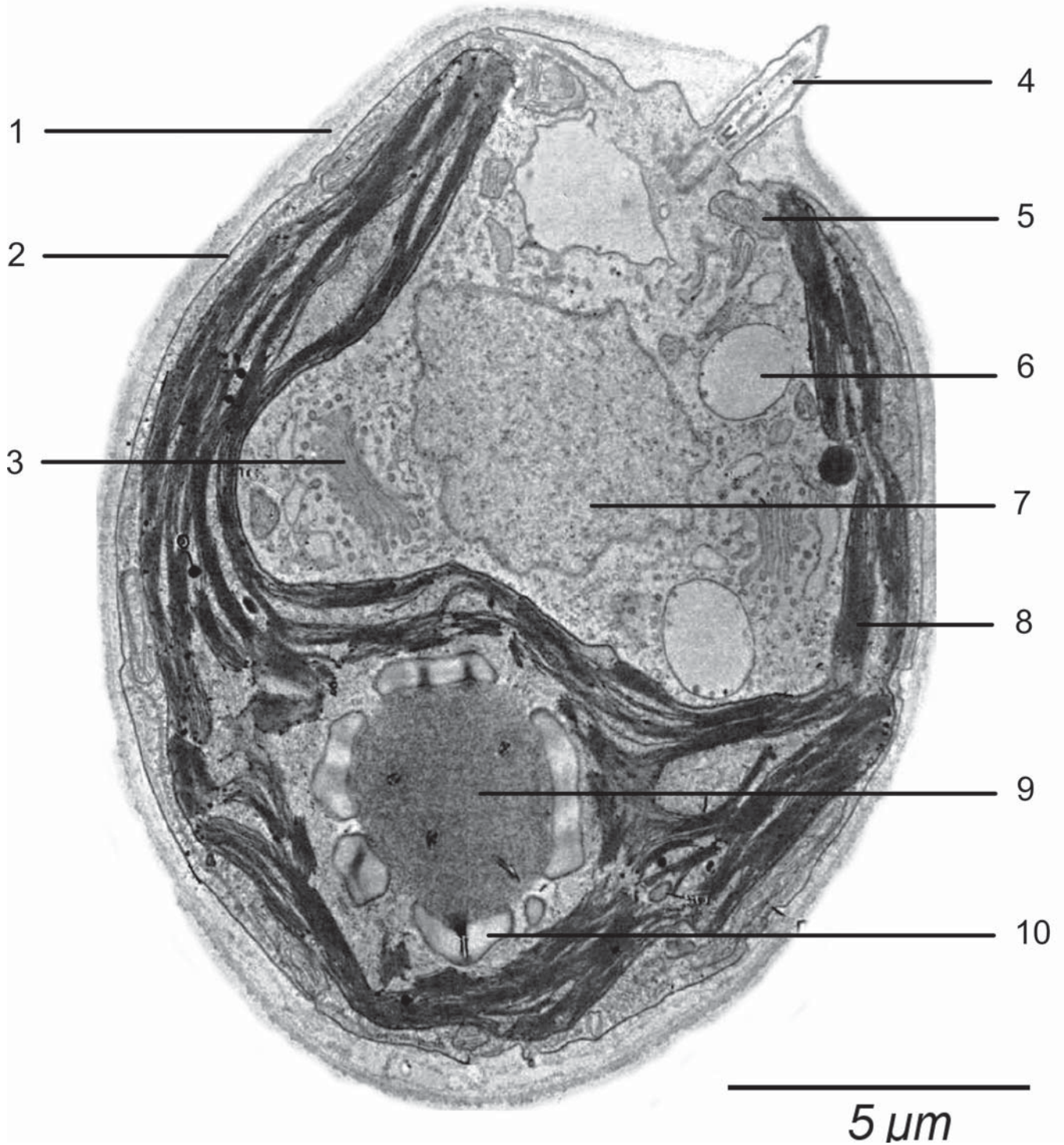
N° Doc.	N° légende	Texte de la légende
1	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
	7	
	8	
	9	
	10	
3A	11	
	12	
	13	
	14	
	15	
3B	16	
	17	
	18	
	19	
	20	
	21	
3C	22	
	23	
	24	
	25	
	26	
3D	27	
	28	

©

DOCUMENT 1

Coupe de Chlamydomonas sp. (Chlorophyta, Chlorobionta, Plantae, Eucaryota)
 observée en microscopie électronique à transmission.

D'après Ohad, 1967

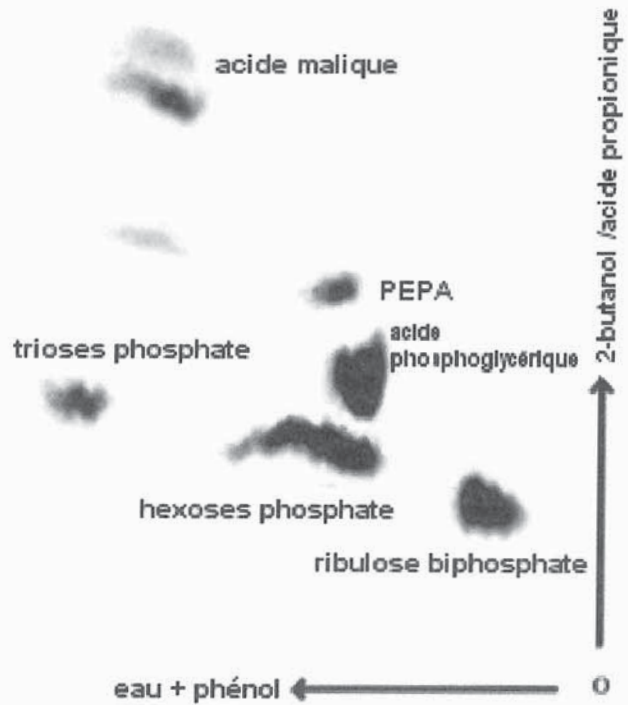


DOCUMENT 2
(d'après Calvin, 1962)

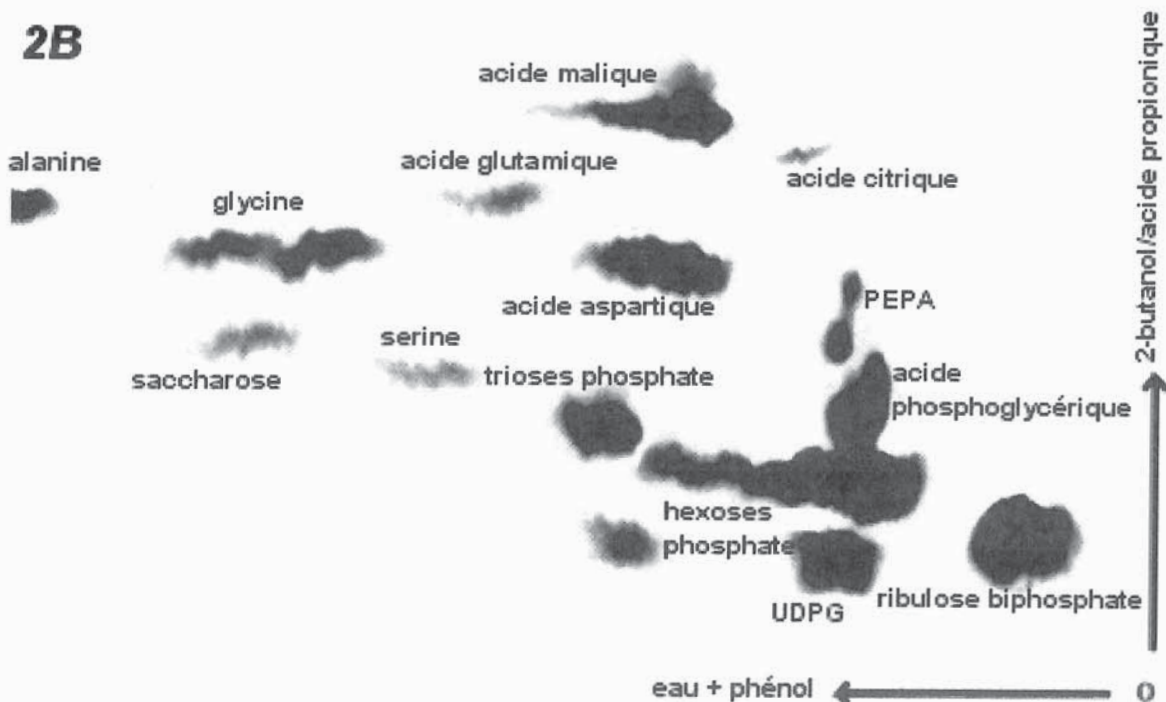
Une suspension de chlorelles éclairée est exposée à une atmosphère enrichie en $^{14}\text{CO}_2$ pendant 5s (document 2A) ou 30s (document 2B). Les chlorelles sont immédiatement fixées par immersion dans une solution alcoolisée ce qui stoppe toute réaction enzymatique et permet l'extraction de leur contenu cellulaire. Des chromatographies bidirectionnelles de ce contenu ont été réalisées et les résultats analysés par autoradiographie. Pour chaque chromatogramme, l'origine 0 est située en bas à droite et le sens de migration est précisé. La nature des composés a été analysée ultérieurement par diverses méthodes biochimiques. On s'est également assuré que ces composés étaient bien présents *in vivo* et n'étaient pas le résultat d'une dégradation par les solvants. PEPA = phosphoenolpyruvate ; UDPG = uridinediphosphoglucose.

2A

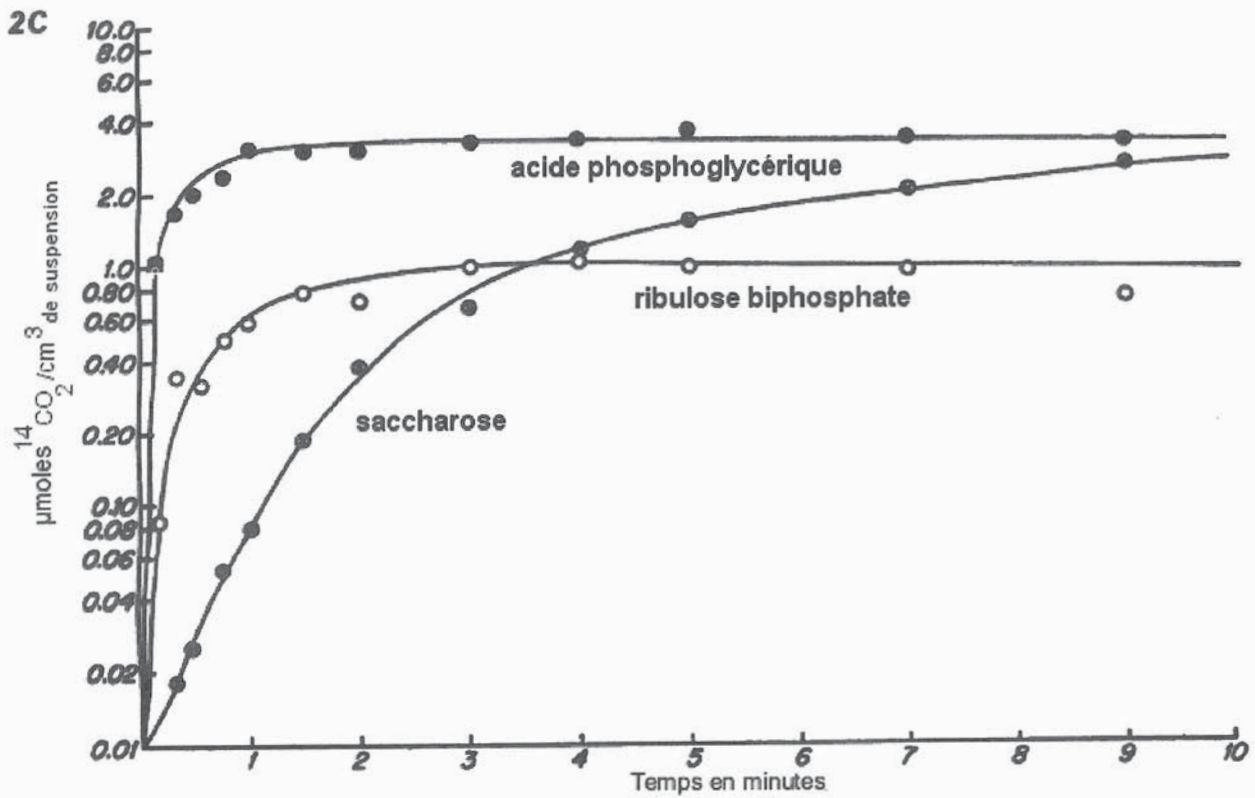
2A : exposition de la suspension de chlorelles au $^{14}\text{CO}_2$ pendant 5s. Si le temps est encore réduit (à 2s par exemple) l'acide phosphoglycérique devient le seul composé révélé.



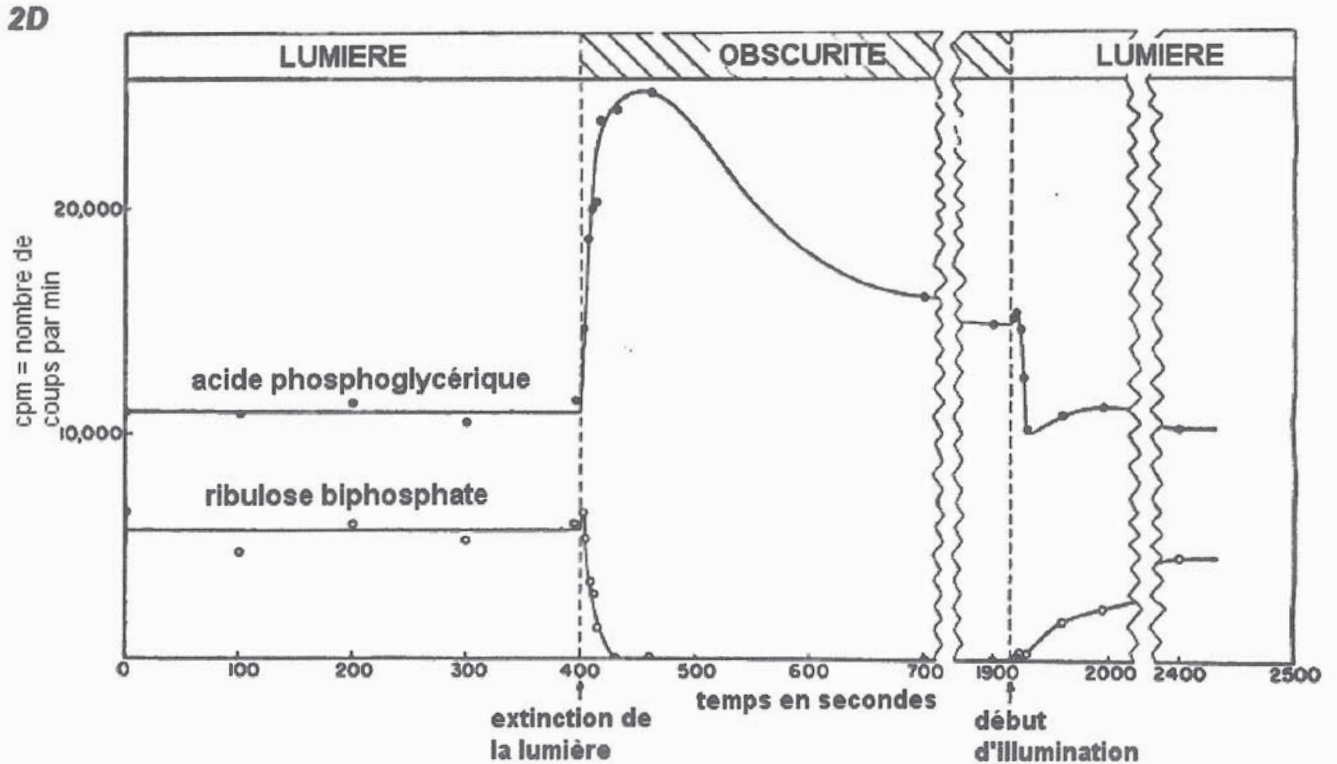
2B



2B : exposition de la suspension de chlorelles au $^{14}\text{CO}_2$ pendant 30s.



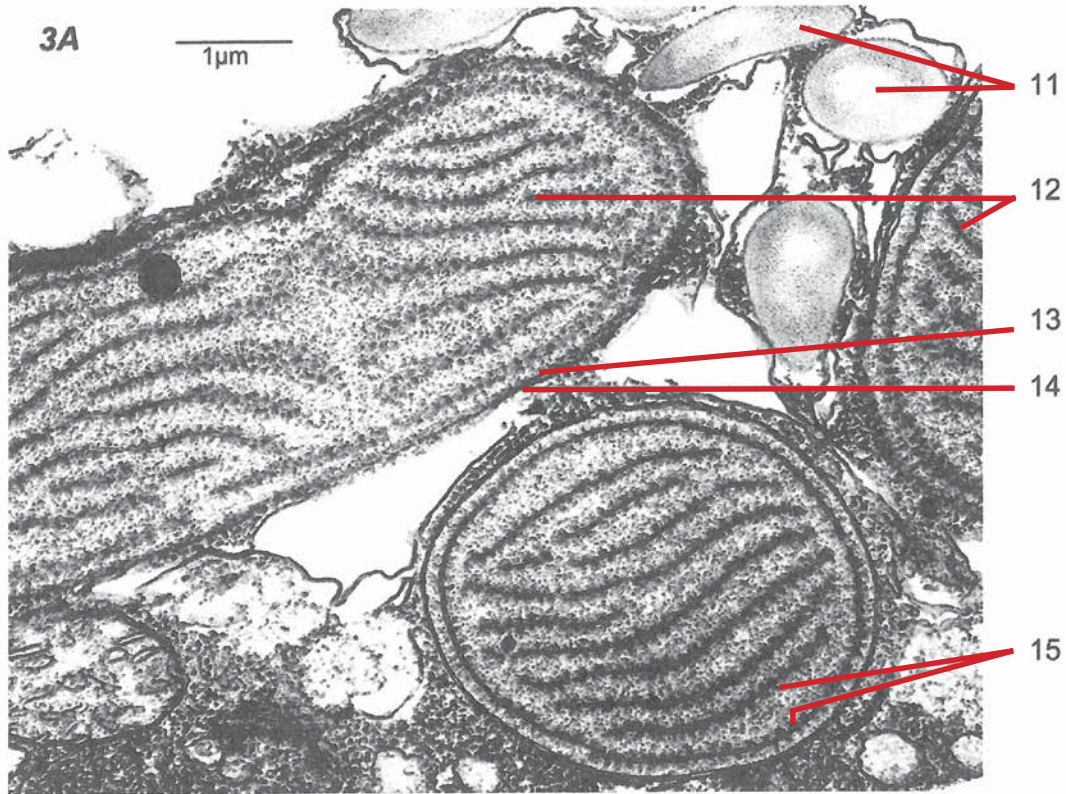
2C : mesure de la radioactivité incorporée dans l'acide phosphoglycérique, le ribulose biphosphate et le saccharose en fonction du temps à partir d'une suspension de chlorelles exposée à la lumière et soumise à une atmosphère enrichie en $^{14}\text{CO}_2$. L'atmosphère est renouvelée avec un débit suffisant pour que la concentration en $^{14}\text{CO}_2$ soit constante. Le temps 0 correspond au début de l'exposition au $^{14}\text{CO}_2$.



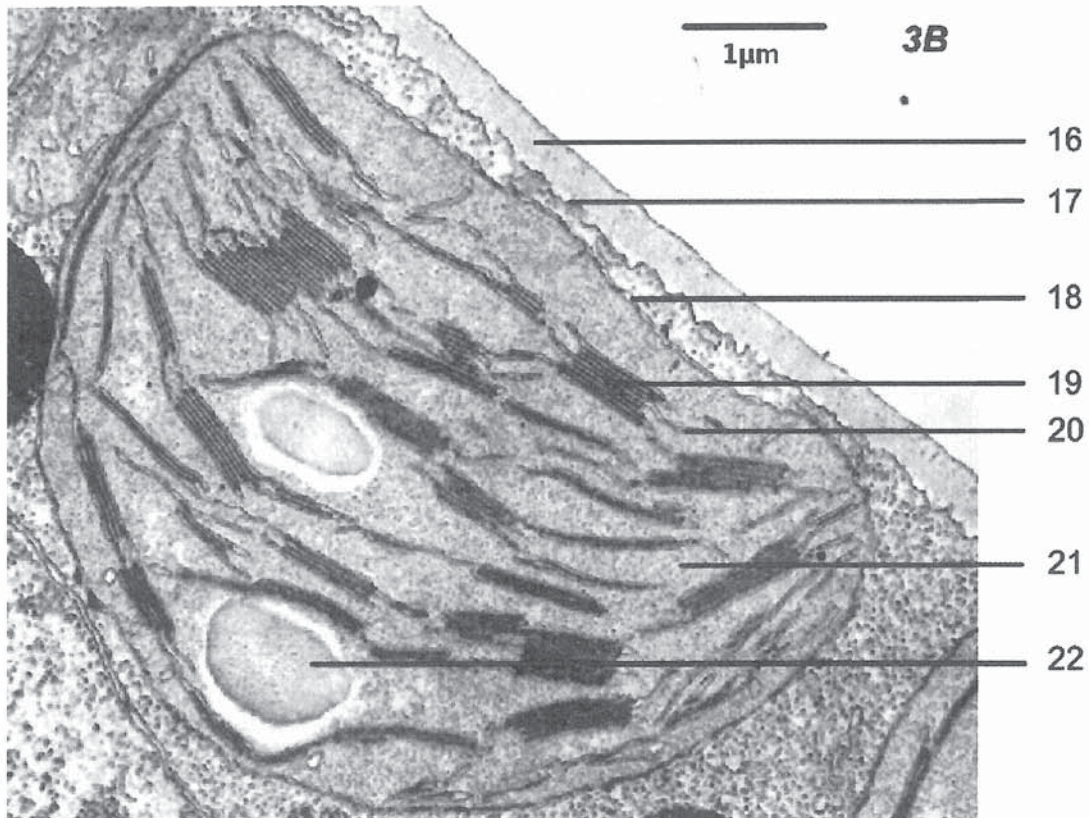
2D : mesure de la radioactivité (cpm) du ribulose biphosphate et de l'acide phosphoglycérique à partir d'une suspension de chlorelles soumise à un flux de $^{14}\text{CO}_2$ et à une alternance lumière/obscurité/lumière.

Le temps 0 correspond au démarrage des mesures sur une suspension de chlorelles déjà exposée à la lumière et au $^{14}\text{CO}_2$ depuis au moins 5 minutes.

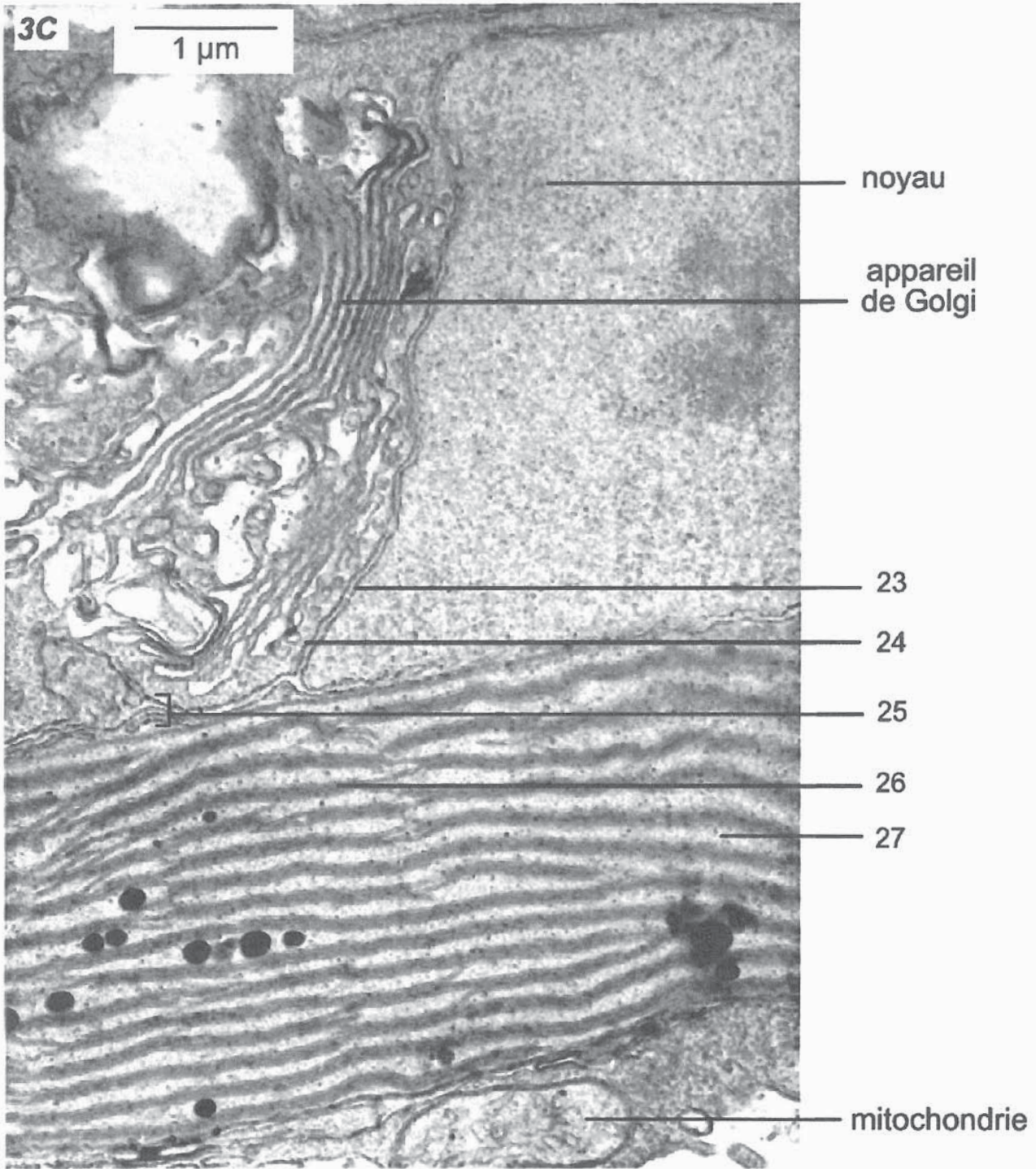
DOCUMENT 3



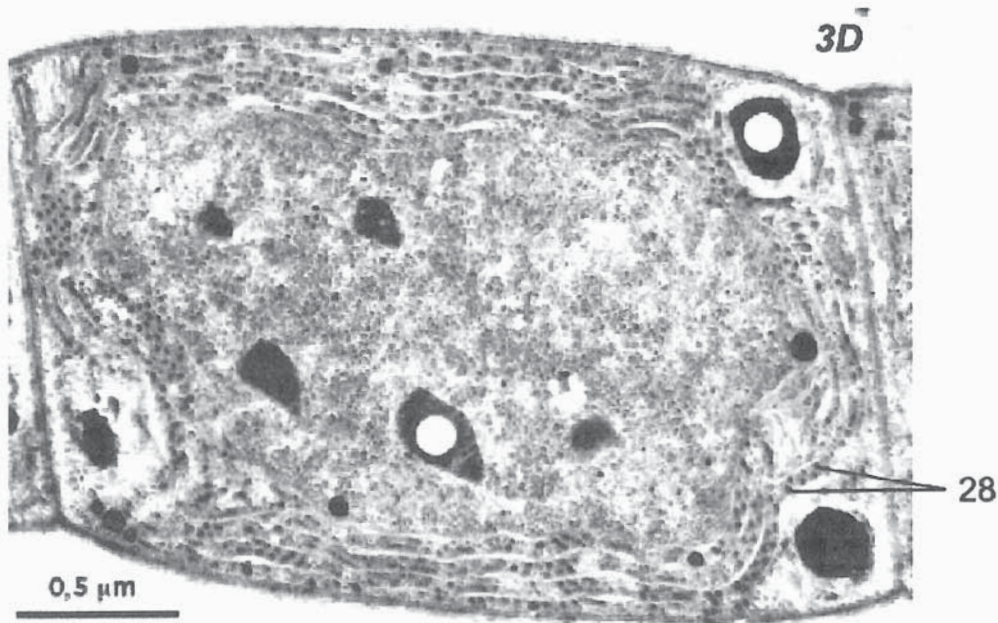
3A : chloroplastes de *Griffithsia* sp. (Rhodophyta, Plantae, Eucaryota) en microscopie électronique. D'après Curt Pueschel, Department of Biology, SUNY Binghamton, USA.



3B : chloroplastes d'épinard, *Spinacia oleacea* (Angiosperma, Embryophyta, Chlorobionta, Plantae, Eucaryota), en microscopie électronique. D'après Mike Clayton, Université du Wisconsin, USA.



3C : chloroplaste de *Chorda filum* (Phaeophyceae, Ochrophyta, Heteroconta, Eucaryota)
D'après Bouck, 1965.



3D : une cellule d'*Oscillatoria splendida* (Cyanobactéria, Eubacteria) en microscopie électronique.
D'après J.C. Thomas, laboratoire « Organismes Photosynthétiques et Environnement », ENS, modifié.

DOCUMENT 4

Équipement pigmentaire photosynthétique de quelques Eucaryotes et Eubactéries photosynthétiques.

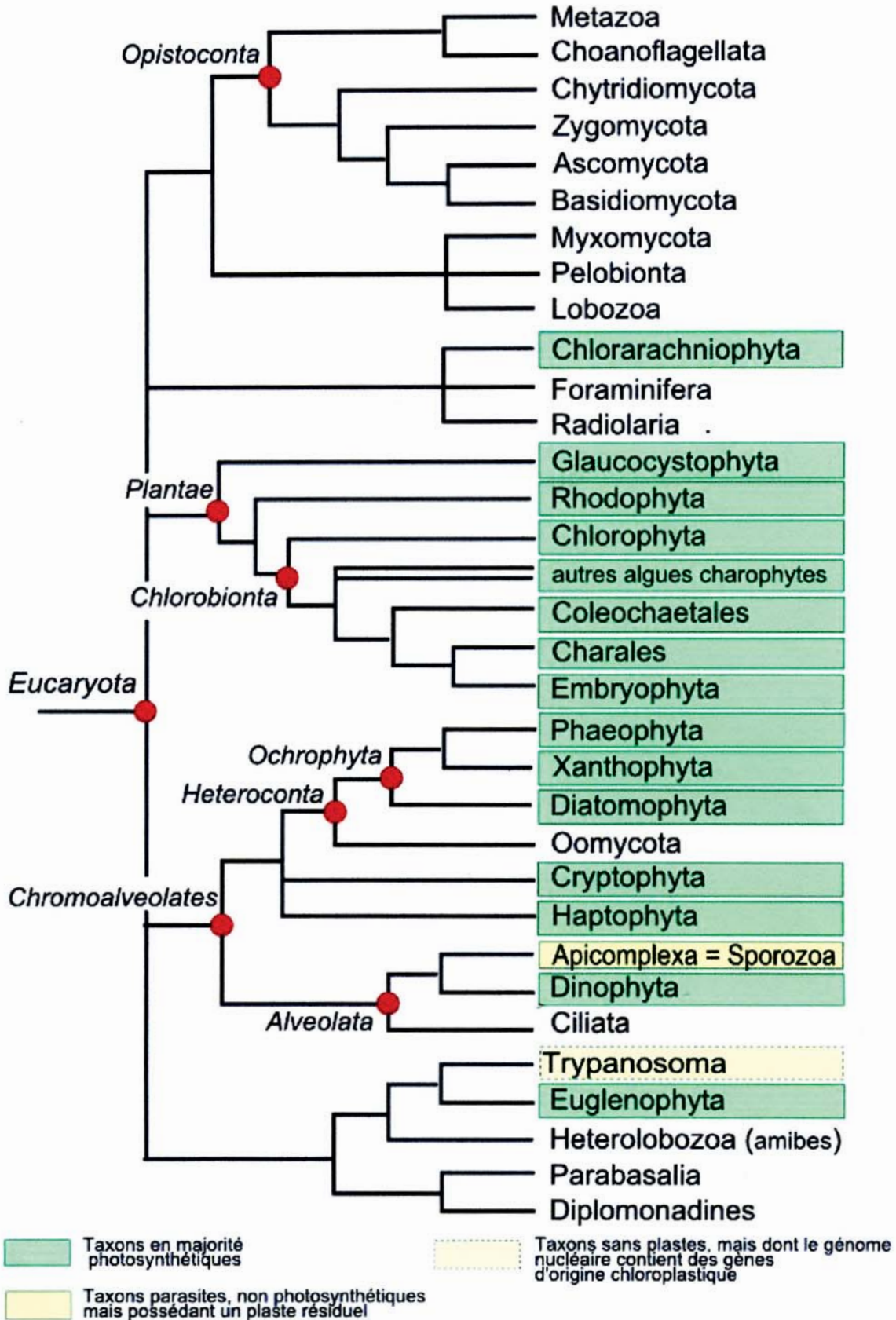
Taxons	Pigments impliqués dans la photosynthèse
Cyanobacteria	chlorophylle a (un groupe contient en plus de la chlorophylle b) phycocyanine allophycocyanine phycoérythrine caroténoïdes
Chlorobionta	chlorophylle a chlorophylle b caroténoïdes
Rhodophyta	chlorophylle a phycocyanine allophycocyanine phycoérythrine caroténoïdes
Fucophyceae	chlorophylle a chlorophylle c caroténoïdes (fucoxanthine)

Remarque : les Fucophyceae appartiennent au taxon des Phaeophyta, Ochrophyta (cf. document 5)

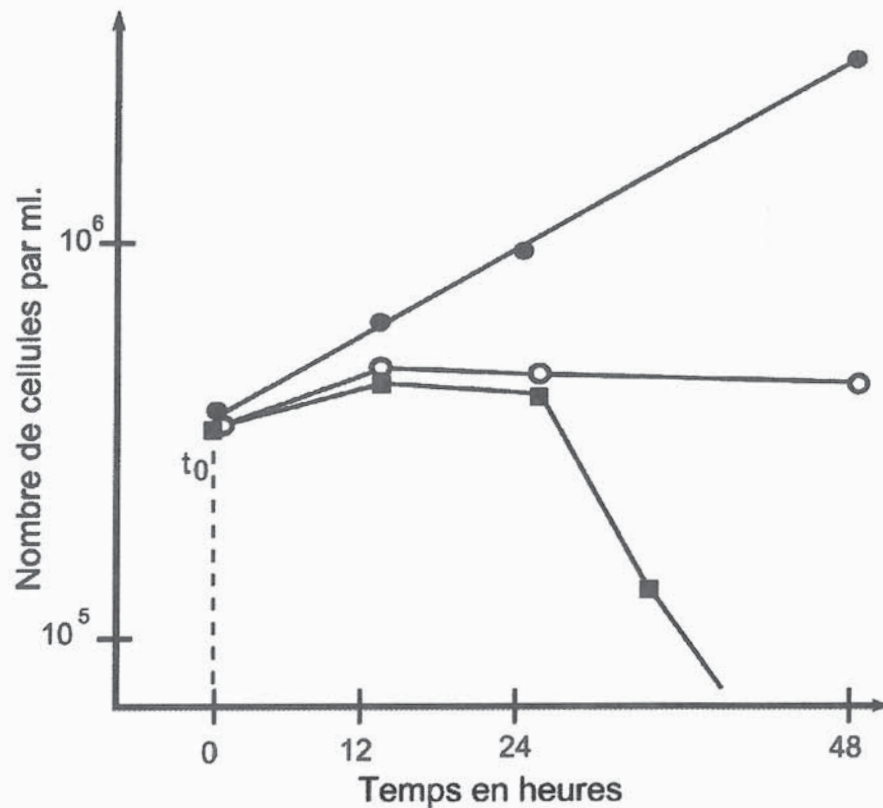
DOCUMENT 5

Phylogénie des Eucaryotes

D'après Lecointre et Le Guyader, 2003, et Keelin, 2004, modifiés



DOCUMENT 6



6A : une culture de *Cyanophora paradoxa* en phase logarithmique de croissance (cultivée à 26°C, avec une photopériode de 20 h de jour/4 h de nuit) est divisée en 3 sous-cultures. Au temps t_0 un traitement différent est appliqué à chaque sous-culture :

- culture témoin non traitée à l'ampicilline
- culture maintenue à l'obscurité et en absence d'ampicilline
- culture mise en présence d'ampicilline (50 µg/ml) à t_0 et maintenue à la lumière

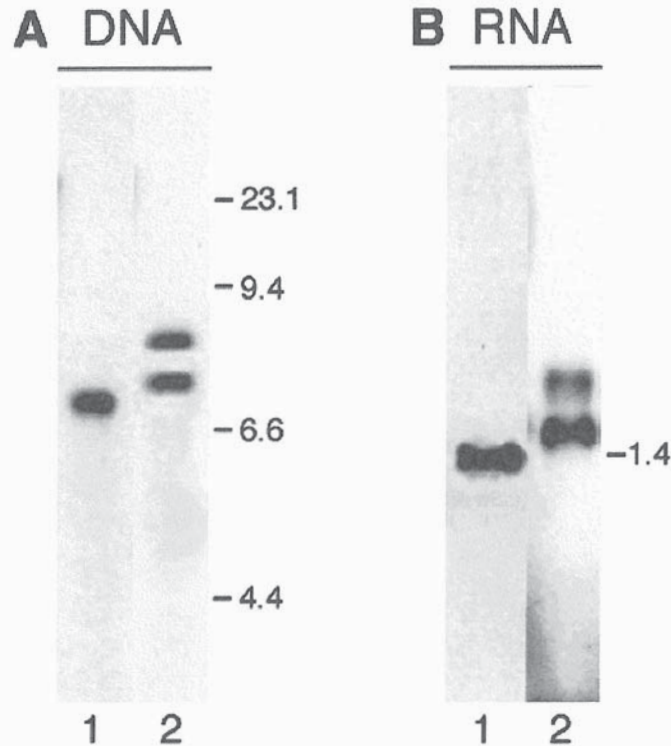
D'après Berenguer J. & al., 1987, modifié.

Taxons	Taille du génome (kb)	Nombre total de gènes
<i>Synechocystis</i> sp. (Cyanobacteria)	3573	3168
<i>Anabaena</i> sp. (Cyanobacteria)	6400	Non connu
<i>Cyanophora paradoxa</i> (Glaucocystophyta)	136	170
<i>Porphyra purpurea</i> (Rhodophyta)	191	220
<i>Chlorella vulgaris</i> (Chlorophyta)	151	111
<i>Zea mays</i> (Embryophyta)	140	132

6B : quelques caractéristiques des génomes cyanobactériens et plastidiaux eucaryotes.

DOCUMENT 7

7A : expériences d'hybridation (Southern et Northern blots) effectuées avec les ADNc de *FtsZ1* et *FtsZ2* d'*Arabidopsis thaliana* (d'après Osteryoung & al., 1998, modifié).



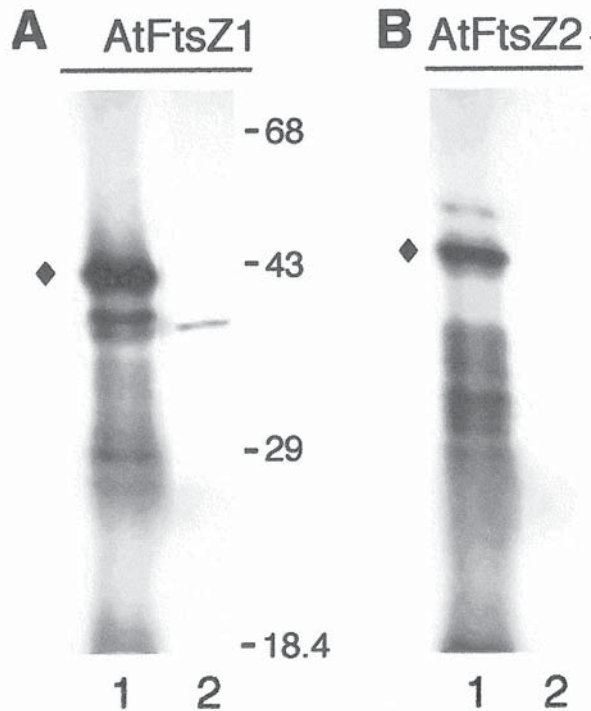
- **A** séparation par électrophorèse sur gel d'agarose (0.7 %) de l'ADN nucléaire d'*Arabidopsis thaliana* préalablement digéré avec l'enzyme *BamH1*.
- **B** séparation par électrophorèse de l'ARN poly-(A)+ d'*Arabidopsis thaliana* sur gel d'agarose (1.5 %) contenant un agent dénaturant, le formaldéhyde.

Après avoir effectué un marquage radioactif des deux séquences d'ADNc, celles-ci sont hybridées sur des membranes de nylon sur lesquelles on a préalablement transféré les acides nucléiques des gels. La radioactivité est révélée par autoradiographie.

Les pistes 1 (en A et B) correspondent à une hybridation avec l'ADNc de *FtsZ1* ; les pistes 2 (en A et B) à une hybridation avec l'ADNc de *FtsZ2*.

Les valeurs portées sur la droite correspondent à la taille des marqueurs (en kilobases) utilisés dans l'expérience.

7B : expériences de traduction *in vitro* effectuées à partir des séquences transcrites de *FtsZ1* et *FtsZ2* d'*Arabidopsis thaliana* (d'après Osteryoung & al., 1998, modifié).



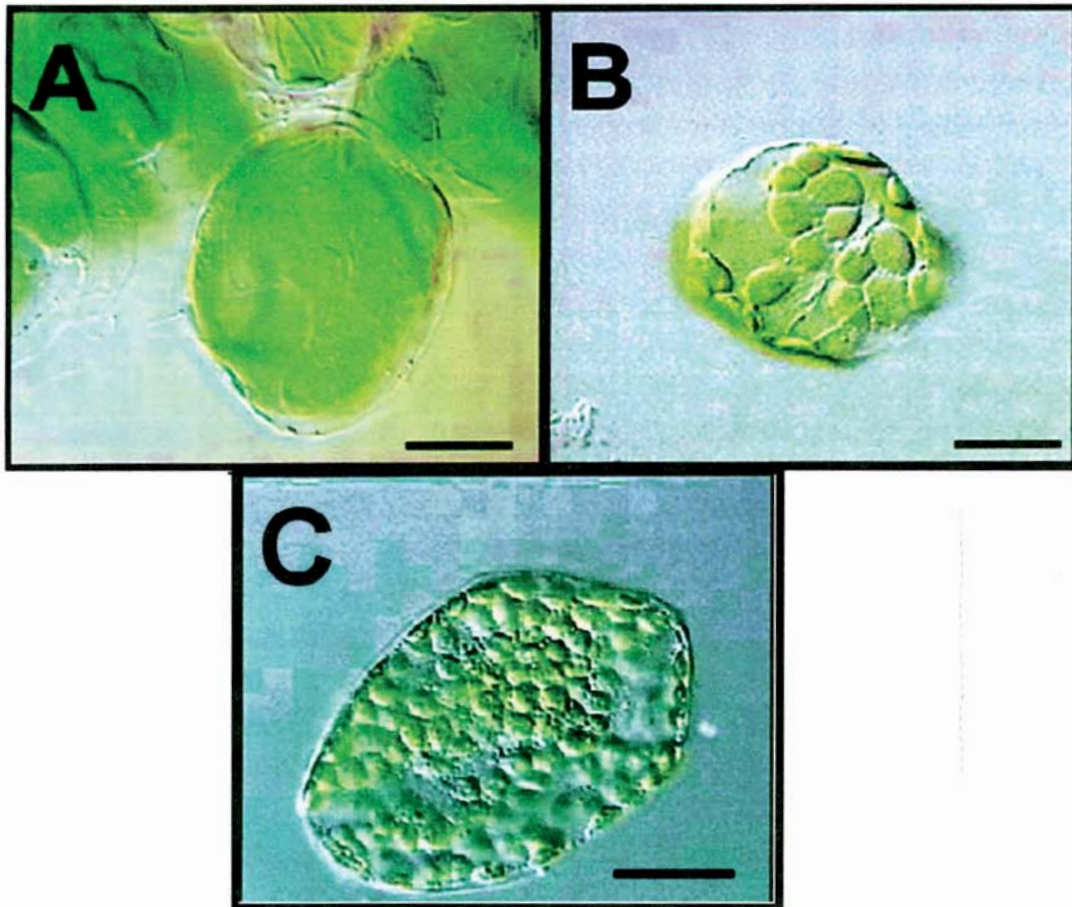
Les ADNc de *FtsZ1* et *FtsZ2* sont transcrits *in vitro* avec une T7 ARN polymérase, puis traduits *in vitro* en présence de [³⁵S]-méthionine. Les produits radiomarqués sont : soit directement déposés sur gel (pistes 1 en A et B), soit mis en présence pendant 30 minutes de chloroplastes de pois (*Pisum sp.*) isolés (pistes 2 en A et B). Dans le cas des pistes 2, après isolement par centrifugation les chloroplastes sont lysés en tampon SDS. La quantité de chloroplastes déposée est calibrée et identique pour chaque manipulation.

Les protéines sont analysées en électrophorèse sur gel de polyacrylamide en condition dénaturante (SDS-PAGE). Les résultats sont révélés par autoradiographie.

En (A), expérience réalisée avec les transcrits *FtsZ1* ;
 En (B), expérience réalisée avec le transcrit *FtsZ2* ;

NB : Une manipulation 'témoin' (non figurée ici) réalisée en présence de chloroplastes mais sans addition de transcrits, donne un résultat identique à la piste B2 après 30 minutes ;
 La traduction *in vitro* (pistes 1) conduit à l'obtention de nombreux produits artéfactuels : les protéines correspondant aux ADNc *FtsZ1* et *FtsZ2* sont identifiés par des losanges.
 Les valeurs indiquées à droite correspondent à la position des marqueurs de masse moléculaire (en kDa), utilisés dans l'expérience.

7C : analyse phénotypique de lignées transgéniques d'*Arabidopsis thaliana* exprimant des ARN antisens spécifiques de *FtsZ1* (d'après Osteryoung & al., 1998, modifié).



On construit des lignées transgéniques d'*Arabidopsis thaliana* en utilisant un vecteur comportant :

- un « gène antisens » de *FtsZ1* dont la transcription produit un ARN complémentaire au transcrit du gène normal;

- un promoteur qui permet l'expression du transgène ;

- un marqueur qui confère à la plante une résistance à la kanamycine.

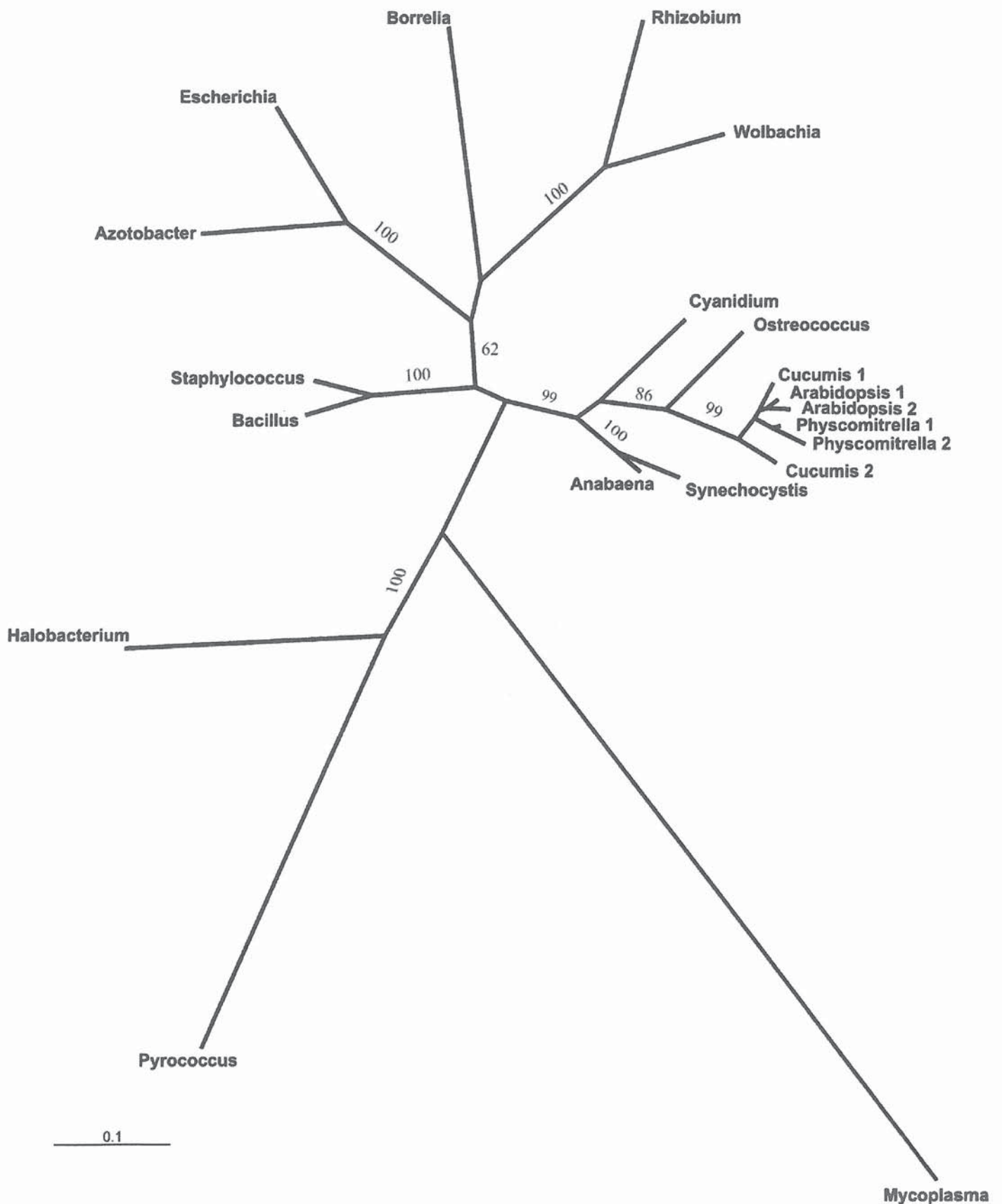
Les plants transformants sont sélectionnés par culture sur milieu contenant de la kanamycine. Les cellules de mésophylle de plants transgéniques de 23 jours sont observées (document 7C, figs A-B) et comparées au témoin (fig C) en microscopie optique à contraste de phase (qui donne une impression de relief).

A, B – Cellules du mésophylle de plants d'*Arabidopsis thaliana* transgéniques ayant incorporé le « gène antisens » *FtsZ1* ;

C – Cellule du mésophylle d'un plant d'*Arabidopsis thaliana*, non transgénique ;

Barre d'échelle : 25 μ m

DOCUMENT 8



8A - arbre phylogénétique des séquences protéiques FtsZ construit selon une analyse en Maximum de Vraisemblance. Les valeurs notées sur les branches sont des valeurs de 'Bootstrap' qui correspondent à une évaluation statistique (normée de 0 à 100%) du degré de confiance que l'on peut avoir en une branche, compte tenues des données. Ainsi, une valeur de bootstrap de 100% indique que les branches sont très fortement soutenues. Seuls les noms de genre des taxons sont portés sur l'extrémité des branches ; ils correspondent aux espèces dont les positions taxonomiques sont listées sur le document 8B. *Nb: Mycoplasma genitalium* est une bactérie parasite qui présente l'un des plus petits génomes connus des trois domaines du vivant (470 gènes).

8B – Position taxonomique classiquement admise des espèces étudiées dans le document 8A.

Halobacterium salinarum, Archaea

Pyrococcus woesei, Archaea

Borrelia burgdorferi, Spirochaetes, Eubacteria

Azotobacter vinelandii, Proteobacteria, Eubacteria

Escherichia coli, Proteobacteria, Eubacteria

Rhizobium leguminosarum, Proteobacteria, Eubacteria

Wolbachia sp., Proteobacteria, Eubacteria

Mycoplasma genitalium, Firmicutes, Eubacteria

Staphylococcus aureus, Firmicutes, Eubacteria

Anabaena variabilis, Cyanobacteria, Eubacteria

Bacillus amyloliquefaciens, Cyanobacteria, Eubacteria

Synechocystis sp., Cyanobacteria, Eubacteria

Arabidopsis thaliana, Angiosperma, Embryophyta, Chlorobionta, Plantae, Eucaryota

Physcomitrella patens, Bryophyta, Embryophyta, Chlorobionta, Plantae, Eucaryota

Cucumis sativus, Angiosperma, Embryophyta, Chlorobionta, Plantae, Eucaryota

Ostreococcus tauri, Chlorophyta, Chlorobionta, Plantae, Eucaryota

Cyanidium caldarium, Rhodophyta, Plantae, Eucaryota

Composition sur un sujet de biologie

Corrigé et commentaires

Présentation du sujet

Les objectifs de ce sujet étaient d'évaluer tant la maîtrise de méthodes, démarches et concepts en biologie, que les capacités d'analyse de documents et de mobilisation des connaissances fondamentales.

Le sujet était constitué de 4 parties indépendantes conduisant progressivement de la restitution de notions de base, classiques en biologie cellulaire et physiologie végétale, à l'exploitation de travaux plus récents de biologie comparée. Le sujet menait les candidats à argumenter de manière rigoureuse et non spéculative sur l'origine et l'évolution des organismes eucaryotes photosynthétiques.

Le sujet s'appuyait sur une grande diversité de supports expérimentaux : micrographies à légènder, analyse d'expériences historiques, analyse de méthodologies classiques en biologie moléculaire, et demandait d'adopter différentes démarches synthétiques : formalisation d'expériences, élaboration de schéma, synthèse de connaissances. L'ensemble du sujet était guidé par des consignes précises que les candidats se devaient naturellement de respecter.

La partie 1 proposait une étude structurale de la cellule eucaryote, à partir d'annotations de micrographies classiques (*Chlamydomonas*) et de la construction d'un tableau présentant la structure et les fonctions des organites.

La partie 2 aboutissait à l'élaboration d'un schéma fonctionnel du chloroplaste. Elle s'appuyait, entre autre, sur l'analyse des expériences historiques de Calvin et de son équipe. Des propositions d'activités réalisables en séance de travaux pratiques et permettant d'établir le rôle des chloroplastes, étaient également demandées.

La partie 3 envisageait la diversité structurale des plastes eucaryotes et proposait d'émettre des hypothèses sur leur origine, hypothèses que les documents de la partie 4 permettaient de discuter.

La partie 4 proposait l'analyse de résultats expérimentaux récents portant sur l'étude de gènes impliqués dans la division des plastes. Elle était complétée par une analyse phylogénétique de la protéine **Ftz** qui permettait d'argumenter sur différents scénarii évolutifs concernant l'évolution des plastes, et enfin, par une courte synthèse de connaissances sur la famille des tubulines.

Pour l'essentiel ce sujet était donc conçu pour :

- vérifier la maîtrise de notions fondamentales enseignées au collège ou lycée (structure de la cellule, mécanismes de la photosynthèse),
- tester les capacités à raisonner scientifiquement sur des documents expérimentaux et à argumenter avec rigueur sur l'histoire évolutive de structures particulières ou sur des groupes d'organismes.

On notera de plus que le sujet recouvre les thèmes d'un grand nombre de leçons proposées à l'oral.

Remarques générales

Forme

Le jury a noté que les copies étaient dans l'ensemble bien présentées. Il est certain qu'une présentation trop dense, resserrée, raturée ou négligée ne favorise pas une lecture sereine du contenu.

Il apparaît un effort sur la qualité de l'orthographe sur de nombreuses copies. Les futurs candidats sont encouragés fortement à poursuivre en ce sens. Cependant quelques rares copies présentent encore une orthographe déplorable.

Démarche

Insistons à nouveau sur un ensemble de remarques qui concerne la démarche utilisée par les candidats. Bien que déjà soulignées dans les rapports des années précédentes, elles semblent ne pas porter leurs fruits. La démarche doit être guidée par une lecture attentive de l'énoncé et le souci de répondre aux consignes données. Trop de candidats ne prennent pas le temps de lire le sujet ce qui aboutit à de regrettables erreurs (taille du génome des plastes fréquemment confondue avec la taille du génome complet de la cellule). Le jury a également noté une mauvaise lecture des consignes : par exemple, il était clairement demandé de décrire les organites communs aux cellules eucaryotes sous forme d'un tableau. De nombreux candidats se sont contentés d'en faire une liste, fréquemment approximative, et d'en énumérer trop vaguement les fonctions.

De plus, les notions sont trop souvent plaquées de manière dogmatique et à l'encontre de toute démarche scientifique. Les conclusions sont fréquemment données avant l'analyse des documents, les expériences justifiées *a priori*...par les conclusions qu'elles permettent justement de tirer. Beaucoup trop de copies souffrent encore de l'absence de démarche analytique rigoureuse et de construction progressive des notions. Ce manque de rigueur dans la démarche expérimentale (absence de témoins, non maîtrise des paramètres, de la quantification) apparaissait fréquemment dans les activités proposées pour l'étude de la

photosynthèse (question 3).

Quelques exemples récurrents de cette absence de démarche :

- **Les conclusions sont données avant l'analyse des documents.**

Documents 2A-D concernant le cycle de Calvin : alors qu'il est précisé dans l'énoncé que seule est présentée une partie des expériences historiques de Calvin (les modalités d'incorporation du CO₂ étant, à cette époque, méconnues de Calvin lui-même), un nombre trop important de candidats fonde leur raisonnement sur l'existence d'un cycle postulé *a priori* (fixation du CO₂ sur le Ribulose-biphosphate, etc.)... pour finir par affirmer que l'expérience proposée est conforme à ce cycle !

- **Beaucoup de documents sont paraphrasés, sans aucune démarche analytique, ni aucune conclusion.**

Autant il est important d'effectuer une lecture précise des résultats, proposant éventuellement au lecteur des valeurs numériques significatives, autant se limiter à une description chiffrée du document n'a strictement aucun sens. Recopier les documents n'est également d'aucun intérêt.

- **Des affirmations sans fondement sont assénées.**

Pour la question 6, l'énoncé précisait de formuler des hypothèses et non de retracer une histoire ou un scénario sans arguments sérieux. A ce stade, il n'était donc pas concevable de présenter la théorie endosymbiotique (y compris les endosymbioses secondaires) comme acquises. Il s'agit là encore d'une mauvaise appropriation des consignes associée à une démarche scientifique peu rigoureuse.

Concepts

Si certains concepts et mécanismes évolutifs semblent de mieux en mieux compris, trop de copies font encore état d'organismes "évolués", "primitifs", "simples", "complexes", "ancestraux", en position "basale". Rappelons que ces notions n'ont aucun sens lorsqu'elles se réfèrent aux taxons : chaque organisme étant constitué d'une mosaïque de caractères dérivés et de caractères primitifs.

En revanche, il est correct de raisonner sur l'acquisition ou la perte de tel ou tel caractère, d'en comparer les différents états, de les polariser et, en se fondant sur une phylogénie relativement résolue, de décrire ces caractères comme des simplésiomorphies ou des synapomorphies. De cette démarche découle, *a posteriori*, les notions d'homologie *sensu stricto*, de convergence et de réversion.

La notion de complexité (dont la définition rigoureuse nécessiterait une explication précise), quant à elle, ne peut pas être formellement associée aux derniers phylums apparus au cours de l'évolution (les organismes parasites aux structures parfois « régressées », mais toujours très modifiées, en sont un des exemples classiques).

Méthodes

Les outils phylogénétiques, et en particulier la démarche permettant d'analyser les arbres proposés dans deux documents (documents 5 et 8) ne sont absolument pas maîtrisés par les candidats. Ces lacunes, importantes en ce qui concernent le document 8, sont très probablement à mettre sur le compte d'un déficit de formation. Nous encourageons les candidats à mieux appréhender les différences entre démarches phénétique et phylogénétique (cladistique), à travailler la lecture d'un arbre phylogénétique, à maîtriser tant les phylogénies de gènes que de taxons, et enfin, à savoir reconstruire l'évolution des caractères sur un arbre. Rappelons que l'analyse phylogénétique, que ce soit de gènes ou de taxons, est l'une des seules méthodes permettant d'étudier l'évolution de caractères moléculaires ou morphologiques : c'est l'un des fondements de la biologie comparée. Appréhender cette démarche est donc un pré-requis indispensable pour comprendre et discuter des scénarii évolutifs. Beaucoup de candidats se sont contentés d'un discours théorique et stéréotypé sur l'endocytobiose des plastes, qui ne s'appuyait ni sur les données expérimentales, ni sur les données phylogénétiques proposées dans les documents. Rappelons que la théorie de l'endosymbiose plastidiale, tout comme celle des mitochondries, est fondée sur un faisceau d'arguments solides qui s'appuient sur des phylogénies et qu'elle n'est pas purement spéculative, comme beaucoup de candidats tendent à la présenter.

Les attentes du jury

Le jury rappelle que la grille de correction couvre l'ensemble du sujet. Les questions de la dernière partie, relativement accessibles, voire simples, pouvaient encore permettre aux candidats d'obtenir des points. Il est donc conseillé de ne pas négliger ces dernières questions et de ne pas perdre de temps en amont à "paraphraser" certains documents.

Rappelons que les schémas sont toujours les bienvenues, permettent souvent de gagner un temps précieux et valorisent l'esprit synthétique des candidats.

Ainsi, le jury a particulièrement apprécié les candidats qui ont :

- fait preuve d'initiatives permettant d'exposer rapidement, clairement et de façon synthétique les notions attendues. Ainsi, ont été valorisés les tableaux comparatifs (sur les différents types de plastes), les tableaux synthétiques (arguments pour l'endosymbiose) et les schémas avec légendes structurales et fonctionnelles.
- perçu la logique des questions et ont construit leur raisonnement autour de cette logique.
- mené une réelle réflexion personnelle autour du sujet.

PARTIE I – Etude structurale de la cellule Eucaryote

Question 1 : légendez le document 1 sur le tableau 1.

Attentes du jury :

Micrographie de *Chlamydomonas*, organisme explicitement cité dans le programme du Capes.

Liste des légendes

1 : paroi ; 2 = membrane plasmique; 3 appareil de Golgi; 4= départ du flagelle; 5= mitochondrie; 6 = vacuole; 7 = noyau; 8 = grana du chloroplaste (chloroplaste admis) ; 9 = pyrénôïde; 10 = amidon.

Prestation des candidats

Si les premières légendes n'ont guère posé de problèmes, certains ont confondu le noyau (7) avec une vacuole; le contenu dense et hétérogène aux électrons, comparé aux vacuoles (6), l'enveloppe épaisse (deux membranes) étaient autant d'indices ne permettant pas la confusion! La seule difficulté résidait dans la légende 9, qui ciblait le pyrénôïde, région concentrant la RUBISCO dans les plastes qui en sont munis; certains y ont vu le noyau. La légende 10, elle, ciblait l'amidon réfringent et intraplastidial bien sûr chez les algues vertes; certains y ont vu des vacuoles ou d'autres organites plus exotiques.

Question 2 : description des organites communs aux cellules eucaryotes, et présentation de leurs fonctions

Attentes du jury

La présentation demandée étant un tableau, il n'était pas possible de s'étendre en une longue rédaction. En revanche, il était nécessaire de citer les structures essentielles permettant de différencier chaque organite : aspect général, nombre de membranes, contenu, présence de génome...les fonctions étaient attendues de manière concise certes, mais assez précise pour qu'on en saisisse le rôle dans la cellule. Des mots clés étaient attendus pour chaque organite.

Ci dessous un exemple de tableau qui était attendu :

Organite	Description et fonctions
Noyau	Entouré par une double membrane interrompue par des pores nucléaires (export ARNm, import protéines cytosoliques). Contient le matériel génétique ADN associé à protéines, ARN. Hétérochromatine , condensée inactive. Euchromatine à structure lâche -> transcription, réplication. Nucléoles -> transcription ARNr. Maturation des ARN. Réparation de l'ADN.
Mitochondrie(s)	Entouré(es) par une double membrane ; système de membranes internes invaginées au sein d'une matrice. Semi-autonome : contient ADN circulaire.

	Lieu de la respiration aérobie : chaîne de transport d'électrons sur membrane interne jusqu'à un accepteur final (O ₂), établissement d'un gradient de protons utilisé pour formation d'ATP. Cycle Krebs, hélice de Lynen dans matrice.
Chloroplaste(s)	Entourés de 2 à 4 membranes selon taxons. Membranes internes thylacoidiennes , empilées (ou non) en grana . Lumen, stroma. Semi-autonome : contient ADN circulaire. Lieu de la photosynthèse : réactions photochimiques sur les membranes thylacoidiennes, réactions biochimiques de fixation du carbone dans le stroma.
Réticulum endoplasmique	Simple membranes internes formant réseau de citernes et tubules REL et REG (ribosomes attachés sur membrane). REL : intervient dans synthèse des lipides et de tous les composés membranaires. REG : maturation des protéines, glycosylation.
Appareil de Golgi	Systèmes de citernes en continuité avec le REG. Classiquement, trois régions cis-median-trans + deux régions frontières avec RE et post-Golgien. Rôle dans trafic cellulaire : reçoit matériel du RE, le modifie, l'exporte. Modifications : activations, glycosylations, sulfatations etc. Tri des protéines et adressage .
Peroxisomes	Vésicules entourés d'une simple membrane . Matrice riche en enzymes oxydantes, dont les oxydases permettant la détoxification des espèces activées de l'oxygène (H ₂ O ₂ , O ₂). Rôle dans la photorespiration (ox glycolate).
Vacuole	Entourée par une simple membrane (tonoplaste), riche en pompes ioniques. Fonction dans la turgescence cellulaire. Lieu de stockage (pigments : anthocyanes, flavonoïdes; métabolites secondaires : alcaloïdes, tannins), rôle détoxification et défense (lié à stockage).

Prestation des candidats

Comme dit précédemment, les consignes n'ont pas été respectées par de nombreux candidats et les descriptions ont été oubliées ou incomplètes.

Pour les fonctions, elles ont été trop souvent effleurées : par exemple, il était juste dit pour le noyau « rôle dans le maintien de l'information génétique ». Ni ADN, ARN, transcription, réplication, chromatine, nucléole n'étaient cités.

PARTIE II – Fonctions du chloroplaste

Question 3 : protocoles expérimentaux à réaliser **en salle de classe**.

Les attentes du jury

La question posée portait sur le rôle des chloroplastes et non de la plante chlorophyllienne entière : il était nécessaire que les expériences ne se contentent pas d'être une illustration des différentes phases de la photosynthèse. Il suffisait pour cela de mettre en évidence le lien entre présence de chloroplastes (parfois très simplement, par une observation microscopique

ou par une extraction préalable des plastes) et réalisation de certaines réactions impliquées dans la photosynthèse pour que la démarche soit acceptable. Naturellement, l'importance des témoins était capitale.

On pouvait envisager plusieurs protocoles expérimentaux, citons par exemple

Rôle des chloroplastes dans les réactions photochimiques - Mise en évidence de dégagement d'oxygène en présence de chloroplastes -		
Mesure dégagement d'O₂ par EXAO , capteur O₂ à sec	Alternance lumière/obscurité/lumière, sur feuille blé verte : O ₂ ; sur feuille blé étiolée : pas d'O ₂ Témoin supplémentaire possible : racine, pomme de terre	Vérification : pas de chloroplastes dans feuille étiolée ni racine, perte coloration verte. Conclusion : il y a dégagement d'oxygène à la lumière en présence de chloroplastes.

Rôle des chloroplastes dans les processus biochimiques - Mise en évidence de la synthèse d'amidon uniquement dans les parties contenant des chloroplastes

Localisation amidon sur feuille panachée après exposition à la lumière + CO₂ au lugol sur des feuilles panachées	Feuilles panachées éclairées (<i>Pelargonium, Coleus</i> etc.) ; vérification présence de chloroplastes. Protocole (décoloration dans éthanol, réhydratation et test au lugol)	Résultat et conclusion seules les parties vertes, contenant des chloroplastes, sont capables de synthétiser de l'amidon.
--	---	---

La prestation des candidats

D'une part de nombreux candidats ont proposé des expériences non réalisables en salle de classe : utilisation de substances radioactives par exemple! Si aucune précision n'était donnée sur le niveau des élèves ou sur l'équipement, le bon sens élémentaire devait amener les candidats à ne proposer que des expériences réalisables sans risques ni précautions particulières par des élèves.

D'autre part, certains protocoles étaient tout à fait fantaisistes et montraient à nouveau un manque de bon sens : il a été proposé à plusieurs reprises de "prendre comme témoin des cellules dont on a extrait les chloroplastes "...le moyen d'extraire ces chloroplastes en salle de classe n'étant pas précisé ! Il est évident que ce type de manipulation est inenvisageable dans le contexte proposé.

Question 4 : analyse des documents 2

Les attentes du jury :

Documents 2A et 2B

Principe : il s'agit de chromatographies bidirectionnelles :

- Deux solvants aux propriétés différentes = deux séparations différentes.
- Autoradiographie pour révéler l'emplacement des composés ayant migré.

-Ne permet pas l'identification des composés donc méthodes biochimiques pour les caractériser.

Analyse du document: un ensemble de taches est révélé par autoradiographie.

-A 5s, les composés suivants sont identifiés : APG, RuBP, hexoses biP, trioses phosphates, PEPA et acide malique.

-A 30s, ces composés sont en quantité encore plus importante et d'autres apparaissent, comme : acides aminés (glycine, sérine), diosides (saccharose), acides organiques (acide aspartique...).

Interprétation : après exposition à un milieu saturé en $^{14}\text{CO}_2$ et à la lumière de nombreux produits deviennent radioactifs. Le ^{14}C est donc incorporé au sein d'un ensemble de molécules, acides organiques et oses. Il est précisé qu'au bout de 2s, seul l'APG apparaît (ce qui sera confirmé par le doc 2C); c'est sans doute le premier composé formé à partir du dioxyde de carbone. A 5s, d'autres composés apparaissent, le RuBP (pentose) et des hexoses phosphates principalement. Ils sont accompagnés de trioses phosphate. Ils sont probablement impliqués « dans » la formation de l'APG ou dérivent de l'APG.

Conclusion

-A ce stade, on peut juste dire que la suspension de chlorelles fixe le CO_2 et que de nombreux composés dérivent de l'APG, première molécule formée. L'APG n'est pas un sucre, il doit être transformé en ose. On voit rapidement apparaître des trioses phosphate qui sont sans doute des dérivés directs de l'APG.

-Quelle molécule intervient dans la fixation de CO_2 pour donner l'APG ? Par ses expériences, Calvin a cherché à répondre à cette question. L'hypothèse la plus simple pour expliquer sa formation est, *a priori*, la fixation de $^{14}\text{CO}_2$ sur un composé en C_2 , donnant l'APG (C_3). Cependant on voit apparaître dès 5s un sucre en C_5 , le RuBP.

Document 2C

L'expérience permet de quantifier la radioactivité incorporée au cours du temps dans les premiers composés formés.

Analyse du document:

-Très vite (en moins d'une minute) un plateau est atteint pour l'APG et le RuBP.

-On confirme que l'APG est bien le premier composé formé.

Conclusions

-Dans les documents 2A et 2B, le plateau n'était sans doute pas encore atteint, ce qui explique l'augmentation des taches pour l'APG et le RuBP notamment.

-L'existence d'un plateau signifie que d'autres dérivés sont formés à partir de l'APG, ce qui confirme les conclusions précédentes. L'hypothèse d'un cycle avec régénération des composés peut être introduite

Le saccharose ne présente pas la même cinétique; ce produit s'accumule lentement alors que

les autres atteignent très rapidement un plateau. On peut donc en conclure que le saccharose représente un produit final qui s'accumule (malgré l'export, que rien ici ne permet de supposer, sauf à faire des calculs de flux...), alors que les autres sont engagés dans un processus dynamique cyclique qui maintient leur concentration constante.

-Document 2D

-L'expérience permet d'observer l'évolution de la radioactivité incorporée dans l'APG et dans le RuBP à la lumière puis à l'obscurité.

-Analyse du document:

-Dès que la lumière est éteinte on observe une augmentation drastique (mais transitoire) de la radioactivité incorporée dans l'APG, corrélée à une chute brutale de celle incorporée au RuBP;

-Lors du retour à la lumière, l'incorporation de la radioactivité reprend dans le RUBP jusqu'à atteindre les valeurs de la phase de stabilisation (plateau atteint au bout de 8 mn environ). Celle incorporée dans l'APG reprend également les valeurs observées précédemment la lumière, jusqu'au plateau.

-Conclusions

-Les deux composés semblent fortement liés, ce qui suggère que le RuBP est le fixateur du CO₂ à la lumière et le précurseur de l'APG. Sa brusque élévation à l'obscurité corrélée à la chute de RuBP signe l'arrêt d'un cycle de fixation-régénération de l'accepteur (le RuBP). Historiquement, cela a été confirmé par des expériences de variations de la pression du CO₂, à la lumière; lors d'une diminution importante de la disponibilité en CO₂, il y a brusque augmentation du RUBP, et diminution de l'APG – cette dernière conclusion n'était pas demandée aux candidats)

La prestation des candidats : comme indiqué dans la partie générale, beaucoup de candidats ont seulement paraphrasé les documents et ont eu des difficultés à raisonner (cf ci-dessus).

Schéma de synthèse du fonctionnement du chloroplaste

Les attentes du jury

Le jury attendait un schéma correct du plaste (2 membranes, thylacoïdes intergranaires et grana, stroma) de taille suffisante (sur une page) et qui en montre le fonctionnement. Des zooms éventuels sur telle ou telle partie étaient possibles. Étaient au minimum exigés, pour la phase photochimique : photolyse de l'eau, passage des électrons à travers deux PS et PC/cytb6F/PC, établissement du gradient de H⁺, renforcement du gradient grâce au transfert cyclique des e⁻, formation du NADPH, retour des H⁺ dans le stroma et formation d'ATP. Pour la phase biochimique de fixation du carbone : localisée dans le stroma, origine chloroplastique de l'ATP et du NADPH, fixation du CO₂ sur le RuBP grâce à la RUBISCO, utilisation de l'ATP dans

les phases de formation des trioses phosphates et de régénération du RuBP. Les trois étapes, carboxylation, réduction et régénération de l'accepteur de CO₂ devaient apparaître.

Toutes les réactions ou les formules chimiques de chaque molécule n'étaient pas exigibles dans leur détail, mais elles devaient être au moins correctement localisées. Un bonus était accordé en fonction de l'approfondissement des réactions.

Les prestations des candidats

La maîtrise des notions représentées sur ce schéma est à la base de la compréhension du fonctionnement autotrophe de la cellule végétale. C'est une exigence évidente pour un futur professeur de biologie et il n'est pas admissible de lire des énormités sur ce point, comme la confusion cycle de Calvin-cycle de Krebs, ou la fixation du CO₂ sur une molécule exotique, ou encore d'oublier la formation d'ATP et la lyse de l'eau.

La moitié des copies ont proposé un schéma correct, souvent pas assez approfondi cependant.

PARTIE III – Diversité et origine du chloroplaste

Question 5A : tableau 1 à légender.

Les attentes du jury

Micrographies de différents organismes photosynthétiques. Liste des légendes :

11 : grain d'amidon extraplastidial ; 12 = thylacoïdes; 13 = membrane interne du plaste; 14= membrane externe du plaste; 15= phycobilisomes; 16 = paroi; 17 = membrane plasmique; 18 = double membrane plastidiale ; 19 = thylacoïde granaire; 20 = thylacoïde intergranaire ; 21 = stroma ; 22 = grain d'amidon intraplastidial ; 23 = membrane nucléaire interne ; 24 = membrane nucléaire externe ; 25 = quatre membranes chloroplastiques ; 26 = thylacoïdes ; 27 = stroma ; 28 = phycobilisomes.

La prestation des candidats

Les phycobilisomes, la position extraplastidiale des grains d'amidon chez les algues rouges et les quatre membranes des plastes d'algue brune n'ont pas été reconnus.

Question 5B : comparaison des structures présentées

Les documents présentaient l'ultrastructure des chloroplastes de trois organismes photosynthétiques (algue rouge, angiosperme et algue brune) ainsi que celle d'une cellule « entière », une cyanobactérie.

Les attentes du jury

La question imposait que les candidats dégagent les éléments permettant de comparer ces structures ! Ceux-ci (nombre de membranes autour du plaste, aspect des thylacoïdes, emplacement de l'amidon, présence de phycobilisomes, taille...) pouvaient être présentés sous forme d'un tableau, ou la comparaison pouvait être rédigée de manière claire.

La comparaison de l'équipement pigmentaire montre que tous ces organites photosynthétiques ainsi que la cellule cyanobactérienne possèdent de la chlorophylle a et des caroténoïdes. Ces

derniers sont variés : *Chorda phyllum*, algue brune, possède un caroténoïde particulier, la fucoxanthine, que l'on ne retrouve pas ailleurs. Les chlorophylles, en dehors de la chl a, sont également diverses : seuls les Chlorobiontes possèdent de la chl. b ; les algues brunes de la chl. c.

Une ressemblance morphologique frappante est notée entre le plaste des algues rouges et la cellule cyanobactérienne. Toutes deux possèdent le même arrangement des thylacoïdes portant des phycobillisomes, associés aux mêmes pigments.

On concluait à une diversité structurale et biochimique des plastes eucaryotes, malgré le partage de caractères (dont on ne pouvait préciser l'héritage à ce stade) comme la présence de chlorophylle a, de thylacoïdes.

L'hypothèse d'un lien entre ces plastes et les Cyanobactéries pouvait être envisagée, sans aller plus loin.

La prestation des candidats

Beaucoup de candidats n'ont pas mené de réelle comparaison mais se sont contentés d'une énumération non ordonnée des caractères déjà légendés à la question précédente.

Question 6 : hypothèses sur l'origine des plastes dans les grandes lignées photosynthétiques fondées sur l'ultrastructure des plastes et sur la phylogénie des eucaryotes.

Les attentes du jury

Il fallait s'appuyer sur l'arbre des Eucaryotes, qui est une donnée, un résultat proposé par l'énoncé. La démarche attendue consistait à replacer les taxons dans la phylogénie : les Eucaryotes photosynthétiques sont répartis au sein de nombreuses lignées ; ils ne forment pas un groupe monophylétique (cependant on pouvait noter que l'arbre des Eucaryotes n'est pas encore résolu à la racine).

Comme nous l'avons vu dans les questions précédentes, la photosynthèse est intimement liée à la possession de chloroplastes fonctionnels, contenant de la chlorophylle et des pigments accessoires. En dehors des Plantae dont la monophylie est avérée, la photosynthèse (donc l'acquisition des plastes) apparaît dans plusieurs groupes, au sein d'organismes hétérotrophes. On peut donc émettre l'hypothèse de la diversité de l'origine de la photosynthèse, avec pertes possibles (certains taxons ont du perdre leur capacité à effectuer la photosynthèse, en perdant leurs chloroplastes –Trypanosomes- ou la capacité à effectuer la photosynthèse, bien que conservant un plaste résiduel –Apicomplexés-).

La prestation des candidats

Comme indiqué dans la partie générale, beaucoup de candidats se sont contentés de réciter avec plus ou moins de pertinence une partie de cours sur les endocytobioses, sans s'appuyer sur l'arbre des Eucaryotes ni sur un raisonnement.

PARTIE IV – Evolution de la cellule photosynthétique

Question 7A, B : culture de *Cyanophora paradoxa*

Les attentes du jury

Analyse du document :

Dans le laps de temps étudié (et à condition que l'observation se situe dans la phase précoce de croissance) :

- 1) Croissance régulière du contrôle non traité : les divisions de *Cyanophora* s'opèrent normalement.
- 2) A l'obscurité (ronds blancs), la population reste stable (ne croît plus) divisions et mort cellulaire s'équilibrent. On peut supposer que l'obscurité n'augmente pas la mortalité mais empêche les divisions cellulaires.
- 3) En présence d'ampicilline et de lumière la diminution du nombre de cellule indique une mortalité cellulaire liée à la conjonction des divisions cellulaires et de l'ampicilline.

Interprétation :

- Les plastes de *Cyanophora* présentent des peptidoglycanes qui sont affectés par la présence de l'antibiotique.
- La division des plastes est probablement altérée ce qui, pour différentes raisons (*i.e.* absence de division des plastes ou division incomplète), conduit à la mort de l'algue.

Contrôles supplémentaires (Q.7A) : Deux contrôles possibles : 1) ampicilline + nuit, et 2) variation de la concentration en ampicilline ;

Conclusions/hypothèses : Une enzyme bactérienne impliquée dans la voie de biosynthèse des peptidoglycanes pourrait avoir été 'héritée' par *Cyanophora* soit en raison d'un héritage vertical lié à un même ancêtre commun, soit par transfert horizontal de gène(s). Les plastes des Glaucocystophytes ont une structure membranaire proche de celle des parois d'Eubactéries : plastes des Glaucocystophytes et de certaines Eubactéries pourraient dériver d'un même ancêtre commun (ou, autre hypothèse, être convergents).

La prestation des candidats

L'analyse du document a été assez correctement menée, mais un certain nombre de candidats ont confondu membrane du plaste et membrane plasmique, empêchant tout raisonnement logique pour l'interprétation.

Question 7C : comparaison (taille et nombre de gènes) de génomes cyanobactériens et de génomes plastidiaux eucaryotes.

Les attentes du jury

Interprétation : Les eucaryotes étudiés appartiennent tous au taxon des Plantae. Les deux composantes de génomes plastidiaux analysées (taille et nombre de gènes) sont caractérisées par une grande 'pauvreté' génétique en comparaison des deux génomes de cyanobactéries libres actuelles.

Synthèse/Connaissances : Si l'on postule une origine commune entre plastes, cyanelles et cyanobactéries, ces différences traduisent (*a priori*) une forte érosion génétique chez les plastes de Plantae (les plastes ont perdu plus de 95 % des gènes présents chez les cyanobactéries). Si l'on fait référence à l'endosymbiose : la perte de structures pariétales (et des enzymes qui les mettent en place) s'est accompagnée chez l'endocytobionte de pertes conséquentes de matériel génétique.

La prestation des candidats

Cette question ne présentait pas de difficultés et un grand nombre de candidats ont proposé une interprétation correcte.

Question 8A : la protéine FtsZ et sa fonction chez les eucaryotes

- Southern et northern blot d'ADNc de FtsZ1 et FtsZ2

Les attentes du jury

Il n'était pas demandé d'expliciter les techniques, cependant le candidat pouvait en donner le principe en une phrase : le Southern blot permet de repérer des fragments d'ADN grâce à une sonde spécifique de la séquence recherchée, et le Northern blot s'applique sur de l'ARN à partir du même principe.

Interprétation : L'analyse des blots permet de conclure :

- FtsZ1 hybride avec **une** seule séquence génomique (d'environ 7.0 kb)
- FtsZ1 hybride avec **une** seule séquence transcrite (d'environ 1.4 kb)
- FtsZ2 hybride avec **deux** séquences génomiques (d'environ 8 et 7.5 kb)
- FtsZ2 hybride avec **deux** séquences transcrites (d'environ > 1.4 kb)
- Les séquences révélées par Z2 sont différentes de celle de Z1.

Conclusions/hypothèses : Il existe *a priori* 2 (si FtsZ2 comporte un site de restriction *Bam*H1) ou 3 gènes codant pour des protéines FtsZ : il existe deux transcrits FtsZ2 très proches (en taille) l'un de l'autre (résultant d'un épissage si un seul gène) et un seul transcrit FtsZ1.

La prestation des candidats

Sur cette partie, qui nécessitait une bonne lecture de l'énoncé et la connaissance théorique du

principe de ces techniques, la moitié des candidats ont su exposer simplement le résultat de l'expérience. Le jury a lu un certain nombre de copies « exotiques », totalement en dehors du raisonnement attendu.

- Traduction *in vitro* d'ADNC de FtsZ1 et FtsZ2

Les attentes du jury

Interprétation : L'expérience de traduction *in vitro* (lignes 1) constitue le témoin : les transcrits peuvent être "traduits" : les deux transcrits conduisent à la formation de protéines d'environ 43 kDa *in vitro*.

En présence de chloroplastes (lignes 2) :

- pas de détection de FtsZ2 !
- présence d'une protéine dans le cas de FtsZ1 d'environ 34-40 kDa.

Conclusions/hypothèses :

- Seule FtsZ1 est incorporé dans le chloroplaste. Sa taille initiale plus importante et, au contraire, sa taille réduite après incorporation dans le chloroplaste peuvent être attribuées à l'existence d'un peptide signal qui est clivé lors de l'incorporation dans le chloroplaste. On peut faire l'hypothèse que FtsZ1 est un gène nucléaire qui code pour des fonctions plastidiales (i.e : il n'y a pas de résultat quand on incube des chloroplastes seuls : leur origine nucléaire était d'ailleurs indiquée dans l'énoncé.
- La Protéine FtsZ2 n'est pas incorporée dans le chloroplaste : on peut faire l'hypothèse que FtsZ2 est dépourvue de peptide-signal lui permettant d'être incorporée, ou que les conditions expérimentales utilisées sont insuffisantes pour permettre son incorporation.

La prestation des candidats

La encore, quelques bonnes copies ont su rester succinctes. Mais trop de candidats délayent des considérations approximatives ou n'ont pas compris l'expérimentation proposée (test d'import chloroplastique).

- Analyse phénotypique de lignées transgéniques d'*A. thaliana*

Les attentes du jury

Cette question nécessite de connaître le principe d'action des ARN antisens (blocage de la traduction).

Interprétation :

Dans les deux cas analysés : il existe deux grands types de phénotypes qui diffèrent par rapport au témoin (C)

1 – fig. A – le mésophylle contient 1 à 2-3 grands chloroplastes, ce qui souligne que la division du chloroplaste est fortement altérée par rapport au témoin (C) chez qui on en compte une centaine.

2 – fig. B – le mésophylle contient une trentaine de chloroplastes de taille intermédiaire. La conclusion est la même.

Conclusions/hypothèses :

Le trans-gène intervient dans (inhibe) la division du chloroplaste. La réduction du nombre de chloroplastes (l'absence de division de ceux-ci) semble compensée par une augmentation de leur taille.

La prestation des candidats

Question assez réussie : à partir du moment où le candidat a reconnu les modifications de taille du chloroplaste et de leur nombre, il a en général conclu à une perturbation de la division.

Question 8B : conclusions sur le rôle des protéines FtsZ

Les attentes du jury Le gène *FtsZ1* est donc bien impliqué dans le mécanisme de division.

Question 9: analyse phylogénétique des gènes FtsZ

Les attentes du jury

Cette question permettait de dégager de nombreuses idées qui sont fournies ici exhaustivement afin d'indiquer aux candidats comment on peut argumenter avant de confirmer une hypothèse évolutive (l'endosymbiose). Toutes n'étaient pas attendues dans chaque copie et le raisonnement a été valorisé.

Pré-requis : cette question nécessitait une connaissance minimale sur la diversité du vivant. La phylogénie est censée, au moins pour les Eucaryotes (donnée en doc. 5), être connue dans les grandes lignes.

Interprétations :

1. L'absence de groupe externe aux trois domaines du vivant ne permet pas d'enraciner l'arbre ; celui-ci est donc figuré sans racine. Une erreur s'est glissée dans la liste des taxons proposés : *Bacillus amyloliquefaciens* n'est pas une Cyanobactérie, mais une Firmicute. Avec l'énoncé proposé, les Cyanobactéries ne sont pas monophylétiques, il n'a donc pas été tenu compte de cet item dans la correction. Le raisonnement restait identique cependant, avec pour restriction ou pour interrogation (ce qu'ont fait quelques candidats) la curieuse répartition des Cyanobactéries.
2. La topologie de l'arbre de *FtsZ* reflète assez fidèlement la phylogénie des espèces. On retrouve les trois grands clades du vivant : Eubactéries, Archées et Eucaryotes. La dichotomie eubactérienne Gram + / Gram – (beaucoup discutée dans la littérature) est retrouvée. La bactérie parasite *Mycoplasma* montre une importante "branche longue" (ici sous-estimée). Sa position, peu "fiable", est sans doute due à une vitesse

d'évolution rapide du gène *FtsZ*, à mettre en relation avec une évolution vers un mode de vie parasite.

Les grands ensembles d'Eucaryotes sont retrouvés : Embryophytes, Chlorophytes; la position des Rhodophytes est moins "fiable", la monophylie de la "lignée verte" n'est donc pas soutenue ici. Les Cyanobactéries (monophylétiques en excluant *Bacillus amyloliquefaciens* tel que donné dans l'énoncé, cf ci-dessus) ont une position totalement inattendue (elles devraient se "brancher" au sein des Eubactéries).

3. Analyse de la relation "inattendue" entre Cyanobactéries et Eucaryotes : la topologie de l'arbre souligne également, avec un fort soutien, le regroupement des protéines FtsZ des Cyanobactéries avec celles des Plantae (monophylie des gènes de cet ensemble), à l'exclusion de tout autre protéine d'Eubactéries. Sur l'arbre, ces deux ensembles sont groupes-frères. Ce regroupement est donc paradoxal du point de vue de la phylogénie des espèces. L'une des hypothèses permettant d'expliquer la monophylie des protéines de cet ensemble (c'est à dire l'existence d'une protéine ancestrale commune) serait le transfert (horizontal) du gène *FtsZ* de l'un des taxons vers l'autre. La présence de ce gène chez l'ensemble des Eubactéries et des Archées, le fait que les Cyanobactéries soient des Eubactéries, le fait que ce gène soit absent chez beaucoup d'Eucaryotes, laissent supposer que ce transfert (de l'ancêtre de FtsZ) a eu lieu de l'ancêtre d'une Cyanobactérie vers un ancêtre des *Plantae* (ce dernier point est conforté par le fait que le gène est présent chez les grands taxons Eucaryotes (Rhodophyta, Chlorophyta et Embryophyta) et pourrait donc être présent dès la racine du groupe (mais nous manquons de beaucoup de taxons Eucaryotes pour l'affirmer, par exemple d'algues Straménopiles).
4. Evènements de duplication du gène *ftsZ* chez les Embryophytes. Au sein des Eucaryotes, on note la présence de plusieurs duplications du gène qui concernent trois taxons : la mousse *Physcomitrella*, les angiospermes *Arabidopsis* et *Cucumis* (concombre). L'histoire de ces duplications est difficile à reconstituer.

Conclusions/hypothèses :

1. L'identification d'un homologue (?) bactérien (et/ou archéen) de la protéine FtsZ dans le génome nucléaire d'Embryophytes (*Arabidopsis* ou *Physcomitrella*), de Chlorophytes (*Ostreococcus*) ainsi que de Rhodophytes (*Cyanidium*) conduit à l'idée que la division du chloroplaste utilise un gène homologue (FtsZ) à celui utilisé lors de la division bactérienne. L'hypothèse de l'endocytobiose peut être formulée !

Si des résultats similaires étaient obtenus pour les autres gènes identifiés chez les plantes et homologues des gènes bactériens, nous pourrions faire l'hypothèse que les mécanismes de division (fission binaire) de la cellule bactérienne sont conservés et « homologues » des mécanismes de division des chloroplastes. Ainsi, la plupart des gènes impliqués dans la division des plastes des Chlorobiontes et Rhodophytes (en fait des plastes Eucaryotes) sont probablement homologues à ceux ayant un rôle dans la fission de la cellule 'procaryote'

(Eubactéries + Archaea).

2. Les séquençages de génomes Eucaryotes démontrent que le gène *FtsZ* est absent du génome de la levure *Saccharomyces* et des génomes d'Eucaryotes non photosynthétiques. Ce défaut de *FtsZ* dans ces groupes peut-être dû (i) soit à une absence primitive, (ii) soit à une perte totale, (iii) soit à une modification de la séquence qui rend ce gène non identifiable (divergence).

Conclusions générales sur l'origine du transfert horizontal du gène *FtsZ* : l'endocytobiose

Si l'on suppose que les mécanismes de division sont les mêmes entre cellules procaryotes et les chloroplastes (impliquant les mêmes gènes dans des processus similaires), on peut supposer que chloroplastes et certaines cellules procaryotes ont une origine commune. Ainsi, il y a sans doute eu, non seulement **transfert de gènes** mais très probablement **transfert de toute la machinerie** responsable de la division cellulaire, c'est à dire **transfert de la cellule** elle-même. Ce phénomène peut s'expliquer par l'**endocytosymbiose** d'une cellule procaryote (probablement une 'cyanobactérie') par une cellule 'ancestrale' de type 'eucaryote'. C'est l'**endosymbiose primaire plastidiale**.

La prestation des candidats

Souvent occultée ou au contraire sujette à un traitement très confus, cette question, difficile, n'a pas été réussie par les candidats mal à l'aise avec ce type de raisonnement. Quelques bonnes copies, montrant des efforts de raisonnement rigoureux, ont été valorisées par le jury.

Question 10: liste structurée d'arguments soutenant l'origine endosymbiotique des plastes eucaryotes

Les attentes du jury

Cette question était destinée à valoriser l'esprit de synthèse des candidats et à mobiliser leurs connaissances sur le sujet, ou évoquées jusqu'à ce point du devoir. Le jury avait décidé de donner le maximum de points sur la question pour cinq arguments parmi la liste ci-dessous. Les arguments supplémentaires étaient bonifiés.

1. L'analyse des séquences génétiques supporte Plantae et Cyanobactéries comme groupe-frère
2. Arguments structuraux issus des docs 3A-D (2 membranes chez Plantae, taille, similitude plastes algues rouges-cyanobactéries, action des antibiotiques antibactériens sur plastes, etc.)
3. Présence de membranes internes généralement indépendantes de la membrane plasmique chez les Cyanobactéries et les plastes (= thylacoïdes).
4. Les phycobilisomes (antennes collectrices disposées à la surface des thylacoïdes ne sont

- présents que chez les Cyanobactéries, les rhodophytes et les glaucophytes. *NB* : ils s'opposent à l'empilement des thylacoïdes observés chez les chlorobiontes.
5. Origine cyanobactérienne des gènes plastidiaux et monophylétique des gènes plastidiaux des Plantae (sauf la grande sous unité de la Rubisco) ; soutien de l'origine unique de l'endosymbiose primaire.
 6. Le génome plastidial est circulaire comme celui des Eubactéries.
 7. La synthèse protéique dans les plastes est initiée par de la f-Met comme chez les Eubactéries.
 8. L'ADN est lié à la membrane plasmique comme celui des Eubactéries (et dépourvu d'histones).
 9. De nombreuses Eubactéries sont des parasites eucaryotes intracellulaires.
 10. Les Cyanobactéries effectuent fréquemment des associations symbiotiques (Anabaena-Azolla ; Nostoc-Cycas,...).
 11. La composition des lipides membranaires des Cyanobactéries est identique à celle des chloroplastes ; présence aussi d'acides gras polyinsaturés chez les Cyanobactéries et les plastes eucaryotes.
 12. La chlorophylle-a, présente chez les Cyanobactéries et chez tous les plastes, fait défaut chez les Eubactéries photosynthétiques (c'est-à-dire origine Cyanobactérienne de la chlorophylle-a).
 13. Seuls plastes et Cyanobactéries possèdent deux photosystèmes (un seul chez les autres bactéries phototrophes).
 14. La chaîne de transport d'électrons des plastes est homologue à celle des Eubactéries (idem pour les mitochondries) - *cf.* cytochrome.
 15. La taille des ARN ribosomiques plastidiaux est la même que celle des ARNr des Eubactéries (et différentes de celles des ARNr cytoplasmiques Eucaryotes).
 16. Présence d'un nucléomorphe chez les Chlorarachniophytes et Cryptophytes, contenant des (trois) chromosomes linéaires à génome très réduit, mais permettant de 'signer' l'endosymbiose secondaire (Chlorarachniophytes = algue verte, Cryptophytes = algue rouge).

La prestation des candidats

Cette question a été décevante au vu de sa simplicité apparente. Les candidats n'ont pas toujours repris les arguments dégagés aux questions précédentes et certaines notions classiques, comme la présence du génome circulaire dans le plaste n'ont souvent pas été évoquées.

Question 11: structure et fonctions des tubulines.

Les attentes du jury

Cette question située en toute fin de devoir mobilisait uniquement les connaissances des candidats... mais le sujet est vaste ; la réponse devait être synthétique !

Ce sont des protéines de 50 kDa qui se lient au GTP qu'elles ont la faculté d'hydrolyser. Il en

existe trois classes majeures α, β, γ qui diffèrent de quelques a. aminés (en fait de 7 à 9 classes selon les auteurs). La polymérisation d'hétérodimères $\alpha\beta$ dans le cytoplasme permet la construction des microtubules, structures labiles et orientées. Un microtubule (\emptyset 25 nm) est un élément du cytosquelette (comme les filaments d'actine, \emptyset 5-8 nm, et les filaments intermédiaires \emptyset 10 nm). Il est stabilisé au niveau de son extrémité (—) grâce à un complexe protéique construit autour d'un anneau de tubulines γ , participant éventuellement à un centre organisateur de microtubule (COMT). La dynamique de l'extrémité libre (extrémité (+)) est régulée par la concentration en hétérodimères chargés en GTP, et par des protéines associées aux microtubules. La colchicine inhibe la polymérisation des microtubules en se liant aux dimères $\alpha\beta$ (établissement des caryotypes).

Ces molécules sont impliquées dans :

- Les transports de molécules : la répartition hétérogène de certains ARNm implique les microtubules (exemples classiques au cours du développement) ; l'orientation des celluloses synthétases membranaires des cellules végétales est assurée par les microtubules corticaux.

- Les transports intracellulaires d'organites : la plupart des organites interagissent avec les microtubules ce qui permet leur localisation et leur déplacement. Ces transports sont rendus possibles par des moteurs moléculaires associés aux microtubules (Dynéines, Kinésines).

NB : les microfilaments d'actine participent aussi au déplacement de certains organites.

-- La division cellulaire : les microtubules forment un ensemble de structures nécessaire au déplacement et à la répartition des chromosomes au cours de la division. Cette répartition est rendue possible par des moteurs moléculaires et par la dynamique des microtubules.

-- La mobilité cellulaire : les microtubules sont le composant essentiel de l'axonème des cellules eucaryotes mobiles, tels les spermatozoïdes. Ces microtubules sont stabilisés et maintenus par de nombreuses protéines associées ; un moteur moléculaire permet leur mise en mouvement.

On fait apparaître le rôle essentiel des structures de tubulines, mais aussi des protéines associées à ces structures.

La prestation des candidats

Il était relativement facile d'obtenir des points sur cette question de cours ; mais sa position en fin de sujet a manifestement empêché un certain nombre de candidats de rédiger ou de dessiner correctement, même de manière synthétique. Nous renouvelons les conseils suivants : lire ou parcourir au moins l'énoncé jusqu'au bout et rédiger ce type de question à l'avance si les connaissances sont facilement mobilisables par le candidat. Enfin, trouver le juste milieu entre permettant de répondre à la consigne "*de façon concise*" et "*en quelques phrases*". Il est évident qu'il ne s'agissait pas de rédiger plus d'une copie double, mais ni de répondre en deux lignes ! Au candidat d'évaluer, en fonction de l'énoncé, de la densité du sujet le volume raisonnable à consacrer à sa réponse. La rédaction confuse, pour ne pas dire

alambiquée est à proscrire : dans ce type de question, les informations précises sont à privilégier, sans effets de style.

SESSION 2009

**CONCOURS EXTERNE
DE RECRUTEMENT DE PROFESSEURS CERTIFIÉS
ET CONCOURS D'ACCÈS À LA LISTE D'APTITUDE**

Section : SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

COMPOSITION SUR UN SUJET DE GÉOLOGIE

Durée : 5 heures

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout matériel électronique est rigoureusement interdit.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : Hormis l'en-tête détachable, la copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.

Remarques importantes

1 – Le sujet s’articule autour de quatre thèmes et comprend **12** documents dont **4** à rendre avec votre copie (documents 1, 7, 11B et 12).

2 – Seront prises en compte dans la notation : la clarté de la présentation, la précision et la rigueur de l’analyse des documents, les illustrations personnelles et la rigueur des raisonnements.

3 – Certaines figures pourront être jointes à la copie si le candidat considère que des annotations en surcharge constituent des éléments appréciables de réponse aux questions. Il devra alors les coller sur la copie.

Les bordures maritimes de la France métropolitaine

Les bordures maritimes des continents constituent une zone intermédiaire entre les domaines continentaux et marins profonds. Elles sont le lieu de nombreux phénomènes géologiques.

À partir de l'exploitation des documents, vous rédigerez un exposé dégagant les caractéristiques géologiques, ainsi que les particularités de la dynamique sédimentaire et des milieux de dépôt des bordures maritimes de la France métropolitaine.

L'exposé comportera quatre parties reprenant les quatre thèmes abordés par les documents.

Le choix du plan, des illustrations complémentaires et de l'ordre dans lequel les documents sont présentés pour chacun des thèmes revient au candidat.

Cependant, l'exploitation de chaque document devra répondre aux attendus précisés.

Introduction

Il est demandé une introduction qui s'appuiera sur un des documents fournis.

Thème 1 : Morphologies et structures

Document 1 : Carte bathymétrique du Golfe du Lion

Votre exploitation comprendra notamment :

- Le principe d'obtention d'un tel document (une demi-page maximum).
- Une légende à l'aide de flèches des principaux objets, domaines et limites observables sur le document (répondre directement sur le **Document 1** qui sera rendu avec la copie).

Document 2 : Profil sismique au niveau des Entrées de la Manche

Votre exploitation comprendra notamment :

- Le principe d'obtention d'un profil sismique (1 page maximum).
- Un schéma interprétatif du profil.
- Une conclusion indiquant le type de marge et son mécanisme de formation.

Document 3 : Carte de l'anomalie de Bouguer en France

Votre exploitation comprendra notamment :

- La définition de l'anomalie de Bouguer et le principe d'obtention de ce document (une page maximum).
- L'interprétation des anomalies observées sur la marge de Gascogne.

Calcul d'isostasie :

- En utilisant le principe de l'isostasie, calculer la profondeur théorique d'une plaine abyssale au large d'un continent. On suppose que la zone est à l'équilibre isostatique. On considère la coupe de référence à l'équilibre avec une croûte continentale d'une épaisseur de 30 km et une croûte océanique épaisse de 7 km. On utilise les valeurs suivantes : densité de la croûte continentale = 2,8 ; densité de la croûte océanique = 3 ; densité du manteau supérieur lithosphérique = 3,3. On considère que la base de la lithosphère a la même profondeur sous l'océan et sous le continent.
- La valeur obtenue vous semble-t-elle cohérente avec la profondeur réelle d'une plaine abyssale ?

Thème 2 : Processus sédimentaires côtiers

Document 4 : Extrait de la carte de St-Valery-sur-Somme – Eu à 1/50 000

Votre exploitation comprendra notamment :

- Un schéma légendé du **Document 4** présentant les grandes unités morpho-sédimentaires et la répartition des sédiments récents du littoral de la Manche.
- Une définition rapide des types de sédiments détritiques marins et littoraux du Quaternaire présents sur la carte et une présentation de leurs critères simples de reconnaissance sur le terrain (une demi-page maximum).
- Une analyse du **Document 4** aboutissant aux mécanismes responsables de la dynamique de la répartition des sédiments en fonction de leur nature et des différentes zones de sédimentation.

Documents 5 et 6 : Conditions hydrodynamiques du transport des sédiments sableux

Votre exploitation comprendra notamment :

- Une identification des structures sédimentaires visibles sur les deux photographies du **Document 5**.
- Une analyse des diagrammes (**Documents 6A et 6B**).
- Une explicitation des mécanismes à l'origine des structures photographiées (sur le **Document 5**) ainsi que les conditions physiques de leur formation.
- Un raisonnement permettant de prévoir la vitesse maximale des courants régnant dans la baie de Somme, aux endroits où les deux photographies du **Document 5** ont été réalisées.

Thème 3 : La sédimentation marine profonde

Documents 7, 8, et 9 : La sédimentation profonde de l'éventail sous-marin du Var

Votre exploitation comprendra notamment :

- Une analyse de la morphologie de la partie proximale de l'éventail sous-marin du Var illustrée par le **Document 7**. Ce document sera légendé et rendu avec la copie.
- Une analyse de l'intervalle de dépôt sédimentaire présenté sur le **Document 8** et la reconstitution d'un mécanisme possible de formation (on n'omettra pas de discuter des conditions hydrodynamiques).
- Un schéma légendé d'une séquence idéale de ce type de dépôt.
- Une explication de l'origine de la ride du Var.
- Une présentation de la morphologie générale de l'éventail sous-marin du Var (**Document 9**) et les facteurs qui en contrôlent la géométrie à grande échelle (sur une demi-page maximum).

Thème 4 : Evolution des lignes de rivage au cours du temps

Document 10 : Profil granulométrique d'un sondage dans la frange littorale du delta du Rhône au niveau de la Plage Napoléon

Votre exploitation comprendra notamment :

- Une analyse du profil granulométrique et son interprétation.
- Une coupe synthétique légendée parallèle au grand axe d'un delta en insistant sur la géométrie des dépôts, dessinée à partir de vos connaissances.

Document 11 : Evolution séculaire du trait de côte du delta du Rhône entre les embouchures du Grand Rhône et du Petit Rhône (période 1895-2000)

Votre exploitation comprendra notamment :

- Une analyse du **Document 11A**.
- La reconstitution cartographique du trait de côte de cette zone du delta du Rhône. On placera sur le **Document 11B** (qui sera rendu avec la copie) le tracé de la ligne de rivage de 1895.
- Une discussion des paramètres susceptibles d'avoir influencé les modifications de la ligne de rivage pendant la période considérée.

Document 12 : Coupe géologique NW-SE des formations sédimentaires à la hauteur du Phare de Cayeux (carte géologique de St-Valery-sur-Somme – Eu à 1/50 000)

Votre exploitation comprendra notamment :

- Une explication des méthodes d'obtention des datations présentées sur le **Document 12A** (une demi-page maximum).
- Une description de la géométrie des différents dépôts quaternaires.
- La construction graphique schématique sur le diagramme du **Document 12B** (qui sera rendu avec la copie) de l'évolution de la position du rivage marin en fonction du temps.
- Une discussion des paramètres responsables de cette évolution.

Conclusion

À la lumière des exemples étudiés dans l'exposé et de vos connaissances, vous résumerez les grandes caractéristiques des structures, de la sédimentation et des environnements de dépôt des bordures maritimes de la France métropolitaine de façon à faire apparaître l'ensemble des facteurs qui conditionnent leur évolution.

Source des documents

- Allen, J.R.L. (1985). *Principles of physical sedimentology*. Allen & Unwin Ltd, London, 272 p.
- B.R.G.M. (1996). Carte géologique de la France à l'échelle du millionième. 6^{ème} édition révisée, Bur. Rech. Géol. Min., Orléans.
- Boillot, G., Montardet, L., Lemoine, M. et Biju-Duval, B. (1984). *Les marges continentales actuelles et fossiles autour de la France*. Masson, Paris, 342 p.
- Broquet, P. et collaborateurs (1984). Carte géologique de la France au 1/50 000, feuille de Saint-Valery-sur-Somme – Eu. Bur. Rech. Géol. Min., Orléans.
- Harms, J.C., Southard, J.B. et Walker, R.G. (1982). *Structures and sequences in clastic rocks*. Lecture Notes for Short Course n° 9, Soc. Econom. Paleont. Mineral., 253 p.
- Hjulström, F. (1939). Transport of detritus by moving water. In : Trask, P.D. (éd.), *Recent marine sediments*. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 5-31.
- Lagaaij, R. et Kopstein, F.P. (1964). Typical features of fluviomarine offlap sequence. In : Van Straaten, L.M.J.U., éd., *Deltaic and shallow marine deposits*. 6^o Internat. Sedim. Congr., 1963, Elsevier, Amsterdam, 216-226.
- Lagabrielle, Y et Leroy, S. (2005). *Le visage sous-marin de la Terre – Eléments de géodynamique océanique*. Commission de la Carte Géologique du Monde et C.N.R.S., Paris, 49 p.
- Larroque, C. et Virieux, J. (2001). *Physique de la Terre solide – Observations et théories*. Gordon and Breach, 360 p.
- Migeon, S. (2000). *Dunes géantes et levées sédimentaires en domaine marin profond : approche morphologique, sismique et sédimentologique*. Thèse Doctorat, Université Bordeaux 1, 288 p.
- Oomkens, E. (1970). Depositional sequences and sand distribution in the Post-Glacial Rhône delta complex. In : *Deltaic sedimentation*. Soc. Econom. Paleont. Mineral., Spec. Publ. 15, 198-212.
- Sabatier, F. (2001). *Fonctionnement et dynamiques morpho-sédimentaires du littoral du delta du Rhône*. Thèse Doctorat, Université Aix-Marseille III, 274 p.

Légendes des documents :

Document 1 : Carte bathymétrique du Golfe du Lion (d'après Berné *et al.* in Lagabrielle et Leroy, 2005).

Document 2 : Profil sismique au niveau des Entrées de la Manche avec carte de localisation (d'après Boillot *et al.*, 1984). SDT : secondes temps-double.

Document 3 : Carte de l'anomalie de Bouguer de la France métropolitaine et de ses marges (Larroque et Virieux, 2001).

Document 4 : Extrait de la carte de St-Valery-sur-Somme – Eu à 1/50 000 (Broquet et coll., 1984).

Document 5 : Photographies (photos 1 et 2) de structures sédimentaires affectant les sables de la baie de Somme (chaque photographie est localisée sur le Document 4).

Document 6A : Diagramme de Hjulström (1939).

Document 6B : Représentation schématique des relations entre les différents types de structures sédimentaires, le diamètre moyen des grains et la vitesse d'écoulement. 1 et 2 illustrent respectivement les formes des rides et des mégarides vues de dessus (d'après Harms *et al.*, 1982 ; Allen, 1985).

Document 7 : Carte bathymétrique de la partie proximale du système sédimentaire du Var à la hauteur de Nice avec localisation de la carotte du Document 8 (données de l'Ifremer). La zone couverte par cette carte est représentée sur le Document 9.

Document 8A : Photographie de détail d'un intervalle de dépôt dans une carotte prélevée dans le système sédimentaire du Var (localisation de la carotte sur le document 7 ; Migeon, 2000). Les cotes indiquées représentent la profondeur dans la carotte avec le fond de la mer comme référence (niveau 0 cm).

Document 8B : Radiographie aux rayons X traitée de l'intervalle de dépôt du document 8A (Migeon 2000).

Document 8C : Courbe d'évolution de la taille du grain moyen de l'intervalle de dépôt du document 8A (Migeon, 2000).

Document 9 : Carte géologique de l'éventail sous-marin du Var (extrait de la carte géologique de la France au millionième, BRGM, 1996).

Document 10 : Profil du diamètre du grain maximum des dépôts holocènes du delta du Rhône traversés par un sondage au niveau de la Plage Napoléon à l'embouchure du Grand Rhône. La répartition de structures sédimentaires et de fossiles est également représentée (d'après Lagaaij et Kopstein, 1964 ; Oomkens, 1970).

Document 11A : Mesures des variations du trait de côte du delta du Rhône entre les embouchures du Grand Rhône (à droite) et du Petit Rhône (à gauche). Les sites de mesures (profil P05 par exemple) sont alignés selon des perpendiculaires au trait de côte. Les valeurs sont indiquées pour 1944 et 2000, le trait de côte de 1895 constitue la référence (d'après Sabatier, 2001).

Document 11B : Carte du trait de côte actuel (2000) du delta du Rhône entre les embouchures du Grand Rhône et du Petit Rhône. Les profils (P05 par exemple) du document 11A sont reportés le long du trait de côte (d'après Sabatier, 2001).

Document 12A : Coupe géologique NW-SE des formations sédimentaires à la hauteur du Phare de Cayeux (carte géologique à 1/50 000 de St-Valery-sur-Somme – Eu, d'après Broquet et coll., 1984). L'échelle verticale étant très exagérée, la détermination des pendages réels peut se faire à l'aide des indications de pentes en degrés indiquées sur le document.

Document 12B : Diagramme permettant de représenter l'évolution du rivage marin au cours du temps à partir de la coupe du Document 12A.

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE

Académie : _____ Session : _____

Concours : _____

Spécialité/option : _____ Repère de l'épreuve : _____

Intitulé de l'épreuve : _____

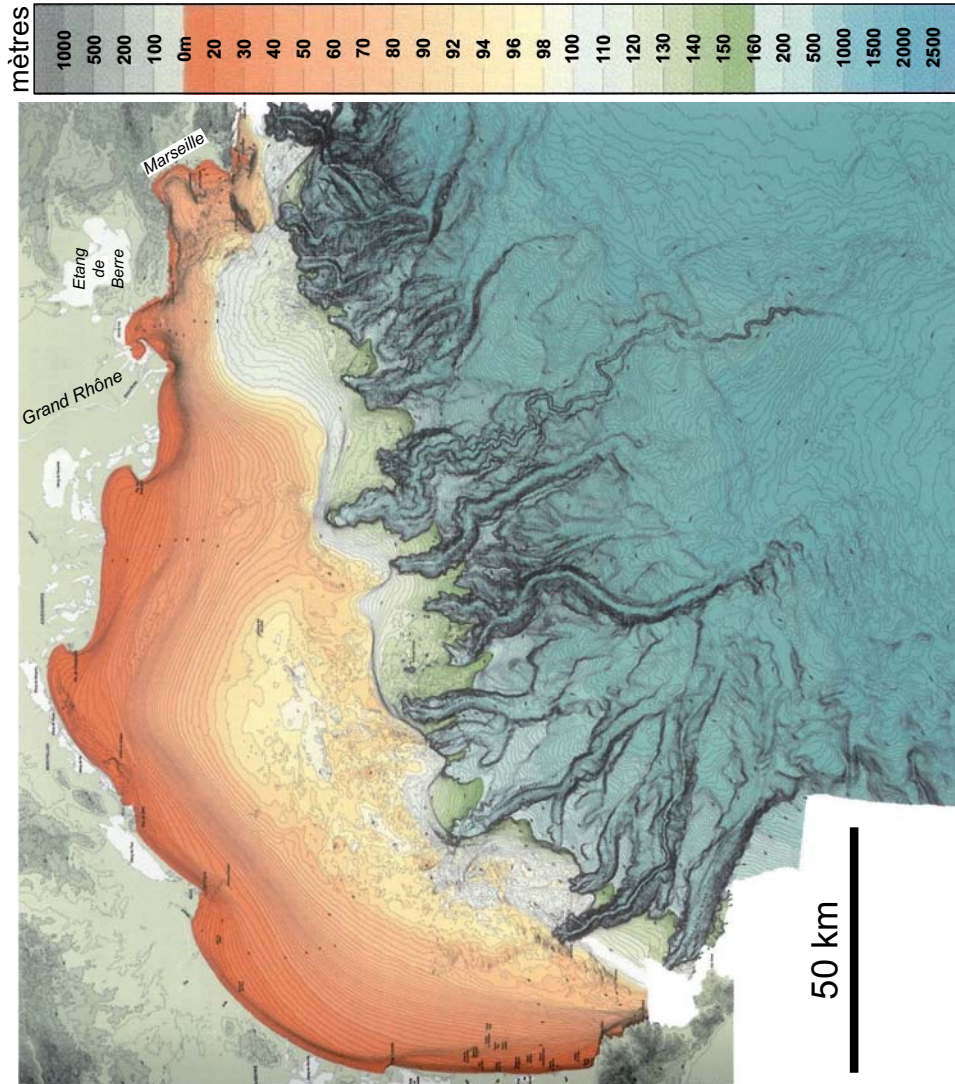
NOM : _____

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms : _____ N° du candidat

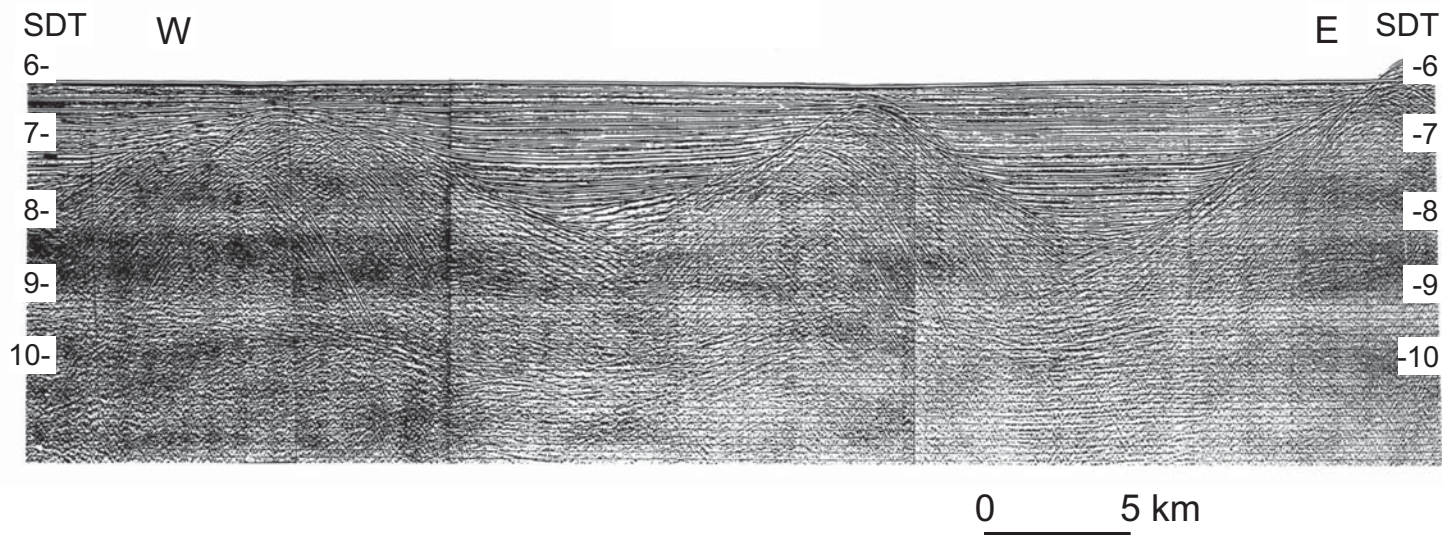
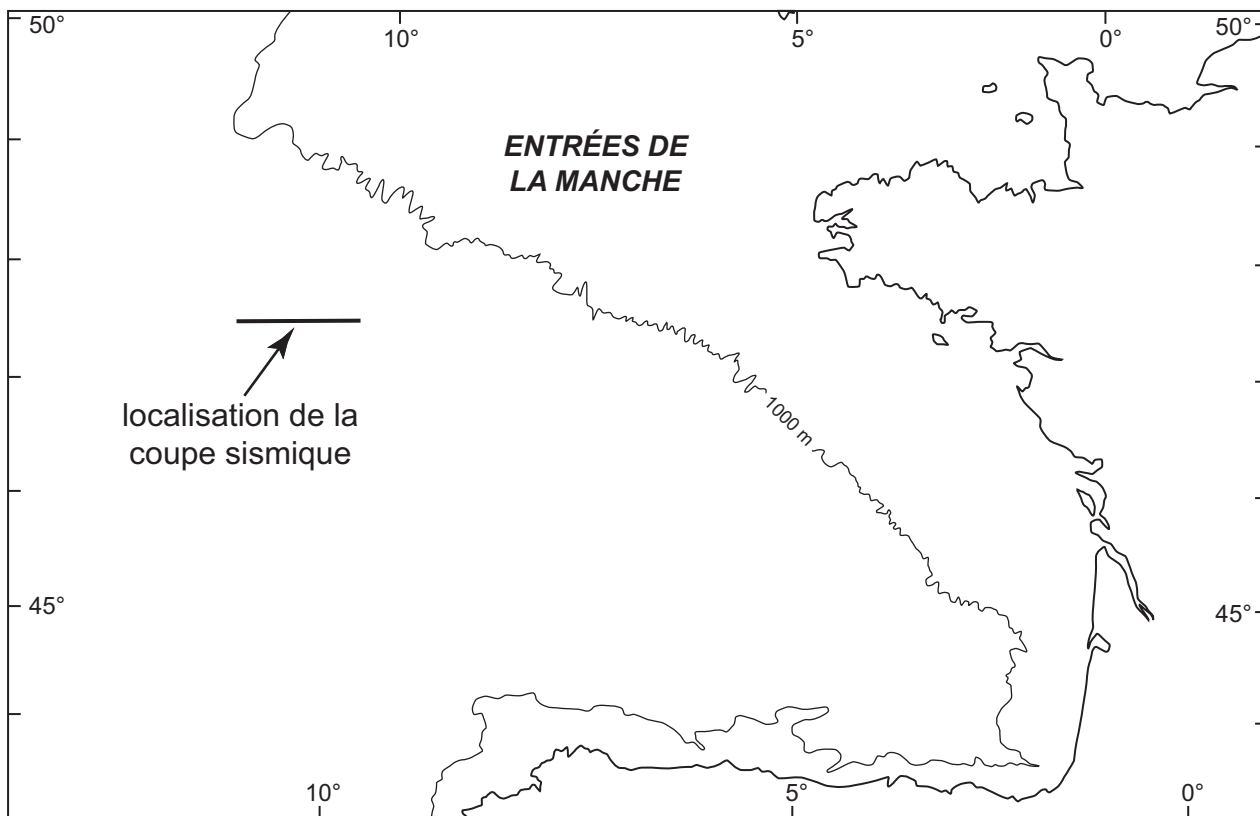
(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

EBE SVT 2



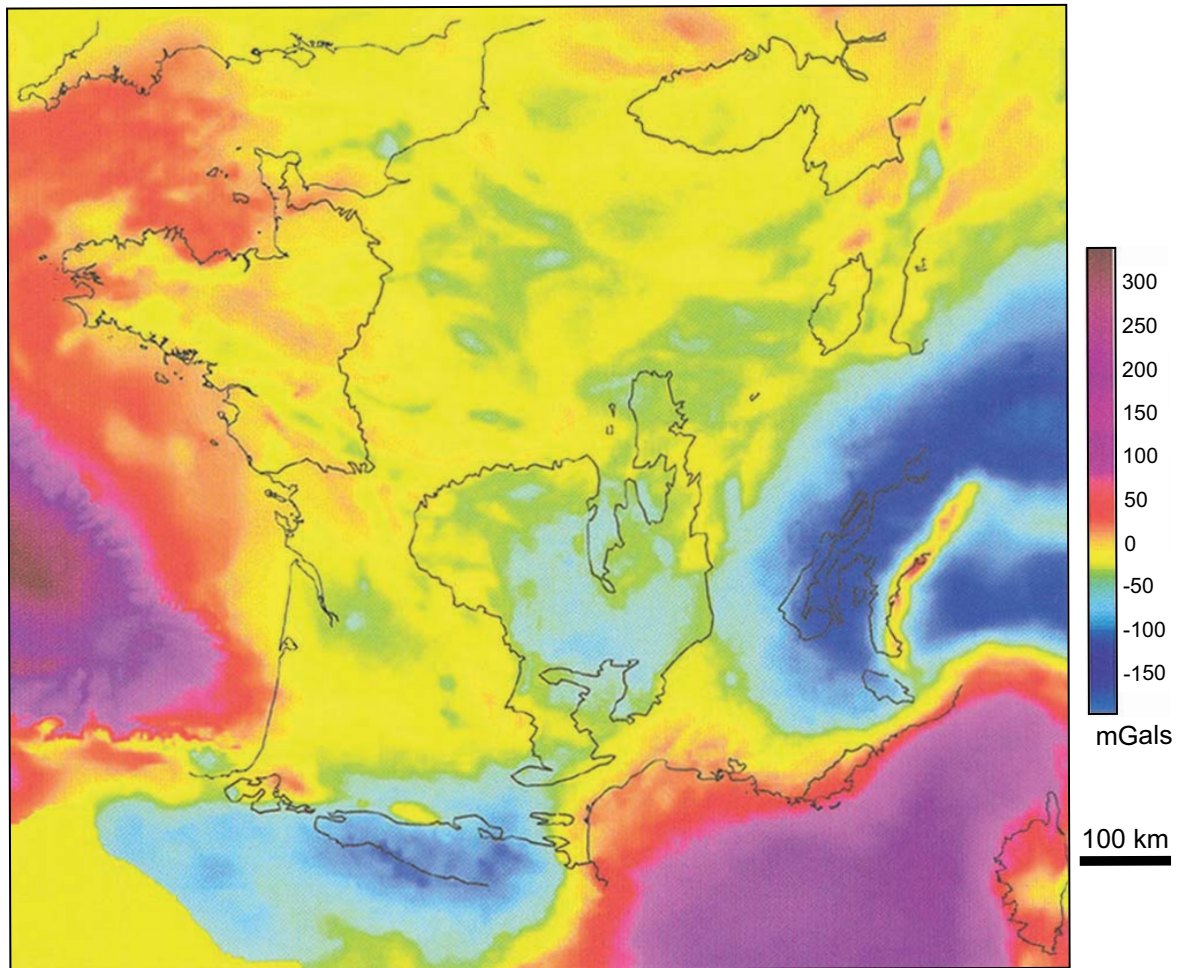
DOCUMENT 1

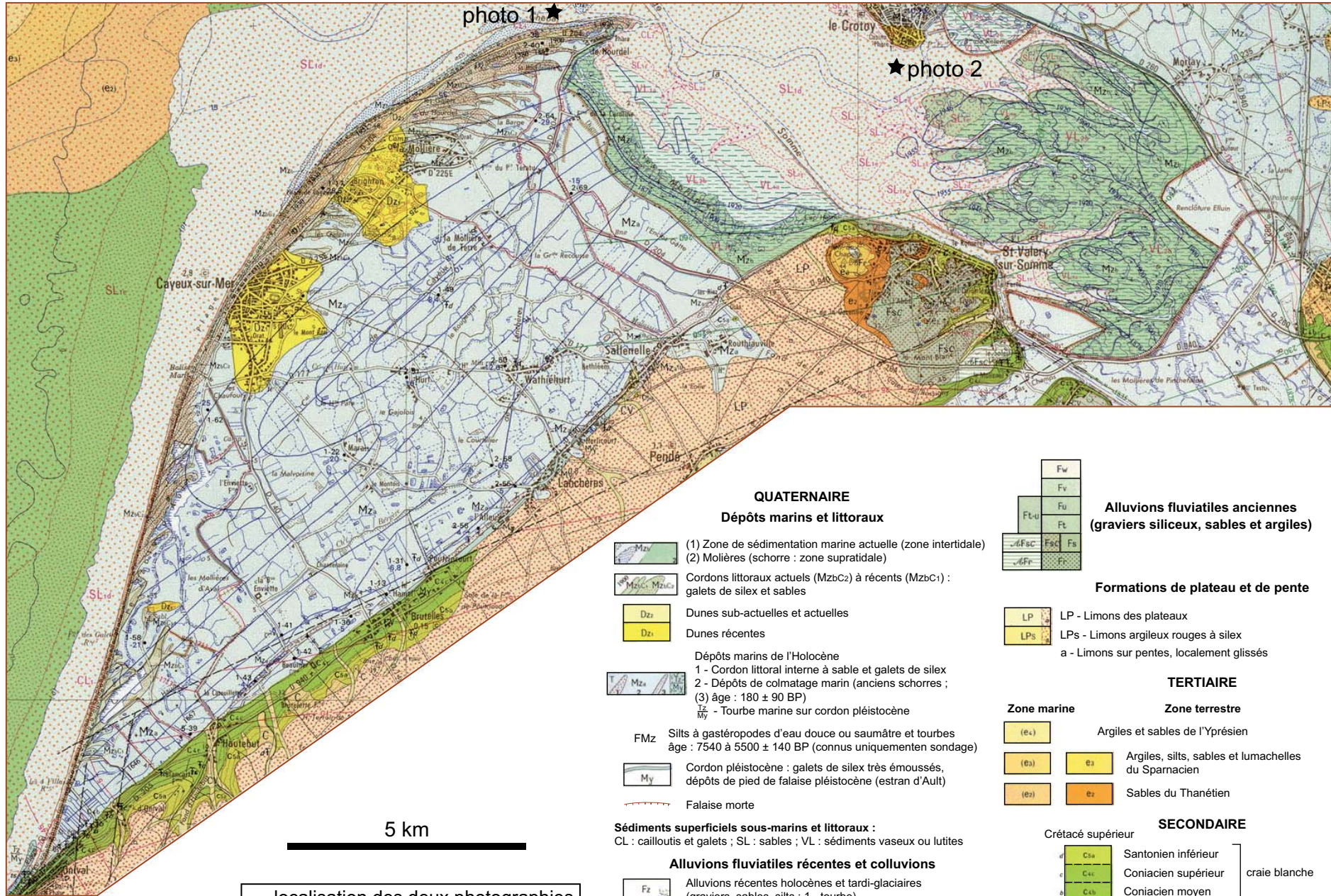
©



DOCUMENT 2

DOCUMENT 3



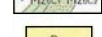
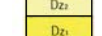

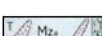
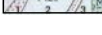

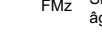




★ localisation des deux photographies du Document 5





DOCUMENT 4

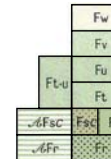
QUATERNAIRE Dépôts marins et littoraux

-  (1) Zone de sédimentation marine actuelle (zone intertidale)
-  (2) Molières (schorre : zone supratidale)
-  Cordons littoraux actuels (Mz2C2) à récents (Mz2C1) : galets de silex et sables
-  Dunes sub-actuelles et actuelles
-  Dunes récentes
-  Dépôts marins de l'Holocène
 - 1 - Cordon littoral interne à sable et galets de silex
 - 2 - Dépôts de colmatage marin (anciens schorres ; (3) âge : 180 ± 90 BP)
 - T₂ - Tourbe marine sur cordon pléistocène
-  Silts à gastéropodes d'eau douce ou saumâtre et tourbes âge : 7540 à 5500 ± 140 BP (connus uniquement sondage)
-  Cordon pléistocène : galets de silex très émoussés, dépôts de pied de falaise pléistocène (estran d'Ault)
-  Falaise morte

Sédiments superficiels sous-marins et littoraux :
CL : cailloutis et galets ; SL : sables ; VL : sédiments vaseux ou lutites



Alluvions fluviales récentes et colluvions

-  Alluvions récentes holocènes et tardi-glaciaires (graviers, sables, silts ; 1 - tourbe)
-  Travertins
-  Colluvions
-  Sédiments de remplissage des vallées sèches 1 - Tourbe





Alluvions fluviales anciennes (graviers siliceux, sables et argiles)








Formations de plateau et de pente

-  LP - Limons des plateaux
-  LPS - Limons argileux rouges à silex
a - Limons sur pentes, localement glissés

TERTIAIRE

- | Zone marine | Zone terrestre |
|--|---|
|  (e4) | Argiles et sables de l'Yprésien |
|  (e3) | Argiles, silts, sables et lumachelles du Sparnacien |
|  (e2) | Sables du Thanétien |

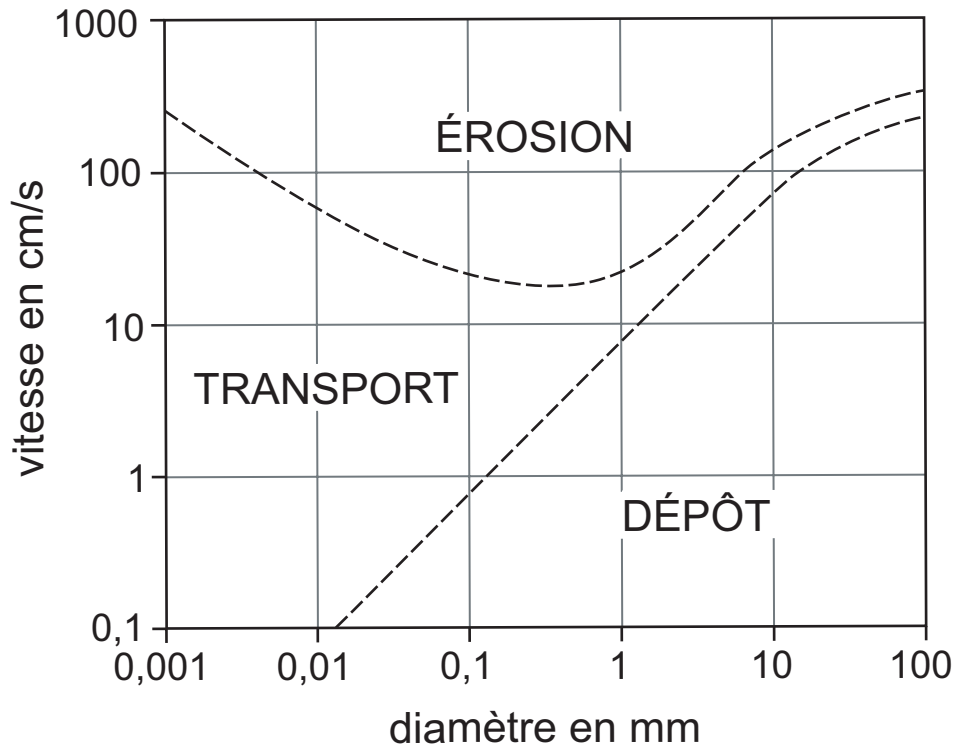
SECONDAIRE

- Crétacé supérieur
- | | | |
|---|---|-------------------|
|  C5a | Santonien inférieur | } craie blanche |
|  C5c | Coniacien supérieur | |
|  C5b | Coniacien moyen | |
|  (C3c-5) | Turonien terminal - Coniacien inférieur (craie blanche à silex) | } craie argileuse |
|  C3c | Turonien supérieur | |
|  C3b | Turonien moyen | |
|  C3a | Turonien inférieur | |

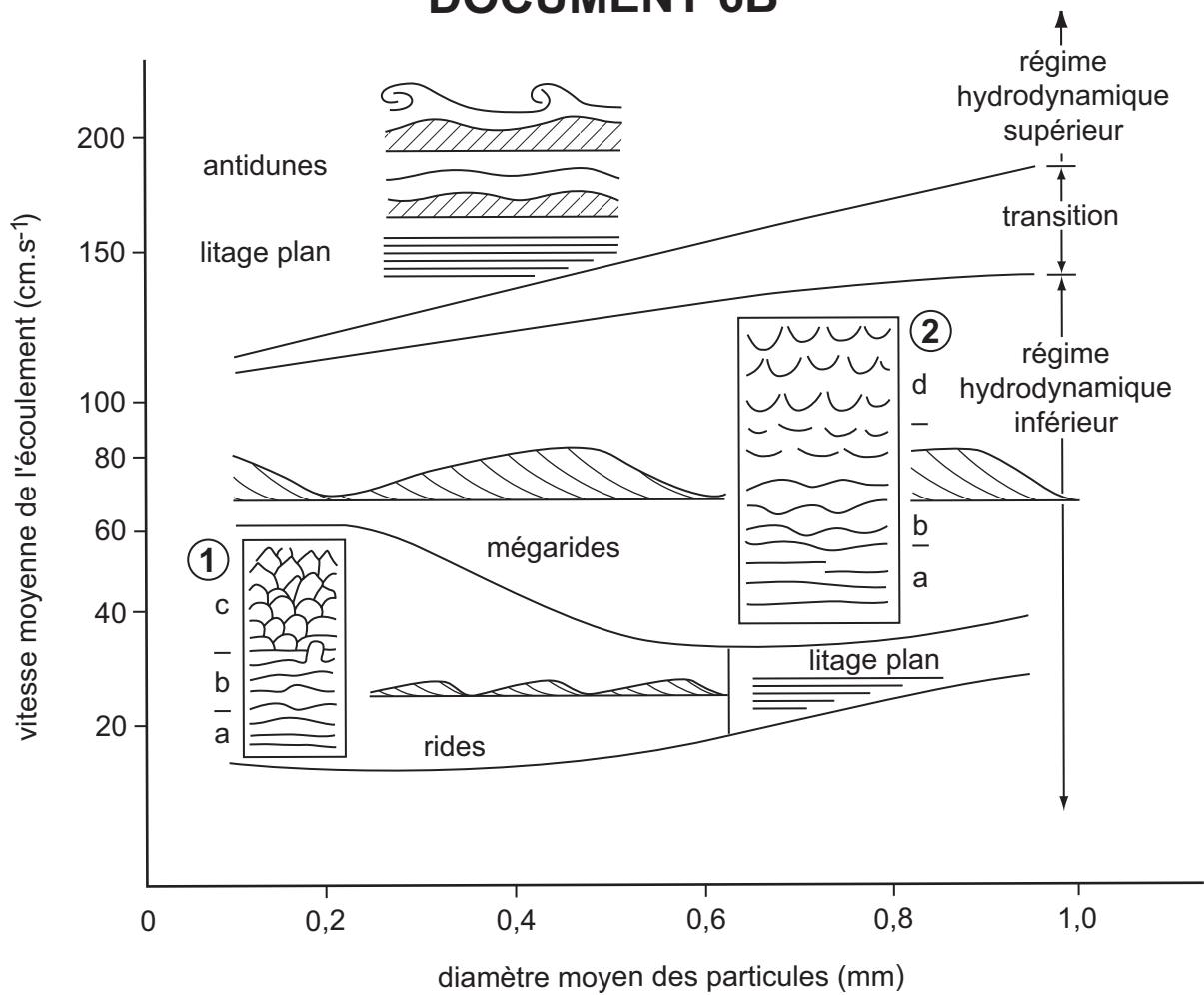
DOCUMENT 5



DOCUMENT 6A



DOCUMENT 6B



MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE

Académie : _____ Session : _____

Concours : _____

Spécialité/option : _____ Repère de l'épreuve : _____

Intitulé de l'épreuve : _____

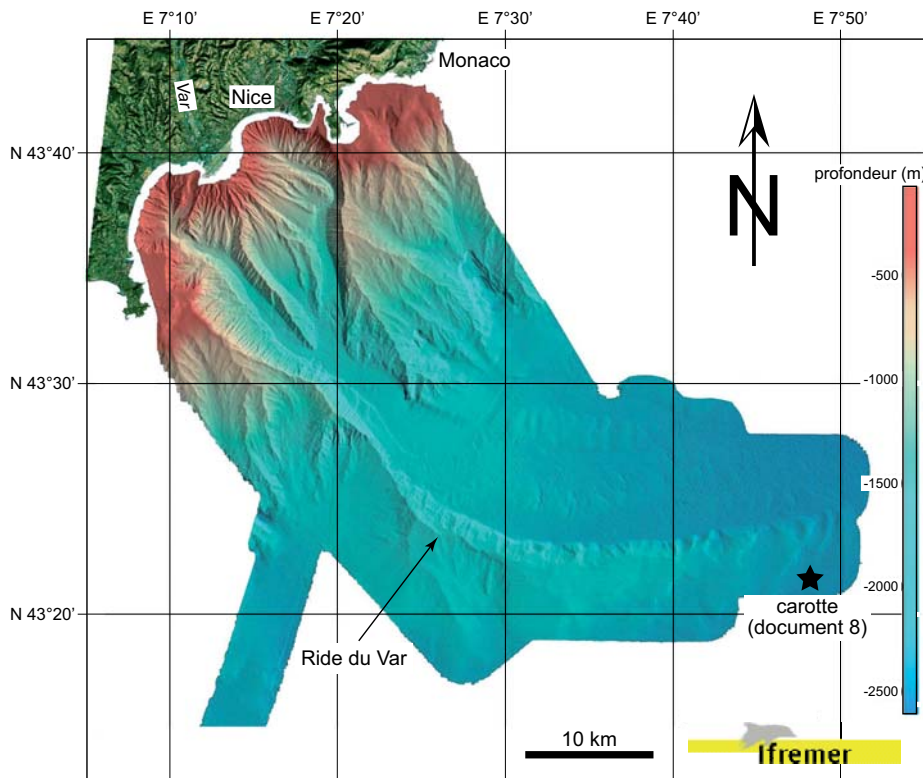
NOM : _____

Prénoms : _____ N° du candidat

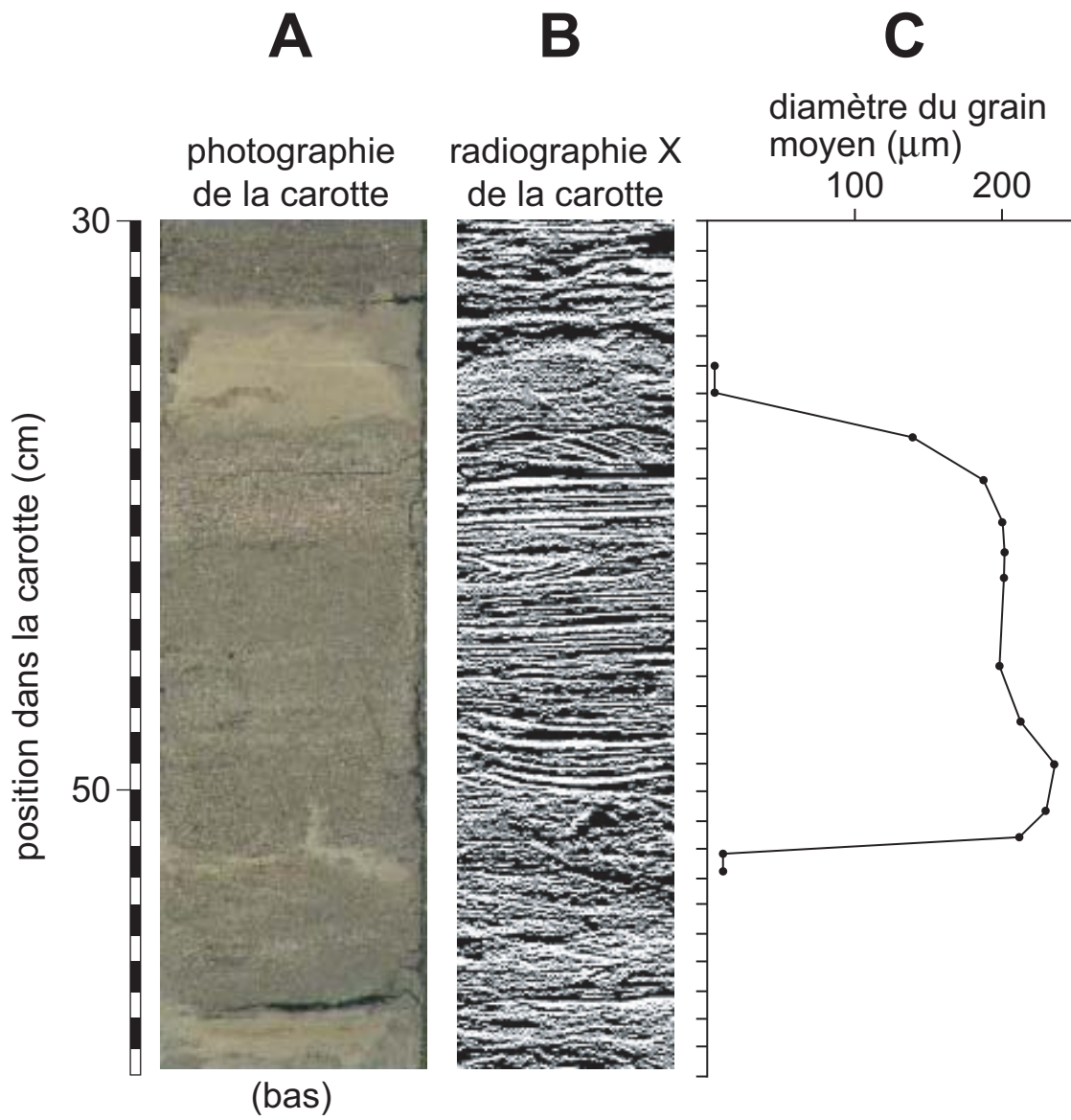
(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

EBE SVT 2

DOCUMENT 7



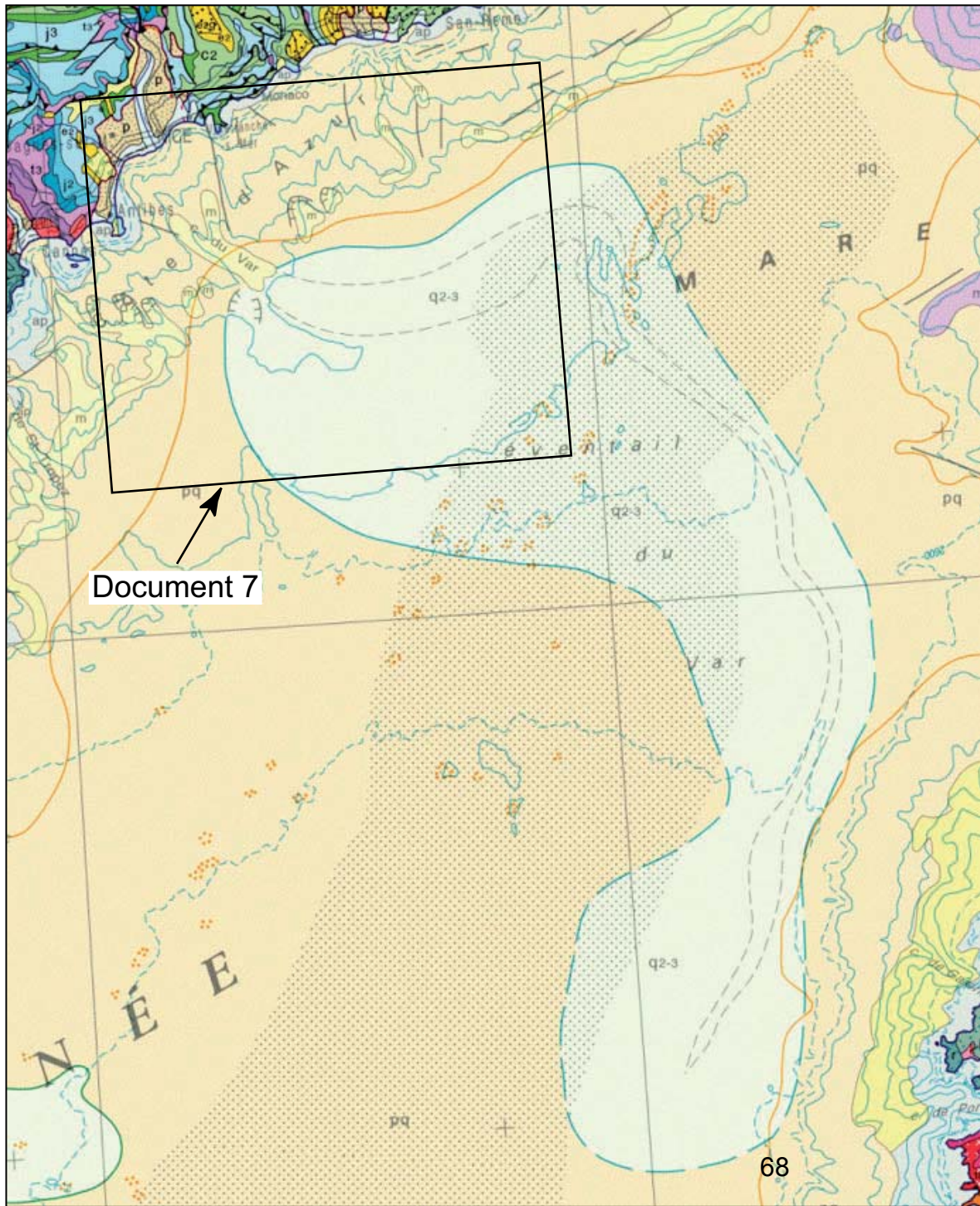
DOCUMENT 8



E 7°

E 8°

DOCUMENT 9



Document 7

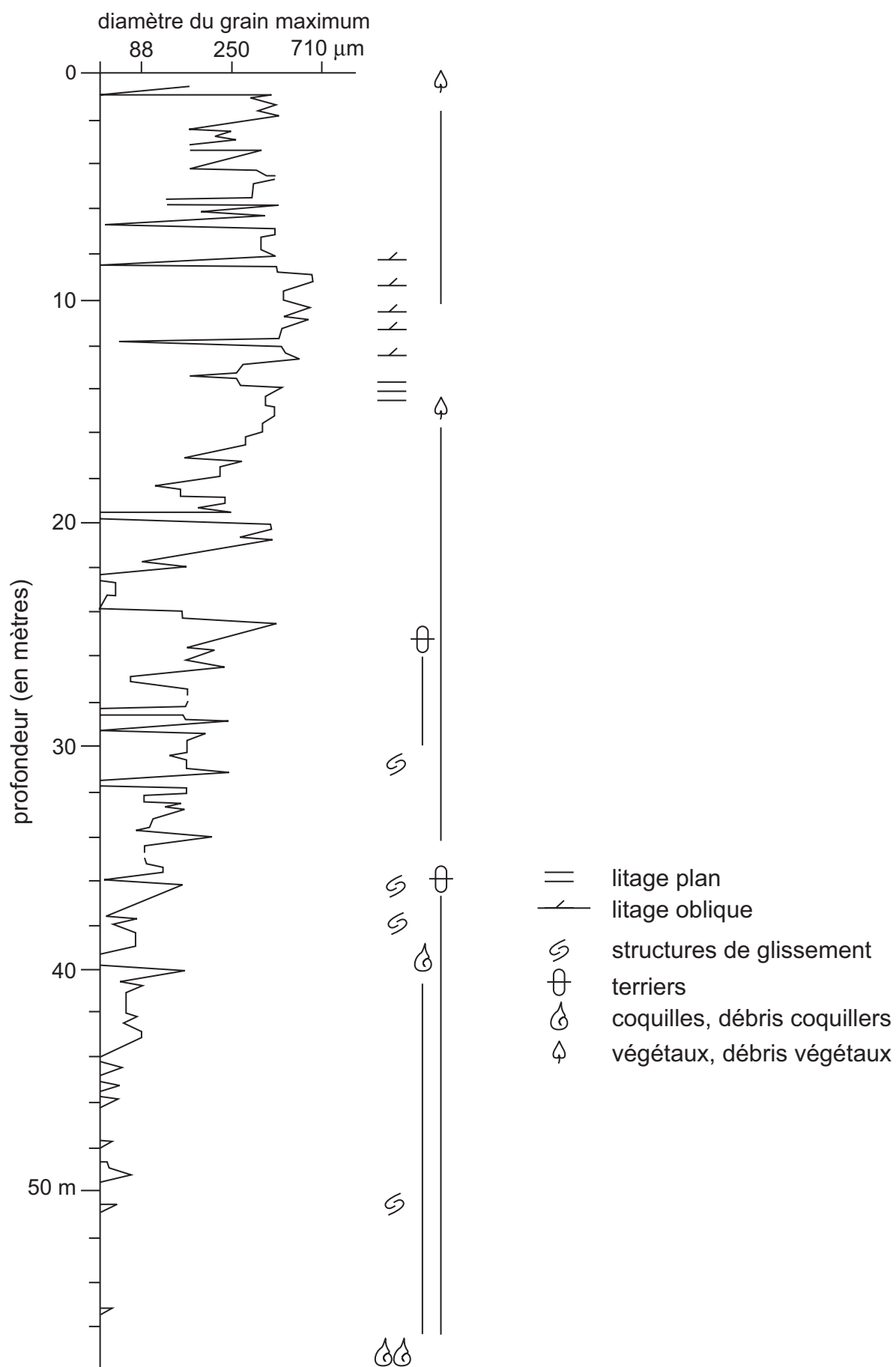
- | | | | |
|-------------|------|----|---|
| Quaternaire | q2-3 | q3 | Holocène |
| | | q2 | Pléistocène moyen |
| | q1-2 | q1 | Pléistocène inférieur |
| | | | |
| | p | | Pliocène |
| | m | | Miocène |
| | g | | Oligocène |
| | | | Dômes de sel |
| | | | Limite d'extension du sel messinien |
| | | | Cicatrices d'arrachement |
| | | | Masses glissées |
| | | | Paléochenaux sous-marins |
| | | | Eventail sous-marin |
| | | | Extension sous couverture de la croûte océanique ligure |

N 43°

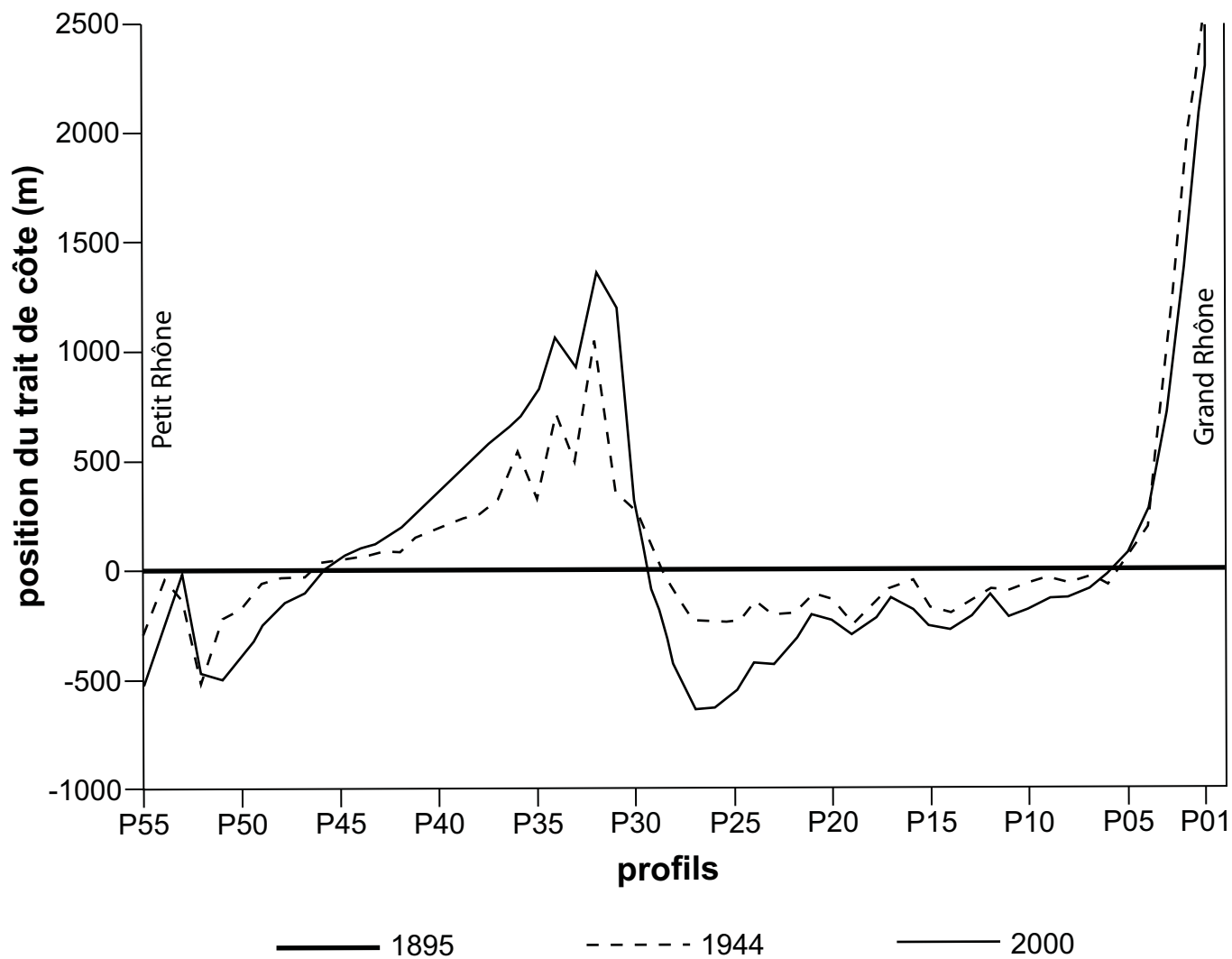
50 km



DOCUMENT 10



DOCUMENT 11A



NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE

Académie : _____ Session : _____

Concours : _____

Spécialité/option : _____ Repère de l'épreuve : _____

Intitulé de l'épreuve : _____

NOM : _____

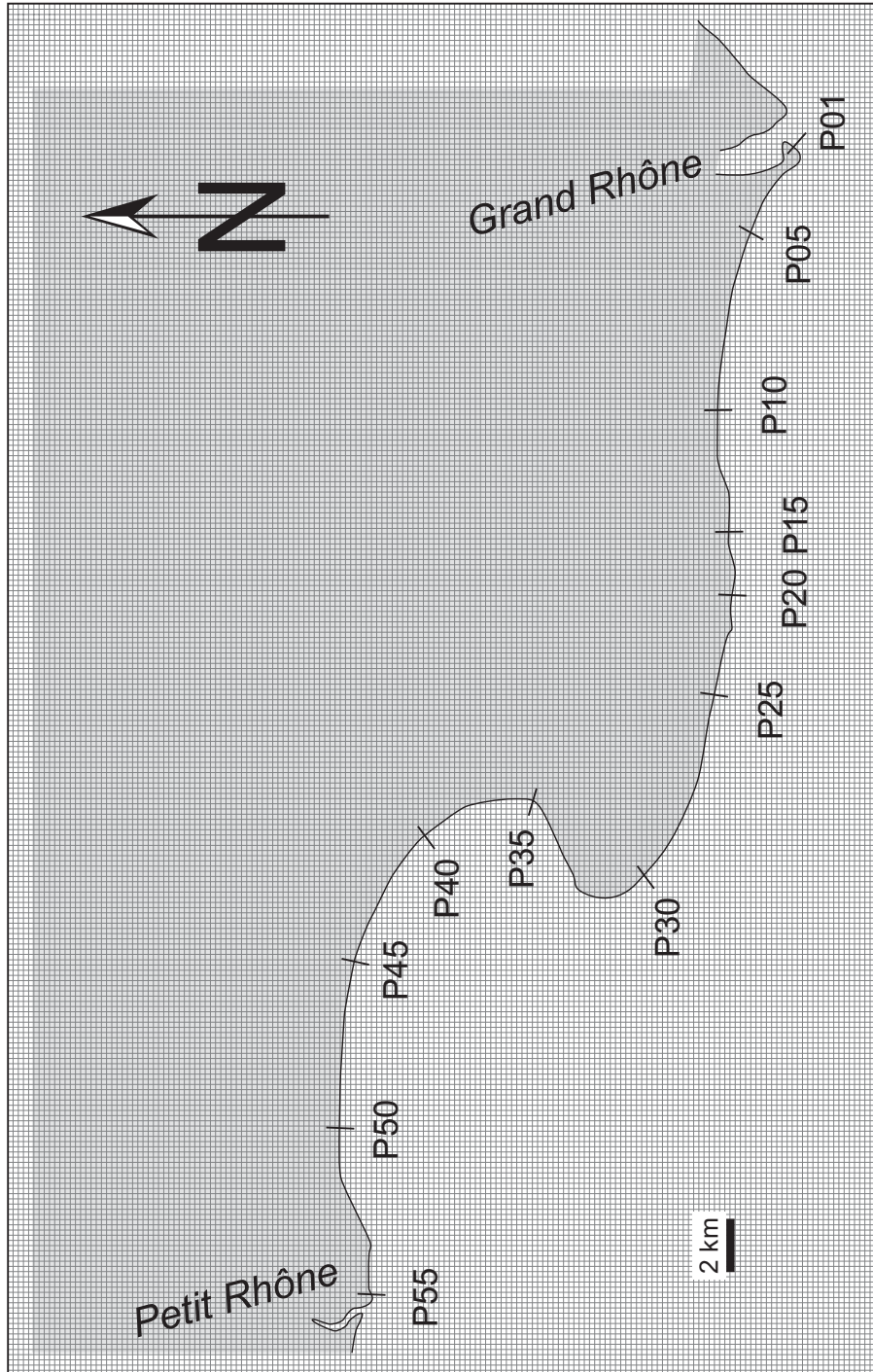
Prénoms : _____

N° du candidat

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

EBE SVT 2

DOCUMENT 11B



MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE

Académie : _____ Session : _____

Concours : _____

Spécialité/option : _____ Repère de l'épreuve : _____

Intitulé de l'épreuve : _____

NOM : _____

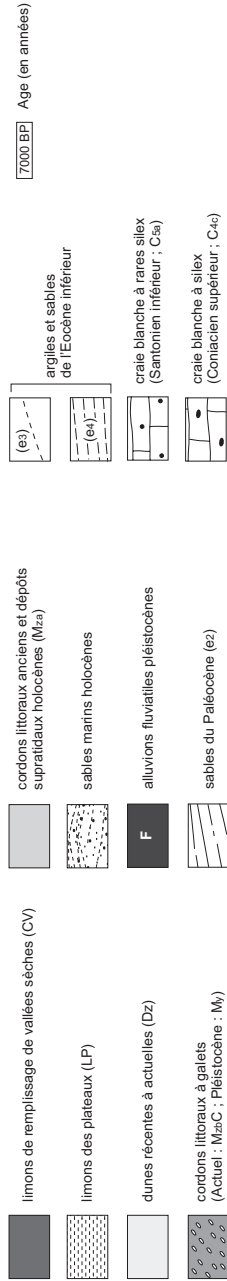
(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms : _____ N° du candidat _____

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

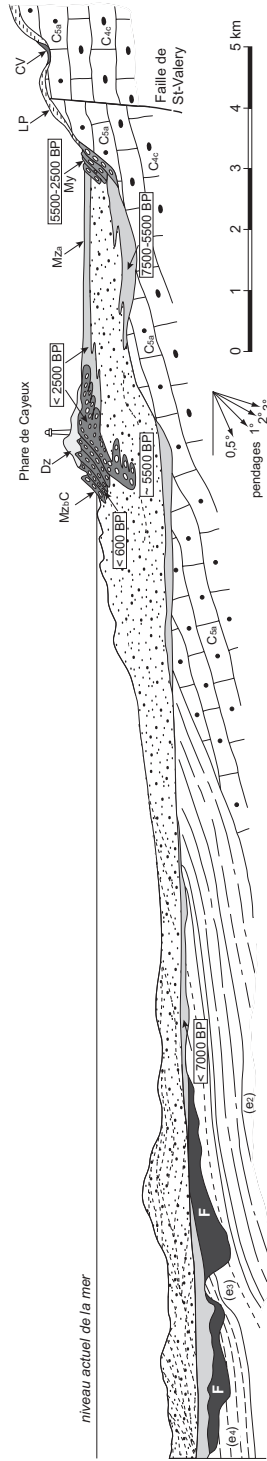
EBE SVT 2

DOCUMENT 12A

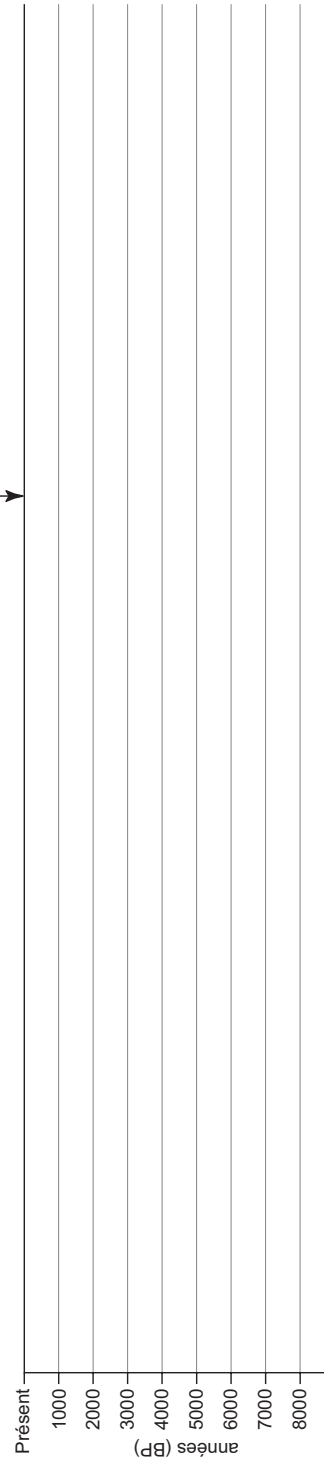


NW

SE



DOCUMENT 12B



⊙

Corrigé du sujet de géologie du CAPES – session 2009

Remarque : le corrigé de l'épreuve de géologie du CAPES – session 2009 présenté ici est très détaillé et a pour but de donner un large aperçu des informations portées par les différents documents et des attendus du sujet.

Le sujet de géologie proposé aux candidats lors de la session de 2009 était consacré aux bordures maritimes de la France métropolitaine, c'est-à-dire à la structure, la dynamique et l'évolution des marges passives et du littoral actuels à différentes échelles spatiales et temporelles. Il était demandé aux candidats de construire un devoir autour de quatre grands thèmes : (1) la structure des marges à grande échelle ; (2) les transferts des sédiments dans le domaine littoral, (3) les transferts sédimentaires vers le domaine marin profond et (4) l'évolution des traits de côte. Au premier abord, ces quatre thèmes peuvent sembler déconnectés et non exhaustifs, aussi était-il important, pour faire preuve de la maîtrise du sujet, d'analyser les quatre thèmes proposés à travers différents aspects de la dynamique des marges passives et à différentes échelles.

Cette vision pouvait s'exprimer avantageusement dès l'introduction dans laquelle il était demandé aux candidats d'aborder la problématique du sujet par l'analyse d'un premier document laissé à leur appréciation. Un choix judicieux était le Document 1 qui présente la morphologie de la marge du golfe du Lion, le long de la frange méditerranéenne de la France continentale. Il était alors possible, dès le départ, de montrer que la marge constitue une interface entre le domaine continental et les environnements marins profonds et de mettre en évidence les grands domaines de sédimentation aux caractéristiques contrastées.

À partir de ce constat, on pouvait présenter les grandes thématiques du sujet et construire un plan en s'appuyant sur une approche à différentes échelles, à savoir, l'évolution géodynamique à l'échelle de la marge (contexte de l'amincissement crustal) qui conduit à un contexte morphologique favorable au transit sédimentaire depuis le continent vers l'océan profond. C'est ensuite que l'étude des mécanismes sédimentaires de ces transits pouvait être abordée en analysant d'une part les modalités des forçages de la sédimentation littorale (apports fluviaux, reprise des sédiments par la dérive littorale, contrôle eustatique, modifications du trait de côte à différentes échelles de temps) et, d'autre part, le passage à la sédimentation marine profonde (courants de turbidité, corps sédimentaires profonds). Enfin, il était intéressant d'aboutir, en conclusion, aux problèmes liés à la stabilité des zones littorales et à leur mise en perspective avec l'évolution actuelle du niveau de la mer et des flux sédimentaires qui sont en partie influencés par les activités humaines.

Thème 1 : Morphologies et structures

Document 1 : Carte bathymétrique du Golfe du Lion

Votre exploitation comprendra notamment :

- *Le principe d'obtention d'un tel document (une demi-page maximum).*

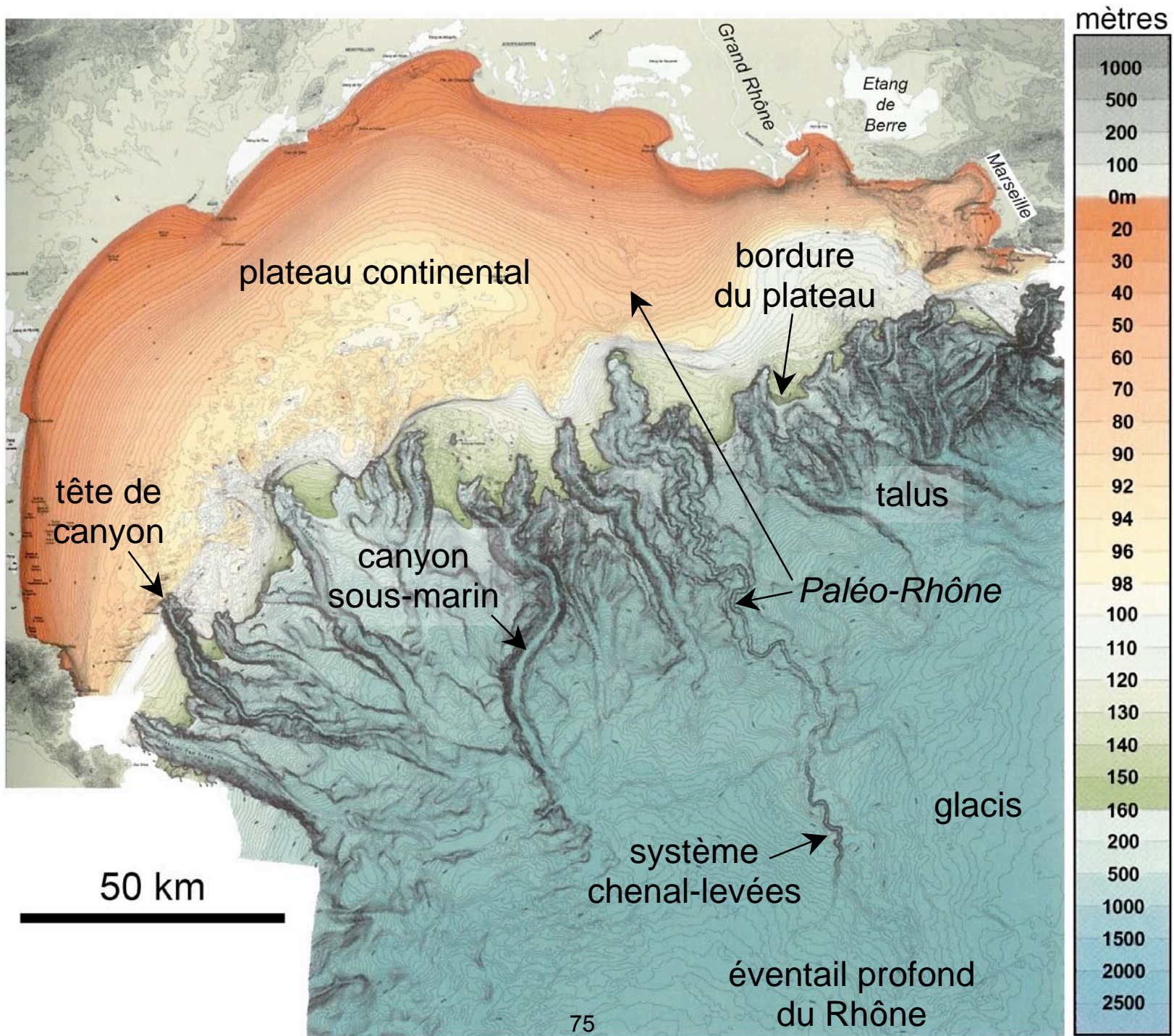
Une carte bathymétrique est obtenue par des relevés acoustiques qui permettent de déterminer la profondeur du fond en se basant sur la vitesse de propagation d'ondes

acoustiques émises depuis un navire. La profondeur est établie, comme lors de l'obtention de profils sismiques, par la durée aller-retour de l'onde, mais dans ce cas, les ondes sont réfléchies sur le fond et ne pénètrent pas dans les formations géologiques (grande différence avec les profils sismiques). Pour réaliser les *levés bathymétriques*, on a recours à l'usage de sondeurs multifaisceaux (type EM 300 ou EM 1000). Le dispositif, situé sous la coque du navire, est constitué d'un système d'émission d'ondes qui alimente plusieurs dizaines de faisceaux (jusqu'à 162 faisceaux pour les sondeurs utilisés sur les navires français) orientés selon un large cône et d'antennes pour la réception des signaux réfléchis sur le fond. Compte tenu de l'ouverture du cône d'émission des ondes (de l'ordre de 150°), la surface balayée par les faisceaux augmente avec la profondeur. Aussi, il est possible de cartographier rapidement de grandes étendues (jusqu'à la surface équivalente à celle de deux départements français par 5 000 m de fond en 24 heures). Un traitement informatique est nécessaire à l'établissement de la carte bathymétrique ; il permet d'effectuer les corrections des données qui dépendent, entre autres, de la houle, de la marée et de la *vitesse de propagation des ondes acoustiques à travers la colonne d'eau* (fonction de la température et de la salinité, mais qui est de l'ordre de 1 500 m.s⁻¹). Au final, un *modèle numérique de terrain* est établi et il est possible de réaliser un « ombrage » et d'affecter un code de couleurs à la profondeur du fond, en plus des courbes isobathes. On visualise ainsi *la morphologie du fond marin*.

De nombreux candidats ont interprété ce document comme correspondant à une carte issue de données d'altimétrie satellitaire. Cette erreur aurait pu être évitée en observant la définition élevée de la carte et la grande précision des valeurs de bathymétrie affichées, impossible à atteindre avec des données issues de la topographie de la surface de l'eau. Par ailleurs, une réponse qui évoque « un appareil », sans en donner le principe de fonctionnement, ne peut être considérée comme valable.

- Une légende à l'aide de flèches des principaux objets, domaines et limites observables sur le document (répondre directement sur le **Document 1** qui sera rendu avec la copie).

Le document 1 illustre les *grands éléments morphologiques d'une marge passive*, à savoir : le *trait de côte* qui marque la limite « interne » de la marge au niveau du littoral, le *plateau continental* (de pente très faible, de surface régulière et d'une profondeur maximale de l'ordre de 200 m), la *bordure du plateau* marquée par la rupture de pente, le *talus* qui conduit jusqu'à la *plaine abyssale* qui correspond au domaine le plus profond. Des *canyons sous-marins* incisent la bordure du plateau. Ils sont situés au large de l'embouchure des fleuves côtiers (Têt, Orb, Rhône...). La situation de la marge du golfe du Lion est particulière car *les nombreux canyons sous-marins ne sont pas en connexion directe avec les réseaux fluviaux*. L'origine des canyons remonte au Miocène terminal, alors que le niveau de la mer était beaucoup plus bas qu'actuellement (*épisode messinien*). À cette époque, les cours d'eau atteignaient la bordure du plateau et les têtes des canyons, qui pénètrent légèrement vers l'intérieur du plateau continental, leur étaient directement connectées. Le thalweg du canyon situé au Sud du delta du Rhône présente une caractéristique particulière. Il se prolonge en effet par un *chenal méandrique* (le chenal du *Paléo-Rhône*) qui atteint le glaciaire. Ce chenal permettait, lorsqu'il était actif au Quaternaire, le transit de sédiments par des courants de turbidité vers le lobe distal (non visible sur la carte). Il s'agit en fait d'un système *chenal-levées*, dont les levées étaient alimentées par le débordement des courants de turbidité (cf. Thème 3, Document 7). Les dépôts turbiditiques se font sur le *glaciaire*, au pied du talus.



Très peu de candidats ont observé le paléo Rhône. En revanche, beaucoup ont parlé de plaine abyssale, alors qu'au regard de la profondeur affichée, il s'agit du glaciaire situé au pied de la pente. La limite plateau / talus était souvent mal positionnée. Rares sont les candidats qui ont remarqué que l'échelle bathymétrique n'était pas linéaire, ce qui pouvait donner une fausse impression sur la pente réelle.

Document 2 : Profil sismique au niveau des Entrées de la Manche

Votre exploitation comprendra notamment :

- *Le principe d'obtention d'un profil sismique (1 page maximum).*

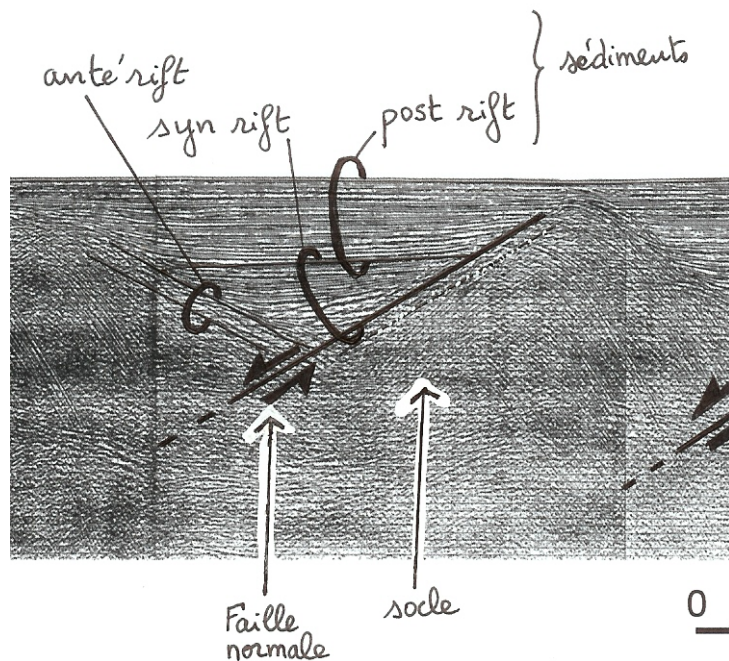
En mer, un profil sismique est obtenu par l'émission d'ondes acoustiques dont les fréquences permettent une *pénétration des formations géologiques* les plus superficielles. Il s'agit là d'une différence majeure avec la bathymétrie multifaisceaux, technique également basée sur l'utilisation d'ondes acoustiques. La *pénétration* dépend de la *puissance des ondes* mais également de leurs *fréquences*. La résolution du profil sismique est fonction de l'importance de la pénétration des ondes ; plus cette dernière est élevée, moins bonne sera la résolution. Les ondes sont généralement produites à l'aide de canons immergés à air comprimé. Les ondes traversent la colonne d'eau, l'interface eau-sédiment, puis les formations sédimentaires jusqu'au substratum. En fonction des horizons traversés, les ondes sont réfléchies aux interfaces (s'il existe un contraste de densité et de vitesse) et réfractées. Les ondes réfléchies remontent vers la surface (cas de la sismique-réflexion). Elles sont enregistrées par les *hydrophones* qui jalonnent la flûte sismique (dispositif de réception des ondes), tractée à l'arrière du navire et longue de plusieurs centaines de mètres. Le traitement informatique des signaux permet la réalisation du profil sismique qui image les formations géologiques. Le profil sismique est une *coupe-temps* dont l'échelle verticale est exprimée en *secondes temps-double* (temps de descente des ondes jusqu'au niveau considéré + temps de remontée de l'onde réfléchi). Les *réflecteurs sismiques* visibles sur le profil marquent les contacts marqués par un *contraste de densité et de vitesse de propagation* des niveaux traversés (= *impédance acoustique*).

Le principe de cette technique est généralement connu des candidats, mais la nature des ondes et la cause de leur réflexion sont plus rarement exposées.

- *Un schéma interprétatif du profil.*

Le profil réalisé au niveau du plateau continental des Entrées de la Manche (Nord du golfe de Gascogne) permet de visualiser plusieurs structures. On remarque tout d'abord la présence de la *couverture sédimentaire* qui surmonte le *socle*. Le socle est affecté de *structures en extension*, à savoir des failles normales (à pendage Ouest) qui limitent des *blocs basculés*. La couverture se subdivise en deux ensembles superposés : un ensemble présentant des réflecteurs horizontaux, non affecté par les failles (post-rift) surmontant un remplissage sédimentaire à géométrie en éventail qui témoigne du remplissage progressif des hémigrabens entre les blocs basculés (syn-rift).

En définitive, il est possible de visualiser sur le profil les relations géométriques des différentes formations : (1) le *socle pré-rift*, (2) le *remplissage sédimentaire syn-rift*, discordant sur le socle et qui accompagne le basculement des blocs (disposition en éventail), et (3) la *couverture sédimentaire post-rift*.



Les correcteurs ont accepté de noter favorablement les dépôts syn-rift même s'ils débordaient un peu de leur localisation exacte, dans la mesure où le candidat indiquait leur disposition en éventail. Trop souvent les failles sont situées sans que leur jeu ne soit figuré (double flèche par exemple).

- Une conclusion indiquant le type de marge et son mécanisme de formation.

La morphologie et les structures de la marge du golfe de Gascogne permettent de conclure qu'il s'agit d'une *marge passive*. Les marges passives marquent la transition entre la croûte continentale épaisse de 30 km en moyenne et la croûte océanique d'une épaisseur de l'ordre de 7 km. Leur formation se produit en contexte d'extension et fait toujours suite au développement d'un rift intracontinental primordial, prélude à la déchirure continentale et à l'accrétion de la jeune croûte océanique. Dès lors, les marges passives correspondent à des domaines de croûte continentale amincie.

Les réponses étaient parfois trop imprécises, alors qu'on attendait surtout la présentation des structures et concepts clés.

Document 3 : Carte de l'anomalie de Bouguer en France

Votre exploitation comprendra notamment :

- La définition de l'anomalie de Bouguer et le principe d'obtention de ce document (une page maximum).

La pesanteur correspond à la force induite par la masse de la Terre. L'attraction exercée en surface par un volume de matière terrestre dépend de sa masse et de sa distance par rapport au centre de la Terre, c'est-à-dire, à son enfouissement. Le *poids* d'un corps correspond à la force qui lie la *masse* de ce corps et l'*accélération de la pesanteur* selon l'équation :

$$F = m \cdot g$$

La *gravimétrie* a pour objet l'étude du champ de pesanteur et de ses variations en fonction de la répartition des masses en profondeur. Les valeurs de la gravité sont déterminées à la surface du globe par deux techniques : l'utilisation de *gravimètres* ou l'étude des *orbites satellitales* (Doris, Topex-Poséidon). Les valeurs de la gravité varient selon l'altitude, la topographie, la densité des masses présentes en profondeur.

L'*anomalie de Bouguer* correspond, en gravimétrie, à un écart entre la valeur du champ de la pesanteur terrestre en un point par rapport à sa valeur de référence définie par l'ellipsoïde. Lorsque l'on détermine l'anomalie de Bouguer, il convient au préalable de réaliser des corrections : d'*altitude* (correction de Faye : *réduction à l'air libre* dans laquelle on suppose qu'il n'y a aucune masse au-dessus de géoïde, susceptible de modifier la gravité), de *plateau* et de *topographie*. L'ensemble de ces corrections permet d'établir la *correction de Bouguer* :

$$\delta g_{(\text{Bouguer})} = \delta g_{(\text{altitude})} + \delta g_{(\text{plateau})} + \delta g_{(\text{topographique})}$$

L'anomalie de Bouguer en un point A sera :

$$\Delta_{(\text{Bouguer})} = g(M_A) - g(th) - \delta_{(\text{Bouguer})}$$

où $g(M_A)$ est la valeur de la pesanteur mesurée au point A et $g(th)$ la valeur théorique calculée pour l'ellipsoïde.

Cette partie, pourtant classique, a très mal été traitée par les candidats. Sans parler des copies évoquant l'obtention des données par satellite ou le magnétisme, on peut regretter l'absence de définition claire de la gravimétrie, des corrections de Bouguer et de l'anomalie elle-même.

- *L'interprétation des anomalies observées sur la marge de Gascogne.*

La carte de l'anomalie de Bouguer (Document 3) permet de visualiser les anomalies de gravité au niveau de la marge de Gascogne. Elles correspondent à des *anomalies positives* de la gravité, témoins d'un *excès de masse*. Cet excès de masse résulte en partie de l'*amincissement de la croûte continentale* au niveau de la marge, et de son remplacement par du manteau, plus dense. Par ailleurs, la correction de plateau rajoute des masses entre la surface lithosphérique (fond marin) et l'altitude zéro. Cela induit artificiellement un excès de masse proportionnel à la profondeur, et ce signal apparaît très nettement sur le document.

L'amincissement crustal, caractéristique d'une marge passive, résulte de la distension qui affecte la marge et dont les structures tectoniques (failles normales, blocs basculés, structures en horsts et grabens) avaient été visualisées sur le Document 2.

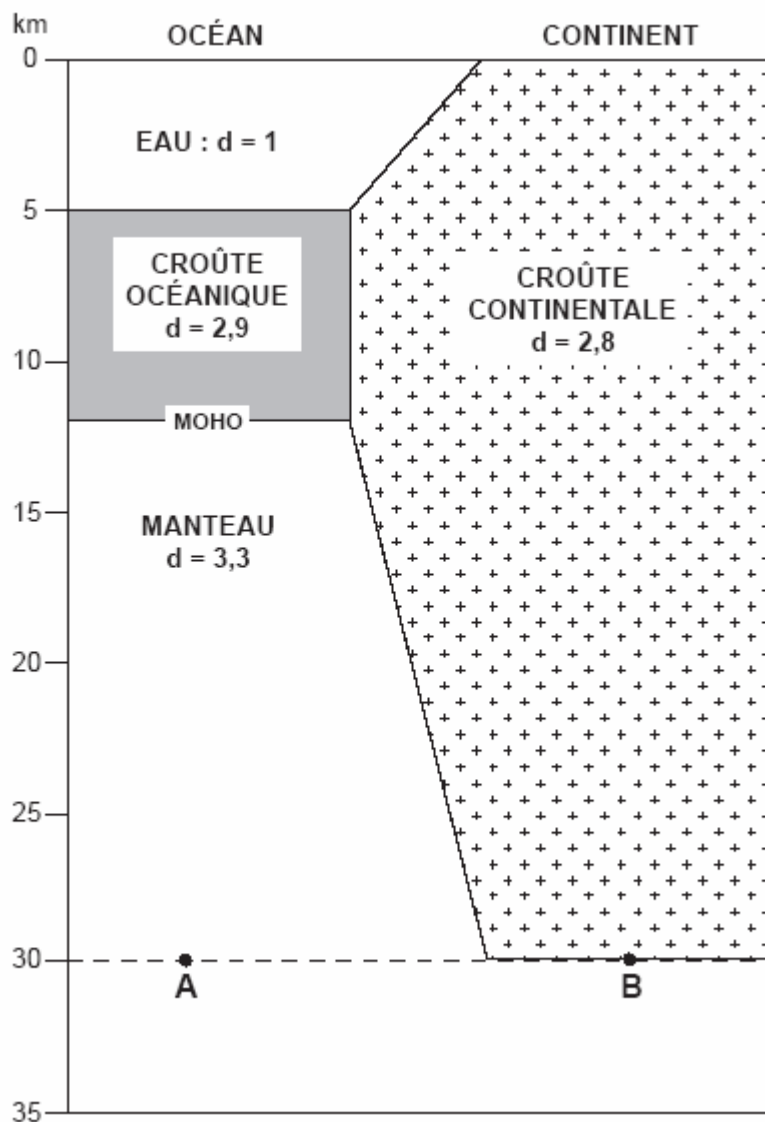
Des candidats ont interprété des anomalies situées hors des marges (chaîne alpine par exemple), ce qui n'a pas été évalué par les correcteurs, car hors-sujet. Peu de réponses satisfaisantes ont été obtenues sur les marges elles-mêmes.

Calcul d'isostasie :

- *En utilisant le principe de l'isostasie, calculer la profondeur théorique d'une plaine abyssale au large d'un continent. On suppose que la zone est à l'équilibre isostatique. On considère la coupe de référence à l'équilibre avec une croûte continentale d'une épaisseur de 30 km et une croûte océanique épaisse de 7 km. On utilise les valeurs suivantes : densité de la croûte continentale = 2,8 ; densité de la croûte océanique =*

3 ; densité du manteau supérieur lithosphérique = 3,3. On considère que la base de la lithosphère a la même profondeur sous l'océan et sous le continent.

Le calcul d'isostasie permet de prédire la profondeur théorique d'une plaine abyssale dans l'exemple choisi. On se base sur le principe de l'équilibre isostatique qui suppose une profondeur de compensation à laquelle les pressions sont égales quelle que soit la croûte présente en surface. On peut la choisir à la base de la croûte continentale (cf figure). Dans l'exemple qui nous intéresse ici, on cherche à déterminer l'épaisseur de la colonne d'eau au niveau d'une hypothétique plaine abyssale. Cette épaisseur constitue ici l'inconnue (X) de l'équation. La pression correspondant à un poids par unité de surface, elle sera identique aux points A et B (cf. figure). Pour le point A, la pression est exercée par la colonne d'eau, la croûte océanique et la portion de manteau sus-jacente ; pour le point B, situé à la base de la croûte continentale et à la même profondeur que le point A, seule l'épaisseur de la croûte continentale de densité 2,8 intervient dans la pression.



Les composantes de la pression s'exerçant au niveau des points A et B.

Dès lors, on pose :

$$(X \cdot d_{\text{eau}}) + (\text{ép}_{\text{co}} \cdot d_{\text{co}}) + [(\text{ép}_{\text{cc}} - \text{ép}_{\text{co}} - X) \cdot d_{\text{manteau}}] = \text{ép}_{\text{cc}} \cdot d_{\text{cc}}$$

La résolution de cette équation et l'application numérique donnent $X = 5,6 \text{ km}$.

Très rares sont les copies qui ont, d'une part, réalisé un schéma adapté à la situation envisagée, et, d'autre part, posé un calcul correct mené à son terme.

- *La valeur obtenue vous semble-t-elle cohérente avec la profondeur réelle d'une plaine abyssale ?*

La valeur de 5 600 m obtenue par le calcul pour la profondeur théorique d'une plaine abyssale est cohérente avec les valeurs réelles. En effet, les plaines abyssales, qui correspondent aux zones les plus profondes des bassins océaniques (à l'exception des fosses de subduction) ont une profondeur moyenne de 5 000 à 5 500 m. Ces profondeurs résultent de la subsidence thermique qui traduit le vieillissement de la lithosphère océanique par refroidissement avec l'éloignement aux dorsales. Les plaines abyssales sont les réceptacles ultimes de la sédimentation détritique, et sont caractérisées essentiellement par la présence d'argiles rouges des grands fonds, dans les secteurs les plus éloignés des terres émergées. On peut remarquer que l'approximation selon laquelle la base de la lithosphère est à la même profondeur sous le continent et sous l'océan n'est pas forcément juste. Notre résultat est donc sujet à discussion.

Thème 2 : Processus sédimentaires côtiers

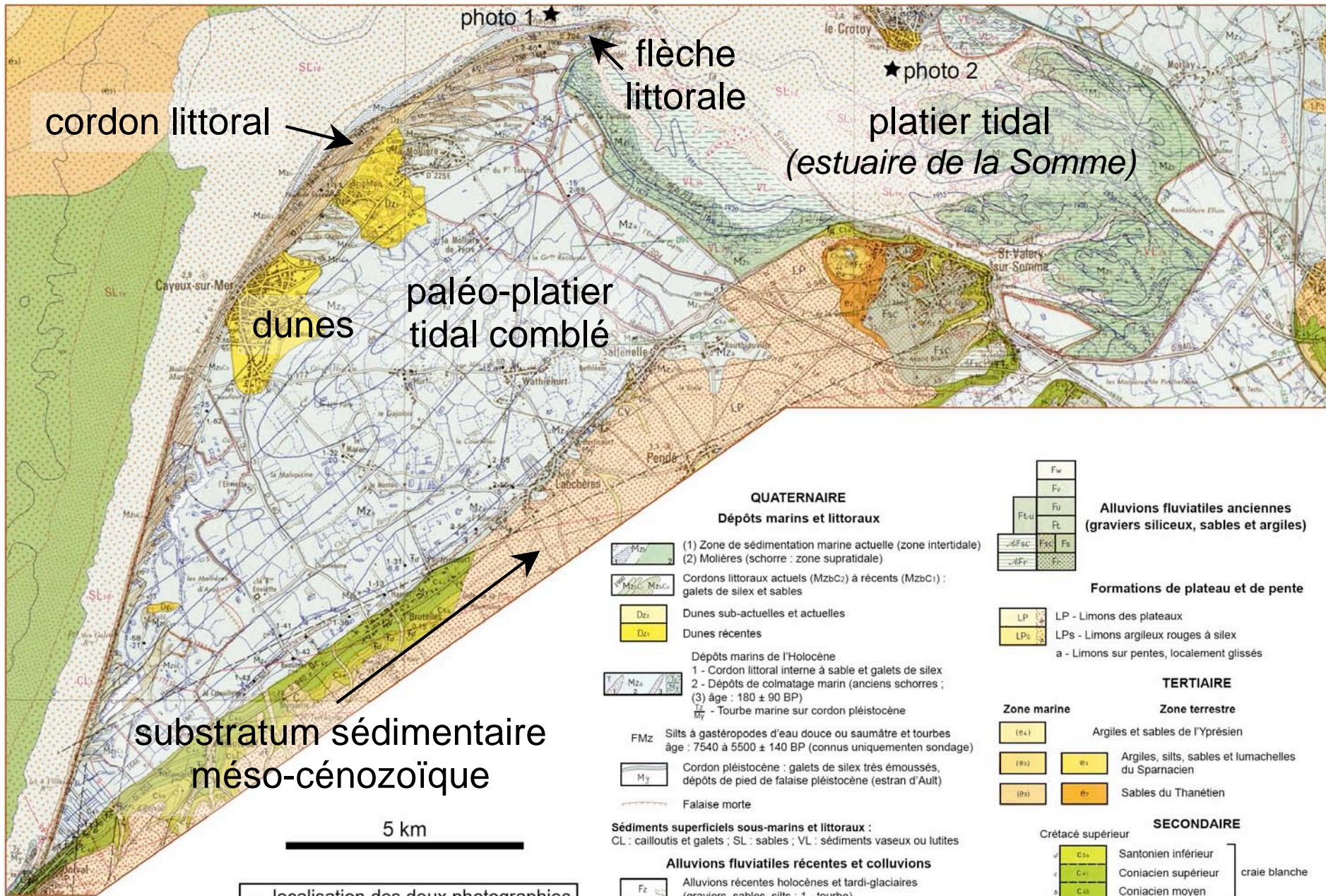
Document 4 : Extrait de la carte de St-Valery-sur-Somme – Eu à 1/50 000

Votre exploitation comprendra notamment :

- *Un schéma légendé du Document 4 présentant les grandes unités morpho-sédimentaires et la répartition des sédiments récents du littoral de la Manche.*

L'analyse de la carte du Document 4 permet de mettre en évidence différentes zones :

- *Le substratum sédimentaire méso-cénozoïque* constitué de calcaires du Crétacé et de roches détritiques de l'Eocène. Au Sud-Ouest, les calcaires du Crétacé affleurent sous forme de falaises mortes (qui n'est plus soumise à l'érosion littorale active) le long de la bordure intérieure de la flèche littorale.
- *Un cordon littoral*, formé de dépôts de galets (silex) et de sables actuels à récents, terminé par une *flèche littorale*. Il délimite un *paléo platier tidal* marqué par le grand développement des dépôts marins de l'Holocène (Mzx), qui se comble à mesure que le cordon avance. À l'arrière du cordon, on observe le développement de *dunes sableuses* d'origine éolienne.
- *La Baie de Somme* correspond à l'*estuaire de la Somme* et est caractérisée par le développement d'un *platier tidal* (= *tidal flat*) soumis à l'action des marées.
- *Les dépôts sédimentaires sous-marins*, situés au large, et qui sont constitués de roches du substratum sédimentaire et de leur drapage sédimentaire actuel.



cordon littoral

dunes

paléo-platier tidal comblé

flèche littorale

plattier tidal (estuaire de la Somme)

substratum sédimentaire méso-cénozoïque

★ localisation des deux photographies du Document 5

DOCUMENT 4

QUATERNAIRE
Dépôts marins et littoraux

- (1) Zone de sédimentation marine actuelle (zone intertidale)
- (2) Molières (schorre : zone supratidale)
- Cordons littoraux actuels (Mzbc2) à récents (Mzbc1) : galets de silex et sables
- Dunes sub-actuelles et actuelles
- Dunes récentes
- Dépôts marins de l'Holocène
 - 1 - Cordon littoral interne à sable et galets de silex
 - 2 - Dépôts de colmatage marin (anciens schorres ; (3) âge : 180 ± 90 BP)
 - Tourbe marine sur cordon pléistocène
- Silts à gastéropodes d'eau douce ou saumâtre et tourbes âge : 7540 à 5500 ± 140 BP (connus uniquement sondage)
- Cordon pléistocène : galets de silex très émoussés, dépôts de pied de falaise pléistocène (estran d'Ault)
- Falaise morte

Sédiments superficiels sous-marins et littoraux :

- CL : cailloutis et galets ; SL : sables ; VL : sédiments vaseux ou lutites
- Alluvions fluviales récentes et colluvions**
 - Alluvions récentes holocènes et tardi-glaciaires (graviers, sables, silts ; 1 - tourbe)
 - Travertins
 - Colluvions
 - CV : Limons de remplissage des vallées sèches 1 - Tourbe



Alluvions fluviales anciennes
(graviers siliceux, sables et argiles)

Formations de plateau et de pente

- LP - Limons des plateaux
- LPs - Limons argileux rouges à silex
- a - Limons sur pentes, localement glissés

TERTIAIRE

- Zone marine**
 - Argiles et sables de l'Yprésien
 - Argiles, silts, sables et lumachelles du Sparnacien
 - Sables du Thanétien
- Zone terrestre**

SECONDAIRE

- Crétacé supérieur**
 - Santonien inférieur
 - Coniacien supérieur } craie blanche
 - Coniacien moyen
 - Turonien terminal - Coniacien inférieur (craie blanche à silex)
 - Turonien supérieur } craie argileuse
 - Turonien moyen
 - Turonien inférieur

Beaucoup de candidats se sont limités à recopier les informations de la légende (dunes, dépôts marins...) au lieu d'évoquer des unités morpho-sédimentaires associées à des processus hydrodynamiques, comme cela était demandé. Il s'agissait là du seul moyen d'apporter une véritable valeur ajoutée au document.

- Une définition rapide des types de sédiments détritiques marins et littoraux du Quaternaire présents sur la carte et une présentation de leurs critères simples de reconnaissance sur le terrain (une demi-page maximum).

Les sédiments détritiques marins et littoraux sont constitués de particules de granularité variable qui permettent de définir leur nature. La légende de la carte nous informe qu'il y a présence de *galets*, *sables* et des *vases* (= *lutites*). Le tableau suivant permet de résumer les principales caractéristiques de ces sédiments :

Type de sédiment	Classe granulométrique	Intervalle granulométrique
Galets (cordons littoraux)	Rudites	> 2 mm
Sables	Arénites	63 μm à 2 mm
Vases	Lutites	4 μm - 63 μm

Les *galets* qui appartiennent à la classe granulométrique des *rudites* sont des particules (pas nécessairement de forme arrondie !) dont la taille est comprise entre 4 et 64 mm. Nous considérons ici qu'il s'agit de particules détritiques de taille supérieure à 2 mm. Un mélange d'éléments détritiques de granularités différentes (grossières et fines) sera une rudite s'il renferme plus de 25 % de particules de la classe des rudites.

Les *sables* sont constitués de particules d'échelle millimétrique qui appartiennent à la classe granulométrique des *arénites*.

Les *vases* formées de particules fines appartiennent à la classe granulométrique des *lutites*. On ne parle de *pélite* que dans le cas des sédiments détritiques silicoclastiques, le vocable lutite s'appliquant à l'ensemble des sédiments, quelle que soit leur composition. Les lutites sont constituées à la fois des *silts* (= *vases*) et des *argiles* (granularité < 4 μm).

Les sédiments n'étant pas indurés (absence de diagenèse avancée), on ne parlera pas de leurs équivalents consolidés : conglomérats, grès, siltites et argilites.

L'*analyse granulométrique* permet de déterminer la granularité des sédiments. Sur le terrain, on a recours à des approches rapides : mesure des particules pour les rudites, particules visibles à l'œil nu pour les arénites, invisibles à l'œil nu dans le cas des lutites. La limite inférieure à 63 μm de la classe des *arénites* correspond au pouvoir de résolution de l'œil nu, en dessous duquel les particules ne peuvent plus être distinguées. Sous la dent, les silts (= vases) crissent faiblement (impression tout à fait supportable), les argiles ne crissent pas et forment une pâte avec la salive.

Cette partie a plutôt été bien comprise et traitée par les candidats. Les limites entre les différentes classes granulométriques ne furent en revanche que rarement quantifiées.

- Une analyse du **Document 4** aboutissant aux mécanismes responsables de la dynamique de la répartition des sédiments en fonction de leur nature et des différentes zones de sédimentation.

La répartition des différentes unités sédimentaires récentes et actuelles permet de mettre en évidence les *facteurs de contrôle de la sédimentation actuelle*. La morphologie de la flèche

littorale permet d'invoquer l'existence d'une puissante *dérive littorale* qui redistribue les sédiments en provenance du Sud le long du littoral. L'alimentation en sédiments se fait principalement par l'érosion des falaises calcaires du Crétacé situées plus au Sud, comme l'atteste la présence de galets de silex. La répartition en éventail des dépôts du cordon littoral actuel confirme les effets de la *dérive littorale*. Les dunes présentes au niveau de la flèche littorale indiquent que les vents (en provenance du Sud-Ouest) remobilisent par déflation les sables du littoral pour les transporter vers l'intérieur des terres.

La flèche littorale est limitée au Nord par la zone de l'*estuaire de la Somme*. La dynamique sédimentaire du *platier tidal* qui s'y développe est inféodée à l'*action des marées* (estran). Les courants de *flot* et de *jusant* conduisent à l'étalement des sédiments de l'estran. Les sédiments les plus grossiers (sables et vases) se répartissent dans la zone distale du platier, alors que sa zone la plus interne est marquée par des dépôts plus fins (vases) car l'influence des courants de marée y est plus faible, la vidange de la baie étant surtout efficace vers le large (granoclassement horizontal). On peut aussi relier la répartition granulométrique à l'exposition (Cayeux) ou non (le Hourdel) à la houle. Enfin, on peut signaler le rôle du vent dans la construction des dunes.

Cette question a été traitée de façon variable selon les candidats. Seule une analyse approfondie de la distribution des faciès, mise en parallèle avec les particularités de chaque lieu de la baie et les conditions hydrodynamiques correspondantes, permettait de répondre au problème.

Documents 5 et 6 : Conditions hydrodynamiques du transport des sédiments sableux

Votre exploitation comprendra notamment :

- *Une identification des structures sédimentaires visibles sur les deux photographies du Document 5.*

Les structures sédimentaires visibles sur les photographies sont des objets tridimensionnels de type *rides*. Elles correspondent à des structures dissymétriques répétitives (trains de rides). La morphologie des rides diffère par leur hauteur, leur longueur d'onde, la sinuosité et la continuité de leur crête. Les structures illustrées par la photographie 1 (Document 5) sont hautes de quelques décimètres et de longueur d'onde métrique. Il s'agit de *mégarides*. On peut remarquer qu'elles sont également recouvertes par de plus petites rides. Sur la photographie 2 (Document 5), on observe des rides de petite taille dont les crêtes sont très sinueuses et discontinues ; ce sont des *rides linguoïdes*.

L'asymétrie des rides permet d'envisager le sens du courant qui les a formées. Pour la photo 1, la plus forte pente est à gauche, donc le courant était orienté vers la gauche. De même, pour la photo 2, le courant se dirigeait vers le côté bas droit de la photo.

- *Une analyse des diagrammes (Documents 6A et 6B).*

Le transport sédimentaire dépend à la fois de la *force des courants* appliqués et de la *granularité* des sédiments ; plus les particules sont fines, plus elles sont susceptibles d'être transportées sur de longues distances.

Les diagrammes de Hjulström et d'Allen correspondent à la représentation graphique de résultats expérimentaux obtenus en canal.

Le *diagramme de Hjulström* (Document 6A) illustre les conditions de l'érosion, du transport et du dépôt des sédiments détritiques. D'une manière générale, plus les sédiments sont grossiers, plus la vitesse du courant doit être forte pour les éroder et les transporter.

Cependant, les particules les plus fines nécessitent un courant relativement fort pour subir l'érosion. Ce comportement dénote le *caractère cohésif des sédiments fins*. Leur cohésion est liée aux charges électrostatiques qui se développent à la surface des minéraux argileux imparfaitement cristallisés.

Le *diagramme d'Allen* (Document 6B) visualise les caractéristiques des structures sédimentaires formées sous l'action des courants, en fonction de la granularité des sédiments (sables fins). On distingue différents domaines. Pour les courants les plus faibles (en gros inférieurs à 20 cm.s^{-1}), aucune structure sédimentaire ne se forme (domaine du dépôt du diagramme de Hjulström). Au-dessus, des *rides de courant* se développent pour les granularités les plus fines, alors que pour les plus grossières, on forme des *laminés planes* (l'énergie est trop faible pour construire des rides). L'encart (1) du document 6B illustre la géométrie des crêtes des rides qui, d'abord linéaires, deviennent ondulantes puis discontinues à mesure que la vitesse du courant augmente. Lorsque les courants sont plus forts encore, on entre dans le domaine de formation des *mégarides*, de plus grande taille, et dont la géométrie des crêtes témoigne également de la force du courant. Le domaine supérieur du diagramme illustre, au-delà d'une *zone de transition* marquée par l'absence de développement de structures particulières, les effets sédimentaires des *courants supercritiques* (nombre de Reynolds > 1) qui conduisent à la formation de *litages plans de haute énergie* et d'*antidunes*.

- *Une explicitation des mécanismes à l'origine des structures photographiées (sur le Document 5) ainsi que les conditions physiques de leur formation.*

Rides et mégarides sont des structures qui résultent de l'action d'un courant unidirectionnel. Malgré leur différence de taille, ces deux types de structures sont dissymétriques et témoignent de l'action de courants. Le processus de transport dominant est la *traction* des particules sédimentaires sur le fond par l'action des courants. Cette traction agit au niveau du versant amont de la ride et entraîne les particules vers l'aval où, au-delà de la crête, elles s'écoulent au niveau du versant aval de la ride (= face d'avalanche). Ainsi, la ride est en perpétuelle érosion sur sa face amont et accrétion sur sa face aval. Ce phénomène de traction conduit à la *migration du train de ride*.

La taille et la géométrie des deux types de rides permettent de les relier aux caractéristiques des courants en utilisant le *diagramme d'Allen* (Document 6B). Les rides (Document 5A) et les mégarides (Document 5B) témoignent de conditions du *régime hydrodynamique inférieur*.

Les rides linguoïdes (Document 5A) montrent des crêtes discontinues qui attestent d'une énergie hydrodynamique relativement forte. Les mégarides (Document 5B) se forment dans des conditions hydrodynamiques plus fortes, sous l'influence de courants plus importants.

- *Un raisonnement permettant de prévoir la vitesse maximale des courants régnant dans la baie de Somme, aux endroits où les deux photographies du Document 5 ont été réalisées.*

La lecture du diagramme d'Allen permet de déterminer les vitesses relatives des courants à l'origine des rides et des mégarides. Les rides de courant linguoïdes témoignent d'une vitesse maximale de l'ordre de 60 cm.s^{-1} . Les données de la carte géologique du Document 4 suggèrent une granularité plus importante du sédiment impliqué dans la formation des mégarides que pour les rides linguoïdes. Dès lors, une vitesse supérieure à 80 cm.s^{-1} peut être proposée pour les mégarides.

Remarque : cette partie pouvait être traitée de manière synthétique en associant les données des différents documents.

Les rides n'ont pas toujours été bien décrites, certains candidats ne les ayant parfois pas observées du tout. Les diagrammes ont été compris dans leur ensemble et analysés de manière raisonnée. Les candidats ont, dans la majorité, cherché et réussi à établir la correspondance entre ces résultats et les photographies de rides.

Thème 3 : La sédimentation marine profonde

Documents 7, 8, et 9 : La sédimentation profonde de l'éventail sous-marin du Var

Votre exploitation comprendra notamment :

- *Une analyse de la morphologie de la partie proximale de l'éventail sous-marin du Var illustrée par le **Document 7**. Ce document sera légendé et rendu avec la copie.*

À la hauteur de Nice, le *plateau continental* est très étroit. Le *talus* présente une pente forte et de nombreuses incisions correspondant à des *canyons* (dont le canyon du Var, le plus occidental) qui convergent vers la *vallée sous-marine du Var*, bordée au Sud par la *ride du Var*.

Les canyons sous-marins sont les axes de transit des *courants de turbidité* qui naissent de déstabilisations gravitaires. Le passage récurrent des courants de turbidité conduit à l'érosion progressive des canyons (zones de *by-pass*). Les courants empruntent ensuite la vallée sous-marine bordée par la ride du Var.

La plupart des candidats sont contents de réécrire les termes utilisés à propos du document 1, sans penser à faire apparaître l'originalité du document 7 en détaillant les éléments de l'éventail sédimentaire du Var. Le mot ride a parfois été confondu avec une dorsale océanique, que certains ont donc cru identifier à cet endroit.

- *Une analyse de l'intervalle de dépôt sédimentaire présenté sur le **Document 8** et la reconstitution d'un mécanisme possible de formation (on n'omettra pas de discuter des conditions hydrodynamiques).*

Le Document 8A montre le détail d'une carotte sédimentaire prélevée dans la partie distale de la ride du Var. Il s'agit d'un intervalle de dépôt sableux limité à sa base et à son sommet par des horizons fins (de couleur beige). Le Document 8B correspond à une radiographie aux rayons X du même intervalle de dépôt. Cette technique permet de visualiser les structures sédimentaires : on observe des *lamines planes* à la base, surmontées par des *rides de courant* (marquées par des faisceaux obliques de lamines), elles mêmes drapées par des lamines planes au sommet. Le Document 8C est un profil granulométrique de l'intervalle de dépôt. On observe une *baisse progressive de la granularité de la base au sommet*. L'ensemble de ces caractéristiques suggère que l'intervalle de dépôt étudié correspond à une *turbidite*. Cette turbidite s'est déposée au niveau de la ride du Var et résulte donc du débordement du courant de turbidité au-delà de la vallée sous-marine (faciès de levée).

Les turbidites résultent d'un dépôt à partir d'un *courant de turbidité*. Il s'agit d'écoulements gravitaires chargés de sédiments détritiques en suspension dans l'eau dont la base s'écoule au niveau du fond du fait de sa densité supérieure à celle de l'eau de mer environnante. En réponse à la friction du front et de la surface supérieure de l'écoulement avec la colonne d'eau, un vannage des particules fines (élutriation) se produit et alimente un

nuage dilué qui accompagne l'écoulement. La majeure partie de l'épaisseur de l'écoulement est constituée de ce nuage dilué de particules les plus fines en suspension dans l'eau environnante (nuage néphéloïde) ; son épaisseur peut atteindre fréquemment plusieurs centaines de mètres. Ce nuage est susceptible de déborder du chenal qui draine le courant de turbidité et les particules se déposent alors au niveau des levées latérales. À ce titre, la Ride du Var correspond à une levée. Le parcours des courants de turbidité est inféodé à la géométrie de la vallée sous-marine du Var, en aval des canyons tributaires, et la levée située en rive droite du chenal est beaucoup plus développée que celle située en rive gauche (peu visible sur le Document 7).

Ce document n'a pas toujours été compris et bien interprété. Rares sont les candidats qui ont analysé la radiographie X et mis en évidence les litages obliques. La courbe de diamètre du grain a bien aidé les candidats pour comprendre que cet événement sédimentaire est lié à une variation hydrodynamique au cours du dépôt. Dès lors, ils ont généralement interprété le dépôt comme le résultat d'un écoulement turbiditique.

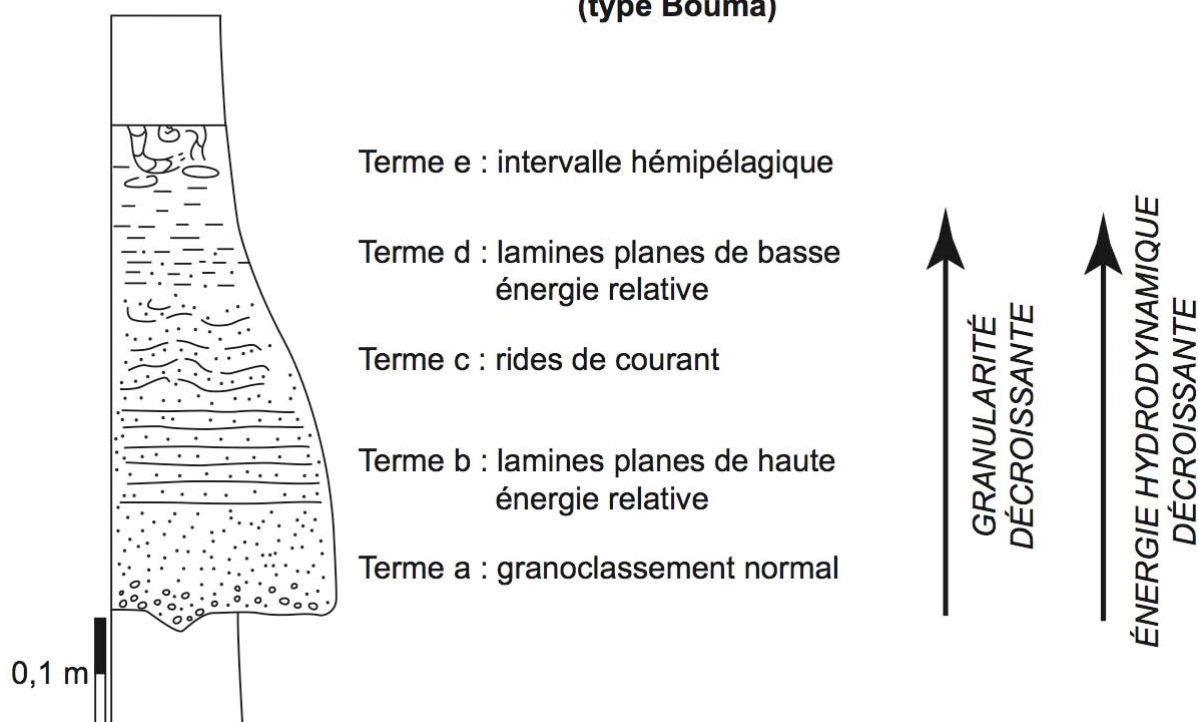
- *Un schéma légendé d'une séquence idéale de ce type de dépôt.*

Une représentation schématique et commentée d'une *séquence-type de turbidite* (séquence de Bouma) était attendue. Cette séquence se décline en cinq termes (Ta à Te ; cf. dessin) :

- Terme A (Ta) : terme de base, le plus grossier, à *granoclassement normal*. Il résulte d'un dépôt rapide depuis la base du courant de turbidité.
- Terme B (Tb) : terme marqué par la présence de *lamines planes* témoignant d'une *traction* de haute énergie hydrodynamique relative.
- Terme C (Tc) : terme marqué par la présence de *rides de courant*. Ces structures sédimentaires se forment par *traction* dans des conditions d'énergie hydrodynamique relative moyenne.
- Terme D (Td) : terme marqué par la présence de *lamines planes* qui témoignent d'une traction dans des conditions d'énergie hydrodynamique relative faible.
- Terme E (Te) : horizon fin, souvent bioturbé, qui marque la *décantation fine hémipélagique*, alimenté en partie par les éléments fins transportés dans le nuage néphéloïde qui accompagne le courant de turbidité.

Cette séquence traduit, par son granoclassement normal (sur toute son épaisseur) et les structures sédimentaires qu'elle présente, une *baisse progressive de l'énergie hydrodynamique* au moment du dépôt des différents termes. Le fort courant initial est responsable de figures d'érosion à la base. L'intervalle Ta-Td est directement lié à la sédimentation depuis la base du courant de turbidité. Il résulte d'un *dépôt instantané*. En revanche, le terme Te est déposé pendant une longue période et témoigne du bruit de fond de la sédimentation. Les turbidites, d'un point de vue stratigraphique, traduisent une *sédimentation discontinue*.

SÉQUENCE IDÉALE D'UNE TURBIDITE (type Bouma)



Dans ses grandes lignes (granulométrie), cette séquence type est généralement connue des candidats. Rides et lamines sont en revanche rarement bien restituées. En outre, les explications en termes de dynamique de mise en place sont parfois confuses.

- Une explication de l'origine de la ride du Var.

La ride du Var limite au Sud-Sud-Ouest la vallée sous-marine du Var. Sa croissance est liée au débordement des courants de turbidité et, en particulier, des couches néphéloïdes qui les accompagnent. La base dense et concentrée du courant de turbidité reste cependant confinée à la vallée sous-marine. L'important développement de la ride et la dissymétrie qu'elle présente par rapport à la bordure nord de la vallée sous-marine est le témoin de l'influence de la *force de Coriolis* (force géostrophique) qui conditionne une déviation marquée des nuages néphéloïdes vers le Sud-Sud-Ouest.

- Une présentation de la morphologie générale de l'éventail sous-marin du Var (**Document 9**) et les facteurs qui en contrôlent la géométrie à grande échelle (sur une demi-page maximum).

À plus grande échelle, la vallée sous-marine du Var (Document 9 ; France 10⁶) s'infléchit vers le Sud plus en aval. La partie amont du système sédimentaire est confinée par la présence de la levée turbiditique. L'observation de cet extrait de carte et de la légende correspondante permet de comprendre que l'inflexion du système turbiditique est liée à la présence d'un *mur de diapirs salifères* qui génère un bombement du fond marin. Ces diapirs sont les témoins de la remontée des évaporites déposées dans la colonne sédimentaire lors de la crise messinienne de la Méditerranée. Au-delà de l'inflexion, vers le Sud, la géométrie de la vallée sous-marine et la répartition des dépôts sédimentaires turbiditiques est contrôlée par la présence de la marge occidentale de la Corse. Le système sédimentaire du Var, dans son ensemble,

correspond à un système turbiditique profond (= *deep-sea fan*).

Cette partie n'a pas beaucoup inspiré les candidats, qui n'ont peut être pas bien compris les objectifs de la question. Rares sont ceux qui ont évoqué les effets topographiques imposés par la présence de la marge Corse, tandis que l'obstacle représenté par l'alignement des dômes de sel ne fut presque jamais évoqué.

Thème 4 : Evolution des lignes de rivage au cours du temps

Document 10 : Profil granulométrique d'un sondage dans la frange littorale du delta du Rhône au niveau de la Plage Napoléon

Votre exploitation comprendra notamment :

- *Une analyse du profil granulométrique et son interprétation.*

Le profil du sondage (Document 10) montre une *augmentation progressive de la granularité de la base au sommet*, passant de sables fins à des sables moyens. Parallèlement, les structures sédimentaires marquent une augmentation de l'énergie hydrodynamique vers le sommet (litages obliques) et une baisse de la pente (structures de glissement absentes au sommet). On constate, en outre, que des *fossiles marins* sont présents à la base, alors que des *fragments végétaux* sont présents au sommet, témoignant de l'influence croissante de sédiments d'origine continentale.

Ce profil présente l'enregistrement sédimentaire d'une *progradation*. Ce phénomène est caractéristique de l'évolution spatio-temporelle des *systèmes deltaïques*.

La présentation du sondage n'a généralement pas posé de problème, mais certains candidats s'en sont tenus à cette simple description, sans interprétation en termes d'évolution du rivage.

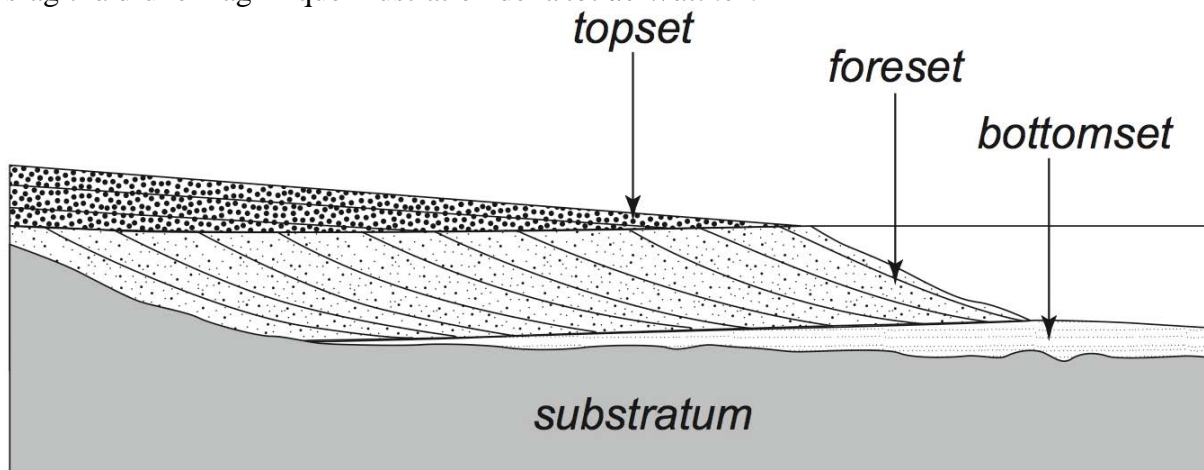
- *Une coupe synthétique légendée parallèle au grand axe d'un delta en insistant sur la géométrie des dépôts, dessinée à partir de vos connaissances.*

La *progradation* du système deltaïque se traduit par une avancée progressive du trait de côte vers la mer, en réponse aux importants apports détritiques du fleuve. On distingue ainsi trois grands ensembles de dépôts qui se succèdent latéralement :

- Les sédiments grossiers apportés par le fleuve se déposent au niveau de la plaine côtière et jusqu'à la ligne de rivage pour former le *topset*. Il s'agit de *dépôts fluviaux*.
- Les sédiments qui se déposent en domaine marin, au-delà du trait de côte au niveau du *front deltaïque*, forment le *foreset*. Les dépôts sont marqués par des litages obliques orientés vers le large qui sont les témoins de la progradation du système sédimentaire.
- Les sédiments les plus fins se déposent, plus distalement encore, au niveau du *bottomset*. Ils sont caractérisés par une stratification horizontale.

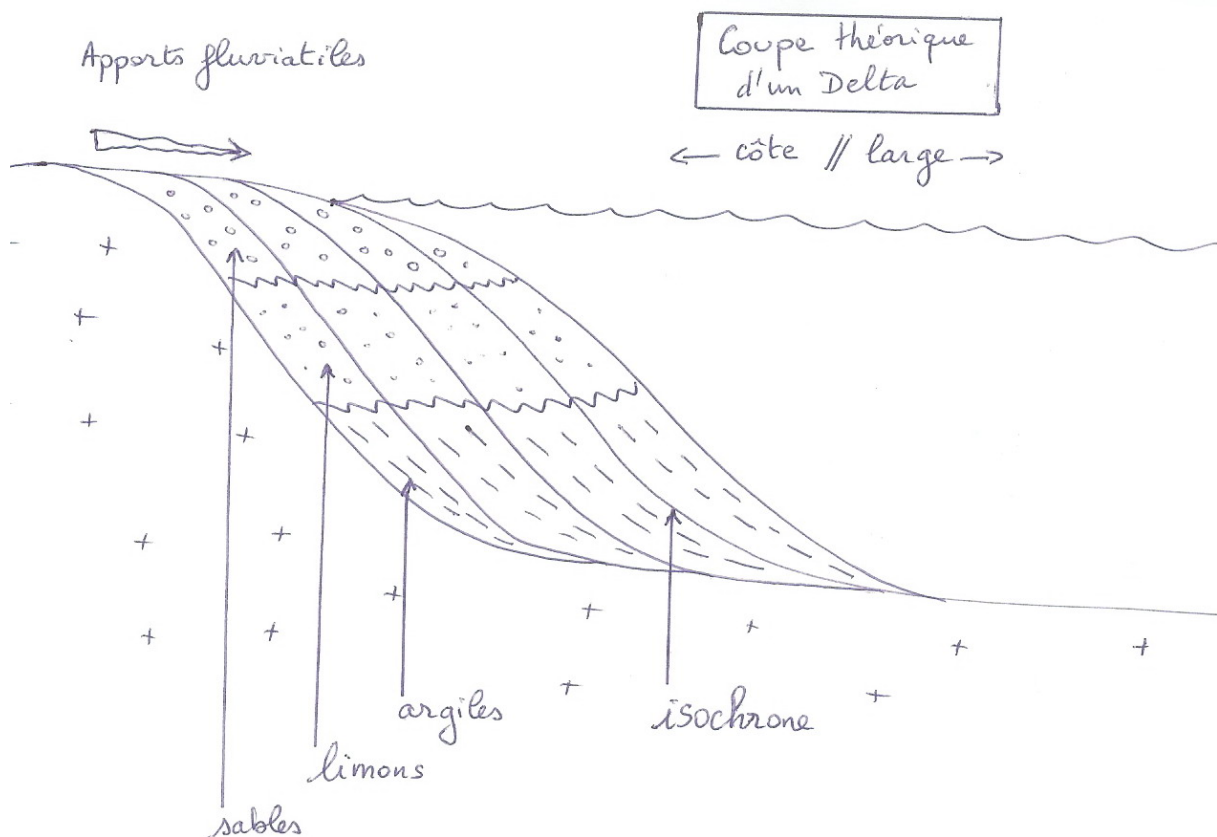
Au cours de la progradation, le système deltaïque avance vers la mer et les différents ensembles se superposent tour à tour. Dès lors, un forage réalisé au niveau du delta recoupera successivement, du sommet vers la base, le *topset*, le *foreset* et le *bottomset*. Ainsi, la

succession verticale des dépôts témoigne de leur disposition latérale à un moment donné. Il s'agit là d'une magnifique illustration de la *loi de Walther*.



L'organisation des faciès sédimentaires dans un delta.

Un autre schéma possible est le suivant :



Document 11 : Evolution séculaire du trait de côte du delta du Rhône entre les embouchures du Grand Rhône et du Petit Rhône (période 1895-2000)

Votre exploitation comprendra notamment :

- Une analyse du **Document 11A**.

Ce diagramme illustre l'évolution du trait de côte au cours du temps, entre 1895 et 2000.

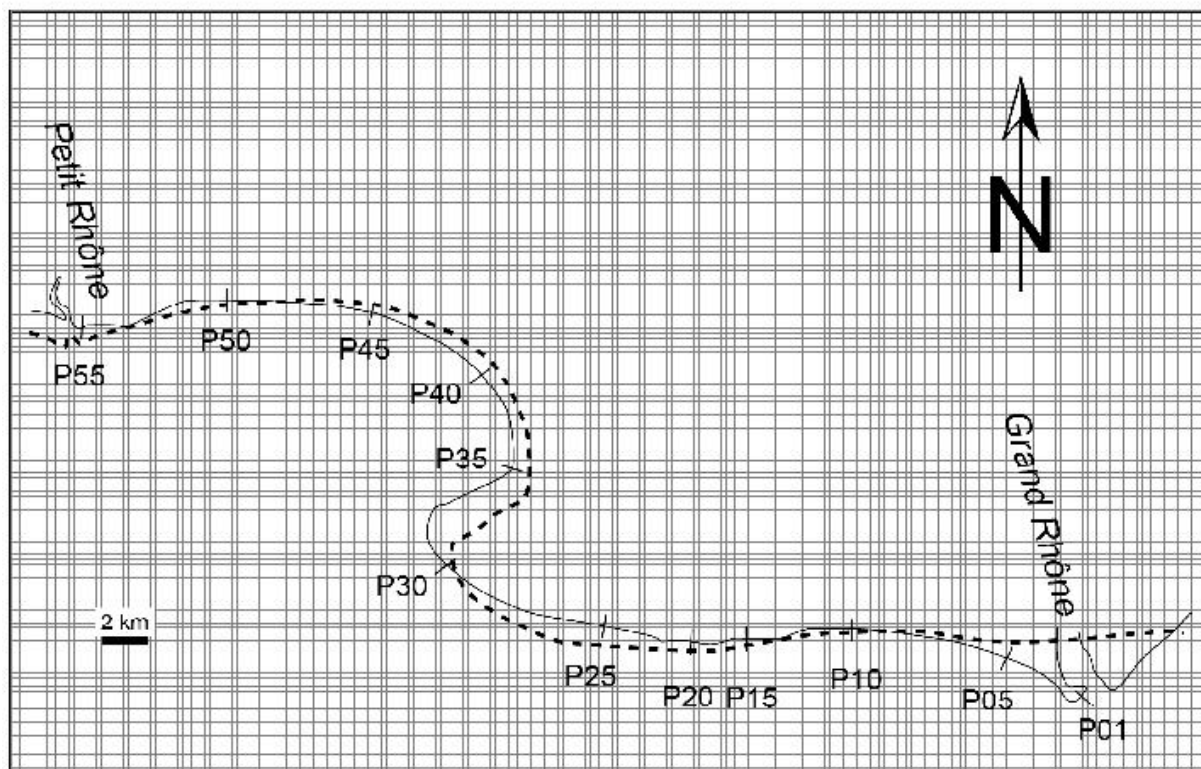
Le trait horizontal marque la référence de la position initiale du trait de côte en 1895 et les autres courbes marquent les nouvelles positions du trait de côte au niveau des différentes stations de mesure. On identifie ainsi les zones qui ont subi une *érosion* et les secteurs qui ont subi un *engraissement*. Ces données permettent de matérialiser l'évolution cartographique de la ligne de rivage du delta du Rhône. On constate ainsi que le secteur de l'embouchure du Grand Rhône est une zone d'engraissement maximum, car les *apports sédimentaires* vers la Méditerranée se font majoritairement au niveau de cette embouchure. De plus, le secteur de la station P30 est également une zone d'engraissement.

Très peu de candidats ont quantifié la vitesse de recul ou de progression de la ligne de côte.

- *La reconstitution cartographique du trait de côte de cette zone du delta du Rhône. On placera sur le **Document 11B** (qui sera rendu avec la copie) le tracé de la ligne de rivage de 1895.*

À partir des données du Document 11A, il était demandé de replacer la position de la ligne de rivage de 1895 (ligne en pointillés) par rapport à celle de l'an 2000. Pour cela il faut soustraire ou additionner les distances par rapport à la référence de 1895.

DOCUMENT 11B



Dans les copies, la construction de la courbe a été souvent réalisée mais de manière plutôt approximative.

- *Une discussion des paramètres susceptibles d'avoir influencé les modifications de la ligne de rivage pendant la période considérée.*

L'analyse de l'évolution du trait de côte au niveau du delta du Rhône, entre l'embouchure du Grand Rhône et celle du Petit Rhône (Saintes-Maries-de-la-Mer) permet d'en apprécier l'évolution séculaire et de mettre en évidence le déplacement latéral, vers l'Ouest, de la flèche littorale de Beauduc. Le bilan sédimentaire à cette échelle de temps n'est pas aisé à quantifier.

Cependant, il était possible d'envisager un probable recul de la ligne de rivage pour la zone considérée. Plusieurs hypothèses peuvent être proposées pour expliquer ce relatif recul : (1) les effets marqués de la *dérive littorale* liée au courant liguro-provençal (allant vers l'Ouest) ou aux tempêtes de vent d'Est. (2) une *réduction des apports détritiques vers le delta* par les réseaux fluviaux en réponse aux aménagements anthropiques et (3) une *remontée du niveau relatif de la mer*. Les aménagements anthropiques au niveau du bassin versant sont susceptibles de diminuer la charge solide du Rhône et de ses affluents, sans pour autant réduire de manière sensible les débits liquides. Il s'agit des barrages artificiels (exemple Serre-Ponçon mis en service en 1960), l'exploitation des granulats des lits fluviaux, la reforestation depuis le début du XX^e siècle pour stabiliser les versants et réduire l'écoulement superficiel (prévention des crues).

Parmi le peu de candidats qui ont évoqué cette question, on a pu lire quelques bonnes idées sur les causes anthropiques. Cependant, la dérive littorale fut très rarement évoquée.

Document 12 : Coupe des sédiments marins du littoral et du domaine marin peu profond à la hauteur du Phare de Cayeux (carte de St-Valery-sur-Somme – Eu à 1/50 000)

Votre exploitation comprendra notamment :

- *Une explication des méthodes d'obtention des datations présentées sur le **Document 12A** (une demi-page maximum).*

Diverses méthodes de datation peuvent être envisagées. La *datation relative* permet, par application du principe de superposition, d'établir les relations mutuelles entre les différentes formations sédimentaires. Les formations du Crétacé et du Tertiaire du substratum sont datées par leur contenu en fossiles.

Les âges des formations les plus récentes sont obtenus par plusieurs méthodes : cosmonucléides, thermoluminescence, ou radiochronologie. Le principe de la *datation absolue* peut être rapidement évoqué, en prenant l'exemple du *radiocarbone*. L'âge de l'échantillon est donné par la quantité de ¹⁴C radioactif restant, selon la formule $N = N_0 \exp(-\lambda t)$.

Dans les copies, les réponses se sont limitées à évoquer les principes de la radiochronologie et de la biostratigraphie, sans presque jamais citer des exemples concrets d'application.

- *Une description de la géométrie des différents dépôts quaternaires.*

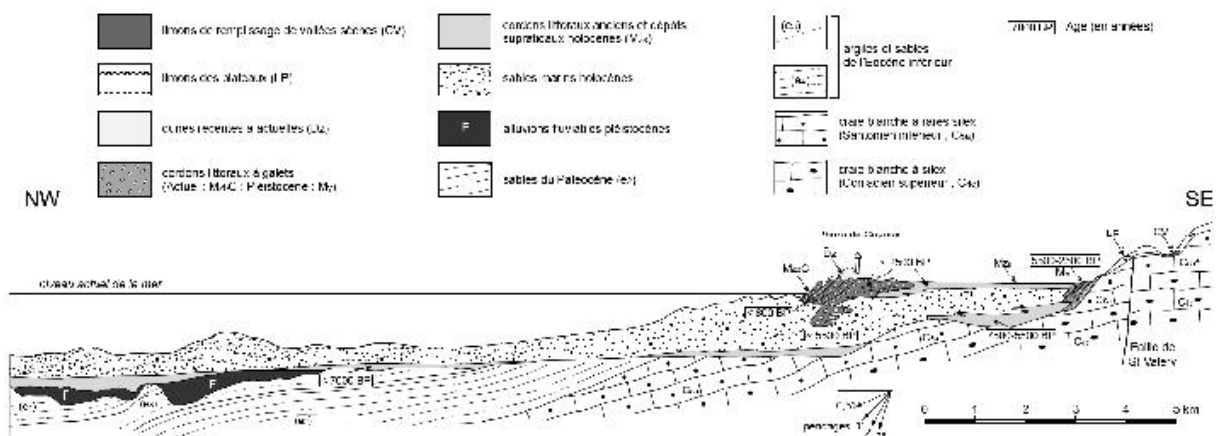
Les dépôts détritiques quaternaires peuvent être décrits selon leur géométrie (souvent oblique) ainsi que leur position (plus ou moins proche du rivage). Les dépôts successifs sont soit empilés verticalement (aggradation), soit déplacés horizontalement. Les dépôts quaternaires les plus anciens (F) ont un aspect chenalisé, ce qui confirme le caractère fluvial. Ils ont été déposés par une rivière (fleuve) à une époque où la Manche était donc émergée. On voit deux dépôts voisins de ce type, indiquant probablement un paléo-méandre. Les dépôts suivants sont placés au-dessus et de plus en plus vers le rivage (rétrogradation). Le dépôt « < 7000 BP » peut être considéré comme un prisme de bas niveau. Les biseaux « transgressifs » (*onlap*) ne sont pas nettement indiqués sur la coupe, mais on peut assimiler le dépôt « 7500-5500 BP » à un cortège transgressif (transgression flandrienne). À partir de 2500 BP, les dépôts sont à la même altitude (stabilité du niveau marin) et se déplacent vers le large (progradation). Les couches sont disposées obliquement (pente du delta) et se terminent

par des biseaux de progradation (*downlap*). On peut noter quelques lignes repères obliques dans les sables holocènes, qui traduisent des dépôts chenalisés.

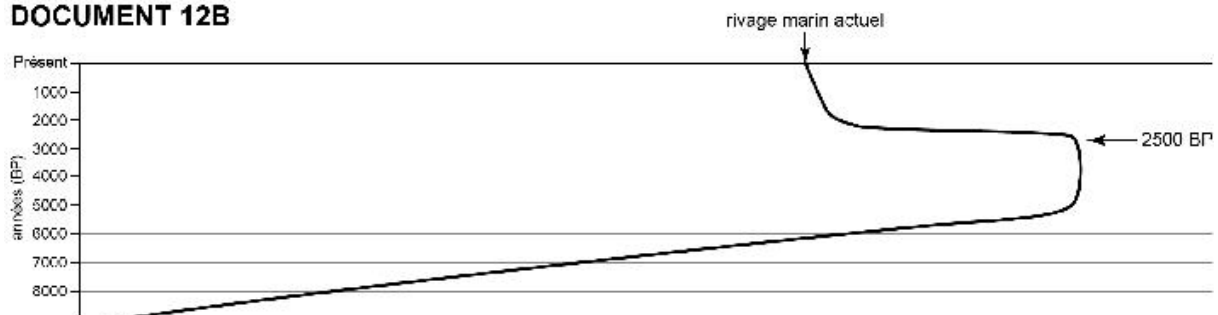
Les réponses à cette question ont été très décevantes, limitées à une paraphrase du document. En revanche, le graphique demandé à la question suivante a été souvent réalisé, mais avec peu de précision.

- La construction graphique schématique sur le diagramme du **Document 12B** (qui sera rendu avec la copie) de l'évolution de la position du rivage marin en fonction du temps.

DOCUMENT 12A



DOCUMENT 12B



La reconstitution graphique de l'évolution de la position de la ligne de rivage au cours du temps est reportée directement sur le Document 12B. On constate qu'après l'épisode transgressif (7000-5500 BP) et une phase de stagnation jusqu'à 2500 BP, la progradation de la ligne de rivage commence pour arriver à sa position actuelle. Le facteur de contrôle essentiel de l'évolution des corps sédimentaires est l'eustatisme.

- Une discussion des paramètres responsables de cette évolution.

Les paramètres responsables de cette évolution sont de deux natures : eustatisme et sédimentation. La rétrogradation est liée à une hausse relative du niveau marin (transgression ou subsidence), pendant laquelle le potentiel d'accommodation (espace disponible) est supérieur au flux sédimentaire. En revanche, la progradation est liée à une stabilité du niveau marin relatif, avec un flux sédimentaire supérieur à l'accommodation. Ce flux sédimentaire a trois origines : une production locale (coquillages), une origine fluviale certainement assez peu importante compte tenu du faible débit de la Somme, et un transport côtier d'éléments érodés des falaises voisines (sables et galets de silex) par la dérive littorale.

Conclusion

À la lumière des exemples étudiés dans l'exposé et de vos connaissances, vous résumerez les grandes caractéristiques des structures, de la sédimentation et des environnements de dépôt des bordures maritimes de la France métropolitaine de façon à faire apparaître l'ensemble des facteurs qui conditionnent leur évolution.

L'analyse des différents documents proposés dans le sujet permet de dégager les grandes caractéristiques des structures, de la sédimentation et des environnements de dépôt des bordures maritimes de la France métropolitaine. Les bordures méditerranéenne et atlantique correspondent chacune à une *marge passive*. Ces marges sont caractérisées par un plateau continental (jusqu'à l'isobathe 200 m environ) au-delà duquel on passe au domaine marin profond (plaine abyssale) par l'intermédiaire du talus continental. Cet approfondissement progressif vers le large est la conséquence d'un amincissement crustal et du passage graduel de la croûte continentale amincie à la croûte océanique. Cette modification des caractéristiques de la croûte se traduit par un changement de l'équilibre isostatique. Les structures tectoniques qui contrôlent l'amincissement crustal correspondent à des *failles normales* qui limitent des *blocs crustaux basculés*. Ces structures sont masquées par les sédiments qui les drapent et homogénéisent la morphologie. Cette *couverture sédimentaire* résulte du transfert des sédiments du continent vers l'océan au cours du temps. Elle s'accumule du fait de la subsidence qui accompagne le développement des marges et qui produit de l'espace disponible pour la sédimentation. Au niveau du *plateau continental*, les sédiments sont étalés par la houle (de beau temps et surtout de tempête) et les courants de marée. Au-delà du plateau continental, le transfert des sédiments vers les environnements plus profonds s'effectue principalement par des phénomènes gravitaires (courants de turbidité par exemple). Ces courants chargés de sédiments transitent par des *canyons sous-marins* (= zones de *by-pass*) qui entaillent le *talus continental* vers la *plaine abyssale*.

Les conditions morphologiques et hydrodynamiques contrôlent la répartition des sédiments de la frange littorale aux domaines marins profonds. Les sédiments transitent du continent vers les littoraux par l'intermédiaire des réseaux fluviaux dont l'embouchure peut être un delta ou un estuaire. Au niveau du *delta du Rhône*, par exemple, la charge solide du Rhône est telle qu'elle permet la construction d'un *système progradant*. Les sédiments en provenance du continent peuvent ensuite être remobilisés au niveau trait de côte par la *dérive littorale* (delta du Rhône, Baie de Somme) et les *courants de marée* (Baie de Somme = platier tidal). À grande échelle spatiale, cette remobilisation des sédiments va s'accompagner de phénomènes d'*érosion* et/ou d'*engraissement* du littoral selon les secteurs. Le contrôle de ces phénomènes est lié aux variations de la contribution relative des apports sédimentaires fluviaux et de l'impact des courants marins au niveau du littoral. Ces derniers permettent, entre autres, la formation de *cordons littoraux*, parfois riches en galets provenant de falaises en érosion (Baie de Somme). À petite échelle spatiale, la force des courants contrôle la répartition granulométrique du sédiment et le développement de structures sédimentaires (rides, mégarides). D'un point de vue temporel, l'ensemble des témoins de la dynamique littorale enregistre des variations rapides. À l'inverse, sur une plus grande échelle de temps, les *variations eustatiques* vont contrôler la répartition des corps sédimentaires et d'importantes variations latérales, modifiant ainsi profondément la morphologie littorale.

La dynamique sédimentaire des domaines marins profonds est totalement différente. Elle résulte pour l'essentiel de l'action de *courants gravitaires*. Les séquences élémentaires de dépôt des *turbidites* permettent de reconstituer l'évolution hydrodynamique des écoulements qui sont de courte durée (quelques heures à quelques jours). Ces séquences témoignent, par

leur granoclassement normal et la succession verticale des structures sédimentaires, d'une baisse progressive de l'énergie hydrodynamique au cours du dépôt. Le passage récurrent des courants de turbidité au niveau du talus continental conduit à l'incision progressive des canyons sous-marins et à la construction des levées sédimentaires en bordure des chenaux (alimentées par les nuages néphéloïdes). Plus distalement, les dépôts turbiditiques s'accumulent et forment des *éventails turbiditiques profonds* (éventail du Var par exemple). Les facteurs de contrôle externe de ces écoulements sont les crues et les phénomènes de haute énergie (séismes, tempêtes, activités humaines comme à Nice le 16 octobre 1979...). L'eustatisme modifie, sur une plus grande échelle de temps, le niveau de base des réseaux fluviaux à terre et donc les apports sédimentaires associés, ainsi que les surfaces des zones de stockage temporaire des sédiments au niveau du plateau continental.

Les activités humaines sont susceptibles de modifier les flux sédimentaires des continents vers l'océan. Les aménagements hydrauliques (barrages) peuvent bloquer les apports détritiques. De plus, les changements actuels du climat s'accompagnent d'une augmentation du niveau de la mer qui favorise l'érosion littorale. Les aménagements côtiers (digues, ports...), enfin, peuvent également engendrer un déséquilibre hydrodynamique préjudiciable à l'équilibre des zones littorales.

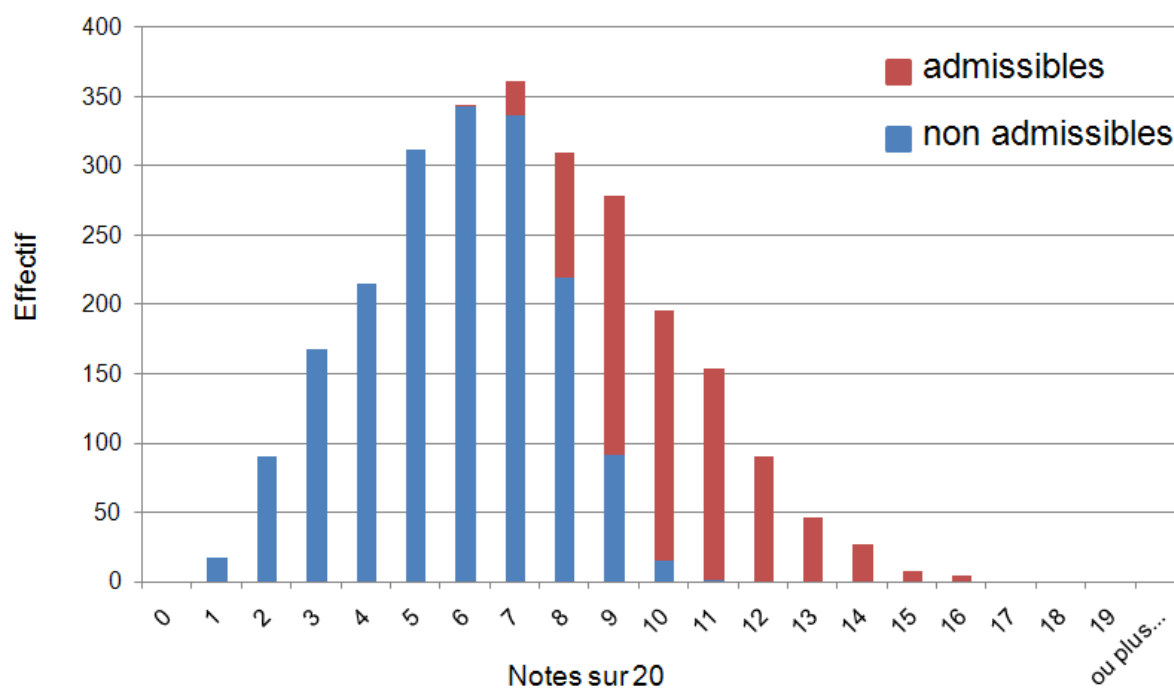
En conclusion, nous pouvons conseiller aux candidats de ne jamais se limiter à décrire les documents mais à chercher à les interpréter, c'est-à-dire tirer des conclusions sur des mécanismes explicatifs. L'emploi de mots clés permet d'apprécier la bonne connaissance du sujet. Il convient également de chercher à relier les documents entre eux, ce que permettait largement ce sujet.

Enfin, nous rappelons aux candidats l'importance de relire leur copie, de veiller à l'orthographe (un champ, un golfe ...), au soin des schémas, et même à la qualité de la calligraphie puisque certains mots sont parfois impossibles à déchiffrer.

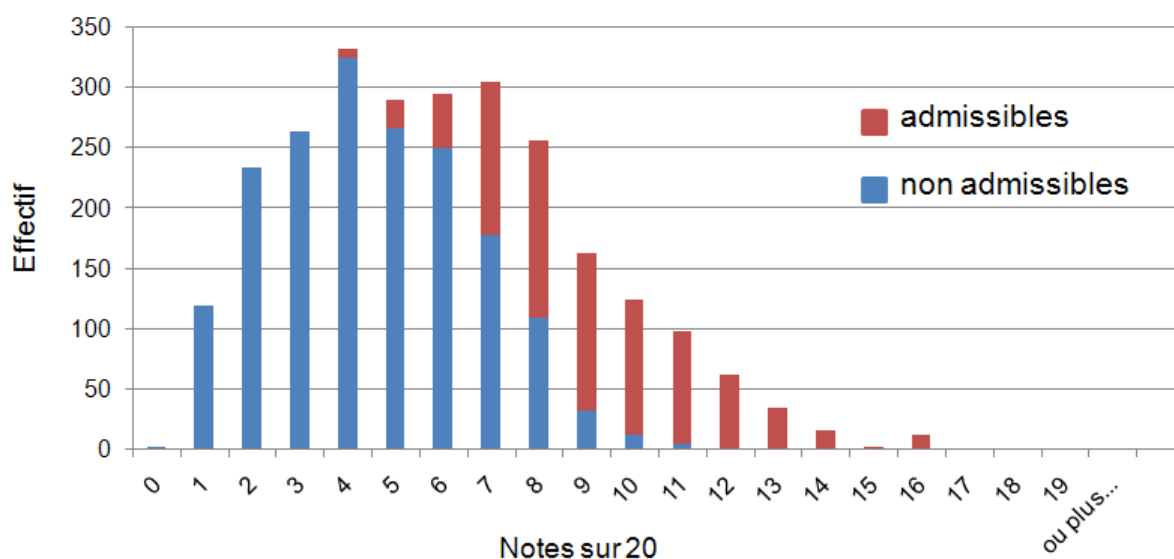
Ce sujet, certes porté sur la sédimentologie, avait pour ambition de tester les candidats dans d'autres domaines (morphologie océanique, tectonique distensive, sismique, gravimétrie, isostasie). L'utilisation de données sédimentologiques obtenues sur des formations actuelles ou très récentes a permis de voir si les candidats étaient capables de transposer leurs connaissances sédimentologiques, à d'autres domaines des Sciences de la Terre.

Bilan statistique détaillé des notes obtenues aux épreuves écrites

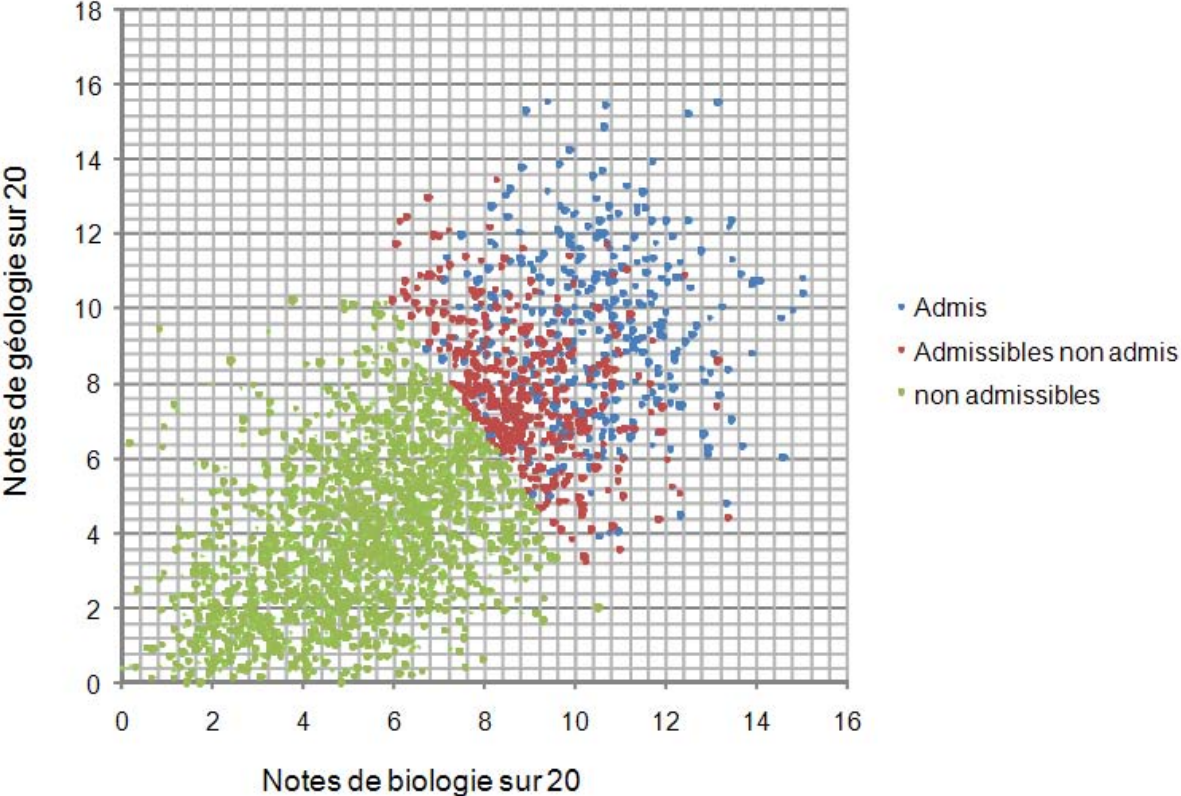
Répartition des notes obtenues à l'épreuve écrite de biologie



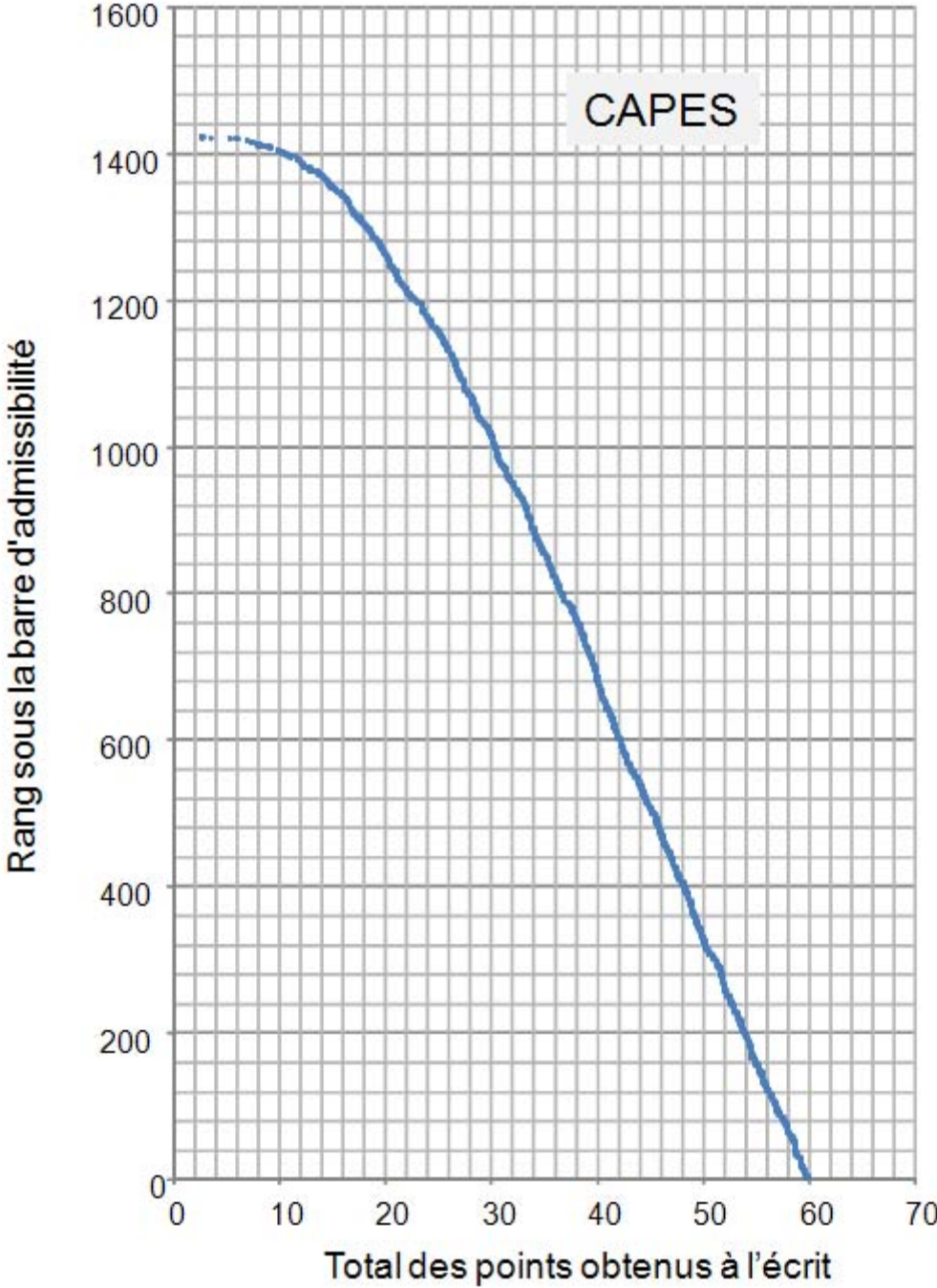
Répartition des notes obtenues à l'épreuve écrite de géologie



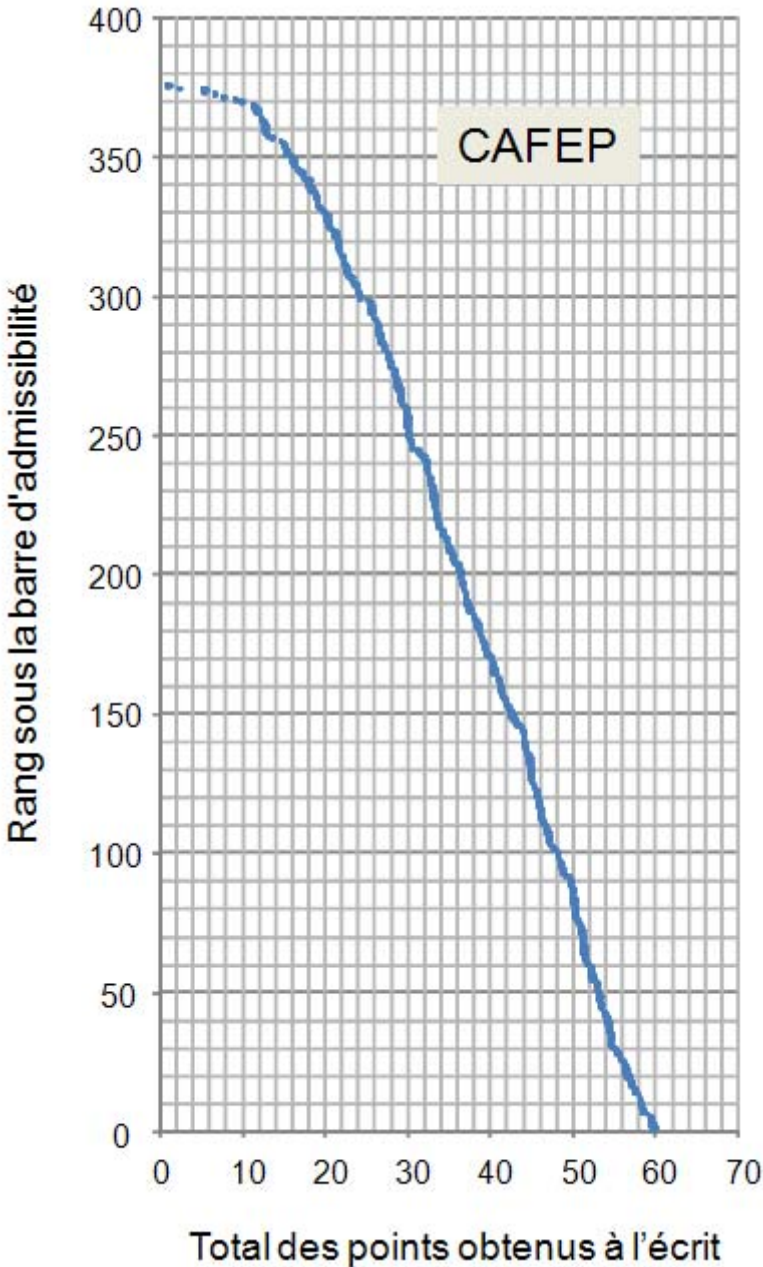
Relation entre les notes obtenues en biologie et en géologie



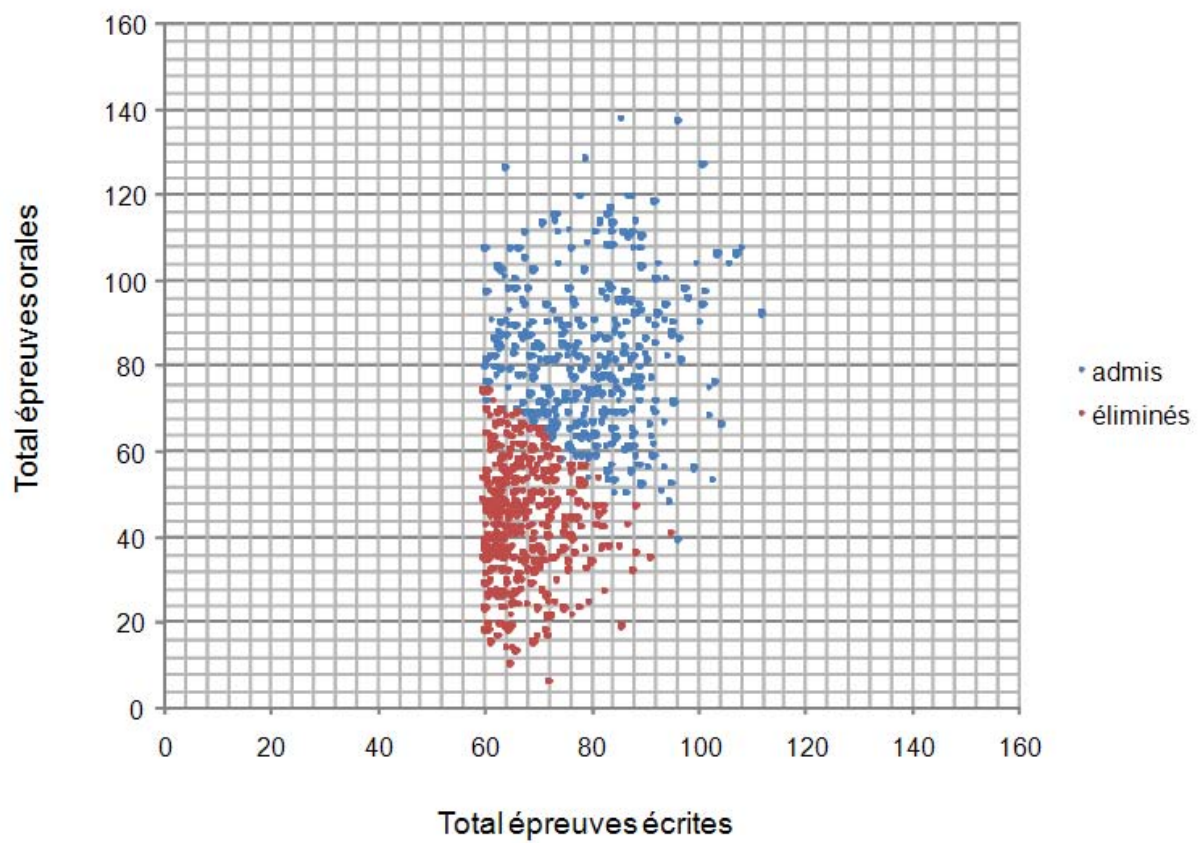
Relation entre le nombre de points obtenus à l'écrit et le rang sous la barre d'admissibilité du CAPES



Relation entre le nombre de points obtenus à l'écrit et le rang sous la barre d'admissibilité du CAFEP



Relation entre les notes obtenues à l'écrit à l'oral



L'exposé scientifique

Objectifs de l'épreuve

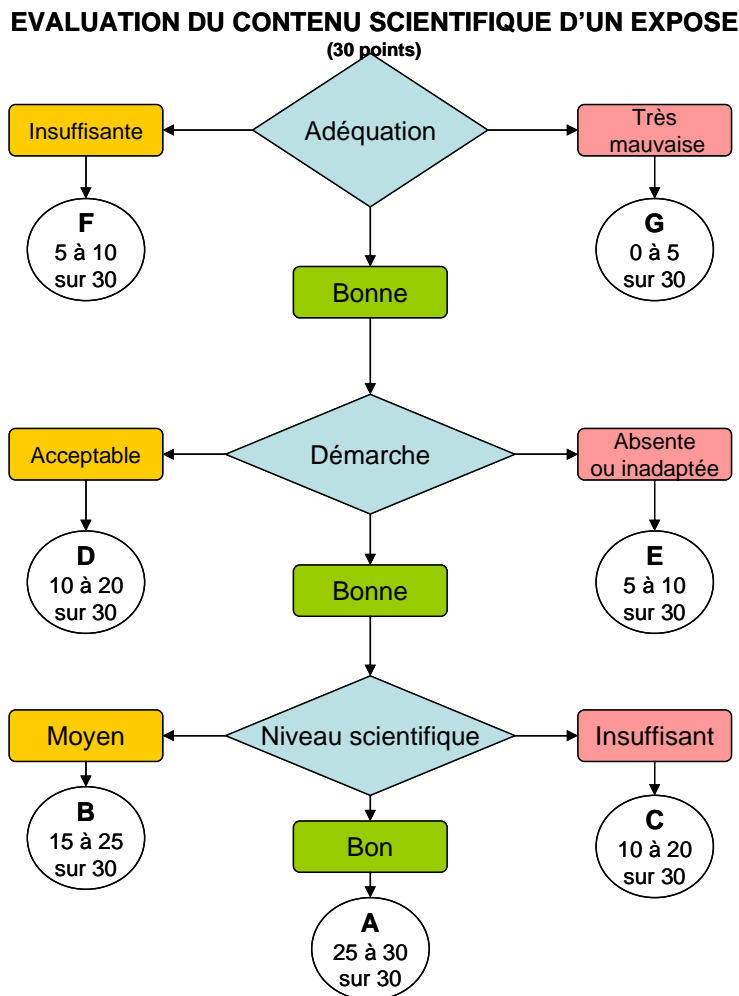
L'exposé scientifique évalue l'aptitude du candidat à organiser et transmettre des connaissances scientifiques.

L'entretien qui suit immédiatement l'exposé permet de nuancer l'impression laissée par le candidat lors de l'exposé.

Evaluation de l'exposé

L'exposé scientifique est noté sur 50 points dont 30 pour le contenu scientifique, 10 pour l'illustration et 10 pour la communication.

Les 30 points du contenu scientifique sont attribués suivant 3 critères (adéquation sujet / exposé, démarche adoptée, niveau scientifique) en suivant le logigramme ci-dessous



Adéquation de l'exposé au sujet :

Le sujet doit être traité dans son ensemble, sans oublis majeurs ni hors sujets, avec une vision synthétique. Il nécessite toujours de faire un choix dans les faits à présenter : le candidat doit être en mesure de justifier ses choix ainsi que la démarche adoptée. Le contenu doit être en adéquation avec le libellé du sujet et doit dégager les grandes lignes des problèmes traités. En conséquence, un sujet traité de façon trop incomplète sera classé en très mauvaise adéquation ou en adéquation insuffisante.

Quelques erreurs « classiques » restent d'actualité pour la session 2009 :

- Faire un exposé hors sujet. Par exemple, faire un exposé sur les reliefs terrestres à la tectonique des plaques sans jamais évoquer le moindre relief ou altitude, ou sans aborder les processus physiques à l'origine de ces reliefs ; traiter le développement des Amphibiens en réponse au sujet