Document téléchargeable sur le site
https://www.svt-tanguy-jean.com/

EPLEFPA Dijon Quetigny Plombières-lès-Dijon
Site de Quetigny (21) • LEGTA Olivier de Serres
Classe préparatoire ATS (Adaptation Technicien Supérieur) Biologie
Préparation des Concours agronomiques et vétérinaires (voie C)

ENSEIGNEMENT DE BIOLOGIE • COURS ET TP

Vue d'ensemble

Plans de tous les chapitres de cours et TP

Année 2016-2017

Partie A. L'unité et la diversité des êtres vivants

Chapitre 1. La cellule eucaryote

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Deux cellules compartimentées soutenues par un cytosquelette 5
A. Des compartiments partagés par les deux cellules 5
1. Des organites « bimembranaires » (limités par une enveloppe) 5
a. Le noyau, lieu de stockage de l'information génétique (IG) 5
b. Les organites semi-autonomes et leur origine endosymbiotique 5
α. Les mitochondries, organites respiratoires 6
i. Des organites responsables de la respiration cellulaire 6
ii. Origine endosymbiotique des mitochondries 6
iii. Proposition d'un scénario 6
β. Les plastes, une particularité des cellules végétales 7
2. Le cytosol ou hyaloplasme, milieu fondamental de la cellule contenant des ribosomes 7
3. Les organites limités par une seule membrane 7
a. Le réticulum endoplasmique rugueux (RER) = réticulum endoplasmique granuleux (REG), lieu de repliement des protéines sécrétées ou membranaires 7
b. Le réticulum endoplasmique lisse (REL), lieu de synthèse de lipides 8
c. Les dictyosomes ou appareil de Gogli, lieu de modifications et de tri protéiques 8
d. Les péroxysomes 9
B. Les lysosomes, compartiments propres à la cellule animale 9
C. Des compartiments propres à la cellule végétale 10
1. Les chloroplastes, organites semi-autonomes et « bimembranaires » réalisant notamment la photosynthèse 10
a. Structure et fonction 10
b. Origine endosymbiotique 10
c. Existence d'autres types fonctionnels de plastes dans des cellules autres que la CPP 12
2. La vacuole, compartiment aux multiples fonctions 13
D. Le cytosquelette, armature protéique de la cellule 14
1. Des constituants variés 14
2. Principales fonctions du cytosquelette 15
E. Bilan 16

II. Une compartimentation dynamique qui autorise les échanges : deux cellules traversées par des flux 17
A. Des flux de matière 17
1. Mise en évidence du flux sécrétoire dans la cellule acineuse pancréatique : les expériences de PALADE (1960) 17
2. Importance de la polarité cellulaire dans le flux sécrétoire 18
3. Un contrôle des flux de matière : le contrôle de l'activité sécrétoire dans la cellule acineuse pancréatique [flux d'information !] 19
4. Généralisation : flux de matière dans les cellules 20
B. Des flux d'énergie 20
1. Une production catabolique d'ATP dans les deux types de cellules 20
2. Une production photosynthétique de métabolites dans la CPP 20
C. Des flux d'information 21
1. Un flux génétique 21
2. Un flux d'informations issues de stimuli extérieurs à la cellule 21
D. Bilan 21

III. Une compartimentation et des échanges permis par les membranes biologiques 24
A. Les membranes, des mosaïques fluides qui délimitent cellules et compartiments 24
1. La structure en mosaïque des membranes 24
a. Mise en évidence de la structure en mosaïque des membranes par cryofracture-cryodécapage 24
b. Organisation et composition des membranes biologiques 25
c. Principales fonctions des protéines membranaires 26
2. La fluidité membranaire 26
a. Mise en évidence de la fluidité membranaire 26
b. Mécanismes et modulabilité de la fluidité membranaire 27
3. L'asymétrie membranaire 28
B. Des membranes qui autorisent des flux traversants de matière : les échanges transmembranaires 28
1. Définition 28
2. Une perméabilité sélective des membranes 28
3. Typologie des transports transmembranaires 28
4. Les transports passifs de solutés 29
α. Notion de transport passif 29
β. Typologie des transports passifs 29
γ. Cinétique des transports passifs 29
i. La diffusion simple et la diffusion facilitée par canal présentent une cinétique linéaire en conditions physiologiques et obéissant à la loi de Fick 29
ii. La diffusion facilitée par perméase présente une cinétique saturable 30
5. Les déplacements transmembranaires d'eau : l'osmose 31
a. Définition 31
b. Sens de déplacement de l'eau 31
c. Un déplacement suivant des potentiels hydriques décroissants 31
d. Conséquences biologiques de l'osmose en conditions hypo-, iso- et hypertoniques 32
α. Définitions de ces conditions 32
β. Conséquences sur les cellules animales 32
γ. Conséquences sur les cellules végétales 32
6. Les transports actifs de solutés 32
a. Notion de transport actif et cinétique de saturation 32
b. Typologie des transports actifs 32
7. Bilan des transports transmembranaires 33
C. Des membranes qui permettent le déplacement de compartiments : le trafic vésiculaire 33
1. Des déplacements permis par des protéines motrices et le cytosquelette 33
2. L'exocytose, fusion d'une vésicule avec la membrane plasmique 34
3. L'endocytose, formation d'une vésicule par invagination de la membrane plasmique 34
4. La notion de bourgeonnement 34
D. Des membranes qui participent aux relations intercellulaires 35

IV. Deux cellules intégrées structuralement et fonctionnellement dans un organisme pluricellulaire 35
A. Deux cellules impliquées dans des fonctions de nutrition et intégrées dans des tissus eux-mêmes constitutifs d'organes 35
1. La CAP, cellule épithéliale cubique sécrétrice d'enzymes digestives 35
2. La CPP, cellule parenchymateuse chlorophyllienne à fonction photosynthétique 36
B. Deux cellules associées à une matrice extracellulaire 37
1. Notion de matrice extracellulaire 37
2. La lame basale, une matrice extracellulaire animale (MECA) 38
a. Constitution et organisation des matrices extracellulaires animales typiques 38
b. Des matrices extracellulaires animales produites par des fibroblastes 39
c. D'autres matrices animales 39
3. La paroi, matrice extracellulaire végétale 40
a. Composition et organisation 40
b. Mise en place et synthèse 41
c. Différenciation et diversification 41
4. Comparaison des matrices extracellulaires animales et végétales 44
C. Une cohésion des tissus assurée par des jonctions et/ou la matrice 44
1. Dans les cellules animales : des jonctions cellule-cellule et cellule-matrice 44
a. Des jonctions cellule-cellule 44
b. Des jonctions cellule-matrice : les hémidesmosomes 47
c. Existence de jonctions transitoires, notamment impliquées dans les communications intercellulaires et le développement 47
2. Dans les cellules végétales : pas de jonctions sauf les plasmodesmes et une cohésion assurée par le duo turgescence vacuolaire-paroi 49
D. Des cellules au fonctionnement contrôlé et coordonné par des communications intercellulaires 49
1. Typologie des communications intercellulaires chez les Métazoaires 49
a. La juxtacrinie, communication entre cellules adjacentes 49
b. La paracrinie, communication à courte distance par un facteur diffusif 49
c. L'endocrinie (communication hormonale), communication par une hormone transportée par le sang 49
d. La communication nerveuse 49
2. Les hormones végétales, agents de communication chez les Embryophytes 49
Références 50
Pour faire une fiche de révision : quelques pistes 51
Plan du chapitre 51

Chapitre 2. La cellule eubactérienne

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Des cellules peu ou pas compartimentées avec une information génétique libre : l'organisation eubactérienne 3
A. Des cellules limitées par une membrane et une paroi (+ parfois capsule, mucilage) 3
1. Une membrane plasmique semblable à celle des Eucaryotes 3
2. Deux types de paroi : Gram + et Gram – 3
3. Les parois, des structures à rôle squelettique 4
4. L'existence possible d'une capsule ou de mucilages 4
B. Des cellules peu ou pas compartimentées 4
1. L'absence fréquente de système endomembranaire chez les Eubactéries 4
2. La présence de thylakoïdes chez les Cyanobactéries 4
C. Un cytoplasme comprenant du cytosol, des ribosomes, des inclusions et l'information génétique 5
D. Une absence de cytosquelette ? 5
E. La présence possible d'expansions 5

II. Des cellules capables d'interagir avec leur environnement 6
A. Des cellules rarement regroupées en structures pluricellulaires 6
1. Exemple de *E. coli* : pas vraiment de pluricellularité comme nombre d'Eubactéries 6
2. Exemple des Cyanobactéries : vie coloniale voire pluricellularité 6
B. Des métabolismes variés en lien avec l'environnement 7
1. L'hétérotrophie d'*E. coli* : respiration ou fermentation 7
2. L'autotrophie des Cyanobactéries 7
3. La diversité métabolique des organismes procaryotes (*pour information*) 8
C. Des organismes impliqués dans des interactions interspécifiques 8
1. *E. coli* : un commensal mammalien… qui peut se révéler pathogène 8
2. Les lichens, un exemple de symbiose pouvant impliquer des Cyanobactéries 8

Références 9
Plan du chapitre 9

Chapitre 3. Comparaison cellule eucaryote-cellule eubactérienne

I. Des unités fondamentales d'êtres vivants limitées par une membrane et plus ou moins compartimentées

A. Des cellules de taille variable
B. Un cytoplasme limité par une membrane
C. Un réseau endomembranaire chez les eucaryotes, rarement chez les Eubactéries
D. Un cytosquelette important chez les cellules eucaryotes… mais absent des cellules eubactériennes ?

II. Des cellules animées d'un métabolisme et qui interagissent avec leur environnement

A. Des systèmes thermodynamiques ouverts où de nombreuses réactions sont catalysées par des enzymes (métabolisme) : existence de flux de matière et d'énergie
B. Des métabolismes hétéro- ou autotrophes possibles chez les deux types cellulaires
C. Des organismes souvent doublés d'une « matrice » extracellulaire
D. La capacité de former des colonies ou des organismes pluricellulaires
E. Des symbioses possibles entre les deux types cellulaires

III. Des cellules avec une information génétique qui s'exprime et se transmet

A. Une information codée par l'ADN au sein des génomes
B. Une information qui s'exprime de manière régulée
C. Une information qui se transmet de manière fidèle par réplication et division cellulaire
D. Une information qui autorise des modifications et des échanges

Chapitre 4. L'ADN, support universel de l'information génétique

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. L'ADN, hétéropolymère de nucléotides codant l'information génétique des organismes vivants 3
A. Les nucléotides, monomères de l'ADN (et des ARN) 3
1. Rappels : nature et constitution des nucléosides et nucléotides 3
2. Variété des rôles des nucléotides et dérivés nucléotidiques 5
3. Des composés polymérisables 5
B. L'ADN, hétéropolymère de nucléotides 5
1. Une molécule bicaténaire 5
2. Des brins orientables : extrémités 5' et 3' 6
3. Structure secondaire : deux brins antiparallèles organisés en double hélice 6
4. Une molécule qui respecte les règles de CHARGAFF 7
C. L'ADN, une molécule séquencée capable de porter une information 7
1. La capacité de porter une information : approche intuitive 7
2. Le caractère universel du codage de l'information génétique : mise en évidence par la transgénèse 7
3. Un codage par triplets de nucléotides de l'ADN (= codons dans l'ARNm) : le code génétique 8

a. Un système de correspondance (quasi-) universel entre séquence nucléotidique et séquence peptidique 8
b. Des codons initiateurs ou terminateurs de la traduction 8
c. Un code caractérisé par sa redondance (ou dégénérescence) 8
4. La notion d'ORF, cadre ouvert de lecture 8
D. L'ADN, une molécule en interaction avec des protéines qui s'exprime, se conserve, se transmet et peut varier 9

II. L'ADN, support moléculaire des génomes : organisation et structuration des génomes 9
A. Des génomes localisés et organisés différemment entre 'procaryotes' (exemple des Eubactéries) et Eucaryotes 9
1. Nature et localisation du génome des organismes 9
a. Génome des Eubactéries 9
b. Génome des Eucaryotes 9
2. Des génomes composés de molécules d'ADN linéaires ou circulaires associées à des protéines 10
a. Organisation du chromosome bactérien 10
b. Organisation des chromosomes eucaryotes 11
α. Organisation fondamentale 11
β. Degrés de condensation de l'ADN en interphase au MET 11
γ. Histones et nucléosomes 12
δ. Degrés de condensation de l'ADN 12
ε. Le chromosome métaphasique 12
B. Des génomes organisés en unités fondamentales : les gènes 14
1. Notions de gène, cistron, locus, allèle, hétérozygotie, homozygotie, dominance et récessivité [Rappels du secondaire] 14
2. Des gènes souvent groupés en opérons polycistroniques chez les Eubactéries 16
3. Des gènes morcelés (= gènes mosaïques) chez les Eucaryotes avec des régions non codantes (introns) séparant les portions codantes (exons) 16
a. Mise en évidence des introns par hybridation ARN-ADN monobrin (1977) 16
b. Organisation des gènes eucaryotes 16
C. La présence importante de séquences répétées et d'ADN non codant chez les Eucaryotes 18
1. Mise en évidence des séquences répétitives par les expériences de dénaturation-renaturation de l'ADN 18
2. Nature des séquences répétitives des Eucaryotes (*pour information ?*) 18
D. Des génomes de taille variable et sans lien avec la position phylogénétique du taxon : le paradoxe de la valeur c 19

Références 21
Plan du chapitre 22

Chapitre 5. Fécondation et développement embryonnaire chez les Amphibiens

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1
À connaître dans l'introduction et les encadrés initiaux 6

I. Gamètes et fécondation chez les Amphibiens 7
A. L'ovocyte des Amphibiens, une cellule polarisée 7
1. Le gamète femelle : un ovocyte secondaire entouré d'enveloppes protectrices 7
a. Un ovocyte bloqué en métaphase II (ovocyte II) 8
b. Un ovocyte entouré de deux enveloppes protectrices 8
2. Un gamète gorgé de réserves qui seront utilisées lors du DE 8
3. Une distribution asymétrique des constituants cellulaires caractérisée par une polarité (pôles animal et végétatif) et la présence de gradients 8
B. Le spermatozoïde, gamète mâle motile hautement différencié 9
C. Le zygote, cellule issue de la fécondation 10
1. La fécondation, une fusion des cytoplasmes (plasmogamie) suivie d'une mise en commun du matériel génétique (caryogamie = amphimixie) 10
2. La pénétration du spermatozoïde dans l'ovocyte et ses conséquences immédiates : réaction corticale, émission du deuxième globule polaire, caryogamie et rotation d'équilibration (= rotation d'orientation) 10
3. Une rotation corticale (env. 1h-2h après fécondation) qui aboutit à la définition de l'axe dorsoventral et du plan de symétrie bilatérale de l'animal 11

II. Les étapes du développement embryonnaire 12
A. La segmentation ou clivage, étape de divisions cellulaires permettant l'acquisition de la pluricellularité 12
1. Une étape caractérisée par de nombreuses mitoses et le creusement d'un blastocœle 12
2. Une étape caractérisée par une variation du rythme des divisions cellulaires suite à la transition blastuléenne 15
3. Une étape aboutissant à la blastula 15
a. La blastula, structure pluricellulaire organisée et cohérente (*pour information*) 15
b. La blastula, structure contenant des cellules déterminées 15
α. Mise en évidence d'une détermination 15
β. Bilan : carte des territoires présomptifs 16
B. La gastrulation, acquisition de l'état triploblastique 17
1. Les mouvements morphogénétiques permettant la mise en place du mésoderme 17
a. Mise en évidence de la gastrulation : techniques des marques colorées (Vogt, 1919) et observations externes ou de coupes 17
b. Bilan : les principaux mouvements de la gastrulation 18
2. Quelques mécanismes cellulaires impliqués (pour information : hors programme ?) 19
C. L'organogenèse au sens large, dernière étape du développement embryonnaire aboutissant au têtard (larve) 21
1. La neurulation, mise en place du tube nerveux dorsal (épineurie) et de nombreuses autres structures : chorde, métamérie, cœlome… 21
2. Le stade bourgeon caudal jeune, embryon deutérostomien constituant l'aboutissement de la neurulation 22
3. Devenir des tissus primordiaux lors de l'organogenèse au sens strict… et après 22

Bilan : points clefs de mise en place du plan d'organisation 24
Références 25
Plan du chapitre 26
Pour faire une fiche de révision : quelques pistes 26

Chapitre 6. Construction d'une Angiosperme Eudicotylédone

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Le développement embryonnaire et les processus associés 4
A. En amont de l'embryogenèse : la fécondation siphonogame et double chez les Angiospermes 4
1. Les gamétophytes, acteurs de la fécondation 4
a. Le grain de pollen, gamétophyte mâle mobile 4
b. Le sac embryonnaire, gamétophyte femelle fixe enfermé dans l'ovaire 4
2. Un tube pollinique qui permet la siphonogamie 6
3. Une double fécondation générant un zygote principal et un zygote accessoire 6
B. De l'ovule fécondé à la graine 6
1. L'embyrogenèse, intense période de mérèse comprenant plusieurs stades et assurant la mise en place d'un embryon polarisé 6
2. La mise en place de l'albumen (albuminogenèse), tissu à rôle nutritif 7
3. Une accumulation de réserves 7
a. Une localisation des réserves qui définit plusieurs types de graines 7
b. Nature des réserves 7
4. La transformation des téguments de l'ovule en téguments de la graine 8
5. La déshydratation et l'entrée en vie ralentie 8
C. La graine, une structure capable de germination 8

II. Implication des apex de tige et de racine dans le développement post-embryonnaire 9
A. Les méristèmes primaires, des zones de mérèse à développement indéfini 9
1. Des tissus à localisation propre, souvent en amas terminaux 9
2. Les cellules méristématiques, des cellules indifférenciées 9
3. La mérèse, une prolifération cellulaire par mitoses 10
4. Des tissus présentant des divisions anticlines et périclines 12
5. Des tissus autoentretenus permettant un développement indéfini 12
6. Des tissus histogènes mais pas toujours organogènes 12
a. La production de nouveaux tissus qui s'allongent et se différencient : le caractère histogène des méristèmes 12
b. La production, au niveau caulinaire, de nouveaux organes : le caractère organogène des méristèmes caulinaires 12
7. Des tissus protégés 12
a. Une protection dans des bourgeons pour les méristèmes aériens 12
b. Une protection par une coiffe pour le méristème apical racinaire (MAR) 12
B. L'apex caulinaire : organisation et fonctionnement 13
1. La double zonation du méristème apical caulinaire (MAC) 13
a. La zonation ZC/ZP/ZM 13
b. La zonation corpus-tunica 13
2. Un méristème apical histogène et organogène qui assure la mise en place de nouveaux phytomères (= modules) 14
a. Le phytomère (= module), unité de base de l'organisation de la tige herbacée 14
b. Modalités de mise en place d'un nouveau phytomère : une activité répétitive et indéfinie 14
3. Le MAC, tissu parent de tous les méristèmes primaires de la tige 15
C. L'apex racinaire : organisation et fonctionnement 15
1. Structuration globale de la terminaison racinaire 15
2. Le méristème apical racinaire (MAR), méristème histogène qui assure la mise en place des tissus racinaires 15

III. Allongement des organes par auxèse, et histogenèse par différenciation cellulaire 18
A. L'auxèse, l'élongation des cellules qui permet la croissance en longueur 18
1. Une localisation post-méristématique des zones de croissance en longueur 18
a. Une croissance subapicale dans les racines 18
b. Une croissance intercalaire dans la tige qui permet l'allongement des phytomères 18
2. Mécanismes de grandissement cellulaire 18
a. Un processus qui fait appel à la pression de turgescence 18
b. Un processus qui suppose une paroi primaire peu épaisse 18
c. Un processus qui suppose un relâchement pariétal 18
d. Un processus influencé par l'orientation des microtubules 19
e. Un processus qui suppose la synthèse de nouvelles microfibrilles de cellulose (et autres composés pariétaux) : croissance par intussusception 19
f. Un processus irréversible qui s'achève par la production d'une paroi secondaire 20
3. L'auxèse, un processus contrôlé 20
a. Un contrôle par une hormone végétale : l'auxine 20
α. L'auxine, une hormone végétale notamment produite par les méristèmes de l'appareil aérien 20
β. L'auxine, une hormone végétale qui se déplace selon deux modalités 20
γ. L'auxine, une hormone codée en concentration qui agit différemment selon le tissu cible 22
δ. L'auxine, une hormone végétale dont on peut proposer un modèle d'action (dans les cellules en élongation de la tige) : favorisation de l'acidification des parois et régulation génétique 22
b. Un contrôle par l'environnement : l'exemple des tropismes [hors programme : pour information] 23
B. La différenciation des cellules, processus qui permet l'élaboration de tissus spécialisés ou histogenèse 23
1. Caractères généraux de la différenciation 23
2. Une filiation cellulaire qui remonte toujours aux méristèmes, et même aux cellules embryonnaires 23
3. Un exemple de différenciation : la xylogenèse, production de vaisseaux de xylème stimulée par l'auxine 23
4. Une diversité de cellules issues des cellules procambiales ou cambiales : un aperçu 24

IV. Méristèmes secondaires et croissance en épaisseur 24
A. Origine et mise en place des méristèmes secondaires 25
1. Mise en place du cambium libéroligneux (ou cambium au sens strict) 25
a. Au niveau de la tige : un héritage procambial et une dédifférenciation du parenchyme cortical 25
b. Au niveau de la racine : une dédifférenciation du péricyle et du parenchyme médullaire 25
2. Mise en place de l'assise subéro-phellodermique (ou phellogène) : dédifférenciation de tissus variés 25

B. Des cellules initiales de section transversale parallélépipédique et aux divisons lentes : exemple du cambium 25
1. Des cellules allongées et vacuolisées 25
2. Des divisons lentes, majoritairement périclines dues aux initiales fusiformes 26
C. Des assises histogènes qui mettent en place des tissus secondaires de manière asymétrique 26
1. Mise en place de xylème II (= bois) et de phloème II (= liber) par le cambium libéroligneux 26
2. Mise en place de liège (= suber) et de phelloderme par le phellogène 26
D. Des assises caractérisées par un fonctionnement saisonnier 26
1. Cas du cambium 26
2. Cas du phellogène 27

Bilan 28
Pour faire une fiche de révision : quelques pistes 29
Références 30
Plan du chapitre 30

Chapitre 7. La biodiversité et les liens de parenté

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. La systématique, discipline étudiant la diversité du vivant 2
A. Nature et objectifs de la systématique 2
B. Les taxons, objets d'étude de la systématique 2
1. Notions de taxon et de rang taxonomique 2
2. Le *ranking*, une histoire de conventions ? 2
3. L'espèce, une réalité biologique objective ? 3
a. Une discussion ancienne… et insoluble 3
b. La définition biologique, définition fréquemment avancée 3
c. Le concept morphologique, concept le plus utilisé au quotidien 3
d. D'autres conceptions 3
C. Les activités du systématicien 3
1. La description et la nomenclature 3
a. Le caractère international de la nomenclature des taxons 3
b. Décrire et nommer les taxons, des activités très encadrées : les codes de nomenclature 3
c. Le *barcoding*, la description de demain ? 6
d. Combien d'espèces connues et à découvrir ? 6
2. L'identification des taxons et leur inventaire 7
a. Une tâche majeure du systématicien 7
b. La détermination, activité pratique et « pragmatique » 7
c. La conception et l'utilisation d'outils de déterminations (clefs et autres) 7
3. La production de classifications 8
D. Les trois écoles systématiques de la deuxième moitié du XXe siècle 8
1. La systématique « évolutionniste » (= gradiste = éclectique) : un fréquent recyclage des classifications traditionnelles 8
a. Une classification fondée sur une vision de l'évolution par « paliers » 8
b. Le recours à la conception traditionnelle de l'homologie 8
2. La systématique phénétique : des classifications basées sur une quantification de la similitude morpho-anatomique des organismes 9
3. La systématique phylogénétique : des classifications basées sur l'apparentement des organismes et la notion d'apomorphie 9
E. Les arbres de parenté, supports de la systématique phylogénétique 9
1. Nature et lecture des arbres phylogénétiques 9
2. Monophylie, paraphylie et polyphylie 10

II. Les caractères utilisés dans l'établissement des liens de parenté 11
A. L'emploi de caractères variés mais homologues 11
1. La diversité des caractères utilisables 11
2. L'emploi de caractères homologues 11
a. L'homologie dans le cadre phylogénétique 11
b. Les moyens de détecter l'homologie 11
α. L'utilisation du principe des connexions morpho-anatomiques (anatomie comparée) 11
β. L'emploi des données embryologiques (embryologie comparée) 11
γ. Le recours aux données du registre fossile 12
3. Cas de l'homologie moléculaire 12
B. La distinction des états primitifs et dérivés de caractères 12
1. Notions d'état primitif et dérivé de caractère 12
2. Relativité des plésiomorphies et apomorphies 12
3. Existence possible de multiples états dérivés 13

C. La nécessité d'évacuer les fausses homologies 13
1. Les analogies, ressemblances fonctionnelles rarement prises pour des homologies 13
2. Les homoplasies, similitudes structurales ou embryologiques trompeuses 13
3. Cas des données moléculaires : la difficulté de reconnaître les gènes orthologues 13

III. Méthodes de construction et de validation des arbres phylogénétiques 14
A. Construction d'arbres à partir de caractères polarisés : l'analyse cladistique 14
1. Principes de l'analyse cladistique 14
2. Une méthode largement informatisée 14
3. Les différentes étapes de la méthode 15
a. Le choix des caractères 15
b. La polarisation des caractères et la construction d'une matrice de caractère 15
α. 1e méthode de polarisation : la comparaison à un extragroupe 15
β. 2e méthode : le critère ontogénétique (peu usité) 17
γ. 3e méthode : le critère paléontologique (= critère de la précédence géologique) 17
c. La construction des arbres possibles 17
d. Le choix de l'arbre le plus parcimonieux 17
B. Construction d'arbres à partir de séquences nucléotidiques ou peptidiques : les phylogénies moléculaires 17
1. Intérêt des phylogénies moléculaires 17
2. Grands principes communs aux phylogénies moléculaires 18
3. Difficultés transversales des approches moléculaires 18
4. La phylogénie moléculaire à l'heure de la génomique 18
C. Des arbres hypothétiques et compilables 18
1. Des résultats toujours hypothétiques 18
2. Une plausibilité des résultats vérifiable par des tests statistiques 18
3. L'existence de conflits phylogénétiques 18
D. Utilisations et conséquences des résultats phylogénétiques 19
1. Aperçu de la diversité des applications des phylogénies de taxons 19
a. La production de classifications phylogénétiques 19
b. La compréhension de l'évolution des taxons et de certains caractères : l'élaboration de scénarios évolutifs 19
c. La mise en évidence de l'impact des relations interspécifiques dans l'évolution : les phylogénies en miroir et la cospéciation 19
2. D'autres emplois possibles des méthodes de reconstruction phylogénétique (*pour information*) 19
IV. Phylogénie du vivant : morceaux choisis 20
A. Structure fondamentale de l'arbre du vivant : trois domaines (Eubactéries, Archées, Eucaryotes) 20
B. Structure de l'arbre des Eucaryotes (*hors programme*) 21
C. Structure de l'arbre des Embryophytes (au programme !) 21
D. Structure de l'arbre des Métazoaires et des Arthropodes (*hors programme ?*) 22
E. L'arbre des Vertébrés (au programme !) 23
Références 24
Plan du chapitre 25

Chapitre 8. Les virus, entités biologiques parasites du système d'expression des cellules

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Les virions (= particules virales), état libre des virus 1
A. Organisation : une information génétique enfermée dans une capside et éventuellement une enveloppe 1
1. Une information génétique portée par un acide nucléique 1
a. Un acide nucléique de nature variable qui sert de base à la classification 1
b. Une information réduite composée de quelques gènes à quelques dizaines 2
2. La présence d'une capside protéique protectrice 2
3. La présence fréquente d'une enveloppe (= péplos) de nature membranaire 3
B. Les virions, entités composées de matière organique mais acellulaires et « acaryotes » 3
C. Les virions, parasites pathogènes de cellules de tous groupes 3
D. Les virus, entités évolutives à l'origine discutée [*pour information*] 4
1. Des entités génétiques qui subissent des mutations 4
2. Petit détour sur les origines du vivant (organismes cellulaires) 4
3. L'origine des virus : diversité des hypothèses possibles 4
4. La difficulté de brancher les virus sur l'arbre du vivant 4
E. Proposition de bilan 5

II. Infection, parasitisme et reproduction des virus 6
A. Fonctionnement des virus : une vue d'ensemble 6
B. Modalités de pénétration des virus dans les cellules hôtes (infection) 6
1. Première possibilité : pénétration passive (cas du VMT) 6
2. Deuxième possibilité : fixation sur la cellule hôte (cas du VIH et des phages) 6
C. Les cycles viraux des exemples étudiés en détail 6
1. Vue d'ensemble 6
2. Les deux cycles des Bactériophages (cycle lytique, cycle lysogénique) 7
a. Le cycle lytique, un cycle sans provirus qui aboutit à la libération de nouveaux phages par lyse bactérienne 7
b. Le cycle lysogénique, un cycle latent avec provirus (prophage) 7
α. Un cycle qui coexiste avec le cycle lytique 7
β. Modalités du cycle lysogénique 8
3. Cycle du Virus de la mosaïque du tabac (VMT) 8
4. Cycle du virus de l'immunodéficience humaine (VIH) 9

Références 10
Pour faire une fiche de révision : quelques pistes 10
Plan du chapitre 10

Chapitre 9. Techniques de biologie moléculaire, génie génétique et biotechnologies

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Techniques de base d'étude des macromolécules 2
A. Séparation, purification et isolement de macromolécules 2
1. Séparation par migration dans un solvant (= éluant) : les chromatographies 2
a. Principe général 2
b. Aperçu de la diversité des techniques 2
2. Séparation par migration dans un champ électrique : les électrophorèses 4
3. D'autres méthodes applicables 4
B. Buvardages avec emploi de révélateurs : les *Blots* 5
1. Principe général 5
2. *Southern Blot, Northern Blot* et *Western Blot* : diversité des *Blots* 5
C. Les puces à ADN (= biopuces), outils d'analyse génétique à grande échelle [*pour information*] 6
D. Élucidation de la structure tridimensionnelle d'une protéine : diffraction aux rayons X et informatique [*pour information*] 6
E. Amplification de séquences d'ADN : la réaction en chaîne de la polymérase (PCR) 7
F. Découpage d'acides nucléiques : l'emploi des enzymes de restriction 8

II. La transgénèse : production d'organismes génétiquement modifiés (OGM) présentant un gène d'origine exogène leur conférant un avantage sélectif 10
A. Principes généraux et étapes de la transgénèse 10
1. Notion de transgénèse, gène d'intérêt et avantage sélectif 10
2. Principales étapes du processus 10
3. Intérêts et risques de la transgénèse 10
B. Isolement du gène d'intérêt 10
C. Insertion directe ou indirecte du gène d'intérêt dans le génome cible 11
1. Quelques modalités d'insertion directe : électroporation, micro-injection et biolistique 11
2. Transformation de la cellule cible via un vecteur plasmidique ou viral 11
a. Utilisation de plasmides 11
b. Utilisation de virus 12
D. Clonage des cellules après insertion du transgène 12
1. Principe général 12
2. Cas des Bactéries 12
3. Cas des 'plantes' 12
4. Cas des Animaux 12
E. Criblage génétique : sélection des souches transformées par vérification de l'insertion et de l'expression des transgènes 13
F. L'existence de modifications génétiques conduisant à l'inactivation (extinction) de gènes : le *knock-out* 13

Références 14
Plan du chapitre 15

Chapitre 10. Les relations interspécifiques

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Le parasitisme, relation durable d'exploitation d'un être vivant par un autre : l'exemple de la Petite Douve du foie de Mouton 3
A. La Petite Douve du foie de Mouton Dicrocoelium dentriticum, un Plathelminthe parasite 3
B. Un cycle parasitaire trixène (= à 3 hôtes) comprenant 2 hôtes intermédiaires (Escargot, Fourmi) et un hôte définitif (Mammifère) 3
1. Une vue générale : un cycle à trois hôtes et deux formes libres 3
2. Une vision plus précise des étapes du cycle 3
a. Les œufs, organes de résistance et de dissémination s'échappant des Mammifères par les excréments 3
b. La larve miracidium, larve ciliée issue l'éclosion chez les Escargots 4
c. Les sporocystes puis les cercaires, états larvaires provenant du stade miracidium chez les Escargots 4
d. Des cercaires aux métacercaires chez la Fourmi 4
e. Des métacercaires aux Douves chez le Mouton (ou autre Mammifère brouteur) [+ précisions pathologiques] 4
C. La Petite Douve dans le foie de Mouton (ou d'un autre Mammifère) : organisation et adaptation à la vie parasitaire 5
1. Organisation de l'adulte 5
2. Adaptations à la vie parasitaire 5

II. La symbiose, une relation durable et étroite à bénéfices réciproques entre deux êtres vivants : l'exemple de la symbiose Fabacées-Rhizobium 6
A. Une association réciproquement profitable qui permet la nutrition azotée de la plante et la récupération de métabolites carbonés par la bactérie 6
B. Une association localisée au niveau de nodosités racinaires 7
1. Organisation et zonation des nodosités racinaires [nodules indéterminés] 7
2. Nodules indéterminés ou déterminés [pour information ?] 8
3. Fonctionnement des nodosités : un partage des tâches mutuellement avantageux 9
a. Une fixation de diazote atmosphérique par la nitrogénase des Bactéries symbiotiques qui permet ensuite la production d'acides aminés par les deux partenaires 10
b. Une protection de la nitrogénase par la leghémoglobine produite par la Fabacée 11
c. Une fourniture de photoassimilats carbonés aux bactéroïdes par la Fabacée 11
C. Une mise en place des nodosités initiée par la plante et associée à un dialogue moléculaire 11
1. Une mise en place initiée par la plante en cas d'une faible disponibilité en nitrates [inclus : intérêt agronomique] 11
2. Une mise en place qui suppose un dialogue moléculaire entre les partenaires impliquant notamment des flavonoïdes végétaux, des facteurs Nod bactériens et des nodulines végétales 11
3. Les étapes de la mise en place d'une nodosité : la nodulation 13

III. L'herbivorie, consommation de plantes par les Animaux générant des réactions de défense de la part des plantes 16
A. Les modes d'alimentation des Insectes phytophages permis par des adaptations de leurs pièces buccales 16
1. Les Insectes se nourrissant de feuilles (herbivorie au sens strict = phyllophagie) et de bois (xylophagie) 17
2. Les Insectes se nourrissant de nectar (nectarivorie) et de fruits (frugivorie) 17

a. Cas des Hyménoptères : une langue cohabitant avec des pièces broyeuses 17
b. Cas des Lépidoptères : une trompe imposant une alimentation purement liquide 18
c. La trompe des Diptères, une adaptation à la succion 18
3. Les Insectes se nourrissant de sève élaborée (ou de tissus végétaux digérés) 19
B. Les défenses des végétaux face aux phytophages 20
1. Les organismes végétaux, des organismes fixés qui peuvent développer diverses stratégies de défense : une vue d'ensemble 20
a. Des organismes qui perçoivent la phytophagie comme un stress 20
b. Des organismes fixés qui ne peuvent pas fuir face aux phytophages 20
c. Des organismes qui peuvent développer deux grands types de stratégies de défense qui cohabitent souvent : défenses directes et indirectes 20
d. Des organismes dont les défenses peuvent être constitutives ou induites 20
2. Les défenses directes, défenses tournées directement contre les phytophages 21
a. Les défenses constitutives, défenses préexistant à l'attaque des phytophages 21
α. Les défenses morpho-anatomiques 21
β. Les défenses chimiques 22
b. Les défenses induites, défenses provoquées par l'attaque des phytophages 22
α. Les défenses morpho-anatomiques 22
β. Les défenses chimiques 23
3. Les défenses indirectes, défenses favorisant les prédateurs des phytophages 23
a. Les défenses constitutives, défenses préexistant à l'attaque des phytophages 23
b. Les défenses induites, défenses provoquées par l'attaque des phytophages 23
4. Modalités d'acquisition de la résistance systématique (défenses induites directes et, dans une moindre mesure, indirectes) lors de l'attaque par un phytophage (pucerons, chenilles) 24
a. Une réponse locale (l'hypersensibilité) et une réponse globale (la résistance systémique acquise) : implication de l'acide salicylique, l'acide jasmonique et l'éthylène 24
b. Production d'un autre signal systémique par les cellules blessées se répandant dans tout l'organisme par le phloème : la systémine 24
c. D'une défense directe à une défense indirecte : recrutement induit des prédateurs ou des parasitoïdes de phytophages 25

Pour faire une fiche de révision : quelques pistes 25
Références 26
Plan du chapitre 27

TP A1. Observation et organisation de quelques types cellulaires

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Techniques d'observation et d'étude des cellules 1
A. Préparations microscopiques : lames 1
1. Principes généraux 1
2. Préparation simples 1
3. Réalisation de coupes par microtome 2
B. Observation directe par microscopie 2
1. Le microscope optique 2
2. Le microscope optique à fluorescence 3
3. Le microscope électronique 4
4. Le microscope optique confoncal 4
5. Comparaison des résolutions 4
C. Séparation des constituants cellulaires : ultracentrifugation 5
D. Suivis de molécules dans la cellule 5
1. Marquage par isotopes radioactifs et autoradiographie 5
2. Marquage par anticorps fluorescents 5
E. Cytométrie de flux et tri des cellules 5

II. Observation de cellules au microscope optique 6
A. Observation de cellules procaryotes 6
1. Morphologie des bactéries : coques ou bacilles 6
2. Étude de Bactéries lactiques 6
3. Étude d'*Escherichia coli* 7
4. Étude de Cyanobactéries 7
B. Observation de cellules eucaryotes 8
1. Une cellule animale : la cellule acineuse du pancréas de Mammifères 8
2. Des cellules végétales 8

III. Ultrastructures cellulaires au microscope électronique 10
A. Étude de cellules procaryotes 10
1. Ultrastructure d'*Escherichia coli* 10
2. Ultrastructure de Cyanobactéries 11
B. Étude de cellules eucaryotes 11
1. Ultrastructure de la cellule acineuse pancréatique (Mammifères) 11
2. Ultrastructure de la cellule foliaire parenchymateuse palissadique (Angiospermes) 12

Références 12
Plan du chapitre 13

TP A2. Développement embryonnaire des Vertébrés Batraciens

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Étude des gamètes et de la fécondation 2
A. Étude de l'ovocyte II et du zygote (= cellule-œuf) 2
B. Étude électronographique des chromosomes en écouvillon de l'ovocyte II 2
C. Étude micrographique du spermatozoïde 3
D. Étude électronographique du flagelle de spermatozoïde : organisation ultrastructurale de l'axonème 3

II. Étude pratique des principales étapes du développement embryonnaire 4
A. Étude pratique de la segmentation 4
B. Étude pratique de la gastrulation 5
C. Étude pratique de la neurulation et du stade bourgeon caudal 6

Références 7
Plan du TP 8

TP A3-A4-A5. Développement et organisation des Angiospermes

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Graines et développement embryonnaire (TP A3) 2
A. Dissection de graines : graines albuminées, exalbuminées et à périsperme 2
1. Les graines, organes de résistance et de dissémination 2
2. Travail pratique à effectuer (activité 1) 2
3. Exploitation : organisation des graines 2
a. Organisation de la graine de Haricot (exalbuminée, réserves amylacées) 2
b. Organisation de la graine de Ricin (albuminée, réserves protéo-lipidiques) 4
c. Organisation du caryopse de Maïs (albuminée, réserves amylacées – et protéiques) 5
B. Étude micrographique de l'embryogenèse et de l'albuminogenèse 7

II. La croissance en longueur de l'appareil végétatif et les processus associés (TP A4) 8
A. Préalable : organisation générale d'une Angiosperme adulte herbacée 8
B. Organisation et structure des bourgeons herbacés 9
1. Étude d'un cas d'école : le bourgeon du Chou de Bruxelles (activité 2) 9
2. Généralisation 9
C. Organisation des bourgeons ligneux 10
D. Organisation et croissance des rameaux ligneux : croissance monopodiale vs. sympodiale 10
E. Localisation de la croissance en longueur dans les racines et tiges primaires 12
1. Zones de croissance dans la racine (activité 3) 12
2. Zones de croissance dans la tige (activité 4) 13
F. Étude de l'apex caulinaire : localisation des zones de mérèse, auxèse et différenciation (activité 5) 13
G. Étude de l'apex racinaire : localisation des zones de mérèse, auxèse et différenciation (activité 6) 14
H. Étude d'un exemple de différenciation : les vaisseaux du xylème 14

III. Étude histologique des racines et tiges (activité 7) (TP A5) 15
A. Étude d'une racine de Monocotylédone 15
B. Étude d'une racine primaire d'Eudicotylédone 15
C. Étude d'une racine secondaire d'Eudicotylédone 15
D. Étude d'une tige de Monocotylédone 15
E. Étude d'une tige primaire d'Eudicotylédone 15
F. Étude d'une tige secondaire d'Eudicotylédone 15
G. Zonation d'un tronc d'arbre en coupe transversale 15

Références 22
Plan du TP 23

TP A6-A7. Les Insectes

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Position systématique et diversité des Insectes 2
A. Les Insectes, des Arthropodes 2
1. Position des Arthropodes au sein des Métazoaires 2
2. Position des Insectes au sein des Arthropodes 2
a. Les Insectes, des Antennates ou Mandibulates 2
b. L'ancienne dichotomie (obsolète) « Uniramés » vs. « Crustacés » 2
c. Position phylogénétique des Insectes : des Pancrustacés 3
3. Hexapodes ou Insectes ? 3
4. Caractéristiques des Hexapodes et des Insectes au sens strict 3
B. Un aperçu succinct de la diversité des Hexapodes 3
C. Détermination des Insectes 4
D. Développement post-embryonnaire 5
1. Notions de développements embryonnaire et post-embryonnaire 5
2. Notions de développements post-embryonnaires direct et indirect 5
a. DPE direct 5
b. DPE indirect 5
3. Types de DPE chez les Hexapodes 6
a. Les 'amétaboles' (Hexapodes homomorphes) 6
b. Les 'hétérométaboles', Hexapodes à « métamorphose incomplète » 6
c. Les Holométaboles, Hexapodes à métamorphose complète 6
α. Notion de DPE holométabole 6
β. Typologie des larves d'Holométaboles 6
i. Les larves campodéiformes 6
ii. Les larves mélolonthoïdes ou scarabéiformes 8
iii. Les larves éruciformes : chenilles et fausses chenilles 8
iv. Les larves vermiformes = apodes 8
v. Les larves cyclopoïdes (anecdotique) 8
γ. Typologie des nymphes d'Holométaboles : nymphes nues, chrysalides, pupes 8
4. Courbes de croissance chez les Insectes 8

II. Organisation d'un Insecte Orthoptère : le Criquet 10
A. Morphologie de l'animal 10
1. Organisation fondamentale de l'animal et tagmation 10
2. Organisation de la tête 11
3. Organisation des pièces buccales 12
4. Organisation des pattes 13
5. Organisation des ailes 13
6. Abdomen et différence entre sexes 13
B. Anatomie de l'animal 14
1. Appareil circulatoire 14
2. Appareil respiratoire 14
3. Appareil digestif et excréteur 15
4. Appareil génital 16
5. Système nerveux 16
a. Organisation générale : notions de ganglion, nerf et connectif 16
b. Organisation et métamérie des ganglions 17

III. Quelques ordres d'Insectes et leur importance agronomique 18
A. L'ordre des Orthoptères 18
1. Caractérisation des imagos 18
a. Organisation générale : morphologie 18
b. Pièces buccales et alimentation 18
2. Développement post-embryonnaire 18
3. Introduction à la diversité du groupe 18
4. Importance agronomique 19
B. L'ordre des Coléoptères 19
1. Caractérisation des imagos 19
a. Organisation générale : morphologie 19
b. Pièces buccales et alimentation 19
2. Développement post-embryonnaire 20
3. Introduction à la diversité du groupe 20
4. Importance agronomique 20
C. L'ordre des Hyménoptères 21
1. Caractérisation des imagos 21
a. Organisation générale (morphologie) et possibilité de socialité 21
b. Pièces buccales et alimentation 21
2. Développement post-embryonnaire 22
3. Introduction à la diversité du groupe 23
4. La socialité : l'exemple de l'Abeille domestique *Apis mellifera* 23
5. Importance agronomique 24
D. L'ordre des Diptères 24
1. Caractérisation des imagos 24
a. Organisation générale : morphologie 24
b. Pièces buccales et alimentation 25
2. Développement post-embryonnaire 26
3. Introduction à la diversité du groupe 27
4. Importance agronomique 27
E. L'ordre des Lépidoptères 27
1. Caractérisation des imagos 27
a. Organisation générale : morphologie 27
27
b. Pièces buccales et alimentation 27
2. Développement post-embryonnaire 28
3. Introduction à la diversité du groupe 28
4. Importance agronomique 29
F. L'ordre des Hémiptères (Hétéroptères + 'homoptères') 29
1. Caractérisation des imagos et diversité 29
a. Un ordre (ou super-ordre) caractérisé par son appareil buccal : le rostre 29
b. Des Hétéroptères (Hémiptères au sens strict) possédant des hémélytres 30
c. Des 'homoptères' diversifiés à ailes membraneuses en toit ou absentes 30
2. Développement post-embryonnaire 31
3. Importance agronomique 31

IV. Bilan 32

Références 33
Plan du chapitre 34

TP A8. Quelques familles botaniques

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Les Angiospermes : position systématique et diversité 1
A. Position phylogénétique au sein des organismes « végétaux » 1
1. Notion de « végétal », « plante » ou « champignon » 1
a. Notion de « végétal » 1
b. Notion de « plante » 1
c. Notion de « champignon » (*pour information* : *hors programme*) 1
2. Les Angiospermes, des Embryophytes (Plantes terrestres) 1
B. Diversité des Angiospermes 2
1. Classification traditionnelle des Angiospermes 2
2. Classification phylogénétique des Angiospermes 3
C. Identification des Angiospermes 3

II. Vocabulaire descriptif des Angiospermes 5
A. Morphologie du végétal 5
B. Les inflorescences 6
C. Organisation des fleurs 6
D. Organisation des fruits et des graines 6
E. L'habitat 6
F. Vers une méthode de travail de terrain 6
G. Méthodologie de la description d'une Angiosperme 7

III. Étude florale : dissection, formule, diagramme 8
A. Comment disséquer les pièces florales ? 8
B. Comment présenter la dissection florale ? 8
C. Comment établir le diagramme floral ? 9
D. Comment établir la formule florale ? 9

IV. Travail à effectuer 10
Activité 1. Étude sommaire de l'appareil végétatif 10
Activité 2. Étude des inflorescences et des fleurs 10
Activité 3. Étude des semences 10
Activité 4. Bilan : comparaison des familles et synthèse 10

V. Bilan sur les familles au programme : fiches de synthèse 11
A. Poacées 11
B. Brassicacées 12
C. Fabacées 13
D. Solanacées 14
E. Astéracées 15

Références 16
Plan du chapitre 17

TD A9. Construction d'arbres phylogénétiques

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Analyse cladistique 1
A. Travail à la main 1
B. Travail sur *Phylogène* 1

II. Initiation à une méthode moléculaire (WPGMA) 3

Références 4
Plan du chapitre 4

TP A10. Organisation d'un Mammifère : la Souris *Mus musculus*

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1
I. Position systématique de la Souris 2
A. Les Mammifères, des Vertébrés 2
1. Position des Vertébrés au sein des Métazoaires 2
2. Position des Mammifères au sein des Vertébrés 2
B. La Souris, un Rongeur 3

II. Étude morphologique et anatomique de la Souris 3
A. Morphologie et organisation générale de l'animal 3
B. Dimorphisme sexuel extérieur 4
C. Ouverture de l'animal et observation des organes en place 4
D. Étude de l'anatomie de l'appareil cardiorespiratoire 6
E. Étude de l'anatomie de l'appareil digestif 7
F. Étude de l'anatomie de l'appareil urogénital 9
G. Étude de l'anatomie de l'encéphale [*pour information ?*] 11

Références 12
Plan du chapitre 13

TP A10. Étude pratique des relations interspécifiques

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Étude de la Petite Douve du foie de Mouton, un organisme parasite 1
A. Classification de la Petite Douve du foie de Mouton Dicrocoelium dentriticum, un Plathelminthe parasite 1
B. Étude pratique du cycle de développement 2
1. Les œufs, organes de résistance et de dissémination s'échappant des Mammifères par les excréments 2
2. La larve miracidium, larve ciliée issue l'éclosion chez les Escargots 2
3. Les sporocystes puis les cercaires, états larvaires provenant du stade miracidium chez les Escargots 3
4. Des cercaires aux métacercaires chez la Fourmi 3
5. Des métacercaires aux Douves chez le Mouton (ou autre Mammifère brouteur) 4

II. Organisation des nodosités et étude de la symbiose Rhizobium-Fabacées 5
A. Organisation et zonation des nodosités racinaires 5
B. Étude pratique d'une nodosité racinaire 7
C. Notion de nodule déterminé vs. indéterminé [pour information ?] 8

Références 9
Plan du TP 10

Partie B. L'organisme dans son milieu : l'exemple de la nutrition

Chapitre 11. Ressources du milieu et besoins des organismes

Chapitre introductif

Revoir surtout le complément 1, ainsi que le chapitre 21 (partie I)

Idée 1 : Les travaux cellulaires nécessaires au maintien du niveau d'organisation des organismes supposent un apport et des conversions d'énergie

Idée 2 : Le renouvellement des constituants moléculaires ou la croissance des organismes impose un approvisionnement adapté

Idée 3 : Les organismes vivants sont des systèmes thermodynamiquement ouverts qui réalisent des échanges de matière et d'énergie avec leur environnement

Idée 4 : Le milieu de prélèvement présente une variabilité spatio-temporelle

Idée 5 : La réalisation des grandes fonctions de l'organisme dépend des contraintes du milieu de vie

Chapitre 12. La réalisation des échanges gazeux chez les Angiospermes et les Métazoaires aériens

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Unité et diversité de quelques échangeurs gazeux en milieu aérien (Angiospermes, Insectes, Mammifères) 2
A. Les échanges gazeux, un processus dépendant de lois physico-chimiques et des contraintes du milieu 2
1. Des échanges diffusifs régis par la première loi de Fick 2
a. Expression de la loi de Fick 2
b. Conséquences sur les échanges gazeux 2
2. Les échanges gazeux, un processus dépendant du milieu de vie : atouts et inconvénients du milieu aérien 2
B. Les échanges gazeux chez les Angiospermes : une diffusion intra-tissulaire 3
1. Au niveau des racines primaires (ou des nodosités) : une diffusion directe 3
2. Dans les tiges et racines recouvertes d'un périderme : des échanges empruntant surtout les lenticelles ou les crevasses formées par le rhytidome 3
3. Dans les tiges herbacées (= primaires) et dans les feuilles : une diffusion limitée par la cuticule et contrôlée par les stomates 4
a. Des tissus protégés par une cuticule imperméabilisante qui réalisent les échanges gazeux au travers de stomates 4
b. Des stomates qui peuvent s'ouvrir ou se fermer, contrôlant ainsi les échanges 4
C. Les échangeurs gazeux chez les Animaux, des organes soutenus par le squelette et ramifiés jusqu'aux surfaces d'échanges avec les tissus consommateurs ou le sang 5
1. Des voies respiratoires invaginées et ramifiées en lien avec la faible portance du milieu aérien et son caractère desséchant 6
a. Adaptation au caractère peu porteur du milieu aérien 6
b. Adaptation au caractère desséchant du milieu aérien 6
2. Des voies respiratoires soutenues et protégées par le squelette voire du surfactant dans un milieu aérien peu porteur, ce qui évite l'effondrement des structures et les collapsus 7
a. La présence de taenidies dans les trachées des Insectes 7
b. La présence d'une cage thoracique enfermant les poumons des Mammifères et d'anneaux cartilagineux au niveau des ramifications 7
c. La présence de surfactant évitant les collapsus dans les alvéoles pulmonaires des Mammifères 7
3. Une importante surface d'échanges gazeux et une faible distance entre fluide externe et organisme 7
a. Un échange direct avec les cellules au niveau de fines trachéoles chez les Insectes 7
b. Un échange avec le milieu intérieur au niveau des alvéoles chez les Mammifères 8
α. Une importante surface d'échanges 8
β. Le poumon, organe fortement vascularisé et présentant une barrière hémato-alvéolaire très fine 8
4. Des organes protégés des agressions mécaniques et biologiques 8
a. Chez les Insectes : soies atriales et nature cuticulaire des trachées 8
b. Chez les Mammifères : mucus et ciliature + macrophages 8

II. La ventilation, mise en mouvement modulable du milieu aérien chez les Métazoaires 9
A. Un processus de convection externe qui favorise l'entretien des gradients de pression partielle en gaz respiratoires entre fluide externe et organisme 9
B. Chez les Insectes : un processus d'importance variable 9
1. La possibilité d'une simple diffusion sans ventilation 9
2. La possibilité d'une ventilation unidirectionnelle ou bidirectionnelle 9
3. Une ventilation qui, lorsqu'elle est présente, implique des cycles de contraction musculaire, d'ouverture-fermeture des stigmates et éventuellement des sacs aériens 9
C. Chez les Mammifères : un processus bidirectionnel dû à des cycles d'inspiration-expiration permis par des muscles spécialisés 10
1. Un processus permis par les plèvres, des muscles et des os (cage thoracique) 10
2. Mécanismes de l'inspiration : un processus plutôt actif qui implique une dépression par rapport au milieu aérien extérieur 10
3. Mécanismes de l'expiration : un processus plutôt passif qui implique une surpression par rapport au milieu aérien extérieur 11
D. Une fonction modulable 11
1. Une augmentation des mouvements ventilatoires en cas d'effort physique : un exemple d'adaptation physiologique 11
a. Cas des Mammifères 11
b. Cas des Insectes 13

III. Des échanges gazeux respiratoires couplés à un transport sanguin chez les Mammifères 14
A. Un déplacement des gaz par convection interne dans le système circulatoire qui contribue à l'entretien des différentiels de pressions partielles 14
1. La circulation, fonction prenant en charge les gaz respiratoires des poumons jusqu'aux tissus 14
2. Un contrôle et une adaptation possible des paramètres cardiovasculaires qui peut être coordonnée à l'activité ventilatoire 14
B. Une prise en charge des gaz par les hématies et le plasma 15
1. Un transport pigmentaire ultra-dominant pour le dioxygène et notoire pour le dioxyde de carbone 15
2. L'hémoglobine, protéine allostérique de transport gazeux à structure quaternaire et à fonctionnement modulable 17
a. L'hémoglobine, une protéine de structure quaternaire à groupement prosthétique capable de fixer le dioxygène, l'hème 17
b. L'hémoglobine, une protéine à cinétique sigmoïde de fixation et de libération du dioxygène qui s'explique par un fonctionnement allostérique 17
α. Une protéine allostérique 17
β. Une allostérie qui favorise la fixation ou la libération de dioxygène 17
c. L'hémoglobine, une protéine à cinétique compatible avec les pressions partielles en dioxygène régnant dans l'organisme 18
d. L'hémoglobine, une protéine à cinétique modifiable par des conditions régnant dans l'hématie : impact de la température, du pH, de la P_{CO2} (effet Bohr) et de la présence de 2,3-BPG 18
e. L'hémoglobine, une protéine qui transporte mieux le dioxyde de carbone à l'état désoxygéné qu'oxygéné : l'effet Haldane 19

Références 20
Pour faire une fiche de révision : quelques pistes 20
Plan du chapitre 21

Chapitre 13. Prélèvement de la solution minéral du sol par les Angiospermes

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Le sol, point d'ancrage et réservoir de ressources hydro-minérales pour la plante [limite programme ?] 3
A. Le sol, revêtement superficiel de la planète 3
1. Une interface entre géosphère, biosphère, atmosphère et hydrosphère 3
2. Une pellicule découpée en niveaux, les horizons 4
B. La solution du sol, réservoir de ressources hydriques et minérales pour la plante 4
1. La plante adulte, organisme fixé qui exploite le sol et l'atmosphère 4
2. Une fraction minérale et une fraction organique qui forment un complexe argilo-humique (CAH) retenant les cations 4
3. Une composante hydrique plus ou moins disponible 5

II. L'absorption racinaire, un processus qui suppose d'importantes surfaces d'échanges avec le sol 6
A. Le rhizoderme, tissu de revêtement présentant des poils absorbants 6
1. Un tissu présentant une importante surface d'absorption 6
2. Mise en évidence de l'importance du rhizoderme dans l'absorption : expérience historique de Rosène 6
B. Les mycorhizes, associations symbiotiques entre racines de plantes et champignons qui augmentent grandement l'absorption 6
1. Une symbiose fréquente et plus ou moins spécifique 6
2. Deux grands types de modalités d'associations : les mycorhizes ectotrophes et les mycorhizes endotrophes 7
3. Des organismes qui peuvent souvent vivre à l'état libre… quoique 8
4. Une mise en place (mycorhization) associée à un dialogue moléculaire 8
5. Une association caractérisée par des échanges trophiques mutuellement profitables et une protection réciproque 8
6. Une association qui augmente grandement le volume de sol où la plante peut effectuer des prélèvements (rhizopshère vs. mycorhizosphère) 9

III. L'absorption racinaire, un processus qui consiste en des flux d'eau et d'ions depuis le sol jusqu'au xylème 10
A. L'absorption et le transfert d'eau jusqu'au xylème, un phénomène d'osmose qui suit un gradient décroissant de potentiels hydriques 11
1. Le potentiel hydrique, base physique de l'osmose 11
2. Des déplacements passifs d'eau par diffusion simple et diffusion facilitée au travers d'aquaporines 11
3. Le potentiel osmotique, composante du potentiel hydrique expliquant l'entrée et le transfert radial d'eau au niveau racinaire 11
B. L'absorption des ions, un phénomène actif ou passif selon les ions concernés 11
1. Les besoins minéraux des Angiospermes 11
2. Des concentrations ioniques loin de l'équilibre de Nernst 12
3. Une entrée active des anions (transport actif secondaire de type symport, utilisant la force proton-motrice) 12
4. Une entrée active des nitrates (transport actif secondaire de type antiport, utilisant des ions hydroyxdes) 12
5. Une entrée passive des cations par diffusion simple ou diffusion facilitée au travers de canaux… qui nécessitent leur expulsion active (par antiport utilisant le force proton-motrice) 13
6. L'entretien du gradient de protons par l'unique transport actif primaire en présence : les pompes ATPases H^+ 14

Chapitre 14. Le mouvement volontaire chez les Mammifères lors de la recherche de nourriture

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Perception de l'environnement, intégration nerveuse et commande motrice : des processus sensoriels et nerveux en amont du mouvement 8
A. Panorama des processus et structures mises en jeu en amont du mouvement 8
1. La détection de nourriture : un processus permis par des organes sensoriels 8
a. Plusieurs sens capables de percevoir l'environnement trophique 8
b. L'exemple de l'odorat (= olfaction) : la perception de signaux chimiques émis par la nourriture grâce à la muqueuse olfactive du nez 8
c. L'exemple de la vue : la perception de signaux lumineux émis par la nourriture grâce à la rétine des yeux 9
α. L'œil, une structure captant les rayons lumineux et formant une image inversée sur la rétine 9
β. La rétine, une couche de cellules sensorielles et nerveuses qui assure la conversion de l'image en messages nerveux 10
2. Des messages nerveux afférents envoyés depuis les structures sensorielles vers les centres nerveux 10
3. Une intégration nerveuse complexe aboutissant à la genèse de messages nerveux efférents vers les muscles 10
a. Une association des informations sensorielles à des souvenirs alimentaires dans l'encéphale 10
b. Une transmission de l'information à des centres de contrôle moteur dans l'encéphale 11
c. La genèse de messages nerveux moteurs transitant par la moelle épinière puis les nerfs (SNP) en direction des muscles 11
B. Aspects cellulaires et moléculaires du fonctionnement des neurones et récepteurs sensoriels : genèse, conduction et transmission des messages nerveux 11
1. Préalable : le caractère dépolarisable des cellules nerveuses et sensorielles 11
a. Rappels : notion de potentiel de membrane (ou potentiel de repos) 11
b. Variabilité de la ddp membranaire de certains types cellulaires 13
2. Une perception et une conversion de signaux extracellulaires aboutissant à une modification de la ddp membranaire 13
a. Cas des récepteurs sensoriels : conversion d'un stimulus environnemental en potentiel récepteur (PR) 13
b. Cas des neurones : réception des neurotransmetteurs et genèse de potentiels post-synaptiques (PPS) au niveau du corps cellulaire 17
α. Deux grands types de récepteurs aux neurotransmetteurs : les récepteurs ionotropes et les récepteurs métabotropes 17
β. Deux grands types de synapses : les synapses excitatrices génératrices de PPSE et les synapses inhibitrices génératrices de PPSI 18
γ. Des synapses majoritairement situées au niveau du corps cellulaire et de ses dendrites (= zone de réception des signaux dans le neurone) 18
3. La genèse de potentiels d'actions dans le cône axonal en réponse au PR ou aux PPS et leur conduction le long de l'axone 18
a. Une intégration des potentiels post-synaptiques (ou des potentiels récepteurs) dans le cône axonal par sommation spatiale et temporelle 18
α. Une nécessité d'intégration d'informations variées et parfois contradictoires 18
β. Une sommation spatiale et temporelle des PPS par le cône axonal qui aboutit ou non à la genèse de potentiels d'action (PA) suivant la loi du tout ou rien 19
γ. Une genèse de PA stéréotypés permise par l'ouverture de canaux cationiques voltage-dépendants (Na^+ puis K^+) au niveau du cône axonal 19

δ. Un codage du message nerveux en fréquence de potentiels d'action et en durée 20
b. La propagation unidirectionnelle d'un message nerveux le long de l'axone 20
α. Des canaux ioniques voltages-dépendants dans tout l'axone qui assurent la propagation non décrémentielle et de proche en proche des potentiels d'action 21
β. Des canaux ioniques dont la période réfractaire garantit l'unidirectionnalité de la propagation des PA 21
i. La période réfractaire, un laps de temps pendant lequel un canal ne peut pas ré-ouvert après inactivation ou fermeture 22
ii. Conséquence : l'impossibilité de générer immédiatement un potentiel d'action là où un précédent vient de passer, d'où l'unidirectionnalité de la propagation des PA 22
iii. Des limites à l'unidirectionnalité ? [pour information] 22
γ. Une propagation saltatoire des PA dans les fibres myélinisées, à vitesse augmentée par rapport aux fibres amyéliniques 22
i. La gaine de myéline, un revêtement des fibres nerveuses par des cellules gliales 22
ii. La gaine de myéline, un revêtement isolant qui suscite une propagation saltatoire des potentiels d'action, de nœud de Ranvier en nœud de Ranvier 23
iii. Une propagation saltatoire nettement plus rapide que la propagation de proche en proche dans les fibres amyéliniques 23
4. La transmission chimique de l'information à une cellule post-synaptique au niveau d'un bouton synaptique : la neurotransmission 23
a. Nature et fonction des synapses (quelques rappels) 23
α. Notion de synapse : une zone de transmission de l'information nerveuse avec libération de neurotransmetteurs 23
β. Un codage du message nerveux en concentration de neurotransmetteurs dans la fente synaptique 24
γ. Des synapses qui peuvent s'établir avec des cellules variées : autres neurones, cellules musculaires (lisses, squelettiques, cardiaques, nodales), cellules sécrétrices (exo- ou endocrines) 24
b. Fonctionnement d'une synapse : étapes et mécanismes de leur neurotransmission 24
c. Diversité des modalités de conversion du signal dans les cellules post-synaptiques 25
d. Mécanismes d'arrêt de la neurotransmission 25
e. Origine des vésicules présynaptiques et des neurotransmetteurs qu'elles contiennent 26
5. Bilan : les neurones, des cellules hautement différenciées et polarisées 27

II. L'exécution du mouvement volontaire : une fonction assurée par les muscles striés squelettiques 28
A. La contraction des muscles, phénomène permettant les mouvements à l'origine de la recherche puis de la prise de nourriture 29
1. Les muscles squelettiques, organes arrimés au squelette dont ils déplacent les segments les uns par rapport aux autres par leur contraction 29
a. Les muscles, des organes ancrés aux os par des structures conjonctives résistantes nommées tendons 29
b. Les muscles, des organes dont la contraction assure un déplacement rectiligne d'une partie du corps par rapport à une autre 29
2. Une contractilité musculaire que se déploie à toutes les échelles 30
a. Un organe allongé composé de tissu conjonctif et de fibres musculaires rectilignes 31
b. Des fibres musculaires dont les myofibrilles peuvent se raccourcir 31
c. Des myofibrilles dont les unités de raccourcissement sont des sarcomères 32
3. Un raccourcissement global de l'organe permis par le glissement des myofilaments de myosine sur les myofilaments d'actine au sein des sarcomères 34
a. Une différence observable en microscopie électronique entre l'état contracté et l'état relâché des sarcomères 34
b. Un glissement des filaments fins d'actine sur les filaments épais de myosine : la « contraction cytosquelettique » 35
c. Un processus séquentiel dépendant d'ions calcium et d'ATP 36
α. Le calcium, ion se liant à la troponine et déclenchant la mise à nu par la tropomyosine des sites de fixation actine-myosine 36
β. L'ATP, molécule centrale du cycle d'interaction actine-myosine (couplage chimio-mécanique) 36
B. Une contraction des fibres musculaires qui répond à un message nerveux : le couplage excitation-contraction 37
1. Des motoneurones formant des unités motrices avec les fibres musculaires qu'ils innervent et agissant au niveau de plaques motrices 37
2. Un contrôle cholinergique des fibres musculaires qui génère localement un potentiel de plaque motrice (PPm) 38
3. Un potentiel de plaque motrice qui peut entraîner la genèse d'un potentiel d'action musculaire (PAM) 38
4. Un potentiel d'action musculaire qui génère une augmentation de la concentration intracellulaire en calcium, ce qui provoque la contraction : le couplage excitation-contraction au sens strict 39
5. L'arrêt de la contraction : mécanismes de la relaxation 39
C. Une contraction qui consomme de l'ATP : le catabolisme de la cellule musculaire striée squelettique 39
1. La multiplicité des voies métaboliques dans la cellule musculaire 39
2. Une intervention séquentielle de ces voies métaboliques lors d'un effort prolongé 40
3. Une prépondérance des voies qui définit plusieurs types de fibres musculaires [pour information] 40
D. Bilan sur le fonctionnement de la cellule musculaire striée squelettique 41

Pour faire une fiche de révision : quelques pistes 43
Références 44
Plan du chapitre 45

Chapitre 15. La digestion chez les Mammifères

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Prise alimentaire, digestion des aliments et absorption des nutriments : panorama de la fonction de digestion au sens large 4
A. La prise alimentaire (= manducation) au niveau de la bouche 4
1. En amont : la détection des aliments et le déplacement de l'organisme jusqu'à eux 5
2. Dans la cavité buccale : la mastication et l'insalivation 5
a. La mastication, broyage mécanique par les mâchoires et la dentition 5
b. Des adaptations de la dentition en lien avec le régime alimentaire 5
c. L'insalivation, humidification et début de digestion des aliments grâce aux glandes salivaires 7
3. Au niveau pharyngien : la déglutition 8
B. Un trajet qui se poursuit dans la suite du tube digestif 8
1. L'œsophage, conduit amenant le bol alimentaire à l'estomac 8
2. L'estomac, poche évasée du système digestif au contenu acide 9
a. Un organe régionalisé en fundus, corps et antre 9
b. Une paroi typique du tube digestif : organisation fonctionnelle 10
c. Une zone de dilution du bol alimentaire, de digestion chimique acide et enzymatique, et d'intense brassage mécanique qui élabore le chyme 10
3. L'intestin grêle, long conduit très replié qui constitue le principal lieu de digestion chimique des aliments et d'absorption des nutriments 11
a. Un organe long, enroulé et divisé classiquement en trois régions (duodénum, jéjunum et iléon) 11
b. Organisation fonctionnelle de la paroi de l'intestin grêle 12
α. Une muqueuse richement vascularisée où trois niveaux de replis se superposent, déployant ainsi une importante surface d'absorption 12
β. Une musculeuse qui assure l'avancée du chyme (ou chyle de certains auteurs ?) par péristaltisme mais aussi la segmentation des matières alimentaires 13
4. Le gros intestin (côlon au sens large), lieu de déshydratation du chyme, de production des fèces et de leur évacuation (égestion) 14
C. Une digestion chimique à laquelle participent largement deux glandes digestives : le pancréas et le foie 15
1. Organisation et fonctions de ces deux organes 15
a. Le pancréas, organe amphicrine produisant du suc pancréatique mais aussi des hormones 15
α. La production de suc pancréatique, sécrétion digestive et alcalinisante 15
β. La production d'hormones régulant la glycémie (insuline et glucagon) 16
b. Le foie, organe richement vascularisé aux multiples fonctions 16
α. Des fonctions variées 16
β. Des hépatocytes qui produisent, entre autres, de la bile s'écoulant par les canalicules biliaires puis divers canaux jusqu'à la vésicule biliaire 17
γ. Une vascularisation particulière en lien avec les nombreuses fonctions du foie impliquant le sang 17
i. À l'échelle de l'organe : l'importance de la veine porte hépatique 17
ii. À l'échelle tissulaire : l'importance du réseau de sinusoïdes 17
2. Deux organes dont les sécrétions (suc pancréatique et bile) se déversent dans l'intestin grêle sous contrôle endocrine (cholécystokinine, sécrétine) 18
3. Remarque sur les coopérations entre pancréas et foie 18
D. Une avancée des aliments (péristaltisme) et une digestion mécanique assurées par des muscles lisses mais aussi squelettiques 18
E. L'importance des micro-organismes dans la digestion 20

II. Modalités, mécanismes et contrôle de la digestion chimique et de l'absorption intestinale 20
A. Mécanismes de la digestion chimique et de l'absorption intestinale 20
1. Mécanismes de la digestion chimique : une vue d'ensemble des sécrétions digestives 20
a. Une vue d'ensemble des sécrétions digestives 20
b. Digestion chimique des principales familles de molécules du vivant 20
α. Cas des glucides : une dépolymérisation par hydrolyse 20
β. Cas des protides : une dépolymérisation par hydrolyse 21
γ. Cas des lipides : hydrolyse et émulsion par des sels biliaires 22
δ. Cas des acides nucléiques (ADN, ARN) : une dépolymérisation par hydrolyse 22
2. L'absorption intestinale : un processus opéré grâce aux entérocytes 23
a. Une organisation (microvillosités, structure prismatique, jonctions étanches, polarité…) en lien avec la fonction d'absorption 23
b. Une absorption des nutriments au pôle apical et leur transfert vers les fluides circulants au pôle basal 23
α. Cas de l'eau : un transfert passif par osmose 23
β. Cas des oses (= sucres simples) : un cotransport avec les ions sodium au pôle apical (sauf fructose) et une diffusion facilitée par perméase au pôle basal 23
γ. Cas acides aminés et peptides 24
i. Cas des acides aminés et des di- ou tri-peptides : transfert par des cotransports (symports au pôle apical, antiport au pôle basal) 24
ii. Cas des petits peptides plus importants : transfert par transcytose 24
δ. Cas des lipides 24
i. La captation par diffusion simple des lipides et la production par le REG de chylomicrons ensuite exocytés dans les chylifères 24
ii. L'absorption des sels biliaires et leur recyclage par la voie sanguine porte hépatique : le cycle entérohépatique 25
iii. Le devenir des chylomicrons : arrivée dans le sang et transformation en HDL, puis LDL ou VLDL [pour information] 25
ε. Cas des nucléotides 26
ζ. Cas des électrolytes 26
3. Bilan : une vision d'ensemble de la digestion avec une localisation des processus 26
B. Les enzymes michaeliennes, actrices majeures de la digestion 27
1. Des protéines catalysant les réactions chimiques du vivant de manière spécifique 27
a. Des catalyseurs protéiques indispensables 27
b. Des catalyseurs spécifiques : la triple spécificité enzymatique 27
α. La spécificité de substrat 27
β. La spécificité d'action 27
γ. La spécificité de conditions d'action (notamment température, pH) 28
c. Des protéines interagissant avec le substrat et abaissant l'énergie d'activation de la réaction 28
α. Une complémentarité spatiale enzyme-substrat au niveau du site actif : le modèle clef-serrure (modèle de Fischer) 28
β. Une légère modification de la conformation de l'enzyme lors de la fixation du substrat : l'ajustement induit (modèle de Koshland) 28
γ. La réaction enzymatique : une fixation réversible du substrat sur l'enzyme mais une réaction chimique catalysée irréversible 28
δ. Des mécanismes réactionnels décomposant la réaction en nombreuses réactions intermédiaires, ce qui permet globalement l'abaissement de l'énergie d'activation 29
2. La cinétique enzymatique : cas des enzymes michaeliennes 29
3. Les enzymes, des protéines catalytiques à activité modulable autorisant un contrôle de la digestion 31

a. Une modulation par des inhibiteurs (compétitifs ou non compétitifs) 31
b. Une modulation de l'activité des enzymes digestives par les hormones, les neurotransmetteurs et/ou des substances paracrines 32
α. Contrôle de l'expression génétique et ainsi de la production d'enzymes 32
β. Contrôle de la sécrétion : l'exemple de la sécrétion de bicarbonates et de proenzymes contrôlée par la sécrétine et la cholécystokinine (CCK) 32
c. Une modulation de l'activité des enzymes digestives par le pH 32
d. Une modulation des enzymes par modification covalente 33
α. Une activation des pro-enzymes en enzymes actives par clivage protéolytique 33
β. Un arrêt de l'activité enzymatique par leur propre digestion 33

III. Quelques particularités de la fonction de digestion chez les Ruminants en lien avec les micro-organismes 34
A. Un point de départ : une alimentation qui comprend une grande partie de plantes herbacées riches en cellulose 34
B. Une dentition qui favorise la coupe puis le râpage des végétaux 35
C. Un animal polygastrique dont l'estomac comprend quatre poches et est impliqué dans la digestion mécanique et chimique, l'absorption de nutriments et des symbioses microbiennes 35
1. Organisation et caractéristiques anatomiques de l'estomac (ou « des » estomacs) 35
2. Des événements digestifs originaux en association avec des micro-organismes symbiotiques 37
a. L'arrivée et le stockage des aliments dans le rumen, théâtre d'événements complexes 37
α. Une arrivée quasi-immédiate après la manducation suivie d'un long séjour (stockage et brassage mécanique) 37
β. Une poche très riche en micro-organismes qui produisent des hydrolases variées permettant la digestion chimique des matières végétales 37
γ. Une fermentation des nutriments par les micro-organismes qui produisent des acides gras volatils 38
δ. Une absorption directe des acides gras volatils par la muqueuse digestive du rumen 38
ε. Une méthanogenèse assurée par des Archées à l'origine des éructations libératrices de méthane dans l'atmosphère 38
ζ. Une chaîne trophique dans le rumen impliquant des micro-organismes qui seront in fine en grande partie digérés par l'animal 38
b. Les événements digestifs ultérieurs 38
α. La régurgitation et la rumination dans la cavité buccale 38
β. Un trajet direct vers le feuillet, point de départ d'une digestion selon des modalités plus « classiques » 38
3. Bilan : une vue d'ensemble de la digestion des Ruminants 38

Pour faire une fiche de révision : quelques pistes 39
Références 40
Plan du chapitre 41

Chapitre 16. Les fluides circulants et leur mise en mouvement [Angiospermes / Mammifères]

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Les fluides circulants des Angiospermes et des Mammifères : nature, localisation et composition 2
A. Les sèves des Angiospermes, compartiments intracellulaires mobiles qui permettent les corrélations trophiques entre organes 2
1. La sève brute, solution riche en ions qui se déplace de manière unidirectionnelle et ascendante (des racines vers les parties aériennes) 2
2. La sève élaborée, solution riche en métabolites qui se déplace de manière multidirectionnelle des organes-sources vers les organes-puits 3
3. Des sèves qui permettent les corrélations trophiques entre organes de la plante 3
B. Le sang des Mammifères, un tissu mobile composé d'un liquide (plasma) et de cellules (éléments figurés) qui circule dans un système clos 4
1. Le plasma, fraction liquide du sang 5
2. Les éléments figurés, cellules du sang 5
C. La lymphe des Mammifères, liquide qui se déplace lentement au sein de vaisseaux spécifiques 5
D. La notion de milieu intérieur et de liquides extracellulaires chez les Mammifères : une vision synthétique pour bien comprendre 6

II. Des fluides qui se déplacent dans l'organisme : modalités et mécanismes de la mise en mouvement des liquides circulants 7
A. Cas de la circulation des sèves (Angiospermes) : une mise en mouvement qui repose sur des différences de potentiel hydrique 7
1. La sève brute : une circulation ascendante permise par la transpiration foliaire et la poussé racinaire 7
a. Mise en évidence des deux moteurs de la circulation 7
b. La transpiration foliaire, un mécanisme de traction des molécules d'eau sous tension-cohésion qui a lieu en journée lorsque les stomates sont ouverts 7
c. La poussée racinaire, phénomène dû à la charge ionique du xylème surtout important la nuit 9
2. La sève élaborée : une circulation multidirectionnelle des organes-sources aux organes-puits couplée à la circulation de sève brute 9
a. Une circulation multidirectionnelle des organes-sources vers les organes-puits variant selon les saisons et permettant les corrélations trophiques entre organes 9
b. Un courant de masse dû à un gradient de pression hydrostatique mis en place par la charge du phloème (et entretenu par la décharge) 10
c. Une circulation couplée à la circulation de la sève brute 10
3. Une circulation et un équilibre hydrique contrôlés notamment par l'activité stomatique 10
a. L'équilibre hydrique des Angiospermes : une égalité entre entrées (par absorption racinaire) et sorties (par transpiration) d'eau dans l'organisme 10
b. Des sorties d'eau qui dépendent du degré d'ouverture des stomates 11
c. Modulation de la turgescence des cellules de garde : rôle des solutés vacuolaires 11
d. Contrôle de l'activité stomatique par le milieu : importance de la lumière et de la disponibilité en eau (+ type métabolique, température…) 12
e. Mécanismes d'action de l'activité photosynthétique et de la lumière sur l'ouverture des stomates 12
α. Mise en évidence d'une double action de la lumière et du rôle de la longueur d'onde 12

β. Une corrélation entre activité photosynthétique et ouverture des stomates due à l'accumulation de photoassimilats dans la vacuole 12
γ. Une détection de la lumière bleue par des photorécepteurs spécifiques qui induit une transduction à l'origine de l'entrée d'ions (K^+ et Cl^-) 13
f. Mécanismes à l'origine de la fermeture stomatique 13
α. Une baisse de l'activité photosynthétique qui induit une baisse de l'accumulation vacuolaire de photosynthétats (mécanisme hydroactif) 14
β. En cas de stress hydrique : une évaporation d'eau non compensée par l'arrivée xylémienne (mécanisme hydropassif) (figure 19) 14
γ. En cas de stress hydrique prolongé (ou à l'obscurité) : un mécanisme hydroactif impliquant l'acide abscissique (ABA) et la sortie d'ions (figure 19) 14
g. Bilan sur l'ouverture des stomates : une autre vision simplifiée et synthétique 14
4. Quelques adaptations aux milieux desséchants 16
a. Préambule : diversité des situations écophysiologiques face à la disponibilité en eau 16
b. Les xérophytes, plantes présentant des adaptations morpho-anatomiques et/ou physiologiques aux milieux secs 16
B. Cas de la circulation sanguine (Mammifères) : une mise en mouvement active par un organe musculaire creux, le cœur 19
1. Un muscle creux au fonctionnement rythmique permettant une mise en mouvement unidirectionnelle du sang : l'activité mécanique du cœur 19
a. Le cœur à l'échelle macroscopique : organisation fonctionnelle 19
α. Organisation générale et localisation 19
β. Un organe majoritairement constitué de tissu musculaire et en lien avec des vaisseaux, ce qui permet la propulsion du sang dans l'organisme 19
γ. Un muscle creux, ce qui permet son remplissage en sang 20
δ. Un organe inséré dans un système circulatoire fermé 20
ε. Une différence d'épaisseur des parois ventriculaires gauche et droite mais un même volume de sang éjecté à une pression liée au type de circulation concerné 20
ζ. Des valvules empêchant le reflux de sang, ce qui permet l'unidirectionnalité du déplacement sanguin 20
b. Une contraction du cœur permise par les cardiomyocytes et leur cytosquelette 21
c. L'activité rythmique du cœur : le cycle cardiaque 22
α. Les modalités d'étude de l'activité cardiaque 22
β. Une vision d'ensemble du cycle cardiaque (ou « révolution cardiaque ») 23
γ. Le déroulement du cycle cardiaque 23
i. Étape 1 : Systole auriculaire (fin du remplissage ventriculaire) 24
ii. Étape 2 : Systole ventriculaire : début = contraction isovolumétrique 24
iii. Étape 3 : Systole ventriculaire : suite et fin = éjection systolique 24
iv. Étape 4 : Diastole ventriculaire : début = relâchement isovolumétrique 24
v. Étape 5 : Diastole ventriculaire : suite et fin (essentiel du remplissage ventriculaire) 24
vi. Remarque : et la diastole auriculaire ? 25
δ. Le débit cardiaque au repos, un équivalent de la volémie 25
2. Un muscle au fonctionnement automatique : l'activité électrique du cœur et le couplage excitation-contraction 25
a. Un constat de départ : les cellules cardiaques musculaires et nodales, des cellules capables de conduire une dépolarisation 25
α. Rappels : notion de potentiel de membrane (ou potentiel de repos) 25
β. Le caractère dépolarisable des cellules myocardiques (cardiomyocytes) et cardionectrices 26
γ. Une possibilité de transmission des dépolarisations grâce aux jonctions gap situées entre cellules myocardiques ou cardionectrices qui se suivent : notion de synapse électrique 26
b. Un automatisme cardiaque dû à un potentiel pacemaker, une dépolarisation spontanée générée et propagée par le tissu nodal (= tissu cardionecteur) 27
α. Mise en évidence de l'automatisme cardiaque 27
β. Mise en évidence de la propagation d'une dépolarisation à l'échelle du cœur entier par l'électrocardiographie (ECG) : le tracé PQRST 27
γ. Des ondes cardiaques correspondant à une dépolarisation générée automatiquement et propagée par le tissu nodal 27
δ. La genèse de potentiels pacemaker dans les cellules cardionectrices à l'origine de la propagation de potentiels d'action 28
ε. Des cellules sinusales qui imposent leur rythme 30
c. Des potentiels d'action cardionecteurs qui deviennent des potentiels d'action cardiaques (PAC) dans les cardiomyocytes 30
d. Des potentiels d'action cardiaques (PAC) qui permettent la contraction des cardiomyocytes : le couplage excitation-contraction 31
3. Un muscle dont l'automatisme est modulable par des signaux nerveux ou hormonaux 32
a. Un constat initial : la modulabilité du débit cardiaque 32
b. Un autocontrôle par le débit sanguin lui-même : la loi de Starling (1914) 32
c. Un contrôle nerveux de l'activité cardiaque par le système sympathique et le système parasympathique 32
α. La double innervation cardiaque 32
β. Une effet cardiomodérateur, plus précisément chronotrope négatif, du système nerveux parasympathique 33
γ. Une effet cardioaccélérateur, à la fois inotrope et chronotrope positif, du système nerveux orthosympathique 33
δ. Des effets qui s'expliquent par les modalités de transduction des neurotransmetteurs par les cellules cardiaques 33
ε. Une action chronotrope explicable par un allongement ou une diminution de la période du potentiel pacemaker 34
d. Un contrôle hormonal intervenant en situation de stress ou d'effort physique 35
4. Une proposition de bilan sur le cœur 35

Pour faire une fiche de révision : quelques pistes 36
Références 36
Plan du chapitre 37

Chapitre 17. Les voies empruntées par les liquides circulants et les flux de matière [Angiospermes / Mammifères]

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Des fluides circulants qui se déplacent dans des conduits 2
A. Une discussion du caractère ouvert ou fermé des systèmes circulatoires des Angiospermes et des Mammifères 2
B. Le système circulatoire des Angiospermes : des tissus conducteurs aux cellules tubulaires qui véhiculent des fluides intracellulaires (sèves) 2
1. Le xylème, tissu résistant de cellules mortes à paroi lignifiée qui véhiculent la sève brute 2
2. Le phloème, tissu de cellules vivantes à fine paroi pectocellulosique qui véhiculent la sève élaborée 3
3. Des tissus proches, ce qui permet notamment les mouvements d'eau 3
4. Des tissus qui peuvent s'obturer à la mauvaise saison 3
C. Le système vasculaire des Mammifères : des vaisseaux qui endiguent un tissu liquide (sang) 4
1. Des conduits véhiculant le sang : une vue d'ensemble 4
a. Une même constitution de base 4
b. Différents secteurs vasculaires avec un volume sanguin variable, des vitesses chutant dans les capillaires et une pression décroissante des artères aux veines 5
c. Une relation entre débit sanguin et pression sanguine : la loi de Poiseuille (pour information ?) [encadré A] 6
2. Le réseau artériel, un réservoir de pression à rôle distributeur 6
a. Les artères élastiques : maintien d'une pression sanguine élevée 6
α. Des pressions élevées à la sortie du cœur… 6
β. … amorties grâce à la compliance et l'élasticité des artères élastiques 7
b. Les artères musculaires et les artérioles : contrôle des débits dans les organes et atténuation de la pression sanguine 8
α. Un circuit résistif qui abaisse la pression sanguine 8
β. Un circuit qui contrôle le débit et la résistance périphérique par une vasomotricité liée au degré de contraction des cellules musculaires lisses (CML) 8
γ. L'existence de contrôles nerveux, hormonal et local de la vasomotricité 8
3. Les capillaires, zone de réalisation des échanges de matière entre sang et liquide interstitiel 10
a. Les lits capillaires et la notion de microcirculation 10
b. La possibilité d'une variation de la microcirculation grâce aux CML 10
c. Des caractéristiques structurales et dynamiques facilitant les échanges 10
d. Trois types structuraux de capillaires : continus, fenêtrés et sinusoïdes 11
e. La diversité des substances échangées au niveau des capillaires 12
f. La diversité des modalités d'échanges : diffusion simple, diffusion facilitée, transcytose, filtration-réabsorption 12
4. Le réseau veineux, un réservoir de volume à rôle collecteur 13
a. Un système capacitif qui permet le retour du sang au cœur 13
b. Les mécanismes du retour veineux : pression veineuse, pompe musculaire squelettique, pompe respiratoire, pompe artérielle 13
5. Bilan sur le système vasculaire des Mammifères 14
D. Le système lymphatique des Mammifères : des vaisseaux à paroi fine, contractile et valvulés 15

II. Des fluides circulants qui permettent des flux de matière dans l'organisme 16
A. Les flux de matière chez les Angiospermes : les processus de charge et décharge des sèves 16
1. La charge du xylème : une circulation radiale d'eau et de solutés constituant l'absorption racinaire 16
2. La décharge du xylème en lien avec la circulation verticale ascendante de la sève brute 16
3. La charge du phloème en photoassimilats au niveau des organes-sources : un processus apoplasmique ou symplasmique 16
a. α. Un complexe phloémien « fermé » : la charge apoplasmique de saccharose par un symport saccharose/H^+ 16
b. Un complexe phloémien « ouvert » : la charge symplasmique passive de très courts oligosaccharides (stachyose, raffinose…) 17
4. La décharge du phloème en photoassimilats au niveau des organes-puits 17
5. Une vision synthétique de la circulation chez les Angiospermes 17
B. Les flux de matière chez les Mammifères 18
1. Une vue d'ensemble : rôle des liquides circulants dans l'approvisionnement, la distribution et les pertes de matière chez les Mammifères 18
2. L'importance de la disposition des organes au sein de la circulation dans les échanges gazeux respiratoires 19
a. Une circulation générale et une circulation pulmonaire en série l'une par rapport à l'autre, permettant à l'ensemble du sang de transiter par les poumons 19
b. Au sein de la circulation systémique : des organes placés en dérivation qui bénéficient ainsi tous d'un sang hématosé 19
c. Au sein de la circulation systémique : quelques organes alimentés en sang veineux par des systèmes portes 19
3. La contribution des capillaires aux flux de matière : une illustration au travers de trois exemples 19
a. Les capillaires continus des muscles squelettiques et l'approvisionnement essentiellement diffusif 19
b. Les capillaires fenêtrés des reins et l'ultrafiltration glomérulaire 19
c. Les capillaires sinusoïdes du foie et les échanges de masse, y compris protéiques 21

Quelques pistes pour construire une fiche de révision 22
Références 23
Plan du chapitre 24

Chapitre 18. Intégration de la fonction circulatoire dans le fonctionnement des organismes et quelques processus physiologiques associés [Angiospermes / Mammifères]

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 2

I. Des matières circulantes (ou non) qui peuvent être mises en réserve : stockage de l'eau ou de la matière organique 2
A. Le stockage de l'eau : les parenchymes aquifères des Angiospermes 2
B. Le stockage des polysaccharides (exemples : amidon, glycogène) 2
1. L'amidon chez les Angiospermes et le glycogène chez les Mammifères : des polymères de glucose permettant son stockage 2
2. Amidon et glycogène, des composés à localisation particulière 3
a. Localisations possibles de l'amidon (Angiospermes) : chloroplastes ou amyloplastes 3
b. Localisation du glycogène (Mammifères) : le cytosol (foie, muscles) 3
3. Amidon et glycogène : mise en réserve par polymérisation et mobilisation des réserves par dépolymérisation 3
a. Biosynthèse de l'amidon (Angiospermes) 3
b. Dégradation de l'amidon (Angiospermes) 4
c. Biosynthèse et dégradation du glycogène (Mammifères) : voir II 4
C. Le stockage des protéines : l'exemple du gluten (Angiospermes Poacées) 5
1. Le gluten, une partie de la fraction protéique de l'albumen des Poacées 5
2. Mise en réserve et mobilisation du gluten 5
D. Le stockage des lipides : l'exemple des triglycérides (Angiospermes et Mammifères) 5
1. Nature biochimique et formation 5
2. Des molécules hydrophobes à rôle de réserve et à localisation cytosolique (ou plastidiale) 5
3. Une hydrolyse qui produit des AG utilisables dans le catabolisme ou l'anabolisme 6
4. Et aussi : un rôle protecteur (mécanique ou thermique) du tissu adipeux 6

II. Des réponses physiologiques aux variations journalières de l'approvisionnement trophique 6
A. Cas de l'approvisionnement glucidique chez les Angiospermes 6
B. Cas de l'approvisionnement en glucose chez les Mammifères : la régulation de la glycémie chez l'Homme 7
1. La glycémie et l'importance biologique de sa régulation 7
a. Le glucose, principal sucre véhiculé dans le sang 7
b. La glycémie, une variable réglée (= paramètre réglé) : mise en évidence d'une régulation et notion d'homéostasie 7
c. Importance biologique de la glycémie : une mise à disposition permanente de glucose 7
d. Dangers associés à une glycémie anormale 8
2. Des mécanismes de régulation impliquant le métabolisme du glycogène (et la lipogenèse-lipolyse) 8
a. La production de glycogène dans les cellules hépatiques et musculaires : la glycogénogenèse 8
b. Régulation enzymatique de la glycogénogenèse : zoom sur l'hexokinase et la glucokinase 9
c. Production de glucose par dégradation du glycogène : la glycogénolyse 10
d. Production de glucose néoformé dans le foie : la néoglucogenèse, production de glucose à partir de substrats non glucidiques 10
e. La lipogenèse à partir de glucose (tissu adipeux) 11
f. La lipolyse et sa participation à la production de glucose (foie, tissu adipeux) 11
3. Des mécanismes de régulation impliquant des organes effecteurs et les hormones pancréatiques 12
a. Un préalable : petit arrêt sur la notion d'hormone et de message hormonal 12
α. Une proposition de définition complète 12
β. L'hormone, un messager chimique dont le message est codé en concentration 12
γ. Les principaux types d'hormones : les hormones peptidiques, les hormones stéroïdes et les hormones monoamines 12
b. Les îlots de Langerhans du pancréas, lieu de production des principales hormones de régulation de la glycémie 13
c. Une vision d'ensemble des processus de régulation de la glycémie : organes effecteurs et hormones impliquées 14
α. En cas de baisse de la glycémie (hypoglycémie) ou de jeûne prolongé : production de glucagon et stimulation de la libération de glucose par le foie 14
β. En cas de hausse de la glycémie (hyperglycémie) : production d'insuline et stimulation de la mise en réserve de glucose par le foie, les muscles et le tissu adipeux 14
γ. Bilan : une vision d'ensemble de la régulation pancréatique de la glycémie 14
δ. L'existence d'autres voies de modulation de la glycémie 15
d. Du message hormonal à l'effet cellulaire : mécanismes de transduction des hormones pancréatiques 16
α. Principes généraux de la transduction d'un signal hormonal (cas des hormones peptidiques) 16
i. Typologie des récepteurs membranaires (ionotrope, métabotrope) 16
ii. Les trois temps de la réception métabotrope 16
iii. La notion de second messager 16
iv. Arrêt de la communication hormonale 16
β. Le glucagon, une hormone dont le récepteur est couplé à une protéine G (RCPG) 16
i. Les récepteurs couplés à une protéine G fixent l'hormone 16
ii. Les protéines G activent une adénylate cyclase qui produit de l'AMPc 17
iii. Des cascades d'activation imbriquées permettent une cascade de phosphorylations qui amplifie notoirement le signal… jusqu'à l'activation de protéines effectrices 17
iv. Effets du glucagon à court terme (hépatocytes) 18
v. Effets du glucagon à plus long terme (tissu adipeux, hépatocytes) 19
γ. L'insuline, une hormone à récepteur à domaine tyrosine-kinase 19
i. Le récepteur et principes de la transduction du signal insulinique 19
ii. Les effets cellulaires de l'insuline 20
➢ Une action métabolique sur les cellules-cibles (cellules hépatiques, musculaires et adipeuses) 20
➢ Une action sur la quantité membranaire de transporteurs GLUT insulino-dépendants dans les cellules musculaires et adipeuses (mais pas dans les cellules hépatiques), augmentant la captation de glucose 20

III. Une réponse physiologique ponctuelle (= adaptation) à l'effort physique chez les Mammifères 22
A. L'effort physique et ses implications 22
1. Un événement qui accroît les besoins nutritifs des muscles impliqués 22
2. Un événement dont la cessation entraîne une récupération 22
B. Une adaptation des paramètres cardiaques : une augmentation globale du débit sanguin par augmentation du VES et de la F_C 22
C. Une redistribution du débit sanguin et une augmentation de la perfusion sanguine du muscle… 23
D. … permises par la vasomotricité, contrôlée par le système nerveux, l'adrénaline et des facteurs locaux (NO, métabolites) 24
E. Une adaptation des paramètres ventilatoires (rappels) 26
F. Des variations locales de l'activité de l'hémoglobine au niveau des muscles (rappels) et rôle de la myoglobine 27

1. L'hémoglobine, une protéine érythrocytaire à cinétique modifiable par des conditions régnant dans l'hématie : impact de la température, du pH, de la P_{CO2} (effet Bohr) et de la présence de 2,3-BPG 27
2. L'hémoglobine, une protéine érythrocytaire qui transporte mieux le dioxyde de carbone à l'état désoxygéné qu'oxygéné : l'effet Haldane 28
3. La myoglobine, une protéine musculaire qui permet de fixer le dioxygène dans les muscles et facilite sa captation depuis le sang 28
G. Le métabolisme énergétique des cellules musculaires : origine de l'ATP consommée par la contraction musculaire 29
1. La multiplicité des voies métaboliques dans la cellule musculaire 29
2. Une intervention séquentielle de ces voies métaboliques lors d'un effort prolongé 29
3. Une prépondérance des voies qui définit plusieurs types de fibres musculaires (cas des muscles squelettiques) [pour information] 30
H. Quelques remarques sur le phénomène de récupération [limite programme] 30

IV. Des réponses physiologiques aux variations saisonnières chez les Angiospermes 31
A. Les végétaux face aux saisons : le problème de l'hiver 32
B. Préparation et passage de la mauvaise saison 32
1. Diversité des stratégies : cycles de vie et types biologiques de Raunkiaer 32
2. La production d'organes de réserve 32
a. Les semences (présentes chez tous les types biologiques) 33
b. Les organes de réserve souterrains chez les géophytes 33
c. Le parenchyme du bois, une réserve importante chez les espèces ligneuses 33
3. La protection et la mise en dormance des méristèmes caulinaires 34
a. Vie ralentie, dormance, quiescence : un peu de vocabulaire 34
b. Protection et dormance des méristèmes dans les graines 34
c. Protection et dormance des méristèmes dans les bourgeons aériens 34
4. L'abscission des feuilles (phanérophytes, chaméphytes) 36
a. Une caractéristique de la plupart des plantes ligneuses 36
b. Sénescence et abscission foliaires : mécanismes cellulaires 36
c. Quelques informations sur le déterminisme de la sénescence et de l'abscission foliaires 37
C. La levée de dormance et le retour à la vie active 37
1. Chez les graines : une levée de dormance aboutissant à la germination, un développement généralement différé de la descendance 37
a. Cas de la levée de dormance d'origine tégumentaire 37
b. Cas de la levée de dormance d'origine embryonnaire 38
α. Une levée de dormance qui combine des facteurs endogènes et exogènes 38
β. Une levée de dormance pouvant être initiée par l'allongement de la photopériode et sa détection par le phytochrome chez les semences photolabiles 38
i. Mise en évidence de la photolabilité des semences 38
ii. Implication d'une chromoprotéine, le phytochrome A 38
iii. Signification biologique des signaux rouge et rouge sombre ; lien avec la photopériode 39
γ. Une levée de dormance pouvant être initiée par la soumission au froid prolongé (= vernalisation) chez les semences psychrolabiles 39
c. Modalités et mécanismes de la germination 39
α. Un rappel : deux types de germination (hypogée et épigée) 39
β. Un retour à la vie active qui suppose une réhydratation et une reprise du métabolisme 40
γ. Une reprise du métabolisme qui nécessite une mobilisation des réserves sous contrôle gibbérellique : l'exemple des réserves chez une Poacée 40
2. Chez les bourgeons : une levée de dormance aboutissant au débourrement 41
3. Des dormances contrôlées par la balance acide abscissique/gibbérellines 42
D. Les plantes et les saisons : proposition de bilan 42
E. Adaptation de la fonction circulatoire aux rythmes saisonniers chez les plantes pérennes (et bisannuelles) 43
1. Implication de la circulation dans la formation d'organes de réserve souterrains et dans leur mobilisation : l'exemple de la Pomme de terre 43
a. Une variation saisonnière des flux de matière organique et de la nature source-puits des organes 43
b. Une implication de la fonction de circulation dans les flux trophiques entre organes 43
c. Un contrôle externe et interne des processus impliqués 44
2. Implication de la circulation dans la formation et la mobilisation de réserves ligneuses 45

Quelques pistes pour construire une fiche de révision 46
Références 47
Plan du chapitre 49

Chapitre 19. La fonction circulatoire chez les organismes pluricellulaires [Bilan comparatif Angiospermes / Mammifères]

I. La fonction de circulation, une fonction qui implique un fluide transporté dans des conduits et mis en mouvement

A. Des conduits qui constituent le réseau de distribution du fluide

1. Les sèves des Angiospermes : deux fluides intracellulaires
2. Le sang et la lymphe des Mammifères : des fluides endigués dans la lumière de vaisseaux

B. Des fluides mis en mouvement par la mise en place de gradients de pression

1. Une « mise sous pression » des fluides
2. Une « aspiration » des fluides

C. Un déplacement polarisé des fluides (en lien avec la spécialisation des conduits et le dispositif de mise en mouvement)

1. Un déplacement unidirectionnel de la sève brute et des liquides mammaliens (sang notamment)
2. Un déplacement multidirectionnel de la sève élaborée des organes-sources aux organes-puits

D. Circulation fermée ou ouverte ?

II. La fonction de circulation, une fonction qui implique un fluide notamment riche en substances nutritives et des échanges de matière avec les tissus

A. Des fluides notamment riches en nutriments, mais pas seulement

1. Des nutriments utiles aux cellules dans tous les cas
2. Des molécules impliquées dans les fonctions de relations (communication, défense)
3. Des particularités propres au sang (cellules, déchets)

B. Des mécanismes permettant les échanges de matière

1. Les Angiospermes : des mécanismes de charge…
2. … et de décharge
3. Les Mammifères : le rôle central des capillaires

III. La fonction de circulation, une fonction qui s'intègre dans le fonctionnement global de l'organisme et peut s'adapter à des fluctuations du milieu

A. Une fonction de circulation qui s'adapte à une fluctuation journalière des apports de matière

B. Une fonction de circulation qui s'adapte à la variabilité des situations de fonctionnement

C. Une fonction de circulation qui peut s'adapter à des fluctuations saisonnières : l'exemple des Angiospermes

Chapitre 20. Les grandes voies métaboliques dans les cellules eucaryotes [avec quelques petites références aux Eubactéries]

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 2

I. Quelques notions préliminaires sur le fonctionnement énergétique et métabolique des cellules 3
A. La diversité des formes d'énergie mises en jeu chez les êtres vivants 3
B. L'énergie de Gibbs et le caractère endergonique ou exergonique d'une réaction chimique 3
C. La nécessité de couplages énergétiques dans les cellules 3
D. L'origine environnementale – organique ou minérale – de l'énergie employée par les êtres vivants 4
1. L'environnement, un ensemble de ressources pas forcément biodisponibles 4
2. Les grands types métaboliques 4
E. Le rôle central des enzymes dans la réalisation des réactions chimiques du vivant 5
1. Des protéines catalysant les réactions chimiques du vivant de manière spécifique 5
a. Des catalyseurs protéiques indispensables 5
b. Des catalyseurs spécifiques : la triple spécificité enzymatique 5
α. La spécificité de substrat 5
β. La spécificité d'action 5
γ. La spécificité de conditions d'action (notamment température, pH) 5
c. Des protéines interagissant avec le substrat et abaissant l'énergie d'activation de la réaction 6
α. Une complémentarité spatiale enzyme-substrat au niveau du site actif : le modèle clef-serrure (modèle de Fischer) 6
β. Une légère modification de la conformation de l'enzyme lors de la fixation du substrat : l'ajustement induit (modèle de Koshland) 6
γ. La réaction enzymatique : une fixation réversible du substrat sur l'enzyme mais une réaction chimique catalysée irréversible 6
δ. Des mécanismes réactionnels décomposant la réaction en nombreuses réactions intermédiaires, ce qui permet globalement l'abaissement de l'énergie d'activation 7
d. L'intervention possible de cofacteurs nommés coenzymes 7
e. Des enzymes dont le fonctionnement peut être couplé à la consommation d'ATP 7
2. La cinétique enzymatique : deux grandes catégories d'enzymes 7
a. Les enzymes michaeliennes, enzymes à cinétique de saturation hyperbolique 7
b. Les enzymes allostériques, enzymes de structure quaternaire à cinétique de saturation sigmoïdale 9
3. Les enzymes, des protéines catalytiques à activité modulable autorisant un contrôle du métabolisme 9
a. Une modulation par substances stimulatrices ou inhibitrices 9
α. Cas des enzymes michaeliennes : inhibiteurs compétitifs et non compétitifs 9
β. Cas des enzymes allostériques : effecteurs allostériques activateurs ou inhibiteurs 10
γ. Intérêt dans la régulation des voies métaboliques 10
b. Une modulation par induction ou répression de l'expression des gènes codant les enzymes 11
α. Contrôle de l'expression génétique et activité enzymatique 11
β. Un contrôle possible du métabolisme bactérien par une modulation environnementale de l'expression génétique : exemple de l'opéron lactose 11
i. L'opéron Lac, un opéron comprenant trois gènes de structure et deux sites de contrôle 11
ii. Mise en évidence d'une adaptation du métabolisme bactérien en fonction des oses présents dans le milieu 12
iii. L'opéron Lac, un opéron inductible au fonctionnement modulé par les glucides présents dans l'environnement de la Bactérie 12
c. Une modulation par modification covalente des enzymes 13
α. Une modulation irréversible : cas du clivage protéolytique des pro-enzymes 13
β. Une modulation réversible : cas de de la phosphorylation-déphosphorylation 14
d. Remarque : lien entre vitesse enzymatique et quantité d'enzymes dans le milieu réactionnel 15
F. Une séparation spatiale des réactions chimiques permise par la compartimentation des cellules eucaryotes 16
G. Les trois principales formes d'énergie directement utilisables dans les activités cellulaires 16
1. L'emploi de pouvoir réducteur (énergie chimique) : réactions d'oxydoréduction et importance des coenzymes d'oxydoréduction 16
2. L'utilisation de gradients chimiques ou électrochimiques membranaires (énergie osmotique) 17
3. L'utilisation de nucléosides triphosphates, notamment l'ATP (énergie chimique) 17
4. Proposition de bilan 18
H. Un positionnement métabolique central de l'ATP 18
1. L'ATP, molécule dont l'hydrolyse est fortement exergonique 18
a. Un nucléoside triphosphate 18
b. Une molécule à haut potentiel d'hydrolyse des liaisons anhydride phosphorique, libérant plus de 30 kJ • mol^{-1} en conditions standard 19
c. Un potentiel d'hydrolyse intermédiaire parmi les molécules de transfert de groupement phosphate 19
2. L'ATP, molécule régénérable par divers processus 20
a. Trois modalités de régénération 20
α. La phosphorylation oxydative, un couplage globalement chimiochimique permis par la chaîne respiratoire et l'ATP synthase 20
β. La photophosphorylation, un couplage globalement photochimique permis par la chaîne photosynthétique et l'ATP synthase 22
γ. La phosphorylation au niveau du substrat (= transphosphorylation), un couplage chimiochimique où le phosphate est transféré d'une molécule phosphorylée vers l'ADP 23
δ. Bilan 23
b. Les voies métaboliques impliquant la régénération d'ATP 23
3. L'ATP, une molécule aux multiples usages dans la cellule 23
a. Une molécule source d'énergie de nombreuses activités cellulaires 23
α. La synthèse de molécules organiques variées et de polymères : travaux chimiques (couplage chimio-chimique) 23
β. Le déplacement de compartiments et le mouvement : travaux mécaniques (couplage chimio-mécanique) 24
γ. Le déplacement transmembranaire d'une substance contre son gradient chimique ou électrochimique : travaux osmotiques (couplage chimio-osmotique) 24
b. Autres usages cellulaires de l'ATP 24
α. Un nucléotide polymérisable en ARN 24
β. Une précurseur de l'AMPc, un second messager 24
γ. Une molécule de contrôle du métabolisme 24
i. Un contrôle direct inhibiteur ou activateur de l'activité enzymatique 24
ii. Une participation au contrôle par modification covalente des enzymes 24

II. Le métabolisme autotrophe des cellules végétales : réduction du carbone et de l'azote d'origine minérale 25
A. La réduction du CO_2 et la synthèse glucidique en présence de lumière : la photosynthèse en C3 25

1. La photosynthèse, une réduction du CO_2 en matière organique au moyen de l'énergie lumineuse qui a lieu dans les chloroplastes 25
2. La phase photochimique de la photosynthèse : captation et conversion d'énergie lumineuse en ATP et pouvoir réducteur (couplage photochimique) au niveau des thylakoïdes 26
a. Des structures favorisant la captation de lumière : localisation du processus aux différentes échelles 26
α. À l'échelle de l'organe : la feuille, organe aplati et fin favorisant la captation de lumière 26
β. À l'échelle du tissu : la feuille, un organe riche en parenchyme chlorophyllien 27
γ. À l'échelle de la cellule, de l'organite et des molécules : des cellules dont les chloroplastes présentent des thylakoïdes riches en pigments assimilateurs 27
δ. Des pigments riches en liaisons conjuguées dont le spectre d'absorption correspond au spectre d'action de la photosynthèse 27
b. Des mécanismes permettant la conversion de l'énergie lumineuse en ATP et pouvoir réducteur (couplage globalement photochimique) 28
α. Une conversion photochimique assurée par des photosystèmes (PS) 28
β. Une chaîne photosynthétique qui permet d'aboutir à la formation de pouvoir réducteur ($NADPH,H^+$) (couplage chimio-chimique) et d'un gradient de protons (couplage chimio-osmotique) 29
i. Diversité des composants de la chaîne photosynthétique et diagrammes énergétiques : notions de trajet acyclique (= schéma en Z) et de trajet cyclique 29
ii. Résultat du fonctionnement de la chaîne photosynthétique : production de pouvoir réducteur et d'un gradient de protons 31
γ. Un gradient de protons utilisé dans la synthèse d'ATP par l'ATP synthase (couplage osmo-chimique) 31
c. Bilan de la phase photochimique 31
3. La phase chimique de la photosynthèse : utilisation du pouvoir réducteur et de l'ATP dans la réduction du CO_2 en matière organique (couplage chimio-chimique) 31
α. Les expériences de Calvin et la mise en évidence des réactions de la phase chimique 31
β. Le cycle de Calvin-Benson, des réactions en C3 utilisant de l'ATP et du pouvoir réducteur où la fixation du CO2 est assurée par l'activité carboxylase de la RuBisCO 32
γ. Le devenir des trioses phosphates : des glucides variés 34
δ. La dualité carboxylase-oxydase de la RuBisCO et la photorespiration 34
i. Mise en évidence de la compétition entre dioxygène et dioxyde de carbone sur la rubisco 34
iii. Mécanismes de la photorespiration : une coopération chloroplaste-péroxysome-mitochondrie 35
iv. Bilan et conséquences biologiques de la photorespiration 35
4. Vision synthétique de la photosynthèse et couplage des phases photochimique et chimique 35
B. Des modalités particulières de fixation du CO_2 chez les plantes à photosynthèse en C4 36
1. Des plantes présentant souvent une organisation histologique et ultrastructurale particulière des feuilles 36
2. Des plantes chez lesquelles l'incorporation de CO_2 et la synthèse de trioses phosphates (cycle de Calvin) sont séparées spatialement 37
α. Dans le mésophylle : fixation de HCO_3^- par la PEP carboxylase suivie de réactions permettant la formation de malate (composé en C4) 37
β. Dans la gaine périvasculaire : scission du malate en pyruvate (composé en C3) et CO_2 qui entre alors dans le cycle de Calvin-Benson 37
3. Intérêts et limites de la photosynthèse en C4 38
α. Un inconvénient : le coût énergétique plus élevé que la photosynthèse en C3 38
β. De multiples avantages 38
i. Un mécanisme de concentration du CO_2 au niveau de la RuBisCO qui empêche la photorespiration : une adaptation aux fortes chaleurs 38
ii. Une stratégie de la performance où la disponibilité en lumière ou en CO_2 ne sont pas des facteurs limitants 38
iii. Un intérêt dans la gestion de la ressource en eau 39
iv. Mais alors, y a-t-il un facteur limitant à la photosynthèse en C4 ? Oui, les limites de systèmes enzymatiques 39
C. Bilan comparatif de la photosynthèse en C3 et en C4 41
D. Importance écosystémique de la photosynthèse : quelques remarques 41
E. La réduction du nitrate et du diazote en acides aminés d'interconversion 42
1. Une obtention d'azote par absorption racinaire ou symbiose avec des Bactéries permettant l'entrée d'azote dans l'organisme et les écosystèmes 42
2. La réduction des nitrates par les Angiospermes : une voie permettant l'autotrophie à l'azote 43
a. Localisation des processus en jeu à l'échelle de la plante 43
b. Mécanismes : implication de diverses enzymes (nitrate réductase, nitrite réductase, GS GOGAT…) et coopération entre compartiments cellulaires 43
α. Réduction des nitrates en ammonium : couplage chimio-chimique entre l'usage de pouvoir réducteur et la réduction d'azote catalysé par la NAR et la NIR 43
β. Assimilation de l'ammonium en acides aminés par le couple enzymatique GS-GOGAT au moyen d'acides aminés d'interconversion 44
3. La réduction des nitrates en association avec des Bactéries : l'exemple de la symbiose Fabacées-Rhizobium 45
F. Synthèse de l'ensemble des molécules organiques à partir des photoassimilats et de petits acides aminés 45

III. L'oxydation des molécules organiques et la production d'ATP : le catabolisme oxydatif 45
A. Le catabolisme oxydatif : une vue d'ensemble 45
1. La notion de respiration cellulaire : une oxydation complète de la matière organique 45
2. L'exemple du catabolisme du glucose : une vision globale 45
a. Équation-bilan de la respiration cellulaire (sens large) 45
b. Trois étapes principales 46
α. La glycolyse cytosolique 46
β. Le cycle de Krebs au niveau de la matrice mitochondriale 46
γ. La chaîne respiratoire et la phosphorylation oxydative au niveau de l'espace intermembranaire 46
c. L'existence d'oxydations incomplètes et anaérobies de matière organique : les fermentations 47
3. L'existence d'autres voies d'entrée dans le catabolisme oxydatif 47
B. La glycolyse, une oxydation partielle du glucose en pyruvate 48
1. Une dizaine de réactions que l'on peut diviser en deux phases clefs : investissement puis remboursement d'énergie 48
2. Le contrôle de la glycolyse 50
C. Le devenir du pyruvate 51
1. En conditions aérobies : entrée dans la mitochondrie et conversion en acétyl-CoA avec production de pouvoir réducteur ($NADH,H^+$) 51
2. En conditions anaérobies chez certaines cellules : la fermentation qui ré-oxyde les coenzymes préalablement réduits par la glycolyse 52
a. Deux types de fermentations en fonction du produit formé : la fermentation alcoolique et la fermentation lactique 52
b. Intérêts biologiques de la fermentation 52
c. Intérêts agro-alimentaires et agronomiques de la fermentation 52
D. Dans les mitochondries : une oxydation complète des substrats organiques (respiration cellulaire au sens strict) 53
1. Rappels sur la structure des mitochondries 53
2. Entrée des petits métabolites dans les mitochondries [pour information ?] 53

3. Le cycle de Krebs : un ensemble de réactions matricielles cycliques produisant une importante quantité de pouvoir réducteur 54
4. La conversion du pouvoir réducteur en une importante quantité d'ATP : chaîne respiratoire et phosphorylation oxydative 56
a. L'établissement d'un gradient de protons dans l'espace intermembranaire : un couplage chimio-osmotique entre oxydation des coenzymes et flux de protons 56
α. Principe général 56
β. Composition et fonctionnement de la chaîne respiratoire 56
γ. Un transfert des électrons selon un gradient de potentiels redox croissants 57
b. L'emploi du gradient de protons dans la phosphorylation d'ADP en ATP par l'ATP synthétase : un couplage osmochimique 58
E. Bilan énergétique comparé de la respiration cellulaire au sens large et de la fermentation dans le cas d'une molécule de glucose 58
1. Cas de la respiration cellulaire (sens large) 58
2. Cas des fermentations 59
F. Le cas de l'oxydation catabolique des acides gras (AG) 59
1. Une vue d'ensemble du catabolisme lipidique 59
2. L'oxydation mitochondriale (ou péroxysomique) des acides gras : mécanismes de la β-oxydation ou hélice de Lynen 59

IV. La production anabolique des constituants pariétaux par les cellules végétales 61
A. Quelques rappels succincts sur la structure de la paroi et ses relations structure-fonction 61
B. Mise en place et synthèse des composés de la paroi primaire 63
1. Mise en place précoce : édification du phragmoplaste par fusion de vésicules golgiennes pectiques et hémicellulosiques 63
2. La mise en place des celluloses 64
a. Une mise en place à partir d'UDP-glucose assurée par les cellulose synthases 64
b. Une mise en place guidée par les microtubules corticaux 64
3. Apport des constituants non cellulosiques aux parois par exocytose 65
4. Une paroi primaire qui peut autoriser l'élongation 65
C. Mise en place de la paroi secondaire, une paroi inextensible et différenciée 66
1. Notions de paroi primaire et paroi secondaire : rappels 66
2. Une différenciation de la paroi en paroi secondaire qui repose sur deux processus 66
a. L'épaississement pariétal par ajout de couches de cellulose 66
b. La modification de la composition pariétale par imprégnation de molécules variées 67

Références 67
Pour faire une fiche de révision : quelques pistes 68
Plan du chapitre 69

Chapitre 21. Du gènes à la protéine : l'expression génétique

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Les gènes et leur transcription en ARN suivie d'une éventuelle maturation 1
A. Nature et organisation des gènes : quelques rappels 1
1. Notion de gène 1
2. Organisation des gènes eubactériens : un regroupement fréquent en opérons polycistroniques 2
3. Organisation des gènes eucaryotes : des gènes monocistroniques et morcelés (= gènes mosaïques) avec des régions non codantes (introns) séparant les portions codantes (exons) 2
B. Les ARN et leur diversité 2
1. Les ARN, des acides nucléiques plutôt monocaténaires constituant des copies de petites portions d'ADN 2
2. La diversité des ARN 3
a. Les ARN messagers (ARNm) et ARN prémessagers (ARNpm), des copies de l'ADN comportant les informations nécessaires à la synthèse d'une protéine 3
b. Les ARN ribosomiques (ARNr), éléments constitutifs des ribosomes 4
c. Les ARN de transfert (ARNt), des ARN se liant à des acides aminés dont ils assurent l'acheminement vers le ribosome lors de la traduction 5
α. Nature des ARNt : des ARN en forme de feuille de trèfle présentant, à des extrémités opposées, un anticodon et un site de liaison à un acide aminé 6
β. Un complexe acide aminé-ARNt (= amino-acyl ARNt) produit par une amino-acyl ARNt synthétase cytosolique 6
d. D'autres ARN aux rôles variés [moins important] 6
C. De l'ADN à l'ARN : le processus de transcription 6
1. Notion de transcription 6
2. Un processus conforme qui repose sur une polymérisation de ribonucléotides par une ARN polymérase 6
a. Principe fondamental : une polymérisation nucléaire de ribonucléotides en vis-à-vis du brin matrice de l'ADN qui permet la reproduction de la séquence du brin codant 6
b. Un désenroulement et un enroulement de l'ADN lors du processus 7
c. Un processus conforme toutefois caractérisé par l'absence (peu gênante) de mécanismes de correction d'erreurs 7
d. Une diversité d'ARN polymérases [pour information] 7
3. Un processus séquentiel composé de plusieurs étapes et supposant l'intervention d'acteurs variés [cas de l'ARN pol II eucaryote] 7
a. Une initiation permise par un complexe d'initiation aboutissant à la fixation de l'ARN polymérase au niveau du promoteur 7
b. Une élongation assurée par l'ARN polymérase seule, assurant la production d'un ARN complémentaire du brin matrice d'ADN 8
c. Une terminaison intervenant lorsque l'ARN polymérase rencontre une séquence terminatrice 8
4. Une transcription du gène généralement assurée de manière synchrone par plusieurs ARN polymérases 8
D. Une maturation fréquente du transcrit primaire 9
1. Un processus subi par la plupart des petits ARN (Eucaryotes + Eubactéries) 9
2. Un processus non subi par les ARNm eubactériens qui subissent immédiatement une traduction co-transcriptionnelle 9
3. Un processus important dans le cas des ARNpm eucaryotes qui maturent en ARNm ensuite exportés vers le cytoplasme 10

a. Une modification des extrémités des ARNpm : ajout d'une coiffe en 5' et d'une queue poly-A en 3' 10
b. L'excision des introns et l'épissage des exons 10
α. Mise en évidence de l'épissage par hybridation ARNm – ARN monobrin 10
β. Mécanismes de l'excision-épissage : intervention du splicéosome (= complexe d'épissage) 11
c. Un gène, plusieurs protéines : des mécanismes post-transcriptionnels permettant parfois l'obtention d'ARNm variés à partir d'un même transcrit primaire 11
α. L'épissage alternatif (= épissage différentiel) : un réarrangement variable des exons lors de l'épissage 11
β. L'édition (en angl. editing) des ARNm : des modifications post-transcriptionnelles de la séquence des ARNm par « mutation » de nucléotides 12
d. L'export des ARNm vers le noyau 12

II. Les protéines et leur biosynthèse par traduction 13
A. Acides aminés et protéines : quelques rappels préalables 13
1. Les acides aminés (AA), entités fondamentales des protides 13
a. Constitution biochimique 13
b. Acide aminé biologique, acide aminé protéinogène, acide aminé présent dans les protéines : des notions non équivalentes 13
c. Diversité des acides aminés 14
d. Principales fonctions des acides aminés 16
2. Condensation et polymérisation des acides aminés : formation de liaisons peptidiques [important et au programme !] 16
3. Peptides, oligopeptides, polypeptides, protéines 17
4. Les protéines, agents principaux des activités biologiques 17
a. La structure des protéines : une vision d'ensemble 17
b. La structure primaire : la séquence peptidique de la chaîne polypeptidique 18
c. La structure secondaire : des repliements locaux (hélices, boucles, feuillets) 19
d. Structure tertiaire : la chaîne polypeptidique complètement repliée et fonctionnelle 20
e. Structure quaternaire : plusieurs chaînes polypeptidiques dans certaines protéines 20
5. Assemblage possible de protéines avec des éléments non protéiques 21
6. Diversité structurale et fonctionnelle des protéines 21
B. De l'ARNm à la protéine : la traduction 21
1. La traduction, un processus cytosolique chez les Eucaryotes et co-transcriptionnel chez les Eubactéries 21
2. Une correspondance (quasi) universelle entre les codons de l'ARNm et les acides aminés protéinogènes : le code génétique 21
3. Les principaux acteurs de la traduction : ARNm, sous-unités ribosomiques et amino-acyl-ARNt 22
4. Mécanismes de la traduction 22
a. Principe général : une lecture progressive de l'ARNm par le ribosome où des amino-acyl ARNt se succèdent en apportant les acides aminés incorporés 22
b. Un processus séquentiel : initiation, élongation, terminaison 23
α. L'initiation 24
β. L'élongation 24
γ. La terminaison 24
δ. Bilan : une vision (très) simplifiée 24
c. Une traduction simultanée par plusieurs ribosomes de chaque ARNm : notion de polyribosome (= polysome) 25
C. Quelques remarques sur la maturation et l'adressage des protéines chez les Eucaryotes [pour information] 25

III. L'expression génétique, un processus contrôlé 27
A. Chez les Eubactéries : un contrôle surtout transcriptionnel influencé par l'environnement et l'organisation des gènes en opérons, exemple de l'opéron lactose 27
1. L'opéron Lac, un opéron comprenant trois gènes de structure et deux sites de contrôle 27
2. Mise en évidence d'une adaptation du métabolisme bactérien en fonction des oses présents dans le milieu 27
3. L'opéron Lac, un opéron inductible au fonctionnement modulé par les glucides présents dans l'environnement de la Bactérie 28
a. En présence de glucose seul, sans lactose dans le milieu 28
b. En présence de lactose seul, sans glucose dans le milieu 28
c. En présence de glucose et lactose 29
B. Chez les Eucaryotes : un contrôle s'exerçant à des niveaux variés 29
1. Un contrôle de l'accessibilité des gènes au niveau de la chromatine 29
a. Des gènes accessibles à la transcription lors de l'interphase (condition temporelle) et dans l'euchromatine (condition d'état de l'ADN) 29
b. Un contrôle précis de la condensation de la chromatine par l'état des histones 30
α. Les histones, des protéines pouvant subir des modifications covalentes (acétylations, méthylations, phosphorylations, ubiquitinations, SUMOylations) 30
β. Des conséquences sur la condensation de l'ADN et donc l'accessibilité des séquences aux ARN polymérases : notions de complexe de remodelage de la chromatine et de code histone 31
c. Un contrôle par l'état de méthylation des nucléotides de l'ADN 31
α. Mise en évidence du rôle de la méthylation des cytosines dans l'expression des globines au cours du développement humain 31
β. Généralisation : la méthylation des bases azotées, un état inhibant l'expression génétique 32
d. Une possibilité de transmission héréditaire de profils d'expression génétique non liés aux séquences alléliques : l'épigénétique 32
α. Notion d'épigénétique 32
β. Des modifications épigénétiques qui peuvent survenir de manière aléatoire, se fixer et se transmettre ensuite aux lignées cellulaires : l'exemple de l'inactivation du chromosome X 32
i. L'existence d'une inactivation du chromosome X dans les cellules de Mammifères 33
ii. Les caractéristiques de cette inactivation 33
iii. Un exemple de conséquence visible : le pelage des chats femelles en écailles de tortue 33
γ. Des caractéristiques épigénétiques qui peuvent se transmettre aux descendants et aboutir à la mise en silence d'un gène sur deux : l'empreinte parentale 33
i. La notion d'empreinte parentale 33
ii. Un effacement de l'empreinte parentale à chaque génération et la mise en place d'une nouvelle empreinte lors de la méiose 33
2. Un contrôle transcriptionnel par des séquences régulatrices 34
a. L'existence de séquences cis-régulatrices en amont du gène : promoteur, séquences enhancers et séquences silencers 34
b. Des séquences accueillant des facteurs de transcription (facteurs trans) généraux ou spécifiques se liant à l'ADN 34
c. Des facteurs spécifiques de transcription qui interagissent avec les facteurs généraux grâce à des protéines assurant la torsion de l'ADN 35
d. Un contrôle qui autorise une action de signaux d'origine extracellulaire : l'exemple des hormones stéroïdiennes 35
3. Un contrôle post-transcriptionnel à divers niveaux 36
a. Un contrôle traductionnel par la longueur de la queue poly-A qui conditionne la longévité de l'ARNm dans le cytosol 36
b. Un contrôle traductionnel par des séquences facilitant l'appariement à des protéines et/ou des ARNi déclenchant la lyse de l'ARNm 36

c. Un contrôle post-traductionnel aboutissant à la lyse des protéines défectueuses : couplage polyubiquitination-protéasome 36

Bilan 37
Pour faire une fiche de révision : quelques pistes 38
Références 39
Plan du chapitre 40

TP B1. Les échangeurs des Angiospermes

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Deux structures d'échanges gazeux 1
A. Les stomates, des structures épidermiques spécialisées dans les échanges gazeux situées principalement au niveau foliaire 1
B. Les lenticelles, zones du périderme où les cellules du liège se désolidarisent et permettent les échanges gazeux 2

II. Les structures de prélèvement de la solution du sol 3
A. Le rhizoderme, tissu primaire de revêtement racinaire formant une assise pilifère riche en poils absorbants 3
B. Les mycorhizes, symbioses entre plantes et champignons augmentant la surface d'échanges entre le sol et la plante 4

Références 6
Plan du chapitre 6

TP B2. Les échangeurs respiratoires des Métazoaires (Insectes, Mammifères)

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Étude pratique de l'appareil trachéen des Insectes 1
A. *Localisation et organisation de l'appareil trachéen du Criquet 1*
B. *Organisation microscopique des trachées 2*

II. Étude pratique de l'appareil pulmonaire des Mammifères 4
A. *Rappels sur l'organisation histologique de l'appareil respiratoire 4*
B. *Localisation et organisation de l'appareil pulmonaire de Souris 4*
C. *Étude microscopique de l'appareil pulmonaire de Mammifères 4*
1. Vue d'ensemble du tissu pulmonaire 5
2. Étude de la trachée 5
3. Étude des bronches et bronchioles 7
4. Étude du parenchyme pulmonaire 7

Références 9
Plan du TP 9

TP B3-B8-B9. Quelques adaptations de l'appareil végétatif et des semences chez les Angiospermes

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Les feuilles et les pigments assimilateurs, structures adaptées à la captation de lumière (TP B3) 1
A. Étude morphologique des feuilles et de leur disposition sur la tige (phyllotaxie) 1
B. Étude anatomique et histologique des feuilles 3
1. Éléments descriptifs 3
2. Caractères diagnostiques principaux 3
3. Étude pratique de coupes transversales 3
4. Bilan sur l'anatomie des feuilles (d'après BOUTIN *et al.*, 2015) 10
C. Les chloroplastes, organites de la photosynthèse 11
D. Les pigments assimilateurs, molécules organiques complexes capables de collecter l'énergie lumineuse : extraction, séparation et spectre d'absorption 11
E. En guise de bilan : relations structure-fonction au niveau de la feuille 13

II. La fonction de réserve chez les Angiospermes (TP B8) 14
A. Une fonction surtout impliquée dans le passage de la mauvaise saison, la reproduction et le développement 14
B. Les principales molécules organiques de réserve des Angiospermes 14
1. Les principales réserves glucidiques 14
a. Le saccharose, disaccharide mis en réserve dans les vacuoles 14
b. L'amidon, polysaccharide de glucose mis en réserve dans les plastes 14
c. L'inuline, polysaccharide de fructose mis en réserve dans les vacuoles de cellules d'Astéracées 15
2. Les réserves lipidiques, gouttelettes surtout situées dans le cytosol (ou les plastes) essentiellement composées de triglycérides 16
3. Les réserves protéiques : l'exemple des grains d'aleurone vacuolaires 16
C. Les tissus de réserve chez les Angiospermes : des parenchymes ou des tissus secondaires d'organisation parenchymateuse 17
D. Les organes de réserve des Angiospermes 17
1. Les semences 17
2. Les organes végétatifs : tubercules, rhizomes et bulbes 19
a. Étude de quelques bulbes 19
b. Étude d'un rhizome 21
c. Étude de quelques tubercules 22

III. Les adaptations à la sécheresse chez les Angiospermes (TP B9) 24
A. Préambule : diversité des situations écophysiologiques face à la disponibilité en eau 24
B. Les xérophytes, plantes présentant des adaptations morpho-anatomiques et/ou physiologiques aux milieux secs 24
C. Étude pratique de l'anatomie foliaire de xérophytes 25

Références 29
Plan du TP 30

TP B4. Les structures supports de la communication nerveuse et du mouvement

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Étude pratique de structures nerveuses 2
A. Dissection, montage et observation d'un nerf 2
B. Étude de lames du commerce au microscope optique : nerf, moelle épinière 2
C. Étude électronographique de neurones 5

II. Étude électronographique de synapses 8

III. Étude pratique d'un muscle strié squelettique 9
A. Étude macroscopique et microscopique d'un muscle frais ou bouilli 9
B. Étude microscopique de lames du commerce de muscle strié squelettique 10
C. Étude ultrastructurale du muscle strié squelettique 10

Références 12
Plan du TP 13

TP B5. Organisation fonctionnelle de l'appareil digestif des Mammifères

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. L'organisation générale de l'appareil digestif : exemple chez la Souris (rappels : revoir le TP concerné) 2

II. Les organes du tube digestif 3
A. L'œsophage 3
1. Vue d'ensemble au microscope optique 3
2. Vues de détail au microscope optique 4
B. L'estomac : la paroi au MO 4
C. L'intestin grêle 5
1. Organisation générale de la paroi au MO 5
2. Zoom sur une villosité au MO 5
3. Zoom sur une crypte de LIERBERKÜHN au MO 5
4. Étude ultrastructurale d'un entérocyte au MET 5
D. Le côlon au sens large (= gros intestin) au MO [*pour information*] 6

III. Les principales glandes digestives 7
A. Les glandes salivaires : étude au MO [*pour information*] 7
B. Le pancréas 8
1. Étude des tissus pancréatiques au MO 8
2. Étude de l'ultrastructure des cellules acineuse au MET 8
C. Le foie 9
1. Étude des tissus hépatiques au MO 9
2. Étude de l'ultrastructure des cellules hépatiques 9
D. Mise en évidence des relations anatomiques entre foie et pancréas chez la Souris 11

Références 11
Plan du TP 12

TP B6. L'appareil cardiovasculaire des Mammifères

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Étude pratique du cœur, une double pompe musculaire et automatique 2
A. Le cœur, organe essentiellement constitué d'un muscle cavitaire en deux parties (myocarde) 2
B. Étude pratique du cœur à l'échelle macroscopique 4
C. Étude histologique du cœur 5
1. Notions théoriques d'histologie cardiaque : tissus spécifiques du cœur 5
a. Le tissu musculaire cardiaque, acteur de la contraction cardiaque 5
b. Le tissu nodal (= tissu cardionecteur), support tissulaire de l'automatisme cardiaque 7
2. Étude pratique des tissus cardiaques 7

II. Étude pratique des vaisseaux, conduits de distribution du sang 9
A. Organisation générale des vaisseaux sanguins 9
B. Clef d'identification des vaisseaux sanguins 9
C. Typologie des vaisseaux 11
1. Le réseau artériel, réservoir de pression 11
2. Le réseau capillaire, lieu d'échanges avec les tissus 12
3. Le réseau veineux, réservoir de volume assurant le retour du sang au cœur 12
D. Réalisation des observations 12

III. Les éléments figurés du sang 16
A. Le sang : du plasma et des éléments figurés 16
B. Coloration fréquente en histologie sanguine 16
C. Les éléments figurés du sang 16
D. TP : étude histologique d'un frottis sanguin (MO) 16

IV. Bilan : planches de Boutin et al. (2015) 18

Annexe : hémogrammes et analyses sanguines 20

Références 23
Plan du TP 23

TP B7. Les tissus conducteurs des Angiospermes

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Préparation simple de tissus conducteurs à partir de Poireau 1

II. Étude du xylème, tissu conducteur de la sève brute 2
A. Quelques rappels théoriques synthétiques 2
B. Diversité des éléments conducteurs du xylème primaire 2
C. Organisation du bois ou xylème secondaire 3

III. Étude du phloème, tissu conducteur de la sève élaborée 4
A. Quelques rappels théoriques synthétiques 4
B. Étude des tubes criblés 4

IV. La présence de faisceaux cribrovasculaires (FCV) dans les tiges primaires 6

V. Complément : rappels sur les tissus secondaires (notamment les tissus conducteurs secondaires) 6

Références 8
Plan du TP 8

TP B8 et TP B9 >> avec le TP B3

Partie C. La reproduction : entre conservation et innovation

Chapitre 22. La reproduction bactérienne

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. La multiplication des populations bactériennes 3
A. Une multiplication qui suppose une division cellulaire nommée scissiparité et qui s'inscrit dans un cycle cellulaire 4
1. Une division cellulaire rudimentaire 4
2. Une division cellulaire qui suppose une réplication du chromosome bactérien en amont et s'inscrit dans des cycles cellulaires variables 4
3. Et les plasmides ? Une réplication et une répartition lors des divisons qui semblent aléatoires 4
B. Une multiplication qui aboutit à la croissance des populations (= croissance bactérienne) 4
1. Les étapes de la croissance bactérienne 4
2. La modélisation mathématique de la croissance bactérienne 5

II. La conservation et la variation de l'information génétique lors des processus reproductifs bactériens 6
A. La réplication, un processus semi-conservatif et plutôt conforme de duplication de l'information génétique 6
1. La réplication, un processus semi-conservatif où un brin est néoformé à partir d'un brin matrice par complémentarité de bases 6
a. Mise en évidence de la semi-conservativité de la réplication (Meselson & Stahl 1958, Cairns 1963) 6
b. Principe opératoire fondamental 6
2. La réplication, un processus qui suppose la polymérisation de nucléotides (initialement sous forme triphosphate) dans le sens 5' → 3' 7
3. La réplication, un processus bidirectionnel à une seule origine chez les Bactéries 7
4. La réplication, un processus assuré par un complexe enzymatique que l'on peut nommer réplisome ou complexe de réplication 7
a. Une ouverture de la molécule par une hélicase et un désenroulement par des topoisomérases 7
b. Des protéines stabilisatrices empêchant le ré-appariement de la séquence : les SSB 8
c. Une initiation de la polymérisation de l'ADN par une primase déposant une amorce ARN suivie d'une polymérisation par une ADN polymérase 8
d. Une polymérisation de l'ADN continue dans le brin précoce et discontinue dans le brin tardif constitué de fragments d'Okazaki 8
e. Une liaison des morceaux de brins néo-synthétisé par des ligases 9
f. Bilan : une vision d'ensemble de la réplication 9
5. L'existence d'erreurs généralement corrigées lors de la réplication (correction sur épreuve) ou après (réparation post-réplicative) 10
6. Bilan : la réplication, un processus hautement conforme 10
B. Les mutations ponctuelles, des modifications génétiques aléatoires généralement corrigés mais pouvant être transmises 10
1. Des modifications locales de la séquence nucléotidique de plusieurs types 10
a. Définition de mutation et mutation ponctuelle 10
b. Typologie des mutations ponctuelles : insertions (= additions), délétions, substitutions 10
2. Des modifications locales de la séquence nucléotidique qui peuvent apparaître lors de la réplication ou du stockage de l'ADN 10
a. Des mutations ponctuelles qui peuvent apparaître lors de la réplication de l'ADN 10
α. L'exemple des mésappariements dus à la tautomérie des bases azotées 11

β. Insertions ou délétions par glissement de brins [pour information ?] 11
b. Des mutations ponctuelles qui peuvent apparaître lors du stockage de l'ADN de manière spontanée ou induite 12
α. Un exemple d'altération chimique pouvant engendrer une mutation spontanée : la dépurination 12
β. Un exemple d'altération de l'ADN engendrée par le rayonnement UV (un agent mutagène) et pouvant susciter une mutation induite : la dimérisation de thymines 12
3. Des modifications locales de la séquence nucléotidique qui sont souvent corrigées par des systèmes enzymatiques de réparation de l'ADN 12
a. Des erreurs de réplication corrigées au moment même de la réplication : l'activité auto-correctrice des ADN polymérases (activité exonucléasique) 12
b. Une correction des altérations de l'ADN hors réplication impliquant des endonucléases 13
c. Des corrections hors réplication pouvant recourir à des mécanismes particuliers : l'exemple de la dé-dimérisation de thymines 13
α. Une possibilité de réversion directe 13
β. Une possibilité de réversion par la photolyase 13
4. Des modifications locales de la séquence nucléotidique aléatoires et à la fréquence variable 14
5. Des modifications locales de la séquence nucléotidique qui peuvent avoir des conséquences cellulaires et se répandre dans les populations 15
a. Des mutations classables selon leur effet sur l'information génétique : mutations faux-sens, non-sens, neutres… 15
b. Des mutations qui sont forcément transmises à la descendance chez les Bactéries 15
c. Des mutations qui se répandent ou non dans les populations sous l'effet de la sélection naturelle et de la dérive génétique 15
C. Un exemple de transfert génétique horizontal : la conjugaison bactérienne 15
1. La notion de transferts horizontaux et un aperçu de leur diversité chez les Bactéries ; notion de parasexualité 15
2. Mise en évidence et modalités de la conjugaison bactérienne 16
a. Mise en évidence historique de la conjugaison (Lederberg & Tatum, 1946) 16
b. Mécanismes de la conjugaison 17
α. Principe général : transfert d'un plasmide via un pilus sexuel 17
β. La conjugaison simple, un premier type de conjugaison où un plasmique « classique » (noté F) est transféré 18
γ. La conjugaison des souches Hfr (High Frequency of Recombination), un second type de conjugaison où le plasmide s'intègre au chromosome bactérien (épisome) 18
3. Conséquences génétiques de la conjugaison bactérienne (et des autres transferts horizontaux bactériens) 18
a. Un mécanisme de brassage génétique et donc de genèse de diversité 18
b. Un mécanisme pouvant réparer un ADN lésé 19

Pour faire une fiche de révision : quelques pistes 19
Références 20
Plan du chapitre 20

Chapitre 23. La reproduction sexuée chez les Mammifères

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 2

I. Cycle de vie des Mammifères, cycle cellulaire, divisions cellulaires et aspects génétiques de la reproduction sexuée 2

A. Le cycle de vie des Mammifères : un cycle monogénétique diplophasique 2

B. Le cycle cellulaire et ses étapes 3
1. Notions de cycle cellulaire, mitose, méiose 3
2. Rappel : la notion de chromosome simple (= à une chromatide) et de chromosome double (= à deux chromatides) [important] 3
3. Étapes du cycle cellulaire mitotique et évolution de la quantité d'ADN 4
a. Un cycle divisé en interphase et mitose 4
b. Une interphase divisible en phases G1, S et G2 4
4. Cas du cycle cellulaire des cellules germinales s'engageant dans la méiose 5

C. La réplication, un processus semi-conservatif et plutôt conforme de duplication de l'information génétique lors de la phase S 5
a. La réplication, un processus très semblable chez les Eucaryotes à celui qui se déroule chez les Bactéries 5
b. Quelques particularités de la réplication eucaryote 6
α. La réplication : un processus à plusieurs origines chez les Eucaryotes, et donc plusieurs yeux de réplication 6
β. Le problème de la réplication des télomères et l'intérêt des télomérases que l'on rencontre dans certaines cellules [pour information ?] 7

D. Les mutations ponctuelles, des modifications génétiques aléatoires généralement corrigés mais pouvant être transmises 8
1. Un phénomène commun aux Eucaryotes et aux Bactéries 8
a. Rappel : définition de mutation et mutation ponctuelle 8
b. Des processus de mutations ponctuelles globalement semblables entre Eucaryotes et Eubactéries 8
2. Quelques petites particularités des organismes pluricellulaires et des Mammifères 8
a. Des mutations qui ne peuvent se répandre dans les populations qui se elles touchent les cellules à l'origine de gamète (cellules germinales dans le cas des Mammifères) 8
b. Une photolyase qui n'existe pas chez les Mammifères 8
c. Une correction possible des mutations lors des processus de recombinaison : la réparation par crossing-over 8

E. La mitose, une division cellulaire qui assure une conformité génétique entre les cellules-filles 9
1. Les étapes de la mitose 10
a. La prophase et la prométaphase 10
b. La métaphase 10
c. L'anaphase 10
d. La télophase et la cytodiérèse 11
e. Bilan des étapes de la mitose 12
2. Les mécanismes importants de la mitose 13
a. Importance de la condensation de l'ADN 13
b. Importance du cytosquelette 13

α. Des microtubules organisés en un fuseau de division (microtubules polaires, astériens et kinétochoriens) 13
β. Importance de la polymérisation-dépolymérisation des microtubules dans leur allongement ou leur raccourcissement 14
γ. Rôle des lamines dans la vésicularisation et la reformation de l'enveloppe nucléaire 15
δ. Rôle des interactions actine-myosine dans la cytodiérèse des cellules animales 15
c. L'existence d'un contrôle du cycle cellulaire et de la division cellulaire 15
3. Discussion de la conformité de la mitose 15
a. La mitose, un processus fondamentalement conforme 15
b. Des limites à la conformité 16
α. Une inégalité de répartition du matériel cytoplasmique lors de la cytodiérèse 16
β. L'existence (très rare) de recombinaisons mitotiques : les crossing-over mitotiques [pour information] 16

F. La méiose, une division cellulaire qui conduit à l'haploïdie et assure un brassage génétique des génomes parentaux originels 16
1. Un processus comprenant deux divisions successives sans réplication intermédiaire 16
a. Principe général : d'une cellule-mère diploïde à quatre (en théorie) cellules-filles haploïdes 16
b. La division réductionnelle (méiose I) : une étape assurant la réduction chromosomique et générant deux cellules-filles haploïdes 16
c. La division équationnelle (méiose II) : une étape techniquement assimilable à une mitose à l'état haploïde 18
2. La méiose, un processus où un brassage génétique permet la production d'une recombinaison génétique 18
a. Notions de recombinaison génétique et de brassage génétique 18
b. Un brassage interchromosomique lors de l'anaphase I assurant une répartition aléatoire des chromosomes paternels et maternels 18
c. Un brassage intrachromosomique lors de la prophase I 19
α. Les crossing-over (CO) : des échanges habituellement réciproques de portions de chromatides entre chromosomes appariés en prophase I 19
β. Un processus permis par le complexe synaptonémal et le nodule de recombinaison 19
γ. Un processus non aléatoire qui a lieu au niveau de zones préférentielles : les points chauds de recombinaison 20
d. Bilan : les cellules issues de la méiose, des cellules haploïdes génétiquement originales porteuses de combinaisons alléliques uniques 20
3. La méiose, un processus où peuvent survenir des anomalies aux conséquences chromosomiques et/ou caryotypiques 21
a. Rappels : notion de caryotype et caryotypes normaux 21
α. Notion de caryotype 21
β. Des caryotypes diploïdes normaux humains 21
b. La méiose, un processus pouvant générer des remaniements chromosomiques (= mutations chromosomiques au sens strict) 21
α. Les crossing-over inégaux, un processus permettant la duplication de gènes 21
β. Les crossing-over inégaux ou anormaux, un processus permettant des remaniements chromosomiques d'ampleur : fissions, insertions, délétions, inversions, translocations 22
c. La méiose, un processus pouvant générer des modifications du caryotype 23
α. Les aneuploïdies, des caryotypes anormaux provenant souvent de non-disjonctions de chromosomes homologues ou de chromatides lors de la méiose 23
β. Les euploïdies, des caryotypes affectant le nombre total de paires de chromosomes [pour information ?] 24

G. Quelques aspects génétiques de la fécondation croisée 24
1. La fécondation, source de variabilité : la production d'une combinaison génétique diploïde nouvelle par réunion de gamètes originaux 24
2. La fécondation, source de stabilité : la restauration de la diploïdie et le maintien du caryotype de l'espèce et du nombre de gènes 24
3. Le phénomène d'empreinte parentale : un marquage épigénétique issu des gamètes et fixé lors de la fécondation qui modifie l'expression de certains gènes 24
α. Mise en évidence de l'empreinte parentale par des expériences de transplantation de pronuclei 24
β. L'empreinte parentale : un état de condensation de certains gènes hérités des gamètes et qui perdure lors de la vie de l'individu (et peut-être parfois au-délà ?) 25

II. Les modalités de la reproduction sexuée chez les Mammifères : gamétogenèse, rapprochement des gamètes, fécondation 27

A. Préambule sur l'organisation fonctionnelle de l'appareil reproducteur des Mammifères 27
1. La notion d'appareil reproducteur 27
2. Anatomie fonctionnelle de l'appareil reproducteur mâle 27
a. Vue d'ensemble de l'appareil génital mâle 27
α. Les gonades mâles ou testicules : lieu de production des spermatozoïdes (activité gamétogénétique) et de la testostérone (activité endocrine) 27
β. Les voies génitales mâles ou voies spermatiques : lieu de transit des spermatozoïdes jusqu'à l'extérieur du corps 28
γ. Les glandes annexes : lieu de production du liquide séminal 28
γ. Le pénis : organe de la copulation 29
b. Zoom sur l'organisation anatomique et histologique des testicules 29
3. Anatomie fonctionnelle de l'appareil reproducteur femelle 30
a. Les gonades femelles ou ovaires : lieu de production des ovocytes II (activité gamétogénétique) et des hormones sexuelles femelles (œstrogènes, progestérone : activité endocrine) 30
b. Les voies génitales femelles : lieux de transit des gamètes, de la fécondation et du développement embryonnaire (et fœtal) 31
c. Le vagin et la vulve, organes de la copulation 32

B. Les modalités de la gamétogenèse, quelques processus associés et la régulation de la fonction de reproduction 33
1. La gamétogenèse, une étape qui comprend une prolifération mitotique des cellules germinales, leur accroissement et une maturation avec méiose 33
2. Les modalités de la spermatogenèse 34
a. Un processus qui se déroule dans les tubes séminifères 34
b. Un processus testostérone-dépendant et continu qui se déroule de la puberté à la mort 35
c. Un processus en plusieurs étapes 35
α. La multiplication mitotique des spermatogonies, un processus qui entretient le stock de cellules germinales 35
β. L'accroissement et la maturation des cellules : l'engagement dans la méiose et la réalisation de la méiose produisant des spermatides 35
γ. La spermiogénèse, différenciation des spermatides en spermatozoïdes 36
δ. Et après la spermatogenèse ? Quelques remarques sur le devenir des spermatozoïdes 38
i. Le transit dans les voies génitales masculines puis féminines 38
ii. L'acquisition de la motilité et du pouvoir fécondant 39
➢ L'acquisition de la motilité des spermatozoïdes 39
➢ L'acquisition du pouvoir fécondant des spermatozoïdes 39
d. Un processus qui fait intervenir les cellules de Sertoli (= cellules de soutien, cellules nourricières), des cellules épithéliales aux fonctions variées 39

e. En guise de bilan : quelques caractéristiques du spermatozoïde 39
3. Les modalités de l'ovogenèse et le fonctionnement cyclique de l'appareil reproducteur féminin 41
a. Les aspects ovariens du fonctionnement de l'appareil reproducteur féminin : la production cyclique d'ovocytes II au sein de follicules 41
α. La production de gamètes femelles ou ovogenèse 41
i. La multiplication mitotique des cellules germinales femelle (ovogonies) lors du développement embryonnaire 41
ii. Un accroissement caractérisé par une accumulation de réserves, une entrée précoce en méiose et un blocage en prophase I de méiose (stade diplotène) 41
iii. Une maturation caractérisée par le déroulement de la méiose I et de la méiose II jusqu'en métaphase aboutissant au gamète femelle (et à un 1er globule polaire) 42
iv. Une maturation qui s'achève lors de la fécondation avec la fin de la méiose II produisant un ovotide (et un 2nd globule polaire), la méiose étant asymétrique 43
β. L'évolution des follicules ovariens au cours du cycle menstruel 43
i. La notion de follicule ovarien (et de corps jaune) 43
ii. La notion de cycle menstruel ovarien : phase folliculaire, ovulation, phase lutéale 43
iii. L'évolution des follicules jusqu'à maturité (folliculogenèse) puis l'évolution du corps jaune 43
➢ En amont du cycle : transformation de follicules primordiaux en follicules cavitaires (follicules III) 43
➢ Lors de la phase folliculaire du cycle : poursuite de la croissance folliculaire et sélection d'un follicule dominant unique qui poursuit sa maturation en follicule de De Graaf 45
➢ La libération de l'ovocyte II et de la corona radiata lors de l'ovulation 45
➢ Lors de la phase lutéale du cycle : l'évolution du follicule rompu en corps jaune qui croît puis dégénère 45
➢ Bilan structural 45
γ. Quelques remarques sur la contribution des cellules folliculaires à la croissance ovocytaire et au cycle menstruel 47
i. Interactions entre ovocyte et cellules folliculaires, et participation au contrôle de la croissance ovocytaire 47
ii. Interactions entre cellules thécales et cellules folliculaires, et co-production des œstrogènes (rôle dans le cycle menstruel) 47
b. Les aspects utérins et cervicaux du fonctionnement de l'appareil reproducteur féminin : évolution cyclique de l'endomètre et de la glaire cervicale 47
α. Le cycle utérin : un renouvellement cyclique de la muqueuse utérine (menstruations, phase proliférative, phase sécrétoire) qui prépare une éventuelle nidation 47
β. Le cycle cervical : une évolution cyclique de la glaire cervicale 48
c. Un fonctionnement de l'appareil reproducteur féminin de la puberté jusqu'à la ménopause 49
4. L'axe gonadotrope et le contrôle neuro-endocrinien de la fonction de reproduction chez l'être humain 50
a. Un contrôle neuro-hormonal de la fonction de reproduction à trois niveaux (hypothalamus, hypophyse, gonades) 50
b. Nature et mode d'action des hormones sexuelles, des hormones stéroïdes 51
α. Les stéroïdes, des dérivés de cholestérol transportés complexés à des protéines plasmatiques et dont les récepteurs sont cytosoliques 51
β. Les stéroïdes, des régulateurs d'expression génétique après complexation au récepteur cytosolique : modèle d'action d'une hormone stéroïde 52
c. L'axe gonadotrope chez l'homme et la régulation de la fonction de reproduction masculine 53
α. Évolution de la concentration des hormones impliquées : mise en évidence d'une boucle de régulation 53
i. La sécrétion pulsatile de testostérone par les cellules de Leydig 53
ii. Une sécrétion pulsatile de testostérone qui suit la sécrétion pulsatile de LH par l'hypophyse 53
iii. Une sécrétion de FSH par l'hypophyse qui agit sur les cellules de Sertoli, produisant alors de l'inhibine 53
iv. Une production de LH et de FSH contrôlée par la GnRH 53
v. Un rétrocontrôle négatif (négative feedback) de la testostérone et de l'inhibine sur le complexe hypothalamo-hypophysaire 54
β. Une vision d'ensemble de la régulation de l'axe gonadotrope masculin 54
γ. Les divers effets de la testostérone 55
d. L'axe gonadotrope chez la femme et la régulation de la fonction de reproduction féminine 55
α. Un tour d'horizon de l'évolution des concentrations hormonales de l'axe gonadotrope au cours du cycle 55
i. Une sécrétion d'œstrogènes, de progestérone et d'inhibine par l'ovaire qui varie en fonction de la période du cycle 55
➢ Nature et origine de ces hormones 55
➢ Évolution des concentrations plasmatiques d'œstrogènes et d'inhibine, et lien avec le CHH 56
➢ Évolution de la concentration plasmatique de progestérone, et lien avec le CHH 56
ii. Une concentration plasmatique de GnRH, LH, FSH globalement faible lors du cycle, sauf aux alentours de l'ovulation 57
iii. Remarque : la pulsatilité de la sécrétion des hormones de l'axe gonadotrope à l'échelle d'une journée 57
β. Une vision d'ensemble de la régulation de l'axe gonadotrope féminin 57
i. Lors de l'essentiel de la phase folliculaire 57
ii. Peu avant l'ovulation 57
iii. Lors de la phase lutéale 57
iv. Bilan : une autre présentation 58
γ. Les divers effets des œstrogènes et de la progestérone 59
δ. Une vision cyclique de l'effet des hormones au cours du cycle menstruel 59
e. Bilan comparatif de la régulation de la reproduction homme / femme 60
5. Et chez les Mammifères autres que l'Homme ? [pour information] 60

C. Le rapprochement des gamètes et les modalités de la fécondation 60
1. Un rapprochement des gamètes permis par la copulation 60
2. Maturation, acquisition du pouvoir fécondant et sélection des spermatozoïdes : des processus liés au déplacement dans les voies génitales mâles et femelles 60
a. L'acquisition de la motilité des spermatozoïdes 60
b. L'acquisition du pouvoir fécondant des spermatozoïdes 60
c. Cheminement dans les voies génitales femelles et sélection des spermatozoïdes 61
3. Des gamètes au zygote : la fécondation 61
a. Le franchissement de la corona radiata et la reconnaissance entre spermatozoïde et ovocyte II 61
b. Les modalités et étapes de la fécondation 63
a. Les conséquences de la fécondation 64
α. Rappel des conséquences génétiques : rôle diversificateur, rôle stabilisateur (rétablissement de la diploïdie, maintien du caryotype de l'espèce), empreinte parentale 64
β. Déblocage de la méiose II de l'ovocyte II 64
γ. Blocage de la polyspermie 64
δ. Une asymétrie de contribution des gamètes à la formation du zygote 64

D. Quelques remarques sur les événements post-fécondation [pour information ?] 64
1. Migration et implantation de l'embryon (nidation) 64
2. Un maintien en place du corps jaune grâce à la production d'hCG 64

Pour faire une fiche de révision : quelques pistes 65
Références 66
Plan du chapitre 67

Chapitre 24. La reproduction des Angiospermes

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. La formation d'une descendance par multiplication asexuée 4
A. Caractéristiques générales de la reproduction asexuée 4
1. Notion de reproduction asexuée : une reproduction à partir d'un individu parental unique sans fécondation 4
2. Un panorama préliminaire de la diversité des modalités de reproduction asexuée 4
3. Une reproduction asexuée qui s'appuie sur la physiologie du développement de la plante 5
a. La formation de tissus par multiplication des cellules (mérèse) suivie d'une possible différenciation 5
b. La néoformation possible de méristèmes à partir de cellules modérément différenciées (dédifférenciation) 5
c. L'utilisation possible de réserves 5
4. Un avantage sélectif dans certaines conditions environnementales 6
a. Une reproduction plus rapide et à plus faible coût énergétique que la reproduction sexuée 6
b. Une clonalité qui assure l'occupation de l'espace par un même génotype (isogénie des clones), ce qui autorise toutefois une variation phénotypique 6
c. Une faible adaptabilité face aux environnements très hétérogènes et un risque d'affaiblissement génétique 6
B. Diversité des modalités de reproduction asexuée 7
1. La multiplication végétative à partir d'organes non spécialisés 7
a. Le marcottage naturel : un enracinement avant fragmentation (exemple du Sceau de Salomon) 7
b. Le bouturage naturel : un enracinement après fragmentation (exemple du Figuier de Barbarie) 7
2. La multiplication végétative à partir d'organes spécialisés 8
a. Les stolons (stolonisation) : des tiges rampantes plagiotropes à bourgeon apical à l'origine de nouveaux individus (exemple du Fraisier) 8
b. Les drageons : des racines plagiotropes à l'origine de nouveaux individus par néoformation de bourgeons (exemple du Framboisier) 8
c. Une multiplication végétative par le biais d'organes (souvent) tubérisés spécialisés de l'appareil caulinaire 9
α. Les tubercules caulinaires : rôle du bourgeon terminal (exemple de la Pomme de terre) 9
β. Les tubercules racinaires (exemple du Dahlia) 9
γ. Les bulbes à bulbilles (exemple de l'Ail) 9
δ. Les bulbilles aériens préformés ou néoformés : les bulbilles foliaires (exemple de la Ficaire ou du Bryophyllum) et floraux (exemple de l'Ail sauvage : apoflorie) 9
3. L'agamospermie : une reproduction asexuée par des graines contenant des embryons adventifs non issus d'une fécondation 10
C. Une reproduction asexuée parfois détournée par l'homme : la multiplication végétative artificielle [pour information] 10
D. Bilan 12

II. La formation d'une descendance par multiplication sexuée 12
A. La fleur, les « spores » et les gamétophytes des Angiospermes 12
1. Une fleur typique : la fleur hermaphrodite 12
a. Une structure mise en place à partir d'un méristème floral 12
b. Une structure s'organisant autour d'un plan typique comprenant des pièces stériles et des pièces fertiles 12
2. Les variations de morphologie des fleurs (voir TP A8 et C4) 14

3. L'existence de fleurs unisexuées chez les espèces monoïques et dioïques 14
4. Des fleurs souvent groupées en inflorescences (rappels) 14
5. La fleur, organe sporophytique où se forment les gamétophytes 15
a. Quelques rappels sur le cycle digénétique des Angiospermes et la notion de gamétophyte 15
b. La formation des « spores » des Angiospermes : notions de macro- et microsporogenèse 15
c. Les processus assurant la formation du grain de pollen, gamétophyte mâle 16
α. Un processus qui se déroule dans les étamines et accompagne leur maturation 16
β. D'une cellule-mère de spore à quatre grains de pollen 16
γ. Structure et organisation du grain de pollen 17
δ. Quelques précisions sur la paroi du grain de pollen et l'origine de ses constituants 17
d. Les processus assurant la formation du sac embryonnaire, gamétophyte femelle 18
α. Un processus qui a lieu dans les ovules 18
β. D'une cellule-mère de spore à un sac embryonnaire (un seul !) 19
γ. Structure et organisation du sac embryonnaire 19
B. La rencontre des gamétophytes et la double fécondation chez les Angiospermes 20
1. La rencontre des gamétophytes par le transport passif des grains de pollen jusqu'au stigmate : la pollinisation 20
a. Un processus qui peut se faire au sein d'une même fleur (autogamie = autopollinisation) ou entre fleurs différentes (allogamie = allopollinisation) 20
b. Une autogamie plutôt rare quoique pouvant être parfois privilégiée chez certaines espèces (cas des anthères introrses ou de la cléistogamie) 20
c. Une dispersion du pollen qui suppose des agents extérieurs : diversité des modes de pollinisation (les « -gamies » ou « -philies ») 21
α. L'anémogamie (= anémophilie) : transport du pollen par le vent 21
β. L'entomogamie (= entomophilie) : une relation interspécifique mutualiste où le pollen est pris en charge par des Insectes [+ notion de coévolution] 21
γ. L'existence d'autres modalités (hydrogamie, autres zoogamies…) [pour information] 23
δ. Bilan : comparaison anémogamie / entomogamie 23
d. L'existence fréquente de mécanismes limitant l'autogamie et favorisant l'allogamie (et donc l'hétérozygotie) 23
α. La séparation spatiale des fleurs mâles et femelles sur des individus différents : la dioécie 23
β. La séparation temporelle des structures mâles et femelles : la dichogamie (protogynie, protandrie) 23
γ. Des obstacles morpho-anatomiques à l'autofécondation : les autoincompatibilités hétéromorphes (exemple des fleurs hétérostylées de Primevère) 23
δ. Des obstacles moléculaires à l'autofécondation : les autoincompatibilités homomorphes (reposant sur un complexe S pluri-allélique) 24
i. Les autoincompatibilités sporophytiques (AIS) (exemple du Chou) 25
ii. Les autoincompatibilités gamétophytiques (AIG) (exemple du Tabac) 26
ε. Des obstacles mécaniques à l'autofécondation : l'hercogamie (exemple chez les Orchidacées) 26
2. La germination du tube pollinique, sa croissance et la double fécondation : la siphonogamie 26
a. La réhydratation et la germination du pollen, suite à son dépôt sur le stigmate 26
b. La croissance du tube pollinique, un processus complexe permis par une turgescence, guidé par des interactions moléculaires et s'accompagnant d'une synthèse de composés pariétaux 26
c. La double fécondation, un processus à l'origine d'un embryon principal et d'un embryon accessoire (que l'on peut considérer comme vivipares) 28
C. La formation des semences (graines et fruits) et leur dissémination chez les Angiospermes 28
1. Formation et diversité des graines : revoir impérativement le chapitre 6 28
2. Formation et diversité des fruits 29
a. Le fruit, structure dérivant de l'ovaire 29
b. La fructification, un processus en trois temps à médiation phytohormonale 29
α. Un processus en trois temps : mise à fruit, croissance, maturation 29
β. Un processus (déclenché par la fécondation) à médiation phytohormonale 30
c. Diversité des fruits 30
3. La dissémination des semences (= diaspores), un processus souvent assuré par des agents extérieurs qui permet la colonisation du milieu 33
a. Notions de semence (= diaspore) et de dissémination 33
b. Les principales modalités de dissémination (les « -chories ») : anémochore, barochorie, zoochorie, autochorie, hydrochorie 33
c. Un processus qui concourt à la limitation des compétitions intra- et interspécifiques ? [idée bizarre du programme] 34
D. La germination de la graine et le développement différé de la descendance chez les Angiospermes 34
1. Les végétaux face aux saisons : le problème de l'hiver 34
2. Les graines comme organe de passage de la mauvaise saison permettent un développement différé de la descendance 35
3. La protection des méristèmes au sein des graines et la mise en dormance 35
a. Rappels : notions de vie ralentie, dormance, quiescence : un peu de vocabulaire 35
b. Modalités de la protection et de la dormance des méristèmes dans les graines 35
4. La levée de dormance et le retour à la vie active chez les graines 35
a. Cas de la levée de dormance d'origine tégumentaire 35
b. Cas de la levée de dormance d'origine embryonnaire 36
α. Une levée de dormance qui combine facteurs endogènes et exogènes 36
β. Une levée de dormance pouvant être initiée par l'allongement de la photopériode et sa détection par le phytochrome chez les semences photolabiles 36
i. Mise en évidence de la photolabilité des semences 36
ii. Implication d'une chromoprotéine, le phytochrome A 36
iii. Signification biologique des signaux rouge et rouge sombre ; lien avec la photopériode 37
γ. Une levée de dormance pouvant être initiée par la soumission au froid prolongé (= vernalisation) chez les semences psychrolabiles 37
5. Modalités et mécanismes de la germination 37
i. Un rappel : deux types de germination (hypogée et épigée) 38
ii. Un retour à la vie active qui suppose une réhydratation et une reprise du métabolisme 38
iii. Une reprise du métabolisme qui nécessite une mobilisation des réserves sous contrôle gibbérellique : l'exemple des réserves chez une Poacée 38
E. Bilan de la reproduction sexuée des Angiospermes 39

Pour faire une fiche de révision : quelques pistes 41
Références 42
Plan du chapitre 43

Chapitre 25. La reproduction et l'occupation des milieux

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. La croissance démographique des populations : modalités, modélisation, stratégies 1
A. Un effectif qui dépend de quatre facteurs démographiques : natalité (liée à la reproduction), mortalité, émigration, immigration 1
B. Une croissance qui peut être modélisée par deux modèles mathématiques 1
1. Une croissance potentiellement illimitée dans un milieu sans entrave aux ressources illimitées : la courbe exponentielle (modèle de Malthus) 1
2. Une croissance souvent capée par la capacité d'accueil du milieu due à des ressources limitées : la courbe logistique (modèle de Verhulst) 2
C. Des espèces qui peuvent présenter des stratégies démographiques variées, comprises entre deux modèles nommés r et K 3
1. Notion de stratégie biodémographique 3
2. Deux grands modèles 3
a. Les stratégies r : des effectifs très fluctuants, un fort taux d'accroissement et une mortalité souvent élevée 3
b. Les stratégies K : des effectifs proches de K, un faible taux d'accroissement et une mortalité souvent peu importante 4
3. Des modèles relatifs et à nuancer : l'existence d'une palette infinie de cas intermédiaires 4

II. Des cortèges d'espèces qui se succèdent naturellement dans les écosystèmes : les successions écologiques 5
A. Le vocabulaire et le déroulement des successions écologiques 5
1. Notions de succession écologique et de climax 5
2. Les différents stades et les strates correspondantes d'une succession typique 5
3. Des écosystèmes qui communiquent avec les écosystèmes alentour et s'intègrent dans un paysage 5
4. Notion de série progressive (primaire ou secondaire) : une évolution vers des stades de plus en plus mûrs 6
5. Un climax qui n'est pas toujours atteint : notions de stade de blocage et de paraclimax 6
6. Notion de série régressive : des successions « inverses » dues à des perturbations répétées (anthropiques ou naturelles) 6
B. Des écosystèmes plus ou moins résilients suite à une perturbation 7
C. Une évolution progressive des écosystèmes qui tend vers une augmentation de la biodiversité et de la proportion de stratèges K 7
D. La relative stabilité des écosystèmes climaciques 7

Références 8
Plan du chapitre 9

Bonus. Comparaison de la reproduction chez les Angiospermes et les Mammifères

I. La reproduction sexuée suppose la production de gamètes génétiquement originaux
A. Une formation des gamètes supposant la méiose qui donne des cellules haploïdes au génome original
B. Deux types de gamètes (= mâles et femelles)

II. La reproduction sexuée suppose le rapprochement des gamètes et la fécondation à l'origine d'un zygote
A. Un rapprochement des gamètes lié au déplacement du gamète ou du gamétophyte mâle
B. Une fécondation simple ou double qui permet la mise en commun de patrimoines génétiques parentaux et la formation d'au moins un zygote diploïde
C. Des mécanismes empêchant (ou limitant) l'autofécondation
D. Un zygote dont le devenir est dépendant de la mère

III. La reproduction en général s'inscrit dans le cycle de vie et permet l'occupation des milieux
A. Une reproduction sexuée qui génère de nouveaux individus, capables ensuite de dissémination et d'occupation de l'espace
B. Une reproduction sexuée qui s'insère dans un cycle de développement
C. Une coexistence de la reproduction sexuée avec une reproduction asexuée uniquement chez les Angiospermes qui permet une colonisation rapide des milieux
D. Une colonisation des milieux suivant une courbe logistique et des stratégies r ou K

TP C1. Approche cellulaire et moléculaire de la reproduction bactérienne

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Étude de la croissance et de la division bactériennes 1
A. Étude mathématique et graphique de la croissance bactérienne 1
B. Étude électronographique de la division bactérienne 2

II. Étude de résultats expérimentaux historiques montrant la semi-conservativité de la réplication de l'ADN 3
A. Position du problème : la réplication est-elle conservative, semi-conservative ou dispersive ? 3
B. Les travaux décisifs de Meselson & Stahl (1958) 4
1. Principe général : des cultures de colibacilles sur milieu azoté radioactif puis non radioactif 4
2. Résultats obtenus 4
3. Éléments d'analyse et d'interprétation 5
a. Invalidation du modèle dispersif 5
b. Invalidation du modèle conservatif et validation du modèle semi-conservatif 5
C. La confirmation par Cairns (1963) 6
1. Principe général : une visualisation autoradiographique des brins d'ADN sur le chromosome bactérien en cours de réplication 6
2. Résultats et interprétation : confirmation de la semi-conservativité de la réplication et illustration de l'origine unique de réplication chez les Bactéries 6

Références 7
Plan du TD 8

TP C2. Reproduction des Mammifères : appareil reproducteur et fécondation

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Étude anatomique de l'appareil reproducteur de la Souris 1
A. Appareil reproducteur mâle 2
B. Appareil reproducteur femelle 2

II. Étude histologique de l'appareil reproducteur des Mammifères 3
A. Étude histologique du testicule 3
B. Étude histologique de l'ovaire et des follicules ovariens 5
C. Bilan synoptique sur les gonades 7
D. Étude histologique de la paroi utérine et de l'évolution cyclique de l'endomètre 8

III. Étude de figures de fécondation 9

Références 10
Plan du TP 11

TP C3. Chromatine et chromosomes au cours du cycle cellulaire

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Étude pratique de l'interphase et des niveaux de condensation de l'ADN (interphases et divisions) 2
A. Étude électronographique du noyau et de la chromatine en interphase (phases G1, G2 / G0) 2
B. Étude électronographique de la réplication eucaryote (phase S de l'interphase) 3
C. Étude électronographique des niveaux de condensation (interphase + divisions) 3
D. Des cas particuliers de chromosomes (interphase + divisions cellulaires) (MO) [Limite programme ?] 4

II. Étude pratique des modalités des divisions cellulaires 5
A. Étude de la mitose 5
B. Étude de la méiose 6
C. Étude des centrosomes des cellules animales et de la cytodiérèse des cellules animales et végétales 8

III. Étude de caryotypes humains 9
A. Caryotype normal d'un homme (2n diploïde) 9
B. Caryotype anormal d'un homme porteur d'une trisomie 21 (2n diploïde + aneuploïdie) 10
C. Caryotype anormal d'une femme (saine !) porteuse d'une fusion chromosomique (2n diploïde + aneuploïdie induite par la fusion) 13/14 10
D. Caryotypes normaux des gamètes (n haploïdes) 10
E. Un caryotype humain triploïde (non viable) (euploïdie) 10

Références 11
Plan du TP 11

TP C4. Reproduction sexuée et germination chez les Angiospermes

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Organisation et histologie de la fleur 1
A. Les inflorescences et les fleurs : morphologie 1
1. Les grands types d'inflorescences (rappels) 1
2. Organisation morphologique de la fleur 2
a. Étude de deux fleurs actinomorphes : une fleur apocarpe (Renoncule) et une fleur syncarpe (Épilobe) 2
b. Étude d'une fleur zygomorphe : fleur de Pois 3
c. Le vocabulaire descriptif des fleurs : quelques rappels 3
d. Les fleurs et la pollinisation : une vue d'ensemble 5
B. Histologie générale de la fleur : étude d'un bouton floral 6

II. Histologie des lieux de formation des gamétophytes 6
A. Les anthères et la formation du grain de pollen 6
1. Organisation générale d'une anthère immature (= non déhiscente) 6
2. Sacs polliniques à différents stades 7
3. Formation des grains de pollen, gamétophytes mâles 8
a. Rappels théoriques 8
b. Étude de la formation du grain de pollen de Lis 8
c. Structure d'un grain de pollen de Lis 10
B. Les ovaires, les ovules et la formation du sac embryonnaire 10
1. Organisation générale d'un ovaire de Lis 10
2. Organisation générale d'une loge carpellaire de Lis 10
3. Organisation d'un ovule (anatrope) de Lis 10
4. La formation du sac embryonnaire, gamétophyte femelle 11
a. Rappels théoriques 11
b. Étude de la formation du sac embryonnaire chez le Lis 11
c. Structure d'un sac embryonnaire de Lis 12

III. De la fleur au fruit : quelques coupes histologiques 13

IV. Les graines et la germination 14
A. Les types de graines et leurs réserves (à revoir) 14
B. Les types de germination 14

V. La diversité des fruits 15
A. Notions de fruit, de semence (= diaspore), de dissémination 15
B. Les fruits simples 15
1. Les fruits charnus : les baies (fruits à pépins) et les drupes (fruits à noyau) 15
a. Étude de la Tomate (baie) 15
b. Étude des Agrumes (Citron, Orange…) (baie) 16
c. Étude d'un grain de Raisin (baie) 17
d. Étude du Melon (baie) 17
e. Les baies parthénocarpiques : des baies sans pépins (ex. Banane) 18
f. Un cas rare : l'Avocat ou la Date (baie monosperme) 18
g. Étude de drupes : Cerise, Pêche, Prune, Abricot… Olive… 19
h. Étude de la Noix et la Noix de Coco (noyaux de drupes) 19
2. Les fruits secs déhiscents ou indéhiscents 21
a. Les fruits secs indéhiscents : caryopses et akènes 21
α. Les caryopses : une soudure des téguments de la graine et du fruit 21
β. Les akènes : une absence de soudure des téguments de la graine et du fruit 21
i. La noisette ou le gland, des akènes typiques 21
ii. Des akènes groupés dans une bogue : les châtaignes 22
iii. Des akènes adaptés à l'anémochorie (samares, akènes à aigrettes) 23
b. Les fruits secs déhiscents 23
α. Un aperçu de la diversité des fruits sec déhiscents 23
β. La silique : quatre fentes de déhiscence longitudinale et une fausse cloison 24
γ. Le follicule : une fente de déhiscence longitudinale 25
δ. La gousse : deux fentes de déhiscence longitudinale et pas de cloison 25
ε. Les capsules : autres modalités de déhiscence 25
C. Les fruits multiples, fruits dérivant de fleurs apocarpes 26
D. Les fruits complexes (= faux-fruits), « fruits » dont des parties charnues dérivent d'autres pièces florales que l'ovaire 26
a. Étude de la Pomme (piridion) 26
b. Étude du cynorrhodon, fruit des Rosiers sauvages ou cultivés 27
c. Étude de la Fraise (polyakène à réceptacle charnu) 27
d. Remarque sur l'origine d'une partie de certaines baies : Melon, Banane… 28
E. Les fruits composés (= infrutescences), des « fruits » issus du regroupement de nombreuses fleurs (Ananas, Figue) 28
F. Bilan 29

Références 30
Plan du TP 31

Compléments

Complément 1. Les êtres vivants et leur étude

Objectifs et introduction 1

I. Les caractéristiques du vivant 1
A. L'unité du vivant : éléments d'une définition du vivant 1
1. L'unité constitutive : une même composition chimique 1
2. L'unité structurale de base : la cellule 1
3. L'unité thermodynamique et métabolique 1
a. Activité, variabilité et stabilité des systèmes biologiques 1
b. Le métabolisme 2
4. L'unité physiologique : les grandes fonctions du vivant 2
a. Les fonctions de relation 2
b. Les fonctions de nutrition 2
c. Les fonctions de reproduction 3
5. L'unité génétique 3
a. L'ADN, support universel de l'information génétique 3
b. Des mécanismes d'expression et de régulation semblables 3
c. Une information héréditaire 4
d. Une information présentant une certaine variabilité 4
α. Les recombinaisons (= réassociations) génétiques 4
β. La production de nouveauté génétique : mutation au sens le plus large 4
6. L'unité reproductive et ontogénétique 4
a. La reproduction, un fondement de la nature du vivant 4
b. Une édification de l'organisme par le développement 5
7. L'unité de certains plans d'organisation 5
B. La diversité, une autre caractéristique du vivant 5
1. La biodiversité : une diversité biologique envisagée à trois échelles 5
2. Une diversité spécifique classée par les systématiciens 7
C. Une unité et une diversité du vivant expliquées par l'évolution 7
D. Les niveaux d'organisation du vivant et les propriétés émergentes 8
1. Les niveaux d'organisation du vivant 8
a. Les niveaux de base 8
b. Les niveaux écologiques 8
2. La notion d'émergence 9
a. Approche intuitive 9
b. Conceptualisation 10
E. La relation structure-fonction 10

II. L'étude du vivant : quelques repères conceptuels 10
A. La biologie, une discipline plurielle aux multiples facettes 10
1. Une étude du vivant possible à toutes les échelles 10
a. À l'échelle de la molécule 10
b. À l'échelle de la cellule 10
c. À l'échelle de l'organisme 10
d. Aux échelles supérieures 11
e. La vie au fil des générations d'individus ou de cellules : la génétique 11
2. Une étude de la diversité du vivant 11
3. Des disciplines moléculaires récentes et globalisantes : les « -omiques » 11
B. La biologie, une discipline qui interroge et explique le réel 12
1. Une approche matérialiste, déterministe et ouverte à la réfutation 12
a. Une méthodologie matérialiste 12
b. Une démarche déterministe 12
c. Répétabilité (= reproductibilité) et réfutabilité (= falsifiabilité) 14
2. La démarche biologique 14
a. Questionnement scientifique et hypothèse 14
b. Expérience, observation, mesure 14
c. La démarche expérimentale, repère dans la structuration du raisonnement scientifique 14
d. Un concept pédagogique : la démarche d'investigation 14
3. La conceptualisation et la théorisation : des faits aux théories 15
a. Induction et généralisation 15
b. Les faits, briques élémentaires de la science 15
c. Les théories, ensemble de savoirs cohérents 16
d. La modélisation : simplifier pour comprendre 16
4. Réductionnisme et holisme : la complémentarité des échelles d'étude 16

Bilan 16
Références 17
Plan du chapitre 18

Complément 2. Composition chimique des êtres vivants

I. Organisation atomique et moléculaire du vivant 1
A. Le vivant : une composition atomique originale sur le globe terrestre 1
1. Une prédominance de carbone, d'oxygène, d'hydrogène et d'azote : les macroéléments 1
2. D'autres atomes moins nombreux : les oligoéléments et les microéléments 1
a. Notions d'oligoéléments et de microéléments 1
b. Des éléments dissous ou complexés aux molécules organiques 2
B. Composition moléculaire du vivant 4
1. De l'eau et des molécules organiques essentiellement 4
2. L'eau, molécule indispensable à la vie 4
a. Une molécule dominante 4
b. L'eau, solvant du vivant 4
α. Une molécule polaire 4
β. Une polarité qui permet la solvatation 5
γ. Molécules hydrophiles et molécules hydrophobes 5
c. Des propriétés physiques biologiquement importantes 6
d. Un rôle central dans le métabolisme 6
3. Principales catégories de molécules organiques 6
C. Importance biologique des liaisons chimiques 8
1. Les liaisons covalentes (liaisons fortes), des liaisons stables produites ou détruites par réaction chimique 8
a. Une mise en commun d'électrons à haute énergie 8
b. Une grande importance biologique 8
α. Des liaisons stables en conditions biologiques 8
β. Des liaisons issues ou à l'origine de réactions chimiques 8
γ. Des liaisons à l'origine de la polarité et donc du caractère hydrophile ou hydrophobe des molécules 8
δ. Des liaisons autorisant la mésomérie 9
2. Les liaisons faibles, des liaisons plus labiles 9
α. Diversité des liaisons faibles 9
β. Des liaisons importantes chez les êtres vivants 9

II. Les glucides 10
A. Les oses, petites molécules organiques solubles dans l'eau 10
1. Constitution chimique 10
2. Cyclisation des pentoses et hexoses 10
3. Isomérie 11
4. Dérivés d'oses et notion d'hétéroside 11
5. Importance fonctionnelle des oses 11
B. Les osides (= holosides), molécules formées par condensation de 2 à un grand nombre d'oses : diosides, oligosides, polyosides 11
1. Diversité structurale et fonctionnelle des osides 11
a. Les holosides formés uniquement d'oses : diosides, oligosides, polyosides 11
b. Les holosides formés d'oses et de dérivés d'oses ou uniquement de dérivés d'oses 14
c. Les holosides associés à d'autres molécules organiques : les holosides conjugués 16
2. Formation et hydrolyse des osides 16
C. Bilan structural et fonctionnel 16
1. Diversité fonctionnelle des glucides : un tableau de synthèse 17
2. Diversité structurale des glucides : un tableau de synthèse 17

III. Les lipides 17
A. Les lipides, des molécules totalement ou partiellement hydrophobes 17
B. Diversité structurale et fonctionnelle des lipides 17
1. Les acides gras, constituants élémentaires de nombreux lipides 17
a. Nature des acides gras 17
b. Propriétés physiques des acides gras 17
c. Les acides gras, des substrats énergétiques 19
d. Les acides gras, précurseurs d'autres lipides 19
2. Les triglycérides, des réserves énergétiques (et un rôle protecteur) 19
a. Nature biochimique et formation 19
b. Des molécules hydrophobes à rôle de réserve 20
c. Un rôle protecteur (mécanique ou thermique) 20
3. Les cérides, des revêtements protecteurs et imperméabilisants 20
4. Les phosopholipides (glycérophospholipides et sphingophospholipides), des lipides amphiphiles constituant l'essentiel des membranes 21
a. Deux types de phospholipides 21
b. Les glycérophospholipides, lipides amphiphiles à base de glycérol 21
c. Les sphingophospholipides, lipides amphiphiles à base de sphingosine 21
d. Agencement des phospholipides en milieu aqueux 22
e. Les phospholipides dans les membranes 22
f. Des dérivés ayant un rôle d'information et de communication 23
α. Le PIP2 et la transduction de messages extracellulaires 23
β. La formation de glycolipides à rôle essentiellement de communication 23
5. Les stérols : des lipides à rôle structural ou informatif 23
a. Une combinaison de quatre cycle hydrogénocarbonés 23
b. Les stérols, des lipides membranaires 23
c. Le cholestérol, une molécule souvent estérifiée lors de son transport ou son stockage 23
α. Un stockage ou un transport non directement possibles en milieu aqueux 23
β. Un stockage sous forme de gouttelettes lipidiques 23
γ. Un transport dans des apolipoprotéines 23
d. Le cholestérol, un précurseur d'hormones stéroïdes (rôle informatif) et d'autres composés 24
6. Les terpénoïdes ou isoprénoïdes 24
a. La notion d'isoprénoïde 24
b. Des composés variés 25
C. Bilan structural et fonctionnel 25

IV. Les protides : acides aminés, peptides, protéines 26
A. Les acides aminés (AA), entités fondamentales des protides 26
1. Constitution biochimique 26
2. Des notions à ne pas confondre : acide aminé biologique, acide aminé protéinogène, acide aminé présent dans les protéines 26
3. Diversité des acides aminés 26
4. Principales fonctions des acides aminés 28
5. Condensation et polymérisation : formation de liaisons peptidiques 28
B. Peptides, oligopeptides, polypeptides, protéines 29
C. Les protéines, agents principaux des activités biologiques 29
1. Structure des protéines 29
a. Structure primaire : la séquence peptidique de la chaîne polypeptidique 29
b. Structure secondaire : des repliements locaux (hélices, boucles, feuillets) 31
c. Structure tertiaire : la chaîne polypeptidique complètement repliée et fonctionnelle 31
d. Structure quaternaire : plusieurs chaînes polypeptidiques dans certaines protéines 32
2. Assemblage possible de protéines avec des éléments non protéiques 32

3. Diversité structurale et fonctionnelle des protéines 32

V. Les nucléotides et acides nucléiques 33
A. Les nucléotides, monomères des acides nucléiques 33
1. Nature et constitution des nucléosides et nucléotides 33
2. Variété des rôles des nucléotides et dérivés nucléotidiques 35
3. Des composés polymérisables 35
B. Les acides nucléiques, supports pérennes ou transitoires de l'information génétique 36
VI. Réactivité biochimique et interdépendance des familles de molécules organiques 37
Références 38
Plan du chapitre 39

Complément 3. Histologie animale

Objectifs et introduction 1

I. Les tissus dans l'organisation animale 1
A. Quatre grands types de tissus 1
1. Les tissus épithéliaux ou épithéliums (= *epithelia*) 1
2. Les tissus conjonctifs au sens large 1
3. Le tissu musculaire 1
4. Le tissu nerveux 1
B. Les organes, assemblages de tissus 1

II. Les tissus épithéliaux 1
A. Fonctions principales des épithéliums 1
B. Typologie des épithéliums : deux approches 2
1. Approche fonctionnelle : revêtement *vs.* sécrétion 2
2. Approche structurale : un vocabulaire descriptif 2

III. Les tissus conjonctifs au sens large 3
A. Les tissus conjonctifs au sens strict 3
B. Le tissu adipeux 3
C. Les tissus osseux et cartilagineux 3
D. Le sang (ou tissu sanguin) 3

IV. Le tissu musculaire 4
1. Le tissu musculaire (strié) squelettique 4
2. Le tissu musculaire (strié) cardiaque 4
3. Le tissu musculaire lisse 4

V. Le tissu nerveux 4

Plan 5
Références citées 5

Complément 4. Histologie végétale

Objectifs et introduction 1

I. Panorama des tissus végétaux les plus fréquents 1
A. Préambule technique : coupes et colorations en histologie végétale 1
1. Coupes végétales 1
2. Colorations 1
B. Des tissus végétatifs, méristématiques et reproducteurs 2
C. Les méristèmes primaires ou secondaires 2
1. Les méristèmes primaires 2
2. Les méristèmes secondaires 2
D. Classification sommaire des tissus méristématiques et végétatifs 2
E. Identification des principaux types de tissus et organes d'Angiospermes 3
F. Représentation des tissus en figurés conventionnels 9

II. Caractérisation et types cellulaires des principaux tissus primaires 9
A. Épidermes et rhizoderme, des tissus de revêtement 9
1. Les épidermes 9
2. Le rhizoderme et les couches subérifiées qui en dérivent 10
B. Les parenchymes, des tissus de remplissage 10
1. Définition et caractéristiques cytologiques 10
2. Localisations principales dans les organes de structure I 10
3. Principaux types fonctionnels 10
C. Collenchyme et sclérenchyme, des tissus de soutien 11
1. Le collenchyme 11
2. Le sclérenchyme 11
D. Xylème I et phloème I, des tissus conducteurs primaires 11
1. Cytologie du xylème primaire 11
2. Cytologie du phloème primaire 14
3. Organisation et mise en place des tissus conducteurs 14
a. Origine des tissus conducteurs primaires 14
b. Différenciation des tissus conducteurs primaires 14
E. Endoderme et péricycle, tissus d'interface interne 14
1. L'endoderme, assise la plus profonde de l'écorce des racines 14
2. Le péricycle, première assise du cylindre central (ou stèle) des racines 14

III. Quelques données sur les tissus secondaires 15
A. Cambium libéro-ligneux et phellogène, des méristèmes secondaires (= assises génératrices) 15
1. Le cambium libéro-ligneux, assise générant les tissus conducteurs secondaires 15
2. Le phellogène ou assise subéro-phellodermique, assise générant les tissus protecteurs secondaires (périderme) 16
B. Xylème II et phloème II, des tissus conducteurs secondaires 16
1. Le xylème secondaire ou bois, un ensemble 16
a. Constitution cellulaire 16
b. Une organisation en anneaux concentriques laissant apparaître un bois initial et un bois final 16
c. La présence de rayons ligneux 17
d. Un bois de cœur ancien (duramen) et un bois tendre fonctionnel (aubier) dans les troncs ou racines secondaires âgés 17
2. Le phloème secondaire ou liber 18
3. La notion de pachyte continu ou discontinu 18
C. Phelloderme et suber (= liège), des tissus secondaires de revêtement formant le périderme 19

Références 20
Plan du chapitre 21

Document produit en mars 2017.
Dernière mise à jour : *idem*.

Tanguy.Jean4@gmail.com