

l'intégrale

Sous la direction de
Pierre Peycru

Christiane Perrier
Jean-Michel Dupin
Didier Grandperrin
Cécile Van Der Rest
Jean-François Fogelgesang

RÉUSSIR la BIOLOGIE à l'écrit AGRO-VÉTO

BCPST 1^{re} et 2^e années

- La méthodologie étape par étape
du sujet de synthèse
et du sujet sur documents
- Des exemples de sujets
et des extraits d'annales corrigés

DUNOD

Table des matières

Introduction	7
--------------	---

Partie 1 Méthodologie

Consignes générales	12
Sujet de synthèse (type A)	13
Sujet sur documents (type B)	35

Partie 2 Sujets de synthèse (type A)

Sujet 1	Le dioxygène et les êtres vivants	67
Sujet 2	Stabilité et variabilité de l'information génétique	74
Sujet 3	Changement de taille et de forme des cellules (ENS 2009)	83
Sujet 4	Mitochondries et chloroplastes	99
Sujet 5	La compartimentation cellulaire	109
Sujet 6	Importance biologique des lipides (Agro 2009)	118
Sujet 7	La paroi vasculaire et le milieu intérieur des mammifères	128
Sujet 8	Les végétaux et la lumière	137

Partie 3 Sujets sur documents (type B)

Sujet 9	ENS 2006	145
Sujet 10	Agro 2003	163
Sujet 11	Agro 2007	180
Sujet 12	Agro 2009	210
Sujet 13	ENS 2008	235

Introduction

L'objectif de ce manuel est de proposer, à l'aide d'exemples concrets, des méthodes permettant d'aborder et de traiter les sujets de concours des classes de BCPST.

Notre choix s'est porté essentiellement sur les sujets récents proposés aux concours des Écoles Agronomiques et Vétérinaires (ou des sujets du même type) mais aussi quelques sujets des Écoles Normales Supérieures, en ne retenant pour ces dernières que les sujets de biologie. Ces sujets et les rapports de concours peuvent être consultés en ligne sur les sites de ces établissements (www.concours-agro-veto.net et www.ens.fr)

Les sujets Agro-Véto

Les sujets actuels des concours « Agro » (A Bio) et « Véto » (A ENV) sont de deux types :

- L'épreuve dite « A », d'une durée de 3 h 30, « permet de vérifier le niveau de connaissances, la faculté d'organisation de la pensée et la qualité de la restitution. L'argumentation développée doit être structurée et illustrée. La clarté d'esprit, la qualité de l'illustration et la logique des démarches et des explications sont prises en compte dans l'évaluation. »¹ Le sujet A porte sur une synthèse à rédiger en intégralité avec des schémas illustrant le développement et mettant en valeur les idées essentielles de l'argumentation.
- L'épreuve dite « B », qui dure aussi 3 h 30, « conduit les étudiants à exploiter les documents proposés afin d'en tirer des informations qui, confrontées aux connaissances, fondent une argumentation structurée. »¹ Les documents sont souvent présentés selon un plan que l'on recommande de suivre dans chaque thème. Si ceux-ci sont indépendants, l'ordre dans lequel ils sont abordés est libre. L'énoncé de l'épreuve peut conseiller ou demander la réalisation de schémas. Des documents peuvent être découpés et collés dans la copie mais dans ce cas, ils doivent être légendés ou annotés par le candidat ; en bref, ils doivent présenter une « valeur ajoutée ».

Les sujets ENS

L'épreuve de biologie des Écoles Normales Supérieures dure 6 heures ; elle comporte en général trois parties d'une durée sensiblement égale : une synthèse et deux analyses de documents, guidées par des questions.

Particularités des sujets

Si les méthodes à investir sont les mêmes pour les deux types de concours, il existe néanmoins quelques différences dans les attentes des jurys. Dans le cas des Écoles Nationales Agronomiques et Vétérinaires une rédaction complète et détaillée est exigée. Ainsi, pour le sujet B notamment, le jury attend « un résumé efficace du protocole et des observations, sans paraphrase inutile, puis une interprétation démonstrative »². Pour les Écoles Normales Supérieures, la longueur du sujet exige que le candidat aille à l'essentiel et adopte une rédaction plus dépouillée que celle requise dans les concours Agro/Véto. Les analyses de documents ne nécessitent pas de texte introductif ni de titres de plan comme le rappelle le rapport du jury de l'épreuve de Biologie de 2009 : « Il est inutile d'introduire chacun des sujets avec documents ou de donner des titres aux sous-parties. » Parfois, le rappel des principes et des limites d'une méthode d'investigation feront l'objet d'une

1. Notice d'instructions relatives aux concours A recrutant sur la banque Agro-Véto (filière BCPST).

2. Rapport du jury sur l'épreuve B des concours 2007, page 8.

question particulière dans l'énoncé ; dans d'autres cas, il s'agira seulement de les mentionner pour relativiser les conclusions dégagées. **Nous insistons sur le fait que le format du sujet n'est pas figé, chaque école a la possibilité de modifier la forme des sujets qu'elle propose.**

Présentation de l'ouvrage

Les sujets sont abordés dans le strict cadre du programme des classes préparatoires BCPST <http://trf.education.gouv.fr/pub/edutel/bo/2003/hs3/annexe1.pdf>. Cette remarque est importante ; elle justifie que ne soient pas envisagés des aspects qui sortent de ce cadre alors qu'ils auraient leur place dans d'autres types de concours (CAPES, Agrégation).

La première partie de ce manuel présente une méthodologie générale, illustrée par l'étude de deux sujets rédigés intégralement, l'un de type A (synthèse) et l'autre de type B (analyse de documents). Des conseils détaillés sont fournis aux diverses étapes clés de la rédaction.

Les deuxième et troisième parties abordent d'autres sujets des deux types en les traitant partiellement. Les conseils généraux, détaillés auparavant, sont alors repris. Pour ces deux parties, les corrigés proposés sont parfois exhaustifs. Par exemple, plusieurs hypothèses peuvent être exposées dans l'analyse d'un document sans que le jury n'attende obligatoirement que toutes soient présentes dans une copie.

Vous trouverez ci-après deux tableaux. Le premier mentionne les techniques expérimentales utilisées (chromatographie, gel retard, électrophorèse...) et les relie à un sujet abordé. Cela permet à l'étudiant de se familiariser avec les méthodes d'interprétation des résultats issus de ces aspects techniques. Le second tableau renvoie, pour les lecteurs qui les possèdent, aux chapitres concernés dans les manuels de cours de la collection : *Biologie Tout-en-Un BCPST 1^{re} année* et *Biologie Tout-en-Un BCPST 2^e année*.

Pour finir, insistons sur le fait qu'il ne faut pas attendre de cet ouvrage qu'il fournisse pour chaque sujet, le corrigé intégral, intangible. Nous savons tous qu'il existe différentes façons d'aborder une question, ce que nous illustrons d'ailleurs dans certains sujets. Nous souhaitons que les exemples traités ici permettent à chaque étudiant de s'entraîner à la pratique de méthodes utiles pour réussir les épreuves écrites des concours. Ainsi, en organisant mieux sa pensée, en apprenant à structurer ses argumentations, il forgera ses propres méthodes qu'il pourra mettre en pratique au-delà de la simple préparation de concours.

Les auteurs

Dans cet ouvrage vous rencontrerez deux types de pictogrammes :



Principales techniques expérimentales abordées dans le sujet.



Remarques ou conseils du correcteur.

Le cahier couleur

Il regroupe les documents des sujets de type B qui doivent être observés en couleurs afin d'être interprétés convenablement. Ces documents sont signalés dans les énoncés des sujets par un contour bleu clair et un renvoi à la page du cahier couleur concernée.

Sujet de synthèse (type A)

Énoncé

Durée : 3 h 30 minutes

Un arbre est un organisme autotrophe au carbone qui nécessite, pour la réalisation de ses fonctions de nutrition, des coopérations entre cellules dont certaines sont autotrophes et d'autres hétérotrophes au carbone.

Étudiez ces coopérations et montrez qu'elles varient au cours du temps (à l'échelle d'un jour et d'une année).

Vous vous limiterez au cas des angiospermes de milieu tempéré et à la nutrition carbonée.

Nous vous proposons d'organiser votre travail pendant les 3 h 30 minutes de l'épreuve de la façon suivante :

Étapes	Durée approximative
1 Analyser le sujet	10 min
2 Rédiger l'introduction	10 min
3 Construire un plan	10 min
4 Rédiger le corps du devoir	2 h 50 min
5 Rédiger la conclusion	10 min

1 ANALYSER LE SUJET

- Je surligne les mots du sujet à définir. Ne pas négliger les mots ou expressions du langage courant (« coopération entre ») dont le sens doit être parfaitement connu pour pouvoir répondre.
- Je cerne les attendus du sujet.
- Je prends nettement en compte les limites du sujet.
- Je fais la liste des parties de cours que je dois réinvestir en n'oubliant pas que je ne dois pas les réciter mais les utiliser en les adaptant pour répondre vraiment au sujet posé (voir attendus ci-dessus).

Les mots du sujet à définir

« Un **arbre** est un organisme **autotrophe** au carbone qui nécessite, pour la réalisation de ses **fonctions** de nutrition, des **coopérations** entre cellules dont certaines sont autotrophes et d'autres hétérotrophes au carbone.

Étudier ces coopérations et montrer qu'elles **varient au cours du temps** (à l'échelle d'un jour et d'une année).

Vous vous limiterez au cas des angiospermes de milieu tempéré et à la nutrition carbonée. »

Les attendus du sujet

Exposer l'**autotrophie au carbone** au travers de l'exemple de l'**arbre**. Ne pas l'exposer en tant que telle mais sous l'angle des **coopérations intercellulaires** qu'elle implique. Enfin, montrer

comment ces coopérations, malgré des **conditions environnementales changeantes** à l'échelle d'un jour et d'un an, assurent la nutrition.

Les limites du sujet

Sujet limité :

- aux angiospermes, ce qu'implique le programme (les pinophytes sont vus en TP et les fougères arborescentes ne sont pas l'objet de nos cours).
- aux conditions climatiques de milieu tempéré (conformité avec le programme).
- à l'autotrophie et l'hétérotrophie au carbone : exclure l'azote (chapitre photosynthèse 1^{re} année).

Les parties de cours à réinvestir

1^{re} année • Cours : Structure générale du métabolisme et rôle des coenzymes. La photosynthèse eucaryote. Le développement post-embryonnaire des angiospermes : de la jeune plante à la plante différenciée. • **TP** : Organisation de l'appareil végétatif des angiospermes, morphologie & anatomie. **2^e année • Cours** : Les échanges hydrominéreaux entre l'organisme végétal et son milieu. Adaptation du développement des angiospermes au rythme saisonnier.

2 RÉDIGER L'INTRODUCTION

- Je souligne l'intérêt de ce sujet.
- Je définis les termes importants.
- Je pose nettement la problématique en quelques questions (phrases interrogatives) hiérarchisées. Elles attestent de la compréhension du sujet. Elles sont notamment posées en termes de coopérations...
- Je délimite le sujet.
- Je présente les grandes lignes du plan.

Proposition d'introduction

Éléments majeurs du peuplement végétal des terres émergées, les arbres sont tout d'abord des êtres vivants élancés (plusieurs mètres de hauteur), ancrés au sol et projetant dans les airs une canopée essentielle à la vie sur Terre, aussi bien par la matière organique qui y est élaborée et les échanges gazeux avec l'atmosphère qui en découlent (piégeage de CO₂ et libération d'O₂) que par le nombre d'êtres qui y vivent.

À plus petite échelle, un arbre est une **plante ligneuse vivace** dont l'appareil caulinaire pérenne est constitué d'un **tronc** le long duquel des ramifications, les **branches**, portent le **feuillage** ; nous nous limiterons ici aux seules angiospermes (les feuillus comme le hêtre, le chêne, le charme...). Elles forment l'essentiel du peuplement forestier des milieux tempérés, régions de moyennes latitudes dont le climat saisonnier est marqué par une période froide hivernale au cours de laquelle le développement est suspendu, et une période estivale modérément chaude et sans déficit hydrique notable. En tant qu'**organismes photosynthétiques** à la surface foliaire considérable, les arbres ont la capacité à se nourrir à partir d'une source **exclusivement minérale** de carbone ce qui fonde leur **autotrophie** à de cet élément. En effet, à partir du CO₂ prélevé dans l'atmosphère, de diverses espèces minérales (dont l'eau) prélevées dans la solution du sol au contact de leurs racines, et de l'énergie lumineuse captée par leurs surfaces foliaires, ils réalisent la synthèse de leurs divers constituants organiques.

À l'échelle cellulaire, seules les cellules parenchymateuses chlorophylliennes des feuilles sont autotrophes au carbone. Toutes les autres cellules, des feuilles, des axes caulinaires et racinaires, sont hétérotrophes et reçoivent de celles-ci leurs excédents de production qui constituent alors leur seul apport carboné. Mais elles sont en contrepartie indispensables au bon fonctionnement des cellules chlorophylliennes, notamment par l'approvisionnement qu'elles leur assurent en

CO₂ et en espèces minérales. L'autotrophie au carbone de l'arbre repose donc sur une action conjointe et coordonnée de ces cellules, *i.e* sur des coopérations entre les différentes catégories cellulaires. La nutrition de l'arbre, à savoir son approvisionnement en nutriments et leur conversion, est donc tributaire de ces coopérations.

Comment les différentes catégories cellulaires coopèrent-elles dans la nutrition des tissus, qu'ils soient autotrophes ou hétérotrophes au carbone ?

Comment lui confèrent-elles, à la lumière, son statut d'autotrophe au carbone ?

L'alternance nyctémérale (jour/nuit) et la succession des saisons au cours desquelles le feuillage disparaît temporairement nous amènent à prendre en compte le problème de l'autotrophie de l'arbre au cours du temps.

Comment les catégories cellulaires d'un arbre contribuent-elles à assurer son autotrophie permanente alors que son potentiel photosynthétique varie au cours du temps à l'échelle d'une journée ou d'une année ?

Nous commencerons par montrer comment les coopérations cellulaires à l'échelle foliaire permettent la nutrition carbonée de l'ensemble des cellules de l'arbre. Nous exposerons ensuite les coopérations mises en jeu dans l'approvisionnement hydrominéral des cellules photosynthétiques du mésophylle. Nous compléterons cette approche spatiale par une approche temporelle en montrant comment les coopérations cellulaires assurent la nutrition continue malgré des conditions de biotope variables à l'échelle d'un jour et d'un an.

3 CONSTRUIRE UN PLAN

- Je structure le plan autour d'un nombre réduit de grandes parties (3 dans notre exemple).
- Je propose des titres qui comportent les mots clés du sujet. Le sujet doit être retrouvé en lisant les titres des grands paragraphes.
- Je propose des titres qui montrent ma compréhension du sujet : « coopération entre cellules ». Ils comportent la mention des partenaires cellulaires impliqués.
- Ces titres sont des réponses aux questions posées dans l'introduction.
- Cette construction repose donc sur le travail précédent et atteste de l'importance de l'introduction.

Proposition de plan

- 1 Des coopérations entre cellules permettant la nutrition carbonée de chaque cellule d'un arbre**
 - 1.1 L'autotrophie des cellules du mésophylle et l'intervention de coopérations entre les cellules de la feuille
 - 1.2 Des coopérations cellulaires permettant l'approvisionnement des cellules chlorophylliennes en carbone minéral (CO₂)
 - 1.3 Des coopérations cellulaires permettant l'approvisionnement des cellules hétérotrophes en carbone organique
- 2 Des coopérations intercellulaires permettant l'approvisionnement hydrominéral des cellules du mésophylle**
 - 2.1 Des coopérations intercellulaires permettant l'élaboration de la sève brute
 - 2.2 Des coopérations intercellulaires permettant l'ascension de la sève brute
- 3 Des coopérations intercellulaires permettant l'autotrophie de l'arbre dans un environnement variable au cours du temps**
 - 3.1 Les variations des coopérations intercellulaires à l'échelle d'une journée
 - 3.2 Les variations des coopérations intercellulaires à l'échelle d'une année

4 RÉDIGER LE DEVOIR

4.1 Rédiger un paragraphe

- Une courte introduction permet de présenter l'exposé qui suit et de poser les problèmes abordés dans cette partie. Cela n'est nécessaire que pour les paragraphes de rang 1.
- Je réponds au problème posé en argumentant : c'est-à-dire en choisissant d'exposer un fait, avec si possible des données expérimentales à l'appui. Je propose une conclusion au terme de cet exposé.
- Si cela est possible, je propose une quantification, un ordre de grandeur des processus.
- Je peux généraliser ma réponse en citant d'autres faits qui répondent à la même question, sans avoir à les développer.
- Je rédige à l'aide de phrases courtes, simples, allant à l'essentiel. Le temps imparti est compté, inutile de perdre du temps aux dépens de notions importantes que je risque de ne pas avoir le temps d'aborder.
- Je propose un maximum de schémas, qui doivent cependant être accompagnés d'un texte introductif et d'une conclusion : un paragraphe ne doit pas se résumer à un simple schéma.

1 Des coopérations entre cellules permettant la nutrition carbonée de chaque cellule d'un arbre

Nous distinguerons dans ce volet deux situations trophiques :

- celle des cellules chlorophylliennes, autotrophes au carbone (C) et donc capables de synthétiser les molécules organiques (oses, acides aminés, etc.) dont elles ont besoin à partir de substrats uniquement minéraux ;
- celle des autres cellules, hétérotrophes au C qui profitent de l'exportation des excédents de production des précédentes.

Ces deux situations associées font que l'arbre est un végétal globalement autotrophe au carbone.

Quelles coopérations intercellulaires existent à l'échelle foliaire qui permettent aux cellules chlorophylliennes de mobiliser le CO₂ qu'elles utilisent pour leurs synthèses carbonées ?

Comment les différents types cellulaires coopèrent-ils en permettant une mise à disposition des excédents de l'assimilation chlorophyllienne à toutes les cellules de l'arbre ?

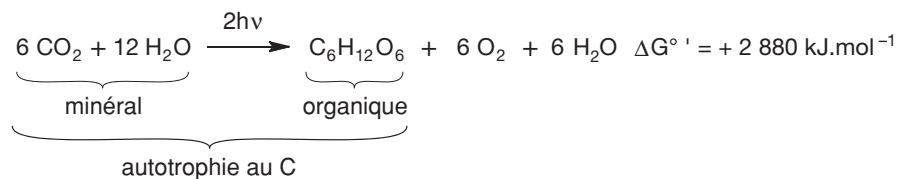
1.1 L'autotrophie des cellules du mésophylle et l'intervention de coopérations entre les cellules de la feuille



Mise en évidence de la synthèse d'amidon à la lumière dans une feuille.

Mise en évidence d'échanges gazeux chlorophylliens.

La mise en évidence d'un produit de photosynthèse ainsi que d'autres montages permettent d'établir une équation globale de la photosynthèse sur laquelle on souligne l'autotrophie au carbone et les échanges gazeux chlorophylliens.



À l'échelle de la feuille, seules les cellules du mésophylle (contenant des chloroplastes) font la photosynthèse et sont donc autotrophes au carbone.

4.2 Réaliser un schéma

- Je peux soit reprendre (en partie le plus souvent) un schéma de cours, soit concevoir moi-même un schéma original.
- Dans les deux cas, je veille à ce que le schéma réponde au sujet ; les mots clés du sujet doivent y figurer de façon privilégiée : coopération, autotrophie, ou une étape de la nutrition... pour ce sujet.
- Le mot « coopération » doit ressortir aussi dans le graphisme employé ; une flèche, une accolade... unissant deux groupes de cellules matérialisent cette notion.
- Je réalise un schéma soigné en prenant garde à sa taille, à son emplacement dans la copie, à l'emploi adéquat des couleurs...
- Je veille à l'équilibre texte/illustration.

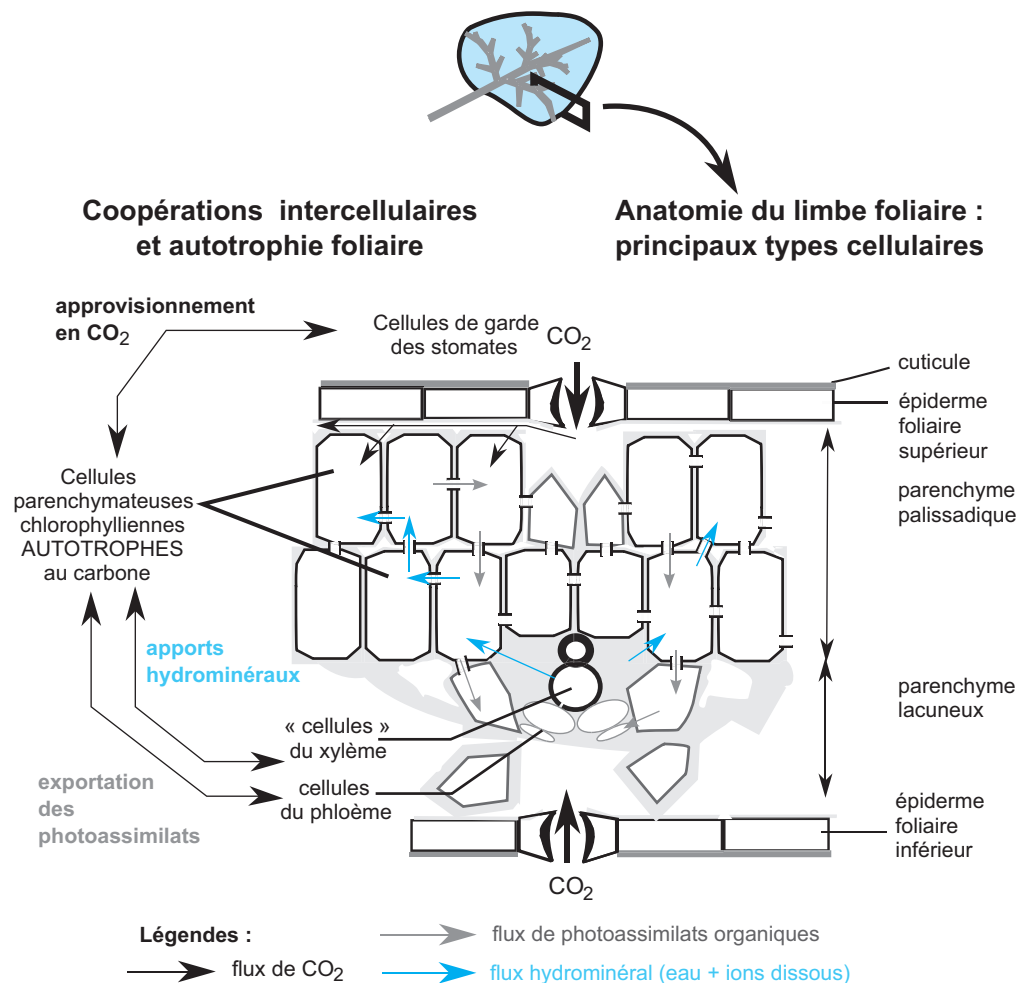


Figure 1 Autotrophie des cellules du mésophylle et coopérations intercellulaires impliquées. Les principales coopérations cellulaires impliquées dans l'autotrophie des cellules parenchymateuses chlorophylliennes ont été privilégiées au détriment de précisions cytologiques d'ordre structural ; l'organisation détaillée des cellules parenchymateuse chlorophyllienne est précisée plus loin sur la figure 4.

La position « interne » du mésophylle suppose le franchissement de l'épiderme par le CO_2 et sa circulation au sein de la feuille en vue de sa distribution à l'ensemble des cellules du mésophylle. De plus ce tissu doit être alimenté en eau et débarrassé de ses produits dont les photoassimilats (figure 1).

Nous allons voir par la suite (§ 1.2, 1.3 et 2) que des coopérations entre cellules sont impliquées dans chacune de ces étapes essentielles à la nutrition de l'arbre.

1.2 Des coopérations entre cellules foliaires permettant l'approvisionnement des cellules chlorophylliennes en carbone minéral (CO_2)

1.2.1 Coopération entre les cellules stomatiques permettant l'entrée du CO_2 dans la feuille



Empreinte d'une surface de feuille à l'aide de collodion.

Graphes montrant le degré d'ouverture des stomates sur 24 h sans stress hydrique ou avec stress hydrique.

L'ouverture des ostioles stomatiques est déterminée par l'état de turgescence des cellules de garde. Leur turgescence entraîne l'écartement des deux lèvres de l'ostiole (ouverture du stomate). Leur plasmolyse conduit à leur accollement et donc à la fermeture de l'ostiole.

Le potentiel hydrique des cellules de garde est sous l'influence de nombreux facteurs, d'origine externe (lumière, humidité) et d'origine interne (pression partielle en CO_2 , ABA) qui déterminent le degré d'ouverture des stomates. Le schéma de la figure 2b illustre l'influence de ces facteurs sur leur ouverture et donc, sur les capacités d'approvisionnement en CO_2 des cellules chlorophylliennes. La lumière est un facteur important de cette ouverture. Elle intervient entre autre par des radiations bleues, captées par un récepteur pigmentaire, la zéaxanthine, à l'origine d'une chaîne de transduction aboutissant à la diminution du potentiel hydrique des cellules de garde. L'entrée d'eau qui s'ensuit entraîne leur turgescence et par là l'ouverture de l'ostiole. Les cellules stomatiques par l'ostiole qu'elles ménagent constituent la seule voie d'entrée du CO_2 dans la feuille. *Comment celui-ci parvient-il jusqu'aux cellules du mésophylle ?*

1.2.2 Intervention des cellules chlorophylliennes dans l'orientation de la diffusion du CO_2 au cœur de l'apoplasme foliaire

Le CO_2 pénètre dans la feuille par les stomates, puis diffuse dans les lacunes du mésophylle et les méats intercellulaires avant de se dissoudre dans les liquides qui imbibent le cadre pariétal (pectates, hémicelluloses et cellulose) de chaque cellule. Les cellules chlorophylliennes consomment du CO_2 au cours du cycle de Calvin qui se déroule dans le stroma de leurs plastes ; l'équation bilan de la photosynthèse en rend compte.

Cette consommation entretient donc une faible pression partielle en CO_2 dissous dans les cellules et sa diffusion transmembranaire depuis l'apoplasme ; parallèlement, le brassage de l'atmosphère externe au voisinage des surfaces foliaires maintient, au voisinage des stomates, une pression partielle en CO_2 constante : l'activité des cellules du mésophylle est donc à l'origine d'un gradient de pression partielle de CO_2 dans la feuille qui oriente efficacement sa diffusion depuis les ostioles stomatiques vers chaque cellule (figure 2a).

Par ailleurs, l'abaissement de la pression partielle en CO_2 dans la chambre sous-stomatique qui découle d'une activité photosynthétique soutenue stimule l'ouverture des ostioles.

Tout ceci illustre l'existence d'une coopération entre cellules du mésophylle et cellules stomatiques contribuant à l'alimentation carbonée du mésophylle.

Par quelles coopérations intercellulaires est assurée la nutrition des cellules non chlorophylliennes ?

Sujet de synthèse (type B)

ÉNONCÉ

Banque « Agro - Vété »

A - 0105

BIOLOGIE

Épreuve B

Durée : 3 heures 30 minutes

L'usage de la calculatrice, d'abaques et de tables est interdit pour cette épreuve

À partir de l'exploitation des documents et de vos connaissances, étudiez quelques aspects structuraux et fonctionnels des jonctions gap.

NB : jonctions gap = jonctions lacunaires

- L'exposé sera encadré par une introduction et une conclusion, et sera structuré par un plan faisant apparaître explicitement les thèmes abordés et la progression suivie.
- L'exposé doit se limiter aux trois thèmes abordés par les documents, qui feront l'objet de trois parties indépendantes.
- Les documents peuvent être découpés et intégrés à la copie, à condition d'être exploités.

Nous vous proposons d'organiser votre travail pendant les 3 h 30 minutes de l'épreuve de la façon suivante :

Étape	Durée approximative
1 Travail préliminaire	15 min
2 Rédiger l'introduction	10 min
3 Construire un plan	5 min
4 Rédiger le corps du devoir	2 h 50 min
5 Rédiger la conclusion	10 min

1 TRAVAIL PRÉLIMINAIRE

- Je prends connaissance de l'ensemble du sujet.
- J'identifie les parties de cours auxquelles renvoient les thèmes du sujet
- J'essaie d'estimer la difficulté des documents.
- Je tiens compte des exigences de toute rédaction

Je prends connaissance de l'ensemble du sujet

Le thème 1 privilégie l'**étude de l'organisation des jonctions gap**, de l'échelle de la membrane (doc. 1A et 1B) à l'échelle moléculaire (doc. 1C, 1D et 1E).

Le thème 2 rapporte des résultats d'une **étude électrophysiologique** de cellules non excitables, les cellules hépatiques.

Le thème 3 s'intéresse **au rôle des jonctions gap** dans un processus particulier de la vie des organismes, le développement embryonnaire.

Prendre conscience de cette progression me sera utile pour rédiger la fin de mon introduction et pour présenter la logique de l'exposé au sein de chaque paragraphe.

J'identifie les parties de cours auxquelles renvoient les thèmes du sujet

J'ai à l'esprit que cela pourra constituer parfois une aide précieuse à la résolution des problèmes posés. Dans le cas présent, le sujet renvoie surtout au chapitre « Membranes et fonctionnement cellulaire » du cours de 1^{re} année.

J'essaie d'estimer la difficulté des documents

Les documents 1A à 1D et 2A sont assez proches de documents déjà rencontrés dans les cours. Les graphes 2B1 et 2B2 sont susceptibles de donner lieu à une quantification de la conductance des différentes parties de la membrane.

Les documents 1E, 3A et 3B demandent une lecture attentive des protocoles et des images obtenues en résultat.

Je tiens compte des exigences de toute rédaction

- En introduction, je définis les termes du sujet et j'énonce les thématiques abordées même s'il ne m'appartient pas de fixer les limites du sujet (puisque ce sont les documents qui le font pour moi). En même temps, je m'efforce de trouver à quel(s) grand(s) problème(s) biologique(s) ce sujet peut être rattaché.

- Pour le plan, je reprends les thèmes abordés par les documents et exprimés sous la forme des titres des subdivisions majeures comme par exemple « Thème 1 : jonctions gap : topographie des connexines ». Je m'efforce néanmoins d'en préciser les contenus au niveau des titres des sous-paragraphes.
- J'analyse étape par étape les divers documents en montrant comment ils permettent de progresser dans la résolution du thème retenu. À ce stade, il est souhaitable d'intégrer certaines connaissances relatives aux objets étudiés ou aux méthodes d'étude mais en prenant soin de ne pas chercher à utiliser mon cours pour répondre à l'avance à la question soulevée. Il faut se laisser guider par les documents. Je peux utiliser certains documents pour illustrer ma copie et enrichir la part de rédaction à condition de leur adjoindre une valeur ajoutée : légendes, commentaires brefs faisant ressortir des idées essentielles, mise en relief de certaines valeurs significatives dans un tableau.

2 RÉDIGER L'INTRODUCTION

- Je souligne l'intérêt de ce sujet en le replaçant dans un cadre biologique plus général.
- Je définis les termes importants de manière simple mais précise ; en principe, toute définition doit comporter un volet structural et un volet fonctionnel mais elle ne doit pas être l'occasion d'introduire des termes trop techniques qui la rendraient incompréhensible pour un non-initié.
- Je pose nettement la problématique en quelques phrases interrogatives hiérarchisées. Je délimite le sujet. Je présente les grandes lignes du plan.

Proposition d'introduction

Les êtres vivants les plus apparents de notre environnement sont pluricellulaires. Les cellules qui les constituent ne fonctionnent pas de façon indépendante les unes des autres. Il existe entre elles des **corrélations** trophiques et informatives. Ces dernières se déroulent suivant deux grandes modalités : à distance, par l'intermédiaire de liquides circulants ou du système nerveux (chez les animaux seulement), ou entre cellules voisines. Ces relations de proximité font souvent intervenir des structures qui relient deux cellules contiguës de par leurs membranes plasmiques respectives, les jonctions intercellulaires.

Parmi ces jonctions, nous nous intéresserons aux jonctions gap ou lacunaires, associations de protéines membranaires au niveau desquelles un espace (= lacune) est présent entre les deux cellules jointives.

Comment sont organisées ces jonctions ?

Comment participent-elles au fonctionnement intégré des cellules qui les partagent ?

Comment contribuent-elles dès les premières étapes qui supportent l'acquisition de l'état pluricellulaire au déroulement de l'embryogenèse ?

Pour répondre à ces questions, nous étudierons la structure des jonctions gap que nous relierons ensuite à leurs propriétés électrophysiologiques. Enfin nous chercherons à préciser leur rôle dans la mise en place d'un organisme pluricellulaire, l'embryon des amphibiens.

3 CONSTRUIRE UN PLAN

- Je calque l'ordre de mon plan sur celui des thèmes retenus par le sujet.
- Je conserve l'essentiel des titres des documents du sujet, en m'efforçant de faire apparaître des liens logiques entre eux.
- Je n'investis pas trop de temps dans ce plan, l'essentiel demeurant ma capacité à analyser et interpréter les documents proposés.

Proposition de plan

1 Organisation structurale des jonctions lacunaires

- 1.1 Des jonctions ménagées entre des plages membranaires rapprochées
 - 1.1.1 Structure d'ensemble d'une jonction
 - 1.1.2 Structure d'un connexon
- 1.2 Topographie des connexines
 - 1.2.1 Séparation des connexines par électrophorèse
 - 1.2.2 Les domaines hydrophobes des connexines et leur insertion membranaire
 - 1.2.3 Localisation des domaines extramembranaires des connexines

2 Propriétés électrophysiologiques des jonctions lacunaires

- 2.1 Propagation de potentiels membranaires via les jonctions gap
 - 2.1.1 Mise en évidence d'un couplage électrique entre deux hépatocytes
 - 2.1.2 Caractérisation de la conductance jonctionnelle
- 2.2 Influence du pH intracellulaire sur les conductances jonctionnelle et non jonctionnelle

3 Jonctions lacunaires et développement embryonnaire

- 3.1 Mise en évidence de l'existence de jonctions gap dans des blastulas d'Amphibien
- 3.2 Mise en évidence du rôle de ces jonctions dans l'organogenèse
- 3.3 Évolution des jonctions gap entre blastomères au cours de l'embryogenèse

4 RÉDIGER LE DEVOIR

4.1 Rédiger un paragraphe

- Une courte introduction permet de présenter l'exposé qui suit et de poser les problèmes abordés dans cette partie. Cela n'est nécessaire que pour les paragraphes de rang 1.
- Je pense à indiquer les références de chaque document (référence soulignée, retour à la ligne...) avant d'en commencer l'étude. Cela est essentiel pour le travail du correcteur.
- L'étude peut souvent débiter par une présentation concise du protocole utilisé, à condition qu'elle ne répète pas l'énoncé, surtout lorsqu'elle n'est pas explicitée et fait partie des attendus du programme. C'est par exemple ici le cas des techniques de voltage imposé (document 2B1 et 2B2).
- Je présente alors les informations que j'ai extraites des documents puis je m'efforce d'en donner une interprétation ; cela signifie que je mets ces informations en relation entre elles, ou avec mes connaissances, ou avec d'autres documents, de façon à construire une réponse argumentée au problème étudié par le paragraphe. Cette réponse peut comporter des faits établis ou des hypothèses.

- Je n’oublie pas d’associer les documents proposés : je ne les analyse pas comme des données indépendantes les unes des autres. Cela est évident quand une figure X regroupe plusieurs documents notés a, b... J’utilise aussi les données fournies par l’analyse du document X pour expliquer le document X+1.
- Je rédige à l’aide de phrases courtes, simples, allant à l’essentiel, sans paraphraser le sujet. Le temps imparti est compté, inutile de perdre du temps à dire 2 fois la même chose, même sous des apparences un peu différentes. Inutile aussi de perdre du temps dans une description exhaustive des documents de laquelle je ne parviendrais pas à faire émerger l’essentiel en relation avec le problème à résoudre.
- Si cela est possible, dès qu’un schéma (ou tout autre représentation : tableau, graphe...) peut faciliter la compréhension du texte, je le réalise. Il doit cependant être accompagné d’un texte explicatif et d’une conclusion : un paragraphe ne doit pas se résumer à un simple schéma. La fin de chaque paragraphe de rang 1 est un endroit privilégié pour une telle représentation.

1 Organisation structurale des jonctions lacunaires

L’étude de structures membranaires comme les jonctions gap fait appel à différentes techniques : observations en microscopie électronique, séparation des molécules par électrophorèse, séquençage de protéines, identification spécifique de fragments peptidiques par immunocytochimie.

1.1 Des jonctions ménagées entre des plages membranaires rapprochées



L’analyse des documents 1A1, 1A2 et 1B nécessite de les légender.

La compréhension de ces documents passe entre autres par la prise en compte des dimensions (cf. échelle).

Il est également nécessaire de les corrélés entre eux.

1.1.1. Structure d’ensemble d’une jonction

Document 1A1

Le titre du document désigne une jonction intercellulaire de type gap. Cette jonction présente une longueur d’au moins 350 nm. On y reconnaît deux membranes : structures d’aspect tripartite en microscopie à transmission à fort grandissement — ce qui est le cas — et épaisses de 7 à 8 nm. L’espace qui les sépare est de moins de 10 nm alors que, habituellement, deux cellules adjacentes en dehors de secteurs jonctionnels sont séparées par une distance supérieure (20 nm ou plus). Dans le secteur de rapprochement des deux membranes plasmiques, des zones plus denses régulièrement espacées peuvent être identifiées face à face dans chacune d’entre elles, avec même à un endroit une impression de « continuité intermembranaire ». On retrouve bien là toutes les caractéristiques des jonctions lacunaires.

Document 1A2

L’objet à étudier est d’abord fixé par une exposition à basse température (azote liquide). Il est ensuite fracturé à l’aide d’un couteau appliqué tangentiellement. Le clivage opéré, une fine pellicule métallique est alors déposée sur chaque surface résultant de la fracture. Les répliques obtenues sont ensuite récupérées et observées au microscope électronique à transmission. La cryofracture et le cryodécapage entraînent parfois la séparation d’un secteur membranaire en deux hémimembranes.

Le document 1A2 montre que le secteur de la jonction se présente comme un disque d’environ 250 nm de diamètre. Il s’agit d’une vue de face du secteur observé en coupe sur le document précédent. La densité de structures particulières enchâssées dans la membrane est élevée, supérieure à celle des autres secteurs membranaires. Ces particules d’environ 5 nm de diamètre correspondent vraisemblablement à des **protéines membranaires** ; elles sont visibles aussi bien sur la face

Voir « Analyses de répliques membranaires », Programme de 1^{re} année.

exoplasmique que sur la face protoplasmique, il s'agit donc de **protéines transmembranaires** correspondant aux épaissements précédemment remarqués sur le document 1A1.

En dehors de ces secteurs, les granulations observables dans les membranes, de densité moindre, peuvent également correspondre à des protéines membranaires.

La jonction apparaît comme un disque de près de 250 nm de diamètre où la densité de protéines membranaires est au moins deux fois plus importante que sur le reste de la membrane.

1.1.2 La structure d'un connexon

Le **document 1B** présente des jonctions gap fixées dans la glace et observées en microscopie électronique. Le grandissement est supérieur à celui des clichés précédents. On y observe des structures circulaires (8 nm de diamètre) composées de 6 particules disposées régulièrement autour d'une lumière de 2 nm de diamètre (**symétrie axiale d'ordre 6**). L'angle d'observation est le même que celui du document 1A2. Ces structures correspondent aux protéines transmembranaires montrées précédemment, les connexons, constitués chacun de 6 sous-unités ou **connexines**.

Conclusion (figure 1) : Alors que l'espace intermembranaire entre deux cellules adjacentes est généralement voisin de 15 à 20 nm, le secteur de jonction gap apparaît comme une zone d'effacement au moins partiel de cet espace, d'accolement intercellulaire accru, pouvant contribuer par la présence de protéines transmembranaires, associées face à face, les connexons, à la réalisation de plages d'ancrage intercellulaire entre ces deux cellules. Chaque connexon semble constitué de 6 sous-unités disposées de manière symétrique autour d'une lumière centrale, l'association de deux connexons formant un ensemble cylindrique transmembranaire.

4.2 Réaliser un schéma

- Je peux soit reprendre (en partie le plus souvent) un schéma de cours, soit concevoir moi-même un schéma original en intégrant des informations extraites des documents.
- Dans les deux cas, je veille à ce que le schéma illustre les notions essentielles (hypothèses ou conclusions) auxquelles l'analyse a abouti.
- Je réalise un schéma soigné en prenant garde à sa taille, à son emplacement dans la copie, à l'emploi adéquat des couleurs...
- Je veille à l'équilibre texte/illustration et prends en compte la réalisation de ces schémas dans la gestion du temps de l'épreuve.

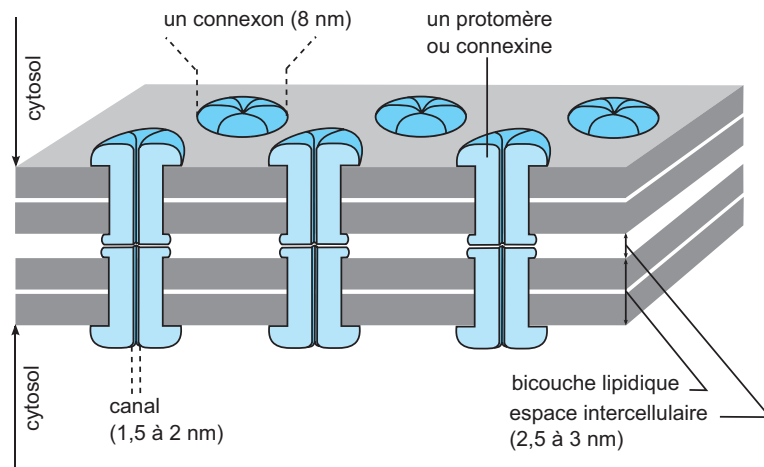


Figure 1 Schéma d'une jonction lacunaire.

1.2 Topographie des connexines

1.2.1 Séparation des connexines par électrophorèse

Le **document 1C** présente les résultats d'une électrophorèse en conditions dénaturantes (SDS) des protéines membranaires présentes dans les jonctions gap d'hépatocytes de rat.

L'électrophorèse sur gel de polyacrylamide-SDS permet de séparer les protéines sur le seul critère de leur masse. Le paramètre « charge » est « neutralisé » par l'ajout de SDS qui rend toutes les protéines anioniques.

Sur la piste 2, on note une seule tache très marquée située aux deux tiers de la bande correspondant à une masse moléculaire de l'ordre de 27-28 kDa.



Une bande beaucoup moins marquée pourrait être signalée également au tiers de la bande avec une masse caractéristique proche de 45 kDa ; nous n'y accorderons pas de valeur significative.

Cela montre la présence d'une seule catégorie protéique constitutive des jonctions étudiées : On peut alors supposer que les connexons sont des hexamères de sous-unités identiques, les connexines. On peut alors utiliser ses connaissances et indiquer que le connexon est lui-même une protéine à structure quaternaire constituée de 6 protomères identiques, les connexines qui sont des protéines à structure tertiaire.

1.2.2 Les domaines hydrophobes des connexines et leur insertion membranaire

Le **document 1D** propose le profil d'hydropathie de la connexine des jonctions gap d'hépatocytes de rat.

Document légendé

Ce profil permet d'identifier :

- 4 domaines **hydrophobes** : A5 à A40 ; A50 à A90 ; A120 à A165 ; A175 à A205
- 2 domaines hydrophiles dont une queue hydrophile de 60 acides aminés ; à ce stade de l'analyse, il est impossible de déterminer sa localisation cytosolique ou extracellulaire.

Chaque secteur hydrophobe correspond à une succession de 30 à 40 acides aminés hormis le troisième secteur légèrement plus long.

La connexine étant transmembranaire, nous pouvons supposer que les 4 secteurs hydrophobes sont des **hélices α transmembranaires** constituées de l'enchaînement d'acides aminés à **dominante hydrophobe** (indice d'hydropathie positif). Or le pas d'une hélice α est de 0,54 nm et comporte 3,6 acides aminés. On peut donc évaluer entre 3 et 4,5 nm la longueur des hélices α ce qui serait alors suffisant pour la traversée membranaire du secteur hydrophobe de la membrane, de l'ordre de 3,5 à 4 nm.

Conclusion : chaque connexine comporterait donc 4 segments membranaires consécutifs sous forme d'hélice α . Il reste alors à lever une indétermination quant au positionnement exact entre deux modèles possibles (**figure 2**) : un premier où les deux secteurs hydrophiles seraient intracellulaires, un second où ils seraient extracellulaires.

1.2.3 Localisation des domaines hydrophiles

Le **document 1E** présente les résultats d'expériences d'immunodétection permettant de préciser la localisation des portions extramembranaires des connexines.

Ces expériences exploitent :

- la capacité d'un anticorps de reconnaître et de se lier à une séquence spécifique vis-à-vis de laquelle il dispose d'une affinité ;
- la capacité de localiser ces anticorps, et donc la séquence spécifique qu'ils lient grâce au métal que l'on peut leur fixer et qui leur confère une trace spécifique accrue en microscopie électronique (ils apparaîtront alors sur les électrographies sous forme de taches particulièrement sombres).

Rappeler sommairement le principe de l'électrophorèse et le rôle du SDS (voir « Séparation des protéines par électrophorèse » et « Électrophorèse de protéines en conditions dénaturantes » Programme de 1^{re} année

Voir « l'analyse de profils d'hydropathie » Programme de 1^{re} année

Voir « Le modèle membranaire tripartite de Robertson », Programme de 1^{re} année

l'intégrale

RÉUSSIR la BIOLOGIE à l'écrit AGRO-VÉTO

BCPST 1^{re} et 2^e années

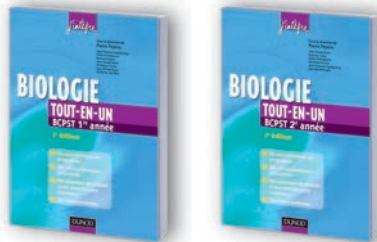
Les deux épreuves écrites de biologie au concours Agro-Véto (l'épreuve A « de synthèse » et l'épreuve B « sur documents ») sont réputées pour être difficiles : les connaissances à maîtriser sont vastes, il faut savoir les synthétiser à travers une problématique donnée, il faut savoir bien rédiger et bien illustrer son écrit par des schémas... Pour réussir ces épreuves, un véritable entraînement et une méthodologie sont indispensables.

Cet ouvrage vous propose une **préparation complète et méthodique** à ces deux épreuves écrites.

- Le présentation des deux types d'épreuves ;
- L'étude complète de deux sujets de concours (un de type A et un de type B) avec la **méthodologie à suivre étape par étape** et la **rédaction intégrale** du corrigé ;
- Des **exemples de sujets** (Agro-Véto et ENS) dans différents domaines du programme pour illustrer les principales méthodes (rédiger une introduction, construire un plan, analyser une micrographie, analyser un tableau de valeurs...).

Ce livre vous sera utile **dès le début de la première année** (pour préparer les devoirs sur table) **jusqu'à la préparation des concours**.

Vous trouverez dans la même collection :



6909592

ISBN 978-2-10-054927-6

PIERRE PEYCRU

est professeur en BCPST au lycée Montaigne à Bordeaux.

CHRISTIANE PERRIER

est professeur en BCPST au lycée du Parc à Lyon, membre du jury du CAPES de SVT-SU.

JEAN-MICHEL DUPIN

est professeur en BCPST au lycée Montaigne à Bordeaux.

DIDIER GRANDPERRIN

est professeur en BCPST au lycée Jean-Baptiste Say à Paris.

CÉCILE VAN DER REST

est professeur en BCPST au lycée Fénélon à Paris.

JEAN-FRANÇOIS FOGELGESANG

est professeur en BCPST au lycée Sainte Geneviève à Versailles.



DUNOD

www.dunod.com