

Programme de Biologie Cellulaire du Cycle Préparatoire

Biologie - Géologie (BG1)

30 heures de cours (première année ; premier semestre)

un devoir, un examen et un test écrits

12 h de travaux pratiques (des comptes rendus et un examen TP)

Les objectifs de l'enseignement :

Le but de ce module est de donner une meilleure compréhension de la biologie cellulaire, afin de préparer l'étudiant aux procédés biochimiques et physiologiques compliqués qui suivront en deuxième année (BG2). Le module de biologie cellulaire est une introduction aux cellules (théorie cellulaire), les organisations moléculaires et structurales des cellules procaryotes et eucaryotes (en se focalisant sur les cellules eucaryotes avec les principales structures et organites cellulaires). A travers la diversité des structures, des formes et des tailles cellulaires, on essayera d'amener l'étudiant à assimiler la complémentarité de leur fonctionnement au sein d'une unité multicellulaire animale ou végétale. L'étudiant est appelé aussi à saisir les rapports structure-fonction et à dégager le rôle joué par les molécules biologiques dans la détermination de ces rapports.

La conclusion de ce cours sera orientée vers l'éveil de la curiosité de l'étudiant et vers les applications de cet enseignement dans les domaines biotechnologique et agronomique afin de l'habituer à développer son savoir-faire nécessaire à sa carrière d'ingénieur.

Présentation des programmes :

Le programme est présenté en deux colonnes.

- ✓ La colonne à gauche comprend l'énoncé des objectifs de connaissances et les éléments centraux de chaque chapitre.
- ✓ La colonne à droite comprend plusieurs types d'informations destinées à fixer plus clairement ce que l'on attend comme mémorisation de connaissances (au premier ordre).

1-Introduction à la biologie cellulaire (30mn)

- Définir la biologie cellulaire et la positionner par rapport aux autres disciplines.
- Indiquer l'apport de la connaissance de la cellule à la compréhension des différentes disciplines en biologie.
- Donner un bref historique de la biologie cellulaire.
- Introduire la notion de la théorie cellulaire.

2-Organisation générale de la cellule (2h 30min)

2.1 Introduction

- Indiquer que la cellule est l'unité de base des êtres vivants (Schleiden et Schwann)
- Indiquer les propriétés communes : informations génétiques, synthèse de protéines et d'énergie.
- Indiquer la capacité de la cellule à se différencier et de se multiplier

2.2 La cellule procaryote 2.2.1 La cellule bactérienne 2.2.2 Les cyanophycées ou Cyanoschizophytes (algues bleues) 2.3 La cellule eucaryote 2.3.1 La cellule animale a) Définition	- Donner simplement la classification des êtres vivants en organismes eucaryotes et procaryotes (Archéobactéries et Eubactéries). Les Virus, à structure acellulaire, ne sont pas considérés comme des êtres vivants. - Donner une description générale de la cellule procaryote -Réaliser un schéma titré et annoté d'une cellule bactérienne - Indiquer quelle est délimitée par une membrane et une paroi, absence de compartiments, chromosome unique circulaire et des plasmides. - Définir la notion de bactérie Gram⁺ et Gram⁻ (exemple : <i>Escherichia coli</i> et <i>Bacillus</i> sp). -Définir la notion de bactérie autotrophe (photosynthétique) et hétérotrophe (sans détails). Définir et donner brièvement les caractères généraux (sans trop détailler) - Indiquer que l'information génétique est nucléaire (véritable noyau entouré d'une enveloppe nucléaire) et cytoplasmique - Indiquer la présence de protéines histoniques associées à l'ADN - Indiquer que les gènes sont formés par des introns et des exons - Définir un compartiment. -Décrire l'organisation générale, variation de la forme et de la taille. - Donner la classification : organismes eucaryotes pluricellulaires hétérotrophes qui sont les métazoaires (notion de tissu) et organismes unicellulaires à affinité animale (paramécie) - Définir un protoplasme, un hyaloplasme et citer les divers organites (brièvement leurs
--	---

b) Différenciation cellulaire	fonctions). - Définir la notion de cellules hétérotrophes. -Décrire la différenciation du myéloblaste : transformation en leucocytes polynucléaires.
2.3.2 La cellule végétale a) Définition b) Différenciation du système vacuolaire	-Donner une description générale, la variation de la forme et de la taille et les organites (brièvement leurs fonctions). -Réaliser un schéma titré et annoté d'une cellule végétale. - Définir la notion de cellule autotrophe. -Donner comme exemple la dynamique de synthèse de la vacuole. <u>Synthèse</u> Les cellules animale et végétale présentent à la fois des similitudes et des différences. Dégager les principales différences entre ces deux types cellulaires.
2.4 Les virus	- Indiquer que les virus ne sont pas des cellules. - Donner la structure générale ainsi la taille et la forme. - Donner la classification des virus : virus à ADN ou ARN. - Décrire brièvement le mode de réplication (cycle lytique et lysogénique). Exemples : VIH et bactériophage. <u>Synthèse pour cette partie</u> : peut-être un schéma comparatif entre cellules eucaryotes (animale et végétale) et procaryotes
3. Composition chimique de la cellule : Des molécules du vivant à la cellule (6h) 3.1. Les minéraux	- Citer les principaux minéraux entrant dans la composition de la matière vivante (Na^+,

3.2. L'eau 3.3. Les biomolécules 3.3.1. Les Glucides Donner la classification générale des glucides. a) Les oses b) Les osides b.1) Les holosides - Les disaccharides - Les polysaccharides b.2) les hétérosides -Glycolipides -Glycoprotéines 3.3.2. Les lipides Donner la classification générale des lipides simples et complexes a) les lipides simples ou homolipides	K^+, Ca^{2+}, Cl^-. - Introduire la notion d'oligoéléments. - Donner le rôle biologique de ces minéraux. - Donner les rôles biologiques de l'eau (solvant, milieu de dispersion, régulateur thermique, réactif chimique, maintien d'équilibre). - Donner la formule générale des oses. - Représenter les molécules suivantes sous leurs formes linéaires et cycliques : glycéraldéhyde, dihydroxyacétone, glucose, fructose, ribose, désoxyribose (se limiter à ces exemples). - Représenter le maltose, le lactose et le saccharose (se limiter à ces exemples). - Donner les rôles biologiques des polysaccharides. On se limitera aux fonctions de réserve (amidon et glycogène), de structure (cellulose, chitine, glycane) et d'information (glycanes des matrices extracellulaires). - Décrire schématiquement et commenter la structure linéaire ou spiralée de deux polymères d'oses : la cellulose et l'amidon. - Donner les rôles biologiques de ces hétérosides (déterminant antigénique, système ABO du sang,...).
--	--

- les acides gras - les glycérides - les stérides - les cérides	- Reconnaître et définir le caractère saturé ou insaturé d'un acide gras (exemple C18:0 et C18:3 se limiter à ces exemples). - Décrire et représenter schématiquement un triglycéride, un stéride et un céride.
b) Les lipides complexes ou hétérolipides - Les glycérophospholipides - Les sphingolipides - Les glycolipides - Les lipoprotéines	- Décrire et représenter schématiquement un phosphoglycéride et un sphingolipide. - Décrire et reconnaître les groupements hydrophobes et hydrophiles d'un lipide (molécule amphiphile). - Donner pour les phospholipides la structure chimique, l'emplacement et le rôle biologique de la phosphatidylcholine, la phosphatidylsérine, la phosphatidyléthanolamine (céphaline) et la phosphatidylinositol. - Préciser le rôle et l'emplacement des sphingolipides (céramide, cérébroside, ganglioside, sphingomyéline).
3.3.3. Les protides a) les acides aminés	- Donner la formule générale d'un acide aminé. - Identifier sur une formule le type de radical, le rattacher à un groupe d'acide aminé. Seules les structures de la cystéine, la sérine, thréonine et asparagine sont à mémoriser.
b) Les peptides c) Les protéines : définitions et Structures	- Décrire et commenter la liaison peptidique. - Définir une protéine et les différents types de repliements. - Décrire les structures primaire, secondaire avec hélice α (α-kératine) et feuillet β (la fibroïne de la soie), structure tertiaire et structure quaternaire (le collagène et l'hémoglobine).

Dans cette partie nous introduisons les enzymes comme protéine ayant une activité enzymatique. Introduction de la notion du site actif, la spécificité de l'enzyme vis à vis du substrat et la réaction. Exemples les enzymes de la glycolyse (glyceraldehyde-3-phosphate déshydrogénase et l'hexokinase) 3.3.4. Les Acides nucléiques (ADN et ARN) Les acides nucléiques sont des polymères séquencés de nucléotides. 4-Méthodes d'études de la cellule (2h) 4.1 Méthodes d'études morphologiques - Microscopie photonique - Microscopie électronique 4.2 Méthodes d'études cytochimiques	- Introduire la notion de glycosylation qui peut donner une N-glycoprotéine (sur asparagine) et une O-glycoprotéine (sur sérine et thréonine). - Indiquer que l'activité biologique des protéines, en particulier des enzymes, dépend fortement de sa conformation spatiale. - Définir un nucléotide et un nucléoside - Représenter l'organisation des nucléotides (pentose - phosphate - base azotée) - Indiquer la distinction ribose / désoxyribose - Représentation de la liaison phosphodiester - Représenter schématiquement et commenter les structures de l'ADN et de l'ARN, les relier à leurs propriétés en relation avec les attendus des cours de génétique Remarque : Représenter schématiquement les structures de l'ATP et NADH,H⁺ en liaison avec leur fonction d'intermédiaire du métabolisme. Aucune formule n'est exigible. Décrire brièvement les étapes clés (fixation, inclusion, coupe, coloration, montage) destinée pour observation microscopique - Application : technique de cryofracture - Coloration, Immunohistochimie, Immunocytochimie et cytométrie à flux.
---	---

4.3 Méthodes d'études analytiques	- Fractionnement cellulaire par les techniques d'ultracentrifugation (différentielle, zonale, isopycnique) -Chromatographie (gel filtration, d'affinité, échangeuse d'ions) - Electrophorèse des protéines - Western blot
4.4 Méthodes d'études fonctionnelles	-Culture cellulaire - Auto radiographie
5-La membrane plasmique (4h)	
5.1 Définition et ultrastructure 5.2 Composition chimique	-Donner les constituants biochimiques de la membrane plasmique. -Donner les fonctions biologiques des différents types de molécules.
5.3 Architecture moléculaire	- Décrire et représenter le modèle de la mosaïque fluide de Singer et Nicholson. - Citer les différents types de liaisons biologiques entre les différentes molécules. -Indiquer les propriétés d'asymétrie et de fluidité de la membrane plasmique. -Réaliser un schéma titré et annoté de l'ultrastructure de la membrane cellulaire. - Indiquer les différents types de mouvements des phospholipides (diffusion latérale, rotation et flip-flop).
5.4 Différenciations morpho-fonctionnelles de la membrane plasmique	*Indiquer les mécanismes d'adhérence cellulaire : -Adhérence intercellulaire : les adhérences jonctionnelles et non jonctionnelles (molécules d'adhérence ou d'adhésion). -Adhérence cellule-matrice (hémidesmosome et molécules d'adhérence SAM et CAM). -Définir la notion d'interdigitation. *Augmentation de la surface d'échange : microvillosités et invaginations

5.5 Rôles physiologiques 5.5.1 Perméabilité membranaire /Transport transmembranaire a) Transport passif * Rapport avec l'architecture moléculaire b) Transport actif c) Transports cytotiques Endocytose et exocytose: mécanismes et fonctions d) Transmission de l'information	A) Définir et donner les différents types de diffusion simple à travers la bicouche * Décrire la perméabilité à l'eau, phénomène d'osmose et aquaporine * Décrire la diffusion dite lipophile : gaz, stéroïdes, évaluer la liposolubilité d'une espèce chimique par son coefficient de partition huile/eau. B) Définir et donner les différents types de diffusion passive dite facilitée : perméases et canaux ioniques -Relier une cinétique de passage à une modalité de passage. <u>Remarque</u> : introduire la notion d'ionophore A) Définir et donner les différents types de transport actif primaire : pompe à Na^+/K^+, pompe à Ca^{++}, pompe à H^+. B) Définir et donner les différents types de transport actif secondaire (couplet) : cas du transport intestinal du glucose, symport $\text{Na}^+/\text{glucose}$. - Donner les caractéristiques des protéines, leur localisation et leurs fonctions dans les échanges. - Définir l'exocytose et l'endocytose. - Introduire les notions de pinocytose, phagocytose, endosome précoce et tardif. - On traitera le mode de transfert de matières entre compartiments par des phénomènes de bourgeonnement ou de fusion de vésicules : propriétés des membranes et implication des protéines. - Indiquer les différents modes de transmissions de l'information. - Humorale (transduction des signaux).
--	--

6- Hyaloplasme, cytosquelette, structures pluri tubulaires (2h) 6.1 Hyaloplasme 6.1.1 Définition et structures 6.1.2 Composition chimique 6.1.3 Etats physiques 6.1.4 Rôle biologique du hyaloplasme 6.2 Cytosquelette 6.2.1 Définition 6.2.2 Structure et organisation moléculaire des éléments du cytosquelette 6.2.3 Rôles du cytosquelette	-Nerveuse : potentiel d'action et médiateurs chimiques, récepteurs. - Introduire la notion de transmission autocrine, paracrine et endocrine. - Indiquer la présence de structures granulaires. - Indiquer la présence de structures fibreuses représentées par les éléments du cytosquelette : ✓ Les filaments intermédiaires (exemples les myofilaments et tonofilaments) ✓ Les microtubules ✓ Les microfilaments d'actine -Définir l'état sol et l'état gel. - Reserve de macromolécules, - Carrefour des voies métaboliques, - Production de mouvements : - Définir le cytosquelette qui est un élément du hyaloplasme (la structure fibreuse insoluble). - Indiquer la nature moléculaire des microtubules, microfilaments d'actine et filaments intermédiaires. - Présenter l'organisation des filaments du Cytosquelette. -Donner les fonctions biologiques de chaque élément du cytosquelette. * mouvements dus à la structure : Contraction musculaire, microvillosités... * mouvements dus aux états physiques : Mouvements amiboïdes, forme de la cellule Mouvement de cyclose
--	---

8-Le réticulum endoplasmique (2h) 8.1 Définition, structure et aspects 8.2 Composition chimique 8.3 Rôles physiologiques 8.3.1 : Rôle du RER : 8.3.2. Rôle du REL : 9- L'appareil de Golgi (2h30min) 9.1 Découverte 9.2 Définition, structure, aspects 9.3 Rôles physiologiques	- Indiquer que c'est un lieu de synthèse des protéines. - Bien décrire le mécanisme de synthèse d'une protéine au niveau du RER. * Introduire la notion de séquence signal et particule de reconnaissance du signal (SRP). * Indiquer que les protéines synthétisées subissent des modifications de structure : différents types de maturation dont la glycosylation. * Initiation de la N-glycosylation (modification co-translationnelle aspécifique). - Indiquer que le REL intervient dans: * la synthèse des lipides (phospholipides, hormones stéroïde) et redistribution * le métabolisme des glucides * la détoxification * le stockage du calcium
---	---

9.3.1 Rôle sécrétoire 9.3.2 Activation des protéines 9.3.3 Glycosylation 9.3.4 Sulfatation et phosphorylation 9.3.5 Tris intracellulaire des protéines 9.3.6 Formation des vésicules de sécrétion et recyclage de la membrane plasmique	- Décrire le rapport entre réticulum endoplasmique, dictyosome, vésicules et grains de sécrétion : rappeler l'utilité de la technique d'autoradiographie. -Décrire la maturation de l'insuline. - Décrire la maturation des N-glycoprotéines - Décrire la O-glycosylation (post-traductionnelle, spécifique). - Les protéoglycanes de la substance du cartilage de l'os sont sulfatées. - Les enzymes des lysosomes sont des glycoprotéine avec mannose-6-phosphate. -Exemple des enzymes lysosomales. -Sécrétion contrôlée, constitutive.....
10. Les lysosomes (45 min) 10.1. Définition 10.2. Mise en évidence 10.3. Caractérisation et structure 10.4. Fonctions 11. Peroxysomes (15 min) 11.1. Définition 11.2. Fonctions	-Définir et décrire les mécanismes de l'hétérophagie et de l'autophagie.
12. Les organites semi-autonomes : les mitochondries et les plastes (2h30min) 12.1 Les mitochondries 12.1.1 Définition, structure, origine	-Définir les types d'échanges au niveau des

13. Le noyau interphasique (2h)

13.1 Définition,

13.2 Forme et nombre

13.3 Structure

14. Le noyau au cours de la division cellulaire (2h)

14.1. Les chromosomes

- Structure
- Forme et nombre
- Notion de caryotype et de formule chromosomique

14.2. La division cellulaire

- Le cycle cellulaire
- La mitose
- Cas particuliers de la division cellulaire

- Décrire :
 - ✓ Enveloppe nucléaire, pores nucléaires et lamina nucléaire (nucléosquelette)
 - ✓ Echange avec le cytoplasme
 - ✓ Nucléoplasme,
 - ✓ chromatine,
 - ✓ Nucléoles,

- Définir le cycle cellulaire (interphase + mitose)
- Donner l'état de l'ADN au cours du cycle cellulaire
- Introduire la notion d'apoptose ou de mort cellulaire progressive dans le cas de la cellule végétale (brièvement)
- Donner les aspects morphologiques et les aspects physiologiques de la cellule au cours de la mitose
- donner la définition de l'amaritose, l'endomitose, la pleuromitose et la méiose.
- Mitose de la cellule végétale

Travaux Pratiques De Biologie Cellulaire

12 h de travaux pratiques (une note de TP)

Séance	Connaissances clés à construire, commentaires, capacités exigibles
<u>1^{ère} séance :</u> La microscopie optique	• Préparation et explication de la microscopie • Etude microscopique d'une cellule végétale (épiderme d'oignon) • Etude microscopique d'une cellule épithéliale (muqueuse buccale) • Etude microscopique d'un frottis sanguin
<u>2^{ème} et 3^{ème} séance :</u> Techniques histologiques 2^{ème} séance : 3^{ème} séance :	• Prélèvement de l'organe à préparer • Fixation au liquide de Carnoy • Déshydratation jusqu'à l'alcool absolu • Substitution de l'alcool par un solvant de la paraffine (butanol). Le 2^{ème} bain de butanol est un bain d'arrêt. La suite de la technique est observée en démonstration • Inclusion à la paraffine dans l'étuve réglée à la température de fusion de cette dernière • Formation du bloc de paraffine avec les barres de LEUKARD ou des moules • Préparation du bloc de paraffine pour la coupe • Confection des coupes de 5 à 7 microns au microtome • Etalement des rubans de coupes sur des lames de verre • Séchage à 40°C (2H) • Chauffage des lames histologiques à 60°C sur plaque chauffante • Déparaffinage et collodionnage • Hydratation • Coloration à la trioxyhémateine • Rinçage puis mordantage à l'eau de robinet

4^{ème} séance :

La division cellulaire

- Identifier les différentes phases du cycle cellulaire à partir d'observations microscopiques photonique de cellules animale et végétale
- mettre en relation l'état des chromosomes avec les phases du cycle cellulaire

- Déshydratation
- Montage entre lame et lamelles (milieu de montage)
- Observation au microscope après un séchage préliminaire de 15 minutes

- Noyau interphasique
- Prophase
- Métaphase
- Anaphase
- Télaphase

Matériels nécessaires pour les TP

La liste du matériel suivant est nécessaire pour la réalisation du TP de Biologie Cellulaire

- Microscope binoculaire (1 par binome)
- Microscope trinoculaire avec caméra intégré pour démonstration ce qui va faciliter la taches à l'enseignant
- Microtome (le mieux automatique et la marque Leica)
- Bain-marie pour coupes en paraffine ou Plaque chauffante d'aplanissement pour l'histopathologie