

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.*

**Tournez la page S.V.P.**

(A)

UNIVERSITÉ  
ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DE BIEN-ÊTRE  
ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DE BIEN-ÊTRE

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 CO<sub>2</sub> radioactif (= <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>). 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) sera(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 Reviere, 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.

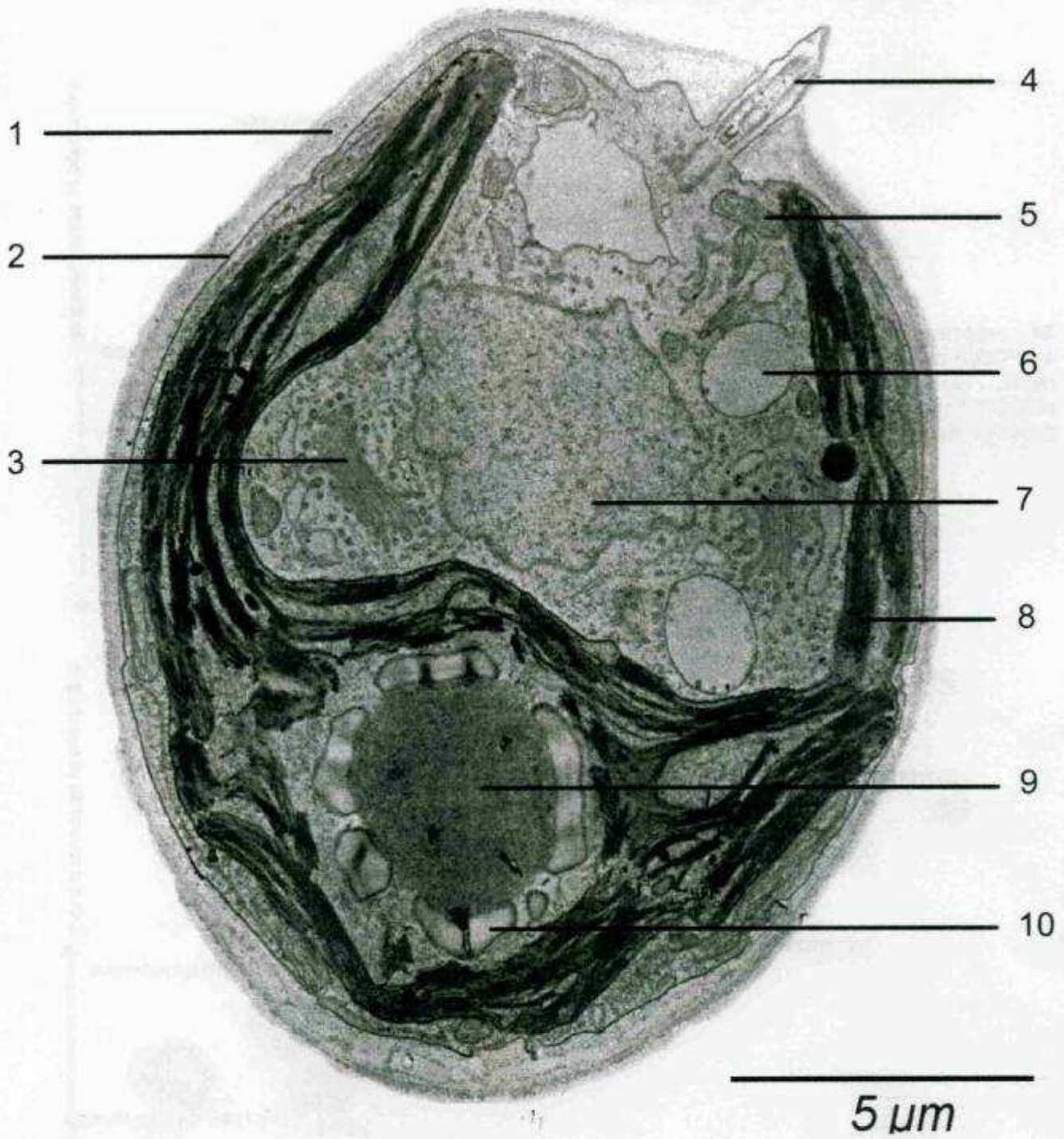
**Tableau I à rendre avec la copie - Légendes des documents 1 et 3.**

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	
	22	
3C	23	
	24	
	25	
	26	
	27	
3D	28	



DOCUMENT 1

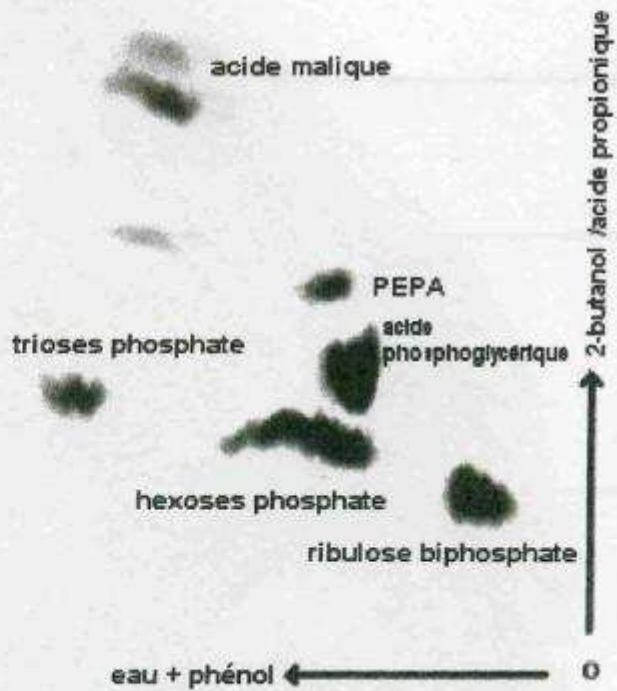
*Coupe de Chlamydomonas sp.* (Chlorophyta, Chlorobionta, Plantae, Eucaryota)  
 observée en microscopie électronique à transmission.  
 D'après Ohad, 1967



**DOCUMENT 2**  
(d'après Calvin, 1962)

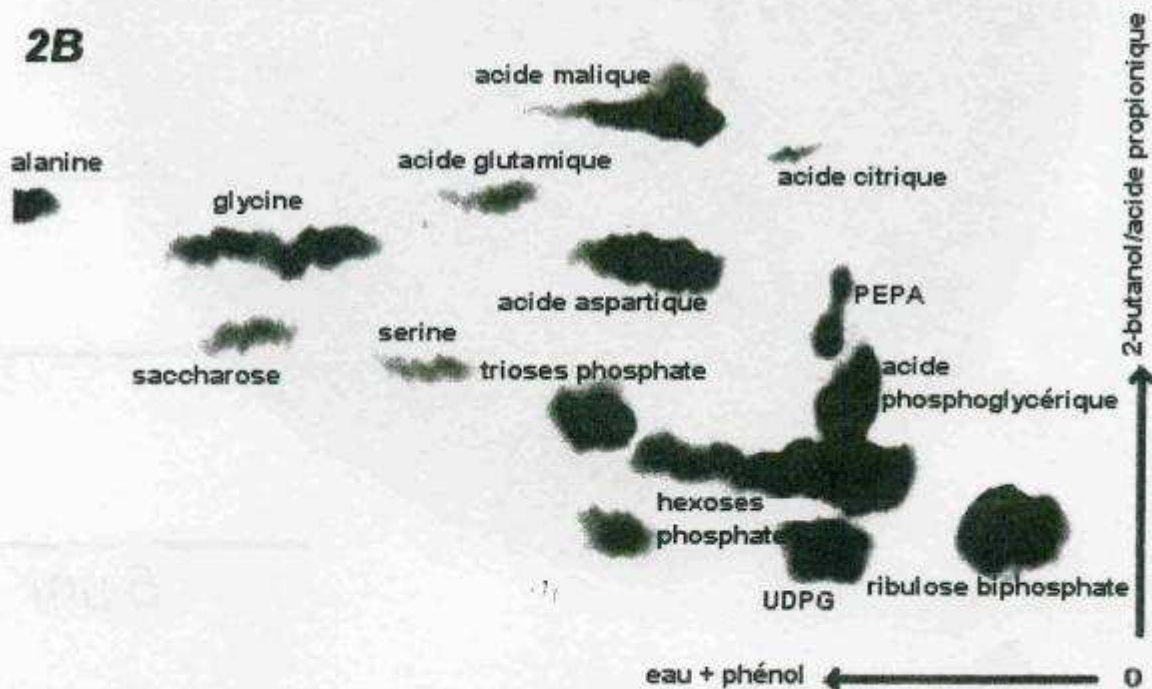
Une suspension de chlorelles éclairée est exposée à une atmosphère enrichie en  $^{14}\text{CO}_2$  pendant 5s (document 2A) ou 30s (document 2B). Les chlorelles sont immédiatement fixées par immersion dans une solution alcoolisée ce qui stoppe toute réaction enzymatique et permet l'extraction de leur 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.