



# Programmes des classes préparatoires aux Grandes Ecoles

Filière : **scientifique**

Voie : **Technologie et biologie (TB)**

Discipline : **Sciences de la vie et de la Terre et biotechnologies**

**Première et seconde années**

# INTRODUCTION

La mise en œuvre des programmes de Biotechnologies et de sciences de la vie et de la Terre doit permettre aux futurs ingénieurs et vétérinaires de se constituer une culture scientifique de base dans le domaine des sciences du vivant, construite sur les grands concepts et modèles, opérationnelle et transférable pour interroger et comprendre les situations auxquelles ils seront confrontés.

## Contenus

Les programmes de SVT et Biotechnologies définissent des contenus (connaissances, faits, modèles, concepts...), qui constituent une base cognitive indispensable à l'organisation du savoir. Ces éléments doivent pouvoir être exposés de façon concise, en particulier dans le cadre d'exercices de synthèse. Ils servent aussi de référence pour mener une réflexion scientifique rigoureuse dans le cadre de problématiques non directement abordées dans le programme.

En SVT, le programme s'articule autour de grands concepts fédérateurs qui peuvent être développés par différents items. Il en va ainsi, par exemple, de l'évolution et sa relation avec la biodiversité, de la relation génotype/phénotype, des relations entre structures-propriétés-milieus-fonctions (à différentes échelles d'études), les liens entre la vie et la planète plante, etc. Ces fils rouges, souvent mis en exergue dans l'un ou l'autre des chapitres, plus discrètement présents dans d'autres, permettent aux étudiants d'établir des liens et d'organiser un véritable réseau de connaissances, de poser par eux-mêmes un certain nombre de problématiques et de mettre en perspective leurs réflexions.

En Biotechnologies, les études combinent approches scientifiques fondamentales et activités technologiques notamment en laboratoire. Elles permettent l'acquisition de grands concepts scientifiques (interactions moléculaires, flux de matière et d'énergie dans le vivant, relations structure-fonction, méthodologies valorisant le potentiel des biomolécules et des organismes vivants, ...). Elles permettent de confronter les étudiants à des mises en situation pouvant être réinvesties dans leurs études ultérieures. C'est pourquoi les formulations du programme présentent non seulement les objectifs des études mais également les compétences associées aux activités mises en œuvre.

A la fois en SVT et en Biotechnologies, ces contenus doivent être argumentés. Toutefois, si une certaine richesse d'argumentation se justifie dans le cadre de l'enseignement, il importe de limiter la mémorisation de raisonnements à ce qui est nécessaire à la présentation d'une démarche, de développements, de synthèse, valides. Ceci amène à définir deux niveaux d'exigibilité :

- un premier niveau : éclairer un concept, un modèle, en s'appuyant sur l'exposé d'UN exemple-argument, nécessaire à l'exercice de synthèse ;
- un deuxième niveau : construire l'argumentation à partir de la réflexion sur un objet ou document fourni, confronter de nouvelles informations à un modèle connu soit pour l'y rapporter, soit pour identifier des différences et les interroger.

Cette nécessité de réinvestissement est au cœur de l'approche par compétences, exigeant que les savoirs soient réellement opérationnels, mais strictement sélectionnés en nombre et en qualité. *La définition de ces objectifs n'est pas sans impact sur la réflexion didactique et pédagogique. En effet, une telle réflexion gouverne l'organisation de l'enseignement en classe préparatoire dès lors qu'il s'agit de combiner, dans la construction des compétences, l'acquisition de contenus et de capacités.*

## Présentation des programmes

Les programmes sont présentés en trois colonnes.

La colonne de gauche comprend l'énoncé des objectifs de connaissances ; elle ne constitue pas un « résumé » des contenus attendus mais exprime les éléments centraux de chaque unité ainsi que l'esprit dans lequel est orientée leur étude.

La colonne du milieu comprend, quant à elle, plusieurs types d'informations destinées à préciser ces attendus.

Est exprimé, par un verbe, ce que l'on attend que les étudiants sachent faire : présenter ou exposer des concepts, argumenter, analyser des éléments, mettre en relation... Ces précisions sont destinées à fixer plus clairement ce que l'on attend comme mémorisation de connaissances (au premier ordre) et ce qui relève de l'acquisition de méthodes ou de savoir-faire, applicables à condition que les éléments sur lesquels ils doivent s'exercer soient fournis à l'étudiant.

Sont donc indiqués :

- des précisions sur les contenus attendus : argumentation minimale, éléments de diversification des exemples, parfois précision d'un exemple à utiliser. Le fait qu'un exemple soit désigné ne constitue pas une incitation à réaliser une monographie pointilleuse : au contraire, le niveau d'exigence est limité à ce qui peut servir la construction ou l'illustration des concepts visés ;
- l'énoncé de démarches ou d'actions à savoir réaliser, c'est-à-dire des savoir-faire exigibles associés au contenu spécifique de l'item ;
- des limites qui sont indiquées soit dans une rubrique spécifique, soit associées à des items plus précis selon qu'elles ont une valeur générale ou ponctuelle ;
- des liens avec d'autres parties du programme, avec l'enseignement d'autres disciplines, avec les programmes du second degré ou avec des concepts intégrateurs ; les indications, qui invitent à des mises en relations fortes ne sont pas limitatives.

Enfin la dernière colonne précise le semestre pendant lequel ces notions sont abordées.

## Compétences attendues :

L'expression large des compétences déclinées dans les programmes de SVT et de Biotechnologies correspond à une attente de formation des étudiants couvrant la totalité du spectre des écoles recrutant sur la filière.

Les compétences sont destinées à être travaillées dans le cadre des enseignements en cours et/ou en travaux pratiques, chaque professeur étant libre du choix des supports, des moments et des lieux.

Les compétences figurant dans les programmes peuvent être mises en relation avec **les compétences intellectuelles ou cognitives dans le champ scientifique (sciences du vivant, sciences de la Terre) et qui relèvent de la capacité à recueillir, à exploiter, à analyser et à traiter l'information :**

### 1 - Construire une argumentation scientifique en articulant différentes références

- connaissances scientifiques relevant du champ disciplinaire (et dans certains cas d'autres disciplines), maîtrise des concepts associés ;
- capacité à structurer un raisonnement : maîtrise des relations de causalité ;
- capacité à construire une démonstration à partir d'une progression logique :
  - identifier la question dans le contexte posé ;
  - analyser, hiérarchiser ;
  - intégrer différents paramètres, articuler, mettre en perspective.
- capacité à construire une argumentation écrite et/ou orale : maîtrise des techniques de communication (synthèse, structure, clarté de l'expression) ;
- apport d'un regard critique.

### 2 - Résoudre un problème complexe

- capacité à conduire un raisonnement scientifique sur un objet défini :
  - identifier le problème posé dans son environnement technique, scientifique, culturel ;
  - identifier le problème sous ses différents aspects ;
  - mobiliser les connaissances scientifiques pertinentes pour résoudre le problème ;
  - maîtriser la méthode exploratoire, le raisonnement itératif ;
  - maîtriser la démarche de diagnostic.

### 3 - Conduire ou analyser une expérimentation

- capacité à observer et à mettre en relation des éléments ;
- capacité de déduction ;
- capacité d'investigation.

#### 4 - Conduire une démarche « diagnostic »

- capacité à recueillir des informations ;
- capacité à observer et à explorer ;
- capacité à analyser et à hiérarchiser ;
- capacité à organiser et à proposer une démarche diagnostic ;
- capacité à présenter la démarche.

#### **Les compétences en communication écrite et orale**

- capacité à organiser une production écrite en fonction du contexte :
  - traitement de l'information dans une perspective de communication ;
  - structuration du propos, cohérence, logique, clarté de l'expression, maîtrise de la syntaxe.
- capacité à construire un argumentaire ;
- capacité à structurer une communication orale ;
- capacité à convaincre ;
- capacité à s'adapter au contexte de la communication.

sont constamment mobilisées que ce soit lors de présentation de travaux, de résultats, ou de réalisation de synthèses...

#### **Les compétences réflexives qui mobilisent le recul critique, l'autonomie de réflexion, la créativité :**

- capacité à identifier les différentes approches et concepts dans le traitement d'une question ;
- capacité à se situer et à développer une pensée autonome et à l'argumenter ;
- capacité à initier des perspectives nouvelles (curiosité, exploration, ouverture d'esprit).

sont particulièrement mises en œuvre en TIPE, même si certaines activités techniques et expérimentales des programmes peuvent, dans d'autres contextes, amener à les exercer.

## **PROGRAMME de SCIENCES de la VIE et de la TERRE**

Le programme de biologie et de géologie croise deux approches scalaires, l'une d'espace et l'autre de temps.

### **BIOLOGIE**

En ce qui concerne les différences échelles spatiales (celles de la cellule, de l'organisme, de la population et de l'écosystème), la compréhension du fonctionnement du vivant implique que l'on construise l'emboîtement de ces différents niveaux soit pour expliquer des mécanismes, soit pour comprendre des relations de « cause à effet ». Ces dernières ne sont cependant pas linéaires, comme c'est le propre pour tout système complexe. Chaque palier d'organisation, cellule, organisme, écosystème, possède des propriétés émergentes supérieures à la somme des propriétés de ses parties, conférées en particulier par l'intégration du système. Les relations entre les structures, leurs propriétés, leur milieu, leur fonction sont au cœur des problématiques abordées.

Les différentes échelles de temps correspondent :

- au temps court, celui du contrôle et de la régulation du métabolisme et de l'expression génétique ;
- aux temps intermédiaires de l'individu (ontogenèse), de la transmission de l'information génétique entre générations et de la dynamique populationnelle ;
- au temps long de l'évolution.

Elle permet d'aborder entre autres les processus d'adaptation des systèmes soit à ses variations de fonctionnement, soit à des variations de leur environnement, selon des processus intervenant à des vitesses différentes selon l'échelle temporelle considérée.

Ces idées seront privilégiées et mises en valeur chaque fois que possible, même si elles ne sont pas explicitées dans telle ou telle partie du programme. En particulier, l'idée que les structures et les processus observés sont le résultat d'une évolution, et en évolution perpétuelle, doit être sous-jacente à tous les aspects du programme.

La première année associe essentiellement l'échelle cellulaire (1.1, 1.2, 1.3, 1.5) et celle de l'organisme (2.1, 2.2, 2.4) et la transition avec celle des populations (3.1, 3.2) dont l'entretien et la variabilité est envisagée à travers la reproduction sexuée et asexuée. Sur la base des exemples rencontrés, la classification se construit (5.2), amenant ainsi une première synthèse sur la dimension évolutive.

En deuxième année, l'aspect métabolique (1.4) est abordé. Le développement des organismes animaux et végétaux est étudié (3.3, 3.4) ainsi que le fonctionnement des organismes en relation avec les variations d'activité et d'environnement (2.3, 2.4). Les relations entre êtres vivants sont envisagés jusqu'à l'échelle écosystémique (4) ou jusqu'au temps de l'évolution (5.1)

Cette répartition permet une construction progressive et ordonnée des concepts, et facilite leur mise en relation en amenant, en seconde année, à revenir pour les intégrer sur certains acquis fondamentaux de première année.

### **1. Organisation fonctionnelle de la cellule eucaryote**

L'unité fonctionnelle de la cellule se construit au travers d'une présentation générale (§1.1) et de l'étude de nombreuses cellules rencontrées au fil des chapitres. Elle s'appuie sur les connaissances acquises par les étudiants en biotechnologies sur les principales biomolécules constituant la cellule.

Il s'agit de montrer l'unité des principes de fonctionnement des cellules eucaryotes mais aussi l'existence de spécialisations cellulaires. Celles-ci reposent sur des différenciations mettant en jeu une modulation de l'expression de l'information génétique (§1.3). Ces spécialisations contribuent au fonctionnement global de l'organisme pluricellulaire, siège d'une division du travail.

L'étude des membranes en tant que surfaces d'échanges avec le milieu environnant est abordée (§ 1.2) en particulier dans cette optique.

La cellule constitue une unité thermodynamique ouverte capable de produire ses propres constituants grâce à un apport de matière première et d'énergie. Un focus, réalisé à travers l'exemple de la

biosynthèse protéique, permet d'ancrer cette approche, et se relie de plus à l'expression de l'information génétique (§ 1.3) et son contrôle.

L'aspect métabolique des synthèses est l'occasion de faire un lien avec l'enseignement de biotechnologies, entre autres à travers l'exemple de la cellule musculaire striée squelettique (§ 1.4).

Enfin, la cellule est replacée dans un contexte temporel permettant de montrer sa multiplication, étape essentielle au maintien de l'intégrité des organismes mais aussi à la reproduction asexuée (§ 3.1).

## **2. L'organisme, un système en interaction avec son environnement**

Cette partie s'appuie sur quatre volets :

- Dans le premier volet, l'objectif est d'appréhender les relations qui existent entre les différentes fonctions qui interagissent au sein d'un organisme. L'exemple proposé, une espèce ruminante, permet de partir d'une littérature très abondante d'aborder les relations inter et intra spécifiques, et la place de cette espèce dans les bilans de fonctionnement des écosystèmes. Cet exemple permet aisément d'appréhender les interactions entre objectifs sociétaux (agronomie, et technologie) et études scientifiques. Traité à l'échelle de l'organisme (appareil organe).
- Dans le deuxième volet, l'étude d'une fonction permet de préciser, en reliant différentes échelles d'études, les mécanismes qui permettent la réalisation d'une fonction ainsi qu'une étude des relations entre organisation, fonction et milieu : la fonction étudiée est la respiration dans le règne animal. Cette partie permet aussi d'évoquer la diversité des plans d'organisation animale et fait donc un lien évident avec la partie 4.
- Dans le troisième volet, le contrôle du débit sanguin a comme objectif de développer un exemple d'interrelations entre plusieurs systèmes de contrôle et de régulation au sein de l'organisme et de montrer comment l'intégration des diverses réactions conduit à l'adaptation physiologique liées aux variations d'activité de l'organisme ou bien aux variations de milieu.
- Dans le quatrième volet, ce sont les Angiospermes qui servent de support à l'étude d'un mode de vie particulier : la vie fixée. Afin de montrer un parallélisme avec le règne animal, la fonction d'échange sera aussi abordée chez les Angiospermes, à différentes échelles : à l'échelle de l'organisme avec la nutrition hydrominérale des plantes et à l'échelle de la cellule et de la molécule avec le mécanisme de photosynthèse vu en Biotechnologies. Cette échelle permettra un lien avec le métabolisme abordé en biotechnologies. Enfin, la vie fixée sera également envisagée non plus à l'échelle de l'instant mais à l'échelle des saisons avec les cycles de développement des végétaux angiospermes.

## **3. Reproduction des individus et pérennité des populations**

L'étude des populations animales et végétales permet d'appréhender l'écosystème comme un ensemble d'interactions intra- et interspécifiques. La pérennité des populations repose tout d'abord sur la capacité des êtres vivants à se reproduire (3.1) mais aussi à se développer (3.3 et 3.4). La diversité des individus qui s'ensuit résulte des modalités de la reproduction (3.2).

## **4. Biologie des écosystèmes**

Cette partie permet de comprendre les flux d'énergie et de matière à travers un écosystème.

## **5. Biologie évolutive**

Cette partie vise à expliquer les mécanismes qui agissent sur la dynamique de la biodiversité, constatée à plusieurs échelles dans les blocs précédents.

En première année, la biodiversité est constatée à différentes échelles. En se fondant sur le paradigme évolutif, la classification phylogénétique permet de structurer la représentation de la biodiversité des espèces.

La seconde année met l'accent sur les aspects dynamiques, sur des durées moyennes à longues.

L'analyse de cette dynamique entre stabilité et évolution, conduit à aborder différents niveaux d'explication, de la variabilité moléculaire aux mécanismes de l'évolution.

## SCIENCES de la TERRE

### 6. Géodynamique externe

En sciences de la Terre, le programme se concentre essentiellement sur des phénomènes superficiels associés à la géodynamique externe, en liaison étroite avec l'atmosphère, l'hydrosphère et la biosphère. En ceci, il se relie facilement à certains éléments du programme de sciences de la vie.

La dimension concrète des géosciences implique que l'on manipule des objets réels, à différentes échelles allant de l'échantillon au paysage. Une sortie sur le terrain est donc obligatoire. Parmi les outils utilisés en géosciences, les cartes se situent au centre de la réflexion, les cartes géologiques bien sûr, mais aussi toutes les cartes plus spécifiques (topographiques, pédologiques, hydrologiques, ...) dont les apports complémentaires peuvent s'avérer nécessaires à l'étude des phénomènes. Issues de l'exploitation de données de terrain, traitées, choisies, présentées, problématisées, vectrices d'informations élaborées dans un but défini, les cartes sont ensuite des supports de réflexion, d'analyse des situations, de leur interprétation voire dans certaines circonstances, des documents permettant d'éclairer des décisions (gestion des risques, exploitation de ressources, travaux publics...). Le va et vient entre objets réels et carte est réalisé chaque fois que nécessaire.

**En première année**, l'altération et l'érosion des roches est reliée à la formation des sols, mettant ainsi l'accent sur les éléments résiduels, leur origine, leur évolution ainsi que la relation avec le vivant, abordé dans les enseignements des sciences de la vie comme en biotechnologie.

**En seconde année**, l'étude du processus sédimentaire permet d'aborder le devenir des éléments entraînés. Le cycle du carbone permet enfin une approche synthétique, intégrant pleinement, de façon scientifiquement raisonnée et critique, l'action de l'Homme. La question des ressources permet d'ouvrir la géologie et ses apports sur d'autres sphères, en particulier économique et complète ainsi une approche des grands enjeux contemporains concernés par les géosciences.

#### **En première année sont traités :**

- au premier semestre, les parties 1.1, 1.2, 2.1, 3.1, 3.2.
- au second semestre, les parties 1.3, 1.5, 2.2, 2.4.1, 5.2 et 6.1.

#### **En seconde année sont traités :**

- au premier semestre, les parties 1.4, 2.3, 3.3, 4.1, 4.2, 6.2, 6.3, 6.4
- au second semestre, les parties 2.4.2, 3.4, 5.1



## 1 – Organisation fonctionnelle de la cellule eucaryote

Connaissances clés à construire	Commentaires, capacités exigibles	
<p><b>1.1 Les cellules, des unités structurales et fonctionnelles</b></p> <p>La cellule eubactérienne contient un chromosome unique circulaire et des plasmides. Elle est délimitée par une membrane et une matrice extra-cellulaire (paroi). Son cytoplasme n'est pas compartimenté. La cellule assure toutes les fonctions.</p> <p>Les cellules eucaryotes contiennent une information génétique nucléaire et cytoplasmique. Les chromosomes nucléaires, linéaires, sont une association entre ADN et protéines : la chromatine. Le génome des eucaryotes comprend une part variable de séquences non codantes selon les espèces.</p> <p>La cellule eucaryote est compartimentée et structurée par le cytosquelette.</p> <p>La cellule est traversée par des flux de matière, d'énergie et d'information. Une partie de ces flux passe par la membrane cellulaire ou les systèmes membranaires internes.</p> <p>Les cellules animales et végétales présentent à la fois des similitudes et des différences.</p>	<p>Ce chapitre a pour but de caractériser les cellules eucaryotes des organismes pluricellulaires, de montrer leur spécialisation et leur fonctionnement intégré. La comparaison avec la cellule eubactérienne souligne les spécificités de l'état eucaryote. Les exemples seront choisis dans les règnes animal et végétal, en lien avec les chapitres de biologie des organismes. A partir d'un nombre réduit d'exemples, la relation structure-fonction des cellules différenciées est décrite.</p> <p>- décrire l'organisation de la chromatine et mettre en relation les associations ADN/protéines avec ses variations de condensation de la chromatine  - distinguer les notions de séquences codantes et non-codantes et appréhender leur importance relative.  - établir un lien entre le chromosome bactérien et le génome des organites semi-autonomes.  <b>Limite</b> : ces aspects sont présentés sans démonstration expérimentale.  <b>Liens</b> : 1.3, 1.5</p> <p>- présenter de façon synthétique la diversité des compartiments en grandes familles structurales et fonctionnelles  - mettre en évidence la coopération fonctionnelle entre compartiments  - présenter l'organisation des filaments du cytosquelette  - présenter le cytosquelette comme un système dynamique  <b>Lien</b> : Les différents rôles du cytosquelette seront précisément abordés dans plusieurs autres items du programme.</p> <p>- associer différents processus à des flux traversant les cellules  <b>Limite</b> : Les mécanismes associés à ces flux (ex : synthèse protéique, conversion et transfert d'énergie, etc) sont simplement cités ; ils sont développés dans d'autres paragraphes du programme.</p> <p>- comparer une cellule « animale » et une cellule « végétale »  - trier et organiser les principales idées extraites de cette comparaison</p>	<p><b>S1</b></p>

<p>La présence, l'importance quantitative et la répartition de certains compartiments sont à l'origine de la spécialisation structurale et fonctionnelle des cellules eucaryotes. Cette spécialisation est issue d'un processus de différenciation.</p> <p>Dans un organisme pluricellulaire, un grand nombre de cellules sont associées entre elles et reliées à des matrices extracellulaires. Ces liaisons assurent la cohérence de la plupart des tissus.</p> <p>L'activité de la cellule est intégrée dans le fonctionnement global de l'organisme à travers les échanges spécialisés ou non qu'elle réalise et le contrôle exercé sur son activité.</p>	<p>- caractériser une cellule différenciée, notamment par comparaison avec une cellule souche  <b>Liens</b> : 3.3, 3.4  <b>Limite</b> : Le concept est présenté ici à son niveau le plus simple et en s'appuyant sur les connaissances acquises au lycée.</p> <p>- associer l'état pluricellulaire à la spécialisation cellulaire et à la présence de dispositifs d'adhérence  - montrer l'universalité de la présence de matrice extracellulaire</p> <p><b>Liens</b> : 1.2, 1.3, 1.4</p>	
<p><b>1.2 Membranes et échanges membranaires</b></p> <p><b>1.2.1 Organisation et propriétés des membranes cellulaires</b>  Les membranes cellulaires sont des associations non covalentes de protéines et de lipides assemblés en bicouches asymétriques. Les propriétés de fluidité, de perméabilité sélective, de spécificité et de communication de la membrane dépendent de cette organisation.</p> <p><b>1.2.2. Membranes et interrelations structurales</b>  Des interactions entre membranes, matrices extracellulaires et cytosquelettes conditionnent les propriétés mécaniques des cellules et les relations mécaniques entre cellules au sein des tissus.</p> <p>Les matrices extracellulaires forment une interface fonctionnelle entre la cellule et son milieu.</p>	<p>- présenter en l'argumentant le modèle de mosaïque fluide  - présenter et analyser les différents types de localisation des protéines membranaires  - en discuter les conséquences en termes de mobilité</p> <p>- reconnaître les grands types de jonction et les relier à leurs fonctions  - connaître la nature moléculaire des filaments d'actine, des microtubules et de la kératine afin d'argumenter leur fonction structurale au sein de la cellule  - décrire l'organisation du collagène, l'architecture d'une matrice animale (on se limite à l'exemple d'un conjonctif) et d'une paroi pecto-cellulosique  - relier la densité et les propriétés intrinsèques des réseaux de filaments aux propriétés mécaniques des matrices (consistances de gel plus ou moins fluides)  - expliquer le principe de la rigidification d'une matrice par imprégnation de lignine ou de substance minérale</p> <p><b>Remarque</b> : Aucun exemple particulier de cellule n'est exigible. Cependant, celui d'une cellule épithéliale est particulièrement propice à la présentation de ces interactions.  <b>Limites</b> : Pour les matrices extracellulaires, on se limite à deux exemples :  pour les végétaux, la paroi pecto-cellulosique ;  pour l'architecture d'une matrice animale, un conjonctif.  On ne fait que mentionner les parois bactériennes dont l'architecture n'est pas au programme.</p>	<b>S1</b>

<p><b>1.2.3. Membranes et échanges</b> Il existe différentes modalités de flux de matière entre compartiments.</p> <p>Des transferts de matière sont réalisés entre compartiments par des phénomènes de bourgeonnement ou de fusion de vésicules (dont les phénomènes d'endocytose et d'exocytose). Les mécanismes reposent sur les propriétés des membranes et l'implication de protéines.</p> <p>L'eau et les solutés peuvent traverser une membrane par transferts passifs, par transport actif primaire ou secondaire. Ces transferts sont régis par des lois thermodynamiques (gradients chimiques ou électrochimiques, sens de transfert). Des modèles de mécanismes moléculaires permettent de rendre compte de ces différents types de flux. Ces échanges ont des fonctions diverses en liaison entre autres, avec la nutrition des cellules, leur métabolisme mais aussi avec des fonctions informationnelles à l'échelle de la cellule ou de l'organisme.</p> <p>Plus précisément :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la cinétique des flux transmembranaires peut être linéaire (diffusion simple au travers de la phase lipidique), ou hyperbolique (diffusion facilitée par les transporteurs ou les canaux la cinétique de ces derniers étant cependant linéaires dans les conditions cellulaires) ;</li> <li>- un gradient transmembranaire (chimique ou électrochimique) est une forme d'énergie que l'on peut évaluer sous forme d'une variation molaire d'enthalpie libre.</li> </ul> <p><b>1.2.4 Membrane et différence de potentiel électrique : potentiel de repos, d'action et transmission synaptique</b></p> <p>Les membranes établissent et entretiennent des gradients chimiques et électriques. Les flux ioniques transmembranaires instaurent un potentiel électrique appelé potentiel de membrane. Le potentiel d'équilibre d'un ion est le potentiel de membrane pour lequel le</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- définir un compartiment</li> <li>- présenter un exemple de formation d'une vésicule d'endocytose et de fusion d'une vésicule d'exocytose</li> <li>- présenter de façon cohérente les différentes grilles d'analyse des flux transmembranaires en reliant les aspects dynamiques, thermodynamiques aux modèles moléculaires associés</li> <li>- présenter ces échanges dans la perspective de leurs fonctions biologiques</li> <li>- évaluer la liposolubilité d'une espèce chimique par son coefficient de partition huile/eau</li> <li>- relier une cinétique de passage à une modalité de passage</li> <li>- évaluer une différence de potentiel électrochimique</li> <li>- exprimer une différence de potentiel électrochimique sous forme d'une tension transmembranaire (« force ion-motrice »)</li> <li>- relier l'existence d'un gradient aux aspects énergétiques des transferts</li> <li>- relier les caractéristiques des protéines, leur localisation et leur fonction dans les échanges</li> </ul> <p><b>Lien : 1.4</b> <b>Lien Biotechnologies : 3.1.2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- définir la notion de potentiel électrochimique d'un ion et expliciter le calcul de son potentiel d'équilibre (loi de Nernst)</li> <li>- relier la variation du potentiel membranaire aux modifications de conductances</li> <li>- analyser des enregistrements de patch-clamp pour argumenter un modèle moléculaire de fonctionnement d'un canal voltage-dépendant</li> </ul>	
--	---	--

<p>flux net de l'ion est nul. La présence de canaux ioniques sensibles à la tension électrique rend certaines cellules excitables. Le potentiel d'action neuronal s'explique par les variations de conductance de ces canaux.</p> <p>Dans les neurones, l'influx nerveux se propage de façon régénérative le long de l'axone. Le diamètre des fibres affecte leur conductivité et donc la vitesse des influx, de même que la gaine de myéline.</p> <p>La synapse permet la transmission d'information d'une cellule excitable à une autre en provoquant une variation de potentiel transmembranaire.</p>	<p>- expliquer la propagation axonique par régénération d'un potentiel d'action L'explication des montages permettant de mesurer les courants ioniques transmembranaires n'est pas exigible. - expliquer, dans un fonctionnement synaptique, le trajet de l'information supportée par les signaux successifs : nature du signal, nature du codage, extinction du signal - relier ces étapes aux modèles de mécanismes moléculaires qui les sous-tendent - relier sur un exemple le fonctionnement des récepteurs ligands-dépendants aux caractéristiques fonctionnelles des protéines (site, allostérie, hydropathie et localisation...)</p> <p><b>Limites</b> : On se limite à un exemple qui peut être celui de la synapse neuromusculaire ou d'une synapse neuro-neuronique. On limite les précisions sur les mécanismes moléculaires à ce qui est strictement nécessaire à la compréhension du modèle. Aucun exemple spécifique n'est exigible, mais le choix d'un support permettant d'intégrer endocytose, exocytose et de comparer canaux voltages et ligands dépendants peut être pratique. Les mécanismes producteurs des potentiels post-synaptiques, de leur propagation et de leur intégration ne sont pas au programme.</p> <p><b>Lien</b> : 2.3</p>	
<p><b>1.3 Les biosynthèses au sein des cellules eucaryotes</b></p> <p><b>1.3.1 Les cellules eucaryotes synthétisent leurs constituants moléculaires</b> La cellule possède des constituants moléculaires complexes (acides nucléiques, lipides, protéines, polymères glucidiques), de durée de vie variable, et qui sont l'objet d'un renouvellement.</p> <p>L'ensemble des biosynthèses réalisées par une cellule est spécifique en liaison avec sa</p>	<p>Cette partie vise à montrer que la cellule est une machine thermodynamique qui transforme de la matière. La cellule synthétise ses propres constituants moléculaires soit à partir d'autres constituants organiques servant de matière première, soit à partir de matière minérale pour certaines cellules photo ou chimiosynthétiques. Ces biosynthèses sont d'abord placées dans un contexte général montrant la diversité des synthèses, l'intervention d'enzymes, la nécessité d'énergie et de matière. La localisation des grandes voies de synthèse au sein d'une cellule eucaryote est présentée. Pour les mécanismes précis, l'étude de l'anabolisme s'appuie sur la synthèse des protéines, présentée en tant que processus de polymérisation d'acides aminés.</p> <p>- localiser les principaux constituants moléculaires des cellules eucaryotes et de leur matrice. - relier la durée de vie des biomolécules aux processus de synthèse et de dégradation au sein des cellules. <b>Limite</b> : L'existence de systèmes de dégradation tels que le protéasome au sein des cellules est mentionné mais leur fonctionnement n'est pas au programme.</p> <p>- présenter une biosynthèse liée à la mise en réserve. - relier le type de synthèse à la fonction des constituants moléculaires au sein des cellules.</p>	<b>S2</b>

<p>différenciation et sa sa fonction spécialisées dans l'organisme.</p> <p>Pour ce qui est du contrôle, les biosynthèses de la cellule sont soit constitutives, soit contrôlées.</p> <p>Toute synthèse requiert de l'énergie, de la matière et un catalyseur.</p> <p><b>1.3.2 La biosynthèse des ARN et protéine</b></p> <p>La synthèse des ARN et des protéines est le fondement de l'expression de l'information génétique. Elle s'intègre dans une séquence transcription-traduction menant de l'ADN au polypeptide en passant par les ARN. Dans le cas de la cellule eucaryote, ces processus sont compartimentés.</p> <p>La transcription correspond à une synthèse d'ARN suivant la séquence d'un brin d'ADN matrice. Elle est assurée par des ARN polymérases ADN dépendantes et génère plusieurs types d'ARN. Les unités de transcription chez les eubactéries sont souvent organisées en opérons. Chez les eucaryotes, les gènes sont morcelés.</p> <p>Chez les eucaryotes, les ARN transcrits à partir de gènes morcelés subissent une maturation dans le noyau qui mène à la formation de l'ARN traduit.</p> <p>L'épissage alternatif produit des ARN</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- présenter un exemple de voie de synthèse contrôlé.</li> <li>- montrer qu'une liaison entre deux constituants requiert un apport d'énergie chimique sous la forme d'un couplage chimio-chimique.</li> </ul> <p><b>Lien</b> : La spécificité de réaction des enzymes est évoquée en lien avec l'enseignement de biotechnologies (2.1.1).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mettre en évidence que l'expression de l'information génétique est un processus de transfert d'information entre macromolécules à organisation séquentielle (exemple d'argument : la colinéarité ADN – chaîne polypeptidique);</li> </ul> <p><b>Limites</b> : Les processus fondamentaux d'expression de l'information génétique sont étudiés chez les eubactéries et les eucaryotes dans une optique comparative. Les démonstrations expérimentales de ces processus ne sont pas exigibles.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- comparer l'organisation des unités de transcription des génomes eubactériens et eucaryotes.</li> <li>- montrer l'importance des séquences non codantes (promoteur et terminateur) dans le contrôle de la transcription.</li> <li>- montrer que la synthèse d'ARN est une polymérisation</li> <li>- montrer comment la complémentarité de bases assure la fidélité du processus de transcription de la séquence</li> <li>- fournir une estimation en ordre de grandeur de la quantité d'énergie nécessaire à la polymérisation</li> <li>- expliquer le rôle d'une interaction acides nucléiques/protéines à partir de l'exemple du promoteur des gènes eubactériens.</li> </ul> <p><b>Limites</b> : L'organisation moléculaire des protéines impliquées n'est pas au programme. On se limite à décrire l'activité enzymatique des ARN polymérases. Chez les eucaryotes, on ne traite que de l'ARN polymérase II et de la polymérisation des ARN messagers. La composition du complexe d'initiation de la transcription et l'organisation du promoteur ne sont pas à mémoriser.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- montrer que maturation des ARN mène à distinguer le génome du transcriptome.</li> </ul> <p><b>Limites</b> : Il s'agit ici de décrire les mécanismes d'excision-épissage, de mise en place du chapeau 5' et de la polyadénylation. Le détail des ARN nucléaires impliqués dans ces mécanismes ne sont pas</p>	
--	--	--

<p>différents pour une même unité de transcription.</p> <p>Dans le cytosol, les ARN messagers matures sont traduits en séquence d'acides aminés. La traduction repose sur la coopération entre les différentes classes d'ARN et sur le code génétique.</p> <p>La traduction est suivie par un repliement tridimensionnel de la chaîne polypeptidique éventuellement assisté par des protéines chaperons</p> <p>Chez les eucaryotes, la traduction des protéines membranaires et sécrétées met en jeu différents compartiments. Les protéines subissent un adressage et des modifications post-traductionnelles.</p> <p>La synthèse des protéines peut être contrôlée à chacune de ses différentes étapes. Ce contrôle est le fondement de la spécialisation cellulaire.</p> <p>Le contrôle de la transcription fait intervenir des interactions entre séquences régulatrices et facteurs de transcription. L'initiation de la transcription est un point clé du contrôle de l'expression.</p> <p>Le niveau de transcription dépend aussi de l'état de méthylation de l'ADN et de modifications de la chromatine. Les modifications de la chromatine constituent une information</p>	<p>attendues. Un seul exemple d'épissage alternatif est exigible.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- discuter des caractéristiques du code génétique</li> <li>- expliquer le rôle des interactions entre ARN au cours de la traduction à partir de la reconnaissance du signal d'initiation de la traduction et de l'interaction codon anticodon (modèle eubactérie)</li> <li>- discuter de l'importance de la charge des ARNt catalysée par l' amino-acyl ARNt synthétase pour la fidélité de traduction</li> <li>- montrer l'intervention de facteurs de contrôle et de couplage énergétique au cours de la traduction.</li> </ul> <p><b>Limite</b> : Une liste des facteurs n'est pas exigible.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- estimer en ordre de grandeur le coût énergétique de la formation d'une liaison peptidique</li> </ul> <p><b>Lien Biotechnologies</b> : 1.1.2, 1.1.3</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- interpréter une expérience de pulse-chase afin de montrer un flux de matière à travers une cellule eucaryote sécrétrice.</li> <li>-montrer que l'adressage comme les modifications post-traductionnelles reposent sur des signaux présents au sein des chaînes polypeptidiques chez les procaryotes comme chez les eucaryotes</li> </ul> <p><b>Limite</b> : On se limite aux mécanismes simplifiés de translocation co-traductionnelle dans le réticulum et aux seules mentions et localisations des modifications par glycosylations.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-commenter un panorama des différents points de contrôle du processus d'expression de l'information génétique en relation avec la compartimentation cellulaire ;</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>-mettre en évidence l'existence de contrôles positif et négatif de l'initiation de la transcription à partir de l'exemple de l'opéron lactose ;</li> <li>- expliquer en quoi l'assemblage et la mise en fonctionnement du complexe d'initiation constituent la principale voie de régulation de l'expression génétique (boîte TATA, facteurs cis et trans).</li> <li>-identifier les différents « domaines » structuraux d'un facteur de transcription (liaison à l'ADN, transactivation, liaison à des messagers...). Un seul exemple d'organisation structurale de facteur de transcription est exigible (exemple préconisé : récepteur aux hormones lipophiles).</li> </ul> <p>relier les différents états de condensation de la chromatine interphasique avec le niveau de transcription</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-expliquer simplement le lien entre méthylation de l'ADN, acétylation des histones et la possibilité de transmission d'information épigénétique au cours des</li> </ul>	
---	--	--

<p>transmissible et sont la base du contrôle épigénétique.</p> <p>L'interférence à l'ARN est un autre mécanisme régulateur majeur.</p>	<p>divisions</p> <p>-discuter des limites d'une approche trop mécaniste et montrer que l'initiation de la transcription est un processus dont la probabilité dépend de la combinaison de nombreux facteurs protéiques en interaction avec la chromatine.</p> <p><b>Liens</b> : 3.3, 3.4</p> <p>-identifier les processus en jeu lors d'une régulation impliquant l'interférence à l'ARN.</p> <p><b>Limite</b> : les mécanismes de production des ARN interférents ne sont pas à connaître.</p>	
<p><b>1.4 Dynamiques métaboliques des cellules eucaryotes</b></p> <p>La cellule eucaryote est le siège de nombreuses réactions de catabolisme et d'anabolisme. L'ATP véhicule l'énergie nécessaire aux réactions. Elle est produite par couplage chimio-chimique ou par couplage osmo-chimique au niveau des ATP synthases. Des molécules carrefours permettent une interconnexion entre les différentes voies.</p> <p>La cellule musculaire striée squelettique consomme une grande quantité d'ATP. Sa régénération met en jeu différentes voies possibles, en lien avec le type cellulaire et les conditions d'approvisionnement du tissu. En fin d'exercice, la cellule revient à son état initial (dette en O<sub>2</sub>).</p> <p>De jour, la cellule végétale convertit l'énergie lumineuse en énergie chimique exploitée pour produire de la matière organique stockée et exportée. Elle réalise simultanément un catabolisme oxydatif et des synthèses diverses. A l'obscurité, la cellule chlorophyllienne adopte un comportement hétérotrophe. L'amidon stocké dans les chloroplastes est dégradé.</p>	<p><b>Lien Biotechnologies</b> : 3.1.2</p> <p>-justifier la place de l'ATP en tant que molécule énergétique universelle</p> <p>- commenter un panorama des grandes voies métaboliques d'une cellule eucaryote.</p> <p>-établir la relation entre une voie métabolique et ses caractéristiques (sa localisation, son rendement, sa vitesse).</p> <p>- identifier une molécule carrefour et établir ses caractéristiques.</p> <p>- à partir de l'exemple de la cellule musculaire striée squelettique, montrer le lien entre l'activité de la cellule et les voies cataboliques utilisées (restreintes à l'utilisation d'un stock énergétique, la glycolyse, la respiration mitochondriale et une fermentation).</p> <p>- établir le lien entre la voie métabolique et l'utilisation du dioxygène.</p> <p>- décrire le retour aux conditions initiales après un exercice musculaire.</p> <p>- distinguer les types trophiques des cellules d'un organisme végétal.</p> <p><b>Limite</b> : étude de l'autotrophie vis-à-vis du carbone</p> <p>- à partir de l'exemple d'une cellule végétale chlorophyllienne, construire un schéma bilan du métabolisme de la cellule selon les conditions d'éclairement (jour / nuit).</p> <p><b>Lien</b> : 2.4.1, Travaux pratiques</p>	<b>S3</b>
<p><b>1.5 Le cycle cellulaire et la vie des cellules</b></p>	<p>Ce chapitre permet une approche temporelle des différents processus cellulaires décrits dans la partie 1. Il est l'occasion de rappeler l'importance de la conservation de l'information génétique pour le renouvellement cellulaire et le maintien des</p>	<b>S2</b>

<p>Le cycle cellulaire est constitué par une succession de phases assurant la croissance, le maintien et la division cellulaires.</p> <p>Le passage d'une phase à une autre est sous le contrôle de signaux extracellulaires et de facteurs internes notamment liés à l'intégrité de l'information génétique.</p> <p>La conservation de l'information génétique au cours des cycles cellulaires est liée à :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-la réparation des lésions de l'ADN ;</li> <li>-la duplication de l'information génétique au cours de la phase S par réplication semi-conservative de l'ADN ;</li> </ul> <p>La mitose répartit de façon équitable le matériel génétique nucléaire entre les deux cellules filles.</p> <p>La différenciation cellulaire implique un arrêt des divisions cellulaires et une sortie du cycle cellulaire.</p> <p>Des dérèglements du cycle cellulaire conduisent à des divisions incontrôlées à l'origine des cancers.</p>	<p>organismes.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-mettre en relation les différentes phases du cycle cellulaire avec la quantité d'ADN dans les cellules et les activités cellulaires, en particulier les processus liés à l'information génétique ;</li> <li>-connaître les durées relatives des phases du cycle cellulaire en lien avec les processus s'y déroulant.</li> <li>- montrer que les points de contrôle du cycle cellulaire participent à la conservation de l'information génétique.</li> <li>- montrer l'importance de la conservation de l'information génétique dans le maintien de l'activité des organismes.</li> <li>-montrer que la complémentarité des bases azotées est à l'origine de la fidélité des processus de réparation et de réplication ;</li> <li>-caractériser à l'échelle chromosomique la duplication chez les eucaryotes.</li> </ul> <p><b>Limite</b> : Les mécanismes moléculaires de la réparation et de la réplication ne sont pas au programme.  <b>Lien Biotechnologies</b> : 4.2.1  <b>Lien</b> : 5.1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-caractériser les différentes phases de la mitose.</li> <li>-montrer l'importance du fuseau mitotique et de son fonctionnement dans la répartition équitable de l'information génétique.</li> </ul> <p><b>Lien</b> : 3.1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- montrer, à l'aide de l'exemple de la division des cellules végétales la distinction entre division nucléaire et division cellulaire.</li> <li>- montrer à partir d'un exemple que la différenciation cellulaire conduit à l'arrêt de la prolifération cellulaire.</li> </ul> <p><b>Limite</b> : Aucun détail des signaux impliqués n'est attendu.  <b>Lien</b> : 3.3</p> <p><b>Limite</b> : La connaissance du contrôle du cycle cellulaire n'est pas attendue</p>	
--	---	--

### TRAVAUX PRATIQUES de 1<sup>ère</sup> année associés à la partie 1

Séance	Connaissances clés à construire, commentaires, capacités exigibles
<p><b>Cellules eucaryotes</b> (2 séances)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-identifier les structures cellulaires eucaryotes à partir d'observations microscopiques photonique et électronique</li> <li>-faire le lien entre la définition des objets observés et les techniques d'observation et de mise en évidence des structures cellulaires (coupe, coloration, immunocytochimie...)</li> </ul>



Séance	Connaissances clés à construire, commentaires, capacités exigibles
<b>Membranes et matrice</b> (1 séance)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- identifier des jonctions cellulaires et des matrices extracellulaires à partir d'observations microscopiques photonique et électronique.</li> <li>- comprendre l'organisation fonctionnelle des tissus animaux à partir de l'observation d'un épithélium et d'un tissu conjonctif.</li> </ul>
<b>Cycle cellulaire</b> (1 séance)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- identifier les différentes phases du cycle cellulaire à partir d'observations microscopiques photonique et électronique de cellules animale et végétale.</li> <li>- mettre en relation l'état des chromosomes avec les phases du cycle cellulaire</li> </ul>

### TRAVAUX PRATIQUES de 2<sup>nde</sup> année associés à la partie 1

Séance	Connaissances clés à construire, commentaires, capacités exigibles
<b>Photosynthèse</b> (1 séance)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- observer les chloroplastes, isoler les pigments assimilateurs par chromatographie sur papier et caractériser le spectre d'absorption.</li> <li>- mettre en évidence l'efficacité photosynthétique des différentes radiations.</li> <li>- montrer la différence de métabolisme jour/nuit dans les cellules chlorophylliennes.</li> </ul>

## 2 - L'organisme, un système en interaction avec son environnement

Connaissances clés à construire	Commentaires, capacités exigibles	
<b>2.1 L'organisme vivant : un système physico-chimique en interaction avec son environnement</b>  <b>2.1.1 Regards sur l'organisme animal</b> Tout organisme vivant est un système thermodynamique ouvert, en besoin permanent d'énergie. Dans le cas de l'organisme animal, ce besoin est satisfait par la consommation d'aliments (hétérotrophie), suivie de leur transformation. Les métabolites sont distribués dans l'ensemble de l'organisme et entrent ainsi dans le métabolisme. Le métabolisme énergétique aérobie est relié à la fonction respiratoire. Les déchets produits sont éliminés.  La reproduction est un processus conservatoire et diversificateur. Elle génère des individus qui sont de la même espèce que les parents, mais dont la diversité ouvre à la sélection.  La réalisation de l'ensemble de ces	<p>Le concept de l'organisme vivant est abordé à partir d'un exemple de ruminant, la vache. Cet exemple permet de définir les grandes fonctions et de les mettre en relation avec les structures associées (appareils, tissus, organes...).</p> <p>Loin de constituer une monographie, il s'agit d'une vue d'ensemble des fonctions en insistant avant tout sur les interrelations entre fonctions ainsi que sur leur dimension adaptative et évolutive pour en faire ressortir les points essentiels.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- identifier les caractères morphologiques, anatomiques... permettant de placer un animal dans une classification ;</li> <li>- connaître les différentes fonctions et relier les grands traits de leur réalisation aux supports anatomiques, dans un milieu de vie donné ;</li> </ul> <p>- expliquer et identifier sur quelques situations simples</p>	<b>S1</b>

<p>fonctions s'accompagne de mouvements de l'organisme.</p> <p>L'organisme est en interactions multiples avec son environnement biotique et abiotique. La survie individuelle dépend de systèmes de perception et de protection.</p> <p>Face aux variations d'origine interne ou externe, les interrelations entre fonctions permettent soit une régulation, soit une adaptation.</p> <p>L'étude de l'organisme relève ainsi d'approches multiples, diversifiées et complémentaires : taxonomique, écologique, agronomique, technologique.</p>	<p>les interactions entre les fonctions qui fondent l'unité de l'organisme ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- montrer qu'un animal est inclus dans différents systèmes de relation : relations intraspécifiques et interspécifiques (dont la domestication) ;</li> <li>- montrer qu'en tant qu'«objet technologique », la vache est le produit d'une domestication et d'une sélection par l'homme ;</li> </ul>	
<p><b>2.1.2 Plans d'organisations et relation organisme/milieu</b></p> <p>Ces notions ont une portée générale dans la description du monde animal. Le fonctionnement des organismes repose sur les mêmes grandes fonctions, réalisées par des structures différentes ou non selon les plans d'organisations, dans des milieux identiques ou différents.</p> <p>Pour des fonctions identiques, dans des milieux comparables, on identifie des convergences entre des dispositifs homologues ou non, correspondant ou non à des plans d'organisations différents.</p> <p>Il s'agit d'un temps de synthèse qui permet de confronter les observations faites en travaux pratiques aux connaissances et concepts construits en 2.1.1.</p> <p>On se limite aux animaux et aux fonctions dont les structures associées sont observables en travaux pratiques. Les autres aspects de la biologie de ces animaux ne sont pas abordés.</p> <p><b>Liens :</b> Travaux pratiques, 2.2</p>		
<p><b>2.2 Exemple d'une fonction en interaction directe avec l'environnement: la respiration</b></p> <p>Les échanges respiratoires reposent exclusivement sur une diffusion des gaz et par conséquent suivent la loi de Fick.</p> <p>L'organisation des surfaces d'échange respiratoires tout comme les dispositifs de renouvellement des milieux dans lesquelles elles s'intègrent contribuent à l'efficacité des échanges.</p> <p>Selon les plans d'organisation, des dispositifs différents réalisent la même fonction.</p> <p>Dans le même milieu, pour des plans d'organisation différents, des convergences fonctionnelles peuvent</p>	<p>L'argumentation est mémorisée sur un nombre réduit d'exemples : mammifère, poisson téléostéen, crustacé décapode, insecte et s'appuie sur les observations faites en travaux pratiques</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-relier les dispositifs observés aux différentes échelles aux contraintes fonctionnelles (diffusion – loi de Fick) ainsi qu'aux contraintes du milieu de vie (densité, viscosité, richesse en eau, en oxygène).</li> <li>- identifier et énoncer des convergences anatomiques ou fonctionnelles</li> </ul>	<p><b>S2</b></p>

<p>être détectées et reliées aux contraintes physico-chimiques du milieu (aquatique ou aérien).</p> <p>La convection externe et la convection interne des fluides maintiennent les gradients de pression partielle à travers l'échangeur.</p> <p>Les caractéristiques de molécules à fonction de transport conditionnent les capacités d'échange. La quantité de transporteurs limite aussi la quantité d'oxygène transporté et la performance. La modulation de la quantité de gaz échangés passe essentiellement par des variations contrôlées de la convection. Le paramètre limitant de la respiration dépend de la solubilité différentielle de l'O<sub>2</sub> et du CO<sub>2</sub> en milieu aquatique et aérien ; le stimulus du contrôle de la respiration est différent dans l'air et dans l'eau.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- analyser la convection externe sur deux exemples : un poisson téléostéen pour la convection externe en milieu aquatique et un mammifère (Souris) pour la ventilation pulmonaire</li> <li>- expliquer l'optimisation des gradients de pression partielle sur un exemple d'échange à contre courant.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- relier les conditions locales de la fixation et du relargage du dioxygène aux propriétés de l'hémoglobine et au fonctionnement de l'hématie. L'hémoglobine humaine de l'adulte sera le seul exemple abordé.</li> <li>- expliquer l'intérêt du transport dans l'hématie.</li> </ul> <p><b>Limite :</b> Les mécanismes de contrôle de la respiration ne sont pas au programme.</p>	
<p><b>2.3 Un exemple d'intégration d'une fonction à l'échelle de l'organisme</b></p> <p>La circulation est un système de distribution à haut débit de nutriments, gaz, ions, hormones au sein de l'organisme.</p> <p>Le cœur est une pompe qui met le sang sous pression ; il est à l'origine du débit sanguin global.</p> <p>Le cœur présente un automatisme de fonctionnement, conséquence des</p>	<p>Cette partie doit apprendre à montrer comment certains paramètres de l'organisme sont régulés (boucles de régulation) et comment des contrôles permettent l'adaptation de l'organisme à des situations particulières. Ces réponses se font à différentes échelles de temps (court terme, moyen terme) et d'espace (réponses locales et globales). Elles font intervenir des communications intercellulaires par des voies nerveuses et humorales qui sont étudiées ici sur un exemple.</p> <p><b>Limite :</b> Cette partie porte uniquement sur l'exemple du système circulatoire des Mammifères, <i>essentiellement l'Homme</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- présenter l'organisation générale du système circulatoire : circulation systémique et circulation pulmonaire ;</li> <li>- présenter les différents segments vasculaires (artères, artérioles, capillaires) sous leurs différents aspects, anatomiques, histologiques, fonctionnels ;</li> </ul> <p><b>Liens :</b> 2.1, 1.4, travaux pratiques</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- relier la description du cycle cardiaque au rôle de pompe du cœur ;</li> <li>- mettre en relation débit cardiaque, fréquence et volume d'éjection systolique ;</li> <li>- relier la localisation des structures impliquées dans l'automatisme avec la séquence de contraction ;</li> </ul>	<b>S3</b>

<p>propriétés du tissu nodal.</p> <p>La pression artérielle moyenne est la résultante de paramètres circulatoires (débit et résistance vasculaire).</p> <p>La pression artérielle moyenne est maintenue dans une gamme de valeurs restreinte, variable selon les individus et les conditions, par des mécanismes de régulation.</p> <p>Dans le cas de l'adaptation à l'effort physique, les débits globaux et locaux sont modifiés</p> <p>Les boucles de contrôle forment en réalité des réseaux interconnectés. La réponse à une situation particulière comme l'hémorragie met en jeu différentes boucles de contrôle et fait intervenir des mécanismes à différentes échelles temporelles.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- expliquer le lien entre le rythme cardiaque et l'activité des cellules nodales (potentiel de pacemaker) ;</li> <li>- établir le lien entre conductance ionique et variations du potentiel membranaire des cellules nodales.</li> </ul> <p><b>Limite</b> : Le lien entre l'activité du tissu nodal et le déclenchement de la contraction des cellules musculaires cardiaques est simplement mentionné. Le mécanisme de contraction des cellules musculaires cardiaques n'est pas au programme.</p> <p><b>Lien</b> : 1.2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- définir la relation entre pression artérielle moyenne et pression artérielle différentielle ;</li> <li>- présenter les relations entre les composantes de la pression artérielle, à l'échelle de la circulation générale comme à l'échelle de la circulation locale.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- décrire les fonctions des différentes composantes d'une boucle de régulation sur l'exemple du baroréflexe.</li> </ul> <p><b>Limite</b> : L'organisation du système neurovégétatif n'est pas au programme</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- présenter et appliquer le concept de boucle de régulation ;</li> <li>- expliquer des dysfonctionnements par des interactions entre génotype et environnement ou par la sénescence, toutes les données étant fournies.</li> </ul> <p><b>Limite</b> : Aucun exemple n'est à mémoriser.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- montrer comment à partir de variations associées au début de la période d'effort, à la période d'effort puis à la fin de cette période d'effort, des régulations sont mises en jeu ainsi que des modifications permettant d'adapter le fonctionnement de l'organisme aux différents contextes ;</li> <li>- décrire les mécanismes du contrôle de la fréquence cardiaque jusqu'à l'échelle cellulaire et moléculaire.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- présenter les conséquences des modifications du débit global et local sur la pression artérielle ;</li> <li>- présenter les réactions à une hémorragie à différentes échelles de temps (court terme et baroréflexe, adaptation à long terme et catécholamines, système rénine-angiotensine, aldostérone, ADH).</li> </ul> <p><b>Limite</b> : L'organisation du rein et son fonctionnement ne sont pas au programme. Les mécanismes de contrôle de la soif ne sont pas au programme.</p> <p><b>Limite</b> : Pour les contrôles autres que celui de la fréquence cardiaque, les voies de transduction à l'échelle cellulaire ne sont pas au programme.</p>	
<p><b>2.4 La vie fixée des Angiospermes</b></p> <p><b>2.4.1 Les Angiospermes, organismes autotrophes à vie fixée</b></p>	<p>L'étude du fonctionnement nutritionnel des Angiospermes est réalisée à plusieurs échelles. Il s'agit de montrer les fondements métaboliques de l'autotrophie et leurs conséquences à l'échelle des individus en relation avec les milieux de vie. Les relations entre la plante et son milieu de vie sont abordés à différentes échelles temporelles.</p>	<p><b>S2</b></p>

<p>Les Angiospermes ont des besoins de matière minérale pour leur équilibre hydrominéral et leurs synthèses organiques.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- identifier les besoins de matière minérale d'un végétal Angiosperme ;</li> <li>- mettre en relation des constituants minéraux avec différents processus liés à la vie de la plante (croissance cellulaire, métabolisme énergétique)</li> </ul> <p><b>Limites</b> : Il n'est pas envisagé ici d'étude exhaustive des besoins nutritionnels du végétal. L'objectif est de montrer que l'implication des ions minéraux ne se limite pas à la nutrition.</p>	
<p>La photosynthèse assure l'autotrophie de la plante Angiosperme. La photosynthèse est réalisée par la cellule chlorophyllienne et fait intervenir des compartiments spécialisés, les chloroplastes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- établir que la capacité photosynthétique de certaines cellules de la plante assure l'autotrophie de l'ensemble de l'organisme grâce aux corrélations trophiques.</li> <li>- présenter un bilan chimique simple de la photosynthèse et l'importance du couplage photochimique pour sa réalisation.</li> <li>- identifier les flux de matière entre les différents compartiments au sein d'une cellule chlorophyllienne;</li> </ul>	
<p>Les produits de la photosynthèse (oses, acides aminés) sont distribués dans la plante par la sève élaborée aux cellules hétérotrophes. L'approvisionnement en eau, ions et dioxyde de carbone met en jeu des surfaces d'échange.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-expliquer que le flux de composés organiques est dépendant de la production des organes sources (les feuilles) et des besoins des organes puits.</li> </ul> <p><b>Limite</b> : aucun modèle expliquant les forces motrices de la circulation de la sève élaborée n'est au programme.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-placer les points d'entrée et de sortie de l'eau sur un schéma fonctionnel de la plante ;</li> <li>-analyser les flux hydriques entre la plante et son milieu en utilisant la notion de potentiel hydrique ;</li> </ul>	
<p>L'eau et les ions sont captés dans le sol par l'appareil racinaire et acheminés aux organes par l'intermédiaire de la sève brute.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-montrer que l'absorption d'ions minéraux est un processus actif entraînant le flux d'eau au niveau du poil absorbant ;</li> <li>-mettre en évidence l'importance quantitative des mycorhizes</li> </ul> <p><b>Limite</b> : Les nodosités ne sont pas traitées.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-identifier les propriétés des éléments conducteurs, xylème et phloème, acheminant les sèves brutes et élaborées.</li> <li>- identifier les moteurs de circulation de la sève brute et leur importance relative au cours d'une année en milieu tempéré</li> </ul>	
<p>Des échanges gazeux (et en particulier d'eau, de dioxyde de carbone et de dioxygène) ont lieu au niveau des stomates des organes aériens. L'ouverture des stomates est contrôlée et permet la régulation de l'équilibre hydrique.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- expliciter le paradoxe des échanges gazeux réalisés au niveau des stomates (perte d'eau versus échanges des gaz liés au métabolisme énergétique) ;</li> <li>- établir ou montrer l'existence de facteurs internes et externes contrôlant l'ouverture et la fermeture des stomates ;</li> </ul> <p><b>Limite</b> : Un seul exemple de mode d'action de ces facteurs doit être connu.</p>	
<p>Les surfaces d'échange du végétal se développent en relation avec les paramètres physico-chimiques du milieu de vie et le plan d'organisation de l'espèce.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- expliciter la relation entre l'organisation des surfaces spécialisées dans les échanges (racines, feuilles) et leur fonction.</li> <li>- présenter des exemples à différentes échelles de variation phénotypique liées aux caractéristiques du milieu</li> </ul> <p>(exemples : ports des individus, organisation foliaire,</p>	

<p>La disponibilité de la ressource en eau et la physiologie des organismes (exigences hydriques) influencent la répartition des espèces.</p> <p><b>2.4.2 Les Angiospermes et le passage de la mauvaise saison</b></p> <p>En climat tempéré, le fonctionnement d'une Angiosperme est rythmé par l'alternance des saisons.</p> <p>La perception des saisons par l'organisme est liée aux signaux de photopériode et température.</p> <p>La perception de ces signaux déclenche des réponses cellulaires et tissulaires qui synchronisent l'organisme avec les saisons :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- métabolisme réduit (vie ralentie, dormance).</li> <li>- mise en réserve.</li> <li>- modifications protégeant le végétal durant l'hiver.</li> <li>- reprise de la vie active ;</li> <li>- floraison.</li> </ul>	<p>feuilles d'ombre et de lumière)  <b>Liens</b> : travaux pratiques, 3.4</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- faire le lien entre distribution géographique d'une espèce et sa physiologie.</li> </ul> <p><b>Limite</b> : Les exemples étudiés (parmi les exemples possibles des espèces de xérophytes, halophytes...) ne sont pas à mémoriser.</p> <p>Le but de ce chapitre est de montrer que le métabolisme des Angiospermes est influencé par les variations saisonnières des ressources. Le passage de l'hiver sera un « modèle » pour aborder cette idée, mais d'autres exemples sont possibles.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- identifier les contraintes liées au passage de l'hiver par les Angiospermes (faible photopériode, gel et basses températures, faible disponibilité en eau)</li> <li>- identifier les organes de résistance et leurs caractéristiques.</li> </ul> <p><b>Lien</b> : travaux pratiques</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mettre en évidence l'action de la photopériode et des températures dans l'induction de réponses (floraison, chute des feuilles).</li> <li>- replacer dans le cycle des saisons les principaux états physiologiques du végétal.</li> <li>- distinguer la vie ralentie de la dormance.</li> </ul> <p><b>Limite</b> : les mécanismes précis d'entrée en dormance ne sont pas exigibles.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- localiser les réserves végétales ;</li> <li>- mettre en lien la nature des réserves avec leur stabilité dans le temps ;</li> <li>- connaître un exemple de mise en réserve.</li> </ul> <p><b>Lien</b> : 1.3.1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- décrire l'abscission foliaire et l'évolution des vaisseaux de sève : les interpréter comme un moyen de protection contre le gel.</li> <li>- décrire les étapes de la reprise de l'activité de la plante au printemps à différents niveaux.</li> <li>- montrer que la floraison nécessite des conditions de vie favorables.</li> </ul> <p><b>Lien</b> : 3.1</p>	<p><b>S4</b></p>
--	---	------------------

**TRAVAUX PRATIQUES de 1<sup>ère</sup> année associés à la partie 2**

Séance	Connaissances clés à construire, commentaires, capacités exigibles
<b>La souris</b> (2 séances)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- élaborer le plan d'organisation d'un mammifère à partir de la dissection de la souris en étudiant sa morphologie, son anatomie (appareil cardio-respiratoire, appareil digestif, appareil uro-génital).</li> <li>- dégager la notion d'organes, d'appareils et de leurs interrelations fonctionnelles à l'échelle de l'animal.</li> <li>- mettre en relation les caractéristiques morpho-anatomiques de la souris avec son milieu et son mode de vie.</li> <li>- décrire l'organisation histologique du poumon.</li> </ul>
<b>Un poisson téléostéen</b> (1 séance)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- élaborer le plan d'organisation d'un poisson osseux à partir de sa dissection en étudiant sa morphologie, son anatomie (cavité branchiale, cavité générale).</li> <li>- mettre en relation ses caractéristiques morpho-anatomiques avec son milieu et son mode de vie</li> <li>- décrire l'organisation histologique des branchies</li> </ul> <p>Les séances souris et poisson téléostéen sont l'occasion de dégager les caractéristiques d'un vertébré.</p>
<b>Le Criquet</b> (1 séance)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- élaborer le plan d'organisation d'un insecte à partir de la dissection du criquet en étudiant sa morphologie, son anatomie (appareil digestif, appareil excréteur, appareil respiratoire)</li> <li>- extraire et présenter les pièces buccales.</li> <li>- décrire l'organisation histologique des trachées</li> <li>- mettre en relation ses caractéristiques morpho-anatomiques visibles avec son milieu et son mode de vie</li> </ul> <p>La nomenclature des appendices se limite à leur nom.</p>
<b>Un crustacé décapode (Ecrevisse, Langoustine)</b> (1 séance)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- élaborer le plan d'organisation d'un crustacé à partir de la dissection d'un décapode en étudiant sa morphologie, son anatomie (appareil digestif, appareil respiratoire, système nerveux, appareil reproducteur).</li> <li>- extraire et présenter les appendices</li> <li>- mettre en relation ses caractéristiques morpho-anatomiques avec son milieu et son mode de vie.</li> </ul> <p>La nomenclature des appendices se limite à leur nom.</p> <p>Les séances insecte et crustacé sont l'occasion de dégager les caractéristiques d'un arthropode</p>
<b>Morpho-anatomie des Angiospermes</b> (4 séances)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- élaborer le plan d'organisation d'un végétal angiosperme à partir d'observations morphologiques et anatomiques.</li> <li>- réaliser des coupes histologiques colorées.</li> <li>- mettre en évidence la diversité histologique de l'appareil végétatif (structures primaire et secondaire).</li> </ul> <p>On étudiera à cette occasion l'organisation des surfaces spécialisées dans les échanges (racines, feuilles).</p> <p>Seule l'organisation anatomique d'un végétal angiosperme dicotylédone est exigible.</p>

### TRAVAUX PRATIQUES de 2<sup>nde</sup> année associés à la partie 2

Séance	Connaissances clés à construire, commentaires, capacités exigibles
<b>Cœur et vaisseaux sanguins</b> (1 séance)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- identifier les différentes cavités du cœur et comprendre la mise en circulation du sang. Repérer les vaisseaux qui arrivent et partent du cœur.</li> <li>- déterminer les caractéristiques microscopiques des cellules du myocarde.</li> <li>- caractériser les différents vaisseaux de l'organisme à l'aide de préparations microscopiques et d'électronographies.</li> </ul> <p>L'étude sera limitée aux artères, artérioles, veines et capillaires.</p>

<p><b>Passage de la mauvaise saison</b></p> <p>(1 séance)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- étudier les organes végétatifs et reproducteurs qui permettent le passage de la mauvaise saison et la reprise de la vie végétative (tubercules, bulbes, rhizomes, graine de haricot, caryopse de blé, fruit charnu).</li> <li>- mettre en évidence les réserves végétales.</li> <li>- montrer l'implication des organes de réserves dans la multiplication végétative.</li> </ul>
---	--

### 3 - Reproduction des individus et pérennité des populations

Connaissances clés à construire	Commentaires, capacités exigibles	
<p><b>3.1 Reproduction des animaux et végétaux</b></p> <p>La reproduction sexuée des organismes s'inscrit dans un cycle de développement</p> <p><b>Reproduction sexuée des Métazoaires</b>            Chez les animaux, les gamètes peuvent être libérés dans le milieu de vie pour une fécondation externe, ou se rencontrer dans les voies génitales femelles suite à un accouplement en une fécondation interne.            La fusion des gamètes et de leurs matériels génétiques dépend de mécanismes cellulaires et moléculaires.</p> <p><b>Reproduction sexuée des Embryophytes</b>            Chez les Angiospermes, la pollinisation permet le rapprochement des cellules impliquées dans une double fécondation.</p> <p>Après tri des tubes polliniques, la double fécondation conduit à l'évolution du sac embryonnaire en embryon, de l'ovule en graine et de la fleur en fruit.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- décrire les cycles de développement d'un Embryophyte et d'un Métazoaire</li> <li>- placer les phases haploïde et diploïde sur ces deux cycles</li> <li>- identifier les étapes de changement de phase (méiose et fécondation) sur ces cycles</li> <li>- positionner les étapes de formation des gamètes (des spores et des gamétophytes), à la fois dans l'organisme et dans le cycle de développement</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- montrer que les modalités de rapprochement des gamètes animaux sont liées au milieu et au mode de vie des animaux</li> <li>- exposer deux exemples (une espèce aquatique à vie fixée et une espèce réalisant une parade nuptiale permettant un choix de partenaire)</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- décrire l'organisation des gamètes mâle et femelle ainsi que les modalités cellulaires de la fécondation à partir d'un exemple (à choisir parmi un des deux exemples ci-dessus)</li> <li>- montrer que les gamètes sont des cellules spécialisées et complémentaires</li> </ul> <p><b>Limite</b> : La gamétogenèse n'est pas au programme</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- décrire l'organisation de la fleur des Angiospermes et des gamétophytes en tant que structures reproductrices (un exemple)</li> <li>- identifier différents types de pollinisation et les caractères des fleurs et des grains de pollen associés</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- faire le lien entre les systèmes d'auto-incompatibilité et le brassage génétique lié à la reproduction sexuée</li> </ul> <p><b>Lien</b> : 3.2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- exposer les modalités de la double fécondation</li> <li>- décrire les devenir du sac embryonnaire fécondé, de</li> </ul>	<p><b>S1</b></p>



<p><b>Multiplication végétative naturelle chez les Angiospermes</b> Certains organismes peuvent réaliser une reproduction asexuée.</p> <p><b>Allocation énergétique liée à la reproduction et occupation des milieux</b> La part d'énergie consacrée à la reproduction et son utilisation sont en relation avec le milieu de vie.</p>	<p>l'ovule et de la fleur, sans connaître les mécanismes de ces évolutions</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- identifier les caractéristiques des fruits en lien avec les modalités de la dissémination</li> <li>- montrer que les modalités de reproduction sexuée des Angiospermes sont liées à leur mode et milieu de vie</li> </ul> <p><b>Limites</b> : Les détails moléculaires des systèmes d'autoincompatibilité ne sont pas attendus.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- décrire quelques exemples de multiplication végétative chez les Angiospermes.</li> <li>- discuter l'intérêt culturel de la multiplication végétative.</li> </ul> <p>- à partir de quelques exemples pris chez les animaux et les végétaux, montrer que la part d'énergie disponible affectée à la reproduction et son utilisation diffèrent en fonction des caractéristiques du milieu.</p> <p><b>Limite</b> : Les notions de stratégies démographiques r et K et leurs liens avec la courbe logistique seront présentés mais ne constituent pas la base de l'étude.</p> <p><b>Liens</b> : Si les travaux pratiques sont l'occasion de parcourir et d'analyser diverses modalités à la lumière des concepts visés, par contre, le nombre d'exemples utilisés en cours reste limité à ce qui peut servir l'illustration de ces concepts à l'exclusion de toute description exhaustive des modalités.</p>	
<p><b>3.2 Aspects chromosomiques et génétiques de la reproduction</b></p> <p>Dans le cas de la multiplication végétative, les nouveaux organismes créés résultent exclusivement de divisions mitotiques.</p> <p>La sexualité modifie les génomes en brassant les allèles : la méiose contribue à la diversification des combinaisons alléliques des génomes haploïdes à partir de génomes diploïdes, si ceux-ci contiennent déjà une diversité d'allèles. En unissant des génomes haploïdes, la fécondation crée de nouvelles combinaisons alléliques diploïdes.</p> <p>Les populations constituent des</p>	<p><b>Lien</b> : 1.5</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- relier les principaux événements cytogénétiques de la méiose avec leurs conséquences sur le brassage allélique.</li> <li>- argumenter les processus de brassage génétique en s'appuyant sur le principe de quelques croisements simples mais différant par deux couples d'allèles pris chez les organismes haploïdes et/ou diploïdes</li> <li>- évaluer en ordre de grandeur la diversification potentielle à partir de données (fréquences de mutation, nombre de chromosomes, etc.) ;</li> <li>- relier cette diversité aux processus de reproduction sexuée et en particulier, comparer auto- et allogamie (mécanismes et conséquences) ; on se limite à des exemples d'Angiospermes.</li> </ul> <p><b>Lien</b> : 3.1</p> <p><b>Limite</b> : ni la nomenclature des différentes étapes de la prophase 1 de méiose ni les mécanismes moléculaires de la recombinaison homologue de la méiose ne sont au programme.</p>	S1

<p>réservoirs d'allèles. La répartition de ces allèles au sein des réservoirs évolue au cours du temps, en particulier sous l'influence de facteurs internes dépendant des systèmes de reproduction ou externes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- exploiter des données quantifiant le polymorphisme.</li> <li>- présenter, discuter, exploiter le modèle de Hardy-Weinberg ;</li> <li>- exposer des exemples de populations différant par le taux d'autogamie.</li> </ul> <p><b>Lien</b> : 5.1</p>	
<p><b>3.3 Développement embryonnaire des animaux</b></p> <p><b>3.3.1 Développement embryonnaire et acquisition du plan d'organisation</b></p> <p>Le développement embryonnaire animal se déroule suivant plusieurs étapes continues (segmentation, gastrulation, organogenèse) et permet la mise en place d'un plan d'organisation (larvaire ou juvénile). Dans ses grands traits, cette succession est commune, en particulier chez les vertébrés.</p> <p>Différents mécanismes cellulaires interviennent qui permettent d'expliquer la multiplication des cellules (mitoses), la mobilité des cellules et des ensembles de cellules. L'organogenèse repose sur la différenciation des tissus et des cellules.</p> <p><b>3.3.2 Contrôle du développement embryonnaire</b></p> <p>Des cellules issues par mitose du zygote, donc avec un même génome, se différencient progressivement en fonction de leur position, ce qui aboutit à la formation de territoires, d'organes, de tissus spécialisés occupant une place spécifique dans le plan d'organisation. Cette évolution est contrôlée dans l'espace et dans le temps par des échanges d'informations reposant sur des communications inter et intracellulaires. Des cascades d'induction spécifient et modulent progressivement la différenciation des cellules et des territoires, modifient les caractéristiques de leurs réponses aux signaux (compétence) et spécifient de proche en proche leur</p>	<p>L'étude du développement s'effectue sur des organismes modèles. Les étapes du développement sont étudiées sur un amphibien en se limitant au développement embryonnaire. L'étude du contrôle peut se référer à d'autres modèles.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- décrire les étapes du développement embryonnaire d'un amphibien pour argumenter la mise en place progressive du plan d'organisation (acquisition du caractère pluricellulaire, symétrie et polarité, feuilletts...) jusqu'au stade bourgeon caudal ;</li> <li><i>Aucune mémorisation d'exemples complémentaires n'est exigée.</i></li> <li>- lier les grands types de phénomènes constatés aux mécanismes qui les permettent (divisions cellulaires, adhérence intercellulaire, intervention du cytosquelette...) ;</li> <li>- présenter un exemple de différenciation cellulaire, ainsi que les événements génétiques associés (exemple préconisé : la différenciation du myocyte squelettique) ;</li> <li>- transposer le modèle établi à d'autres cas de différenciation cellulaire à partir de documents ;</li> </ul> <p><b>Limite</b> : un exemple pour chaque grand mécanisme. <b>Liens</b> : 1.1, 1.2, 1.5</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- exploiter des données permettant d'établir un système de régulation, le principe des méthodes étant fourni (Knock-out de gènes, utilisation de gènes rapporteurs, hybridations in situ...) ;</li> <li>- présenter un exemple d'induction embryonnaire en s'appuyant sur un nombre limité de résultats expérimentaux ;</li> <li>- identifier et définir les cellules inductrices et compétentes ;</li> <li>- expliquer la relation entre induction, compétence et jeu du ou des signaux inducteurs ;</li> <li>- définir et présenter les gènes de développement à partir de l'exemple des gènes homéotiques ;</li> <li>- plus globalement, présenter un modèle de lien entre les phénomènes (induction, compétences), les signaux en jeu et l'évolution progressive des cellules au cours du développement embryonnaire ;</li> </ul> <p><b>Lien</b> : 2.3</p>	<b>S3</b>

<p>devenir. In fine, ces systèmes d'information interagissent avec des réseaux de gènes, conservés dans l'évolution, dont l'expression est contrôlée par des facteurs de transcription et qui orchestrent le développement embryonnaire.</p> <p>Dans les grandes lignes, ces modèles d'interaction se retrouvent, non seulement chez tous les animaux, mais aussi chez les plantes.</p>	<p><b>Lien</b> : 3.4.</p>	
<p><b>3.4 Morphogenèse et plasticité phénotypique du développement des plantes Angiospermes</b></p> <p><b>3.4.1. Mécanismes fondamentaux du développement post-embryonnaire des Angiospermes</b></p> <p>L'activité des méristèmes primaires au niveau des apex met en place la structure primaire de l'axe racine/tige feuillée. L'organogenèse et la croissance en longueur se déroulent tout au long de la vie de la plante.</p> <p>L'activité des méristèmes secondaires met en place les tissus secondaires.</p> <p>La mise en place de méristèmes latéraux permet l'extension des surfaces d'échanges de la plante avec son milieu. La phyllotaxie, le mode de croissance et de ramification sont des processus responsables du port du végétal.</p> <p>L'auxèse ou grandissement cellulaire repose sur des modifications pariétales, des flux hydriques et une néosynthèse de composants</p>	<p>Ce paragraphe se fonde sur les études morphologique et anatomique des plantes angiospermes en travaux pratiques. Il s'agit d'exposer les mécanismes fondamentaux du développement : mèresè, auxèse et différenciation. L'objectif de ce paragraphe est de montrer que la morphogenèse chez les végétaux est liée à l'environnement et qu'elle est une réponse aux caractéristiques du milieu dans le cadre de la vie fixée.</p> <p><b>Lien</b> : travaux pratiques</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- établir, à l'aide d'observations morphologiques, le développement itératif et indéfini de l'axe caulinaire ;</li> <li>- mettre en évidence l'existence de plusieurs processus cellulaires (mèresè, auxèse, différenciation) dans le développement des axes primaires d'une plante angiosperme ;</li> <li>- présenter l'organisation et le fonctionnement du méristème apical caulinaire en relation avec les organes et les tissus générés.</li> <li>- mettre en relation le maintien d'un réservoir de cellules au sein du méristème et le développement indéfini.</li> </ul> <p><b>Limite</b> : Le contrôle génétique du méristème apical caulinaire n'est pas exigible.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- montrer que le fonctionnement du cambium permet la production tridimensionnelle de tissus libéro-ligneux à l'origine de la croissance en épaisseur.</li> <li>- mettre en relation phyllotaxie et captation d'énergie lumineuse</li> </ul> <p><b>Lien</b> : 2.4.1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- comparer le port d'un arbre et d'un buisson et caractériser les processus impliqués</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- établir, à l'aide de résultats expérimentaux, les principaux processus cellulaires de l'auxèse ;</li> </ul> <p><b>Lien</b> : 1.2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- montrer les rôles à court et long terme de l'auxine</li> </ul>	<p><b>S4</b></p>

<p>matriciels. L'auxèse est sous le contrôle d'une phytohormone, l'auxine.</p> <p>La différenciation cellulaire correspond à la spécialisation structurale et fonctionnelle des cellules.</p> <p><b>3.4.2. Influence des facteurs environnementaux sur le développement post-embryonnaire</b></p> <p>Les variations morphologiques, anatomiques et physiologiques des organes d'une même espèce sont sous la dépendance des conditions du milieu au cours de leur développement.</p> <p>Le phototropisme est une croissance orientée liée à une auxèse différentielle. La lumière, facteur externe, induit une répartition différentielle de l'auxine.</p> <p>Les modalités cellulaires et moléculaires du développement ainsi que l'influence des facteurs du milieu se retrouvent dans le développement de l'appareil racinaire.</p>	<p>dans les mécanismes d'auxèse.</p> <p><b>Limites</b> : Les expériences historiques de découverte de l'auxine ne sont pas exigibles. Les modalités du transport de l'auxine ne sont pas traitées.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- présenter les étapes et les mécanismes de la différenciation d'un vaisseau de xylème ;</li> <li>- montrer que les modifications de la paroi sont un élément majeur de la différenciation des cellules chez les angiospermes.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- montrer que le développement indéfini des végétaux permet une plasticité morpho-anatomique en relation avec l'environnement</li> <li>- distinguer, à partir de l'analyse d'exemples, accommodation, adaptation et convergence morphologique.</li> <li>- établir que la production des tissus conducteurs secondaires par le cambium est liée aux variations saisonnières.</li> <li>- montrer que les variations du milieu influencent la relation anatomie/physiologie au sein d'une feuille (exemples : feuille d'ombre et de lumière, index stomatique).</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mettre en évidence, avec des données expérimentales, le rôle de l'auxine dans le phototropisme caulinaire et ses mécanismes ;</li> <li>- présenter un modèle d'interactions cellulaires et moléculaires expliquant la courbure phototropique.</li> </ul> <p><b>Limites</b> : Concernant l'appareil racinaire, aucune connaissance concernant son développement n'est exigible. Il s'agit d'être capable de transférer les raisonnements et les concepts développés pour la tige feuillée par l'analyse d'informations fournies.</p>	
--	---	--

### TRAVAUX PRATIQUES de 1<sup>ère</sup> année associés à la partie 3

Séance	Connaissances clés à construire, commentaires, capacités exigibles
<p><b>Gamétogenèse et fécondation animales</b></p> <p>(1 séance)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mettre en évidence, à l'aide d'observations microscopiques, la spécialisation des gamètes et les étapes de leur différenciation</li> <li>- analyser des données expérimentales pour montrer la spécificité de reconnaissance des gamètes et les remaniements de l'ovocyte</li> </ul>

Séance	Connaissances clés à construire, commentaires, capacités exigibles
<b>Reproduction des Angiospermes</b> (3 séances)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- observer et représenter de façon conventionnelle l'organisation de la fleur</li> <li>- mettre en lien la diversité florale avec le mode de pollinisation</li> <li>- mettre en évidence les transformations des différentes pièces florales après la fécondation. Etablir la correspondance carpelle-fruit et ovule-graine</li> <li>- mettre en lien la diversité des fruits et graine avec leur mode de dissémination (la typologie des graines et des fruits, tout comme les différents modes de déhiscence ne sont pas exigés)</li> </ul>
<b>Méiose et brassage génétique</b> (1 séance)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mettre en relation les différentes phases de la méiose avec les brassages inter et intrachromosomiques à partir d'observations microscopiques photonique et électronique de cellules animale et végétale</li> <li>- comprendre la diversité allélique générée par la reproduction sexuée à travers l'étude de croisements haploïdes et/ou diploïdes</li> <li>- loi de Hardy-Weinberg (pour deux allèles) et discussion de son champ de validité (migration, mutation, sélection, dérive et choix d'appariement)</li> </ul>
<b>Allocation énergétique de la reproduction</b> (1 séance)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- établir le lien à partir d'analyse de documents entre stratégies reproductives des organismes et environnement</li> <li>- comprendre et interpréter le modèle logistique</li> </ul>

#### TRAVAUX PRATIQUES de 2<sup>nde</sup> année associés à la partie 3

Séance	Connaissances clés à construire, commentaires, capacités exigibles
<b>Développement embryonnaire d'un amphibien</b> (1 séance)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- identifier les différents stades du développement embryonnaire d'un amphibien à partir d'échantillons (embryons <i>in toto</i>, lames minces) et de clichés (microscopie optique, microscopie électronique)</li> </ul>

#### 4 - Biologie des écosystèmes

Connaissances clés à construire	Commentaires, capacités exigibles	
<b>4.1 Les populations et leur dynamique</b>  Les organismes d'une même espèce forment une population dont l'effectif et la structure peuvent présenter des variations au cours du temps  Des modèles fournissent des archétypes qui sont des clés d'analyse du réel.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- analyser des variations d'effectifs de populations sous l'effet de facteurs indépendants de la densité (facteurs du biotope) et de facteurs dépendants de la densité (interactions trophiques et compétitions).</li> <li>- identifier les principaux paramètres démographiques (natalité, mortalité, sex ratio, fécondité, taux d'accroissement <math>r</math>), les présenter comme résultant de l'ensemble des histoires de vie individuelles au sein de la population.</li> <li>- présenter des modèles mathématiques (modèle de croissance logistique, équations de Lotka-Volterra) : les paramètres pris en compte, l'allure de la modélisation</li> </ul>	<b>S3</b>

	graphique, leurs limites et intérêts. <b>Liens</b> : 3.1, travaux pratiques	
<p><b>4.2 Les écosystèmes, leur structure et leur fonctionnement</b></p> <p>L'ensemble des populations (la biocénose) forme avec le biotope les éléments de l'écosystème. La distribution spatiale de ces éléments détermine en partie la structure des écosystèmes.</p> <p>Au sein de l'écosystème, les populations entretiennent entre elles des relations variées qui affectent notamment le fonctionnement des organismes et la structure de leurs populations.</p> <p>Les conditions biotiques et abiotiques constituent la niche écologique. L'occupation de l'écosystème par une population est restreinte par la compétition interspécifique.</p> <p>La biocénose d'un écosystème dissipe l'énergie initialement captée et transformée par les organismes autotrophes. Parallèlement à ce flux d'énergie de la matière est échangée et transformée.</p> <p>Les écosystèmes sont des systèmes dynamiques.</p>	<p>On pourra s'appuyer sur l'exemple d'une pâture de bovin gérée par l'homme comme exemple d'agrosystème.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- montrer l'existence d'une structuration spatiale (distribution des espèces, strates, notion d'espèce architecte) ;</li> <li>- prendre en compte l'existence d'un sol dans cet écosystème, avec notamment sa fraction microbienne ;</li> <li>- identifier et définir les relations trophiques interspécifiques : mutualisme, parasitisme, prédation, herbivorie.</li> <li>- prendre en compte que leur définition s'appuie sur une nécessaire quantification des coûts / bénéfices pour les partenaires de la relation</li> <li>- identifier et définir des relations de compétitions interspécifiques pour les ressources (spatiales ou trophiques).</li> </ul> <p><b>Lien</b> : travaux pratiques</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- analyser des situations mettant en évidence la notion de niche écologie potentielle et niche écologique réalisée.</li> <li>- construire un réseau trophique en identifiant les niveaux trophiques (notion discutée autour d'exemple d'espèces polyphages).</li> <li>- montrer que chaque espèce prélève dans son environnement des substances (de nature différente selon s'il s'agit de producteurs, consommateurs ou décomposeurs) et en rejette d'autres (notion de flux), et crée de la biomasse (notion de production et de productivité), en se limitant à un végétal et un animal (la vache) ;</li> <li>- mettre en évidence les pertes énergétiques d'un niveau trophique à l'autre au travers de la construction d'une pyramide de productivité. Expliquer la nature de ces pertes (notamment la notion de minéralisation au travers des réactions du catabolisme).</li> <li>- présenter les différences entre agrosystème/écosystème (structure, flux d'énergie, temps de résidence de la matière).</li> </ul> <p><b>Liens</b> : 2.1, 2.2, 2.4, 6.1, 6.3, classe de terrain <b>Lien Biotechnologies</b> : 1.3</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- analyser l'évolution d'un écosystème après une perturbation et montrer qu'il tend à évoluer vers un état stable (caractérisé notamment par une forte proportion de populations présentant des stratégies</li> </ul>	<b>S3</b>

	démographiques de type K). - identifier des perturbations d'origine naturelle et anthropique et discuter de leur caractère réversible (prise en compte la durée des phénomènes). <b>Liens</b> : 3.1, 5.1, 6.3, travaux pratiques	
--	--	--

#### TRAVAUX PRATIQUES de 2<sup>nde</sup> année associés à la partie 4

Séance	Connaissances clés à construire, commentaires, capacités exigibles
<b>Relations trophiques dans un écosystème</b>  (2 séances)	- établir les liens trophiques entre différentes espèces à partir d'un écosystème. - montrer les caractéristiques d'une symbiose à partir d'un exemple. - montrer les caractéristiques d'un système hôte/parasite à partir d'un exemple. On étudiera à cette occasion les adaptations à différentes échelles affectant les partenaires de l'association. - établir le lien entre pièces buccales et régime alimentaire à partir de l'exemple des Insectes.
<b>Les mycètes dans les écosystèmes</b>  (1 séance)	- caractériser les mycètes à travers des études macroscopiques et microscopiques (thalles variés, reproduction par spores), moléculaires (nature de la paroi, glycogène...) et trophiques. - identifier les interactions entre mycètes et écosystème (symbiose : lichen et mycorhize, saprophytisme, parasitisme, mise en relation trophique des peuplements d'embryophyte au sein des forêts ...) Cette étude est aussi l'occasion de discuter du caractère variable des relations interspécifiques (mycète/orchidée....)

### 5 - Biologie évolutive

Connaissances clés à construire	Commentaires, capacités exigibles	
<b>5.1 Mécanismes de l'évolution</b>	La diversité du vivant, constatée dans plusieurs parties du programme, varie au cours du temps et est le résultat d'une histoire passée : c'est l'évolution. Il s'agit ici de dégager les principaux mécanismes d'évolution en montrant le devenir de la diversité génétique et du flux de gènes interindividuel décrits dans les paragraphes précédents. Les processus produisant la diversité ayant déjà été abordés, on analyse ici les mécanismes de maintien ou de réduction de la diversité produite, soit par des tris sélectifs, soit par des processus aléatoires. Les études réalisées, notamment basées sur l'évolution expérimentale, permettent d'argumenter le fait que l'évolution ne peut pas être présentée en termes de « progrès », qu'elle peut être « simplificatrice », qu'elle n'a ni direction, ni but. De même, tous les organismes évoluent : en ce sens, il n'y a ni fossile vivant, ni organisme primitif, ni pérennité de l'espèce.	<b>S4</b>
Les mutations sont des modifications de séquence transmissibles à la descendance.	- montrer le lien entre altération de la séquence et apparition d'une mutation en cas d'absence de réparation - montrer la diversité des mutations et leurs	

<p>Les mécanismes de l'évolution peuvent être approchés par l'évolution expérimentale.</p> <p>La sélection est un processus de reproduction différentielle, où la valeur sélective (« <i>fitness</i> ») se mesure au nombre de descendants produits. Elle exerce un tri orienté de la diversité génétique, mais peut aussi entretenir un polymorphisme.</p> <p>La dérive exerce un tri aléatoire dépendant de la taille des populations, et est la seule à agir sur les traits neutres.</p> <p>Chez les eucaryotes, les isolements génétiques liés à la reproduction sexués permettent de définir des espèces biologiques. Néanmoins, les transferts horizontaux et les hybridations sont des limites à ces isolements. Les espèces ne sont pas pérennes.</p> <p>D'autres définitions de l'espèce sont utilisées.</p>	<p>conséquences aux différentes échelles. <b>Liens</b> : 1.5, 1.3.2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- montrer le caractère aléatoire des mutations (expérience de Luria &amp; Delbrück) ;</li> <li>- définir les notions de sélection et d'adaptation (mécanisme de la Phalène du bouleau) et de dérive (expérience de Buri).</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- montrer que la valeur sélective d'un trait génétique dépend de l'environnement</li> <li>- différencier les notions de sélection directionnelle (cas de la Phalène du Bouleau) et de sélection balancée (cas des proportions de mâles et de femelles).</li> </ul> <p><b>Liens</b>: cette partie doit s'appuyer sur les notions de compétition vue au 4.2 et de brassage vu au 3.2 producteur de diversité génétique.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- expliquer l'action de la dérive sur les traits neutres et sélectionnés</li> <li>- définir l'effectif efficace.</li> </ul> <p><b>Limite</b> : aucun calcul n'est requis.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- présenter deux exemples de dérive, à deux échelles d'étude : <ul style="list-style-type: none"> <li>- dérive génétique au sein d'une population : cas de l'effet fondateur sur les fréquences alléliques ;</li> <li>- perte de diversité des Dinosaures lors de la crise KT remplacés par des Mammifères dans des niches écologiques comparables (constat à réaliser sur la niche des grands herbivores) - dérive phylogénétique.</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Lien</b> : 4.1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- manipuler deux exemples de spéciation (un exemple sympatrique, cf. les <i>Spartina</i> européennes et un exemple allopatrique) ;</li> <li>- discuter, pour les Eucaryotes, la notion d'hybridation dans le contexte de l'espèce biologique.</li> <li>- discuter la notion d'espèce chez les procaryotes en lien avec les transferts génétiques horizontaux ;</li> <li>- présenter la notion d'évolution réticulée (à l'aide des deux points précédents : hybridation et transferts horizontaux).</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- présenter les différents critères susceptibles de définir l'espèce (phénotypique, écologique, phylogénétique)</li> </ul>	
<p><b>5.2 Systématique et relation de parenté</b></p> <p>Les êtres vivants présentent des similitudes qui peuvent être</p>	<p>La diversité des plans d'organisation constatée à travers les travaux pratiques et les cours est mise en perspective par la présentation des méthodes de classification.</p> <p><b>Lien</b> : Travaux pratiques de la partie 2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- expliciter la différence entre reconnaître, déterminer et classer.</li> </ul>	<p><b>S2</b></p>



<p>interprétées comme un héritage provenant d'un ancêtre commun.</p> <p>Différentes méthodes sont utilisées pour établir des liens de parenté. La méthode cladistique, qui utilise des caractères homologues, fonde la classification phylogénétique.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- présenter la notion de caractères (caractères morphologique, tissulaire et moléculaire)</li> <li>- présenter les notions d'homologie primaires et secondaires et discuter de leur prise en compte dans la classification</li> <li>- discuter des limites d'une classification phénétique.</li>   <li>- présenter succinctement et commenter l'arbre phylogénétique des Eucaryotes,</li> <li>- à partir d'exemples choisis dans cet arbre présenter la notion de groupes paraphylétique et polyphylétique</li> <li>- identifier quelques synapomorphies des clades vus au travers des travaux pratiques (Vertébrés / Mammifères / Téléostéens, Arthropodes / Crustacés/ Insectes, Embryophytes / Angiospermes)</li> </ul> <p><b>Liens :</b> D'autres clades seront vus au travers d'une approche phylogénétique en travaux pratiques au cours de la deuxième année.</p>	
---	---	--

#### TRAVAUX PRATIQUES de 1<sup>ère</sup> année associés à la partie 5

Séance	Connaissances clés à construire, commentaires, capacités exigibles
<p><b>Diversité des animaux</b></p> <p>(1 séance)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- comparer les plans d'organisation</li> <li>- construire un arbre phylogénétique</li> </ul>

#### TRAVAUX PRATIQUES de 2<sup>nde</sup> année associés à la partie 5

Séance	Connaissances clés à construire, commentaires, capacités exigibles
<p><b>Evolution</b></p> <p>(1 séance)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- identifier des mécanismes évolutifs à partir de l'analyse de documents (dérive génétique, sélection-adaptation, isolement reproductif,...)</li> </ul>
<p><b>Biodiversité des organismes photosynthétiques</b></p> <p>(2 séances)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- comparer l'organisation d'une algue verte et d'un Embryophyte à l'échelle macroscopique.</li> <li>- construire une classification simple à partir de comparaisons morfo-anatomiques et biologiques (Bryophytes, Filicophytes, Gymnospermes et Angiospermes) par une méthode cladistique.</li> <li>- savoir replacer un Embryophyte dans cette classification.</li> <li>- établir la diversité globale et discuter du polyphylétisme de l'ensemble des organismes photosynthétiques</li> </ul>
<p><b>Biodiversité des Angiospermes</b></p> <p>(2 séances)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mettre en évidence le plan d'organisation d'une fleur et ses particularités à l'aide d'une dissection florale.</li> <li>- connaître les critères de reconnaissance de quelques familles d'Angiospermes (Brassicacées, Renonculacées, Fabacées, Lamiacées, Poacées)</li> <li>- utiliser une clé de détermination du genre ou de l'espèce quelle que soit la famille d'Angiosperme</li> </ul>

## 6. Géodynamique externe

Connaissances clés à construire	Commentaires, capacités exigibles	
<p><b>6.1 Altération des roches, érosion, formation et destruction des sols</b></p> <p>Les matériaux en surface sont soumis à de multiples processus d'altération qui engendrent des formations résiduelles, et d'érosion avec en particulier l'entraînement de produits par les eaux. L'altération d'une roche mère est à l'origine de la formation d'un sol.</p> <p>L'altération chimique transforme la composition initiale de la roche mère par la mise en solution ou la précipitation d'éléments. Ces réactions s'accompagnent de l'apparition de nouveaux assemblages minéralogiques.</p> <p>L'altération mécanique facilite le morcellement du matériau initial et l'érosion permet le départ en suspension de certains de ses éléments.</p> <p>L'altération atmosphérique des silicates consomme du CO<sub>2</sub>.</p> <p>Le sol est une interface fragile. Un sol résulte d'une longue interaction entre roches et biosphère : sa formation lente contraste avec la rapidité des phénomènes qui peuvent conduire à sa disparition (dégradation anthropique, érosion). Le sol est un réservoir de carbone organique.</p>	<p>A partir de l'étude du granite et de roches carbonatées identifier et caractériser deux modes d'altération chimique :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'hydrolyse qui aboutit à la formation de minéraux argileux et</li> <li>- la dissolution</li> </ul> <p><b>Lien</b> : Travaux Pratiques</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- relier l'ensemble de ces processus au départ d'éléments en suspension ou en solution et à la persistance d'éléments résiduels et les processus de formation de sols.</li> <li>- montrer l'importance de l'eau et des êtres vivants dans les processus d'altération, d'érosion et/ou de pédogenèse.</li> </ul> <p><b>Liens</b> : 2.4, 4.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- souligner l'inégale répartition des sols en lien avec le climat.</li> </ul> <p><b>Lien</b> : 6.3</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- déterminer la nature, évaluer la quantité, expliquer l'origine du carbone organique présent dans les sols afin de définir le sol comme un réservoir de carbone.</li> </ul> <p><b>Liens</b> : Travaux pratiques, 6.3</p> <p><b>Limite</b> : L'étude porte sur l'altération d'un granite et d'un calcaire sans aborder les phénomènes géologiques qui mettent ces roches à l'affleurement. Une étude exhaustive de la diversité des sols en relation avec la nature de la roche mère n'est pas envisageable.</p>	<b>S2</b>
<p><b>6.2 Sédimentation et ressources géologiques</b></p> <p>Les éléments en suspension ou en solution sont transportés jusqu'à des zones de dépôts.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- identifier différents vecteurs de transport (eau, vent)</li> <li>- décrire la relation existant entre vitesse du courant, taille des particules et les processus transport/dépôt/érosion (diagramme de Hjulström).</li> <li>- caractériser des aires de sédimentation actuelles en domaines continental et océanique.</li> </ul> <p><b>Lien</b> : Classe de terrain</p> <p><b>Limite</b> : la géométrie des corps sédimentaires et les</p>	<b>S3</b>

<p>Le dépôt des particules en suspension est à l'origine de roches détritiques. Les ions en solution sont à l'origine des roches sédimentaires d'origine biochimique ou chimique.</p> <p>La matière organique peut être conservée et transformée en roches carbonées.</p> <p>La répartition des sédiments actuels à l'échelle mondiale est liée à différents paramètres (latitude, profondeur océanique, diversité des êtres vivants...).</p> <p>Le processus sédimentaire induit le tri mécanique et/ou géochimique d'éléments. Ceux-ci peuvent être concentrés et constituer des ressources.</p>	<p>variations de l'espace disponible par eustatisme et tectonique ne sont pas abordées.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- établir pour la lignée détritique la relation existant entre granulométrie, apport sédimentaire, énergie du milieu et répartition de dépôts.</li> </ul> <p><b>Lien</b> : travaux pratiques</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- décrire la mise en place d'une roche carbonatée. La diagenèse est seulement mentionnée.</li> <li>- souligner le rôle de la vie dans les phénomènes de bioprécipitation.</li> <li>- discuter l'effet de différents facteurs (température, pH, êtres vivants, profondeur, teneur en CO<sub>2</sub> atmosphérique) sur l'équilibre de précipitation / dissolution des carbonates.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- établir les conditions nécessaires à l'apparition d'un gisement de carbone, charbon ou hydrocarbures (accumulation rapide, anoxie, enfouissement, diagenèse).</li> <li>- décrire et interpréter la répartition des sédiments actuels à l'aide d'un planisphère.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- présenter la ressource comme un gisement exploitable et économiquement rentable.</li> <li>- montrer la diversité des ressources et l'inégalité des disponibilités locales</li> <li>- distinguer les problématiques (prospection, extraction, transport coût...) associées à une ressource locale abondante et à une ressource plus rare, nécessairement importée.</li> </ul> <p><b>Lien</b> : travaux pratiques, classe de terrain <b>Limite</b> : les exemples seront limités aux roches décrites dans le chapitre</p>	
<p><b>6.3 Le cycle du carbone sur Terre : des transferts entre atmosphère, hydrosphère, biosphère et lithosphère</b></p> <p>Le carbone existe sous différentes formes, réparties dans les différentes enveloppes terrestres.</p> <p>Des transferts de carbone plus ou moins rapides s'établissent entre les différents réservoirs. Les principaux transferts reposent sur des réactions chimiques et des changements d'état (dissolution, dégazage).</p> <p>La modification quantitative d'un flux</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- identifier les différentes formes et les réservoirs de carbone minéral et organique.</li> </ul> <p><b>Limite</b> : Seule l'importance relative des différents réservoirs est exigible.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- associer les réactions chimiques avec les transferts entre réservoirs</li> <li>- montrer l'importance des êtres vivants, en particulier les micro-organismes et la diversité des types trophiques observés dans la biosphère.</li> </ul> <p><b>Lien</b> : 6.1, travaux pratique <b>Lien Biotechnologies</b> : 3.1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- comparer les temps de résidence afin d'identifier des cycles à différentes échelles de temps.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- envisager les conséquences d'un déplacement</li> </ul>	<b>S3</b>

<p>déplace les équilibres entre les différents réservoirs. La cinétique de transfert est modérée par des systèmes tampons.</p> <p>Les activités humaines modifient actuellement les flux.</p>	<p>d'équilibre entre deux réservoirs : il s'agit de montrer ici qu'on a affaire à un système complexe. Il n'est pas demandé une liste exhaustive des interactions entre réservoirs.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- présenter un mécanisme de rétroaction.</li> <li>- montrer le rôle central de l'océan.</li> <li>- quantifier les flux de libération anthropique de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.</li> <li>- discuter les limites des systèmes tampons dans le cas des perturbations anthropiques.</li> </ul>	
<p><b>6.4 Variations climatiques et réservoir de carbone atmosphérique</b></p> <p>L'analyse d'archives géologiques et géochimiques permet de montrer des variations passées du climat.</p> <p>Les variations de la teneur en CO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub> et la température sont interdépendantes et mettent en jeu des processus diversifiés : effet de serre, dégazage de l'océan...</p> <p>La modélisation de ces différentes interactions permet d'appréhender l'évolution du climat en intégrant les perturbations anthropiques.</p>	<p>Ce chapitre permet de montrer le lien entre le réservoir de carbone atmosphérique et le climat. L'étude des variations climatiques passées sert de base pour aborder les changements climatiques futurs.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- présenter des archives géologiques témoins des climats passés : dépôts glaciaires et témoins paléontologiques.</li> <li>- mettre en relation la composition isotopique en <sup>18</sup>O des glaces des inlandsis et les périodes glaciaires et interglaciaires.</li> <li><b>Limite</b> : enregistrements du climat limités au dernier million d'années.</li> <li>- observer la rythmicité des périodes glaciaires et interglaciaires et la relier aux paramètres orbitaux de la Terre, <b>Limite</b> : la connaissance exhaustive des paramètres orbitaux n'est pas exigible.</li> <li>- mettre en relation les paléotempératures et la teneur en CO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub> atmosphérique.</li> <li>- identifier l'effet modérateur et/ou amplificateur de l'albédo et de l'effet de serre.</li> <li>- expliciter les difficultés à modéliser et prédire l'évolution climatique.</li> <li>- évoquer des conséquences probables du réchauffement climatique.</li> </ul>	<b>S3</b>

### TRAVAUX PRATIQUES de 1<sup>ère</sup> année associés à la partie 6

Séance	Connaissances clés à construire, commentaires, capacités exigibles
<b>Classe de terrain</b>	<p><i>Le travail effectué sur le terrain permet d'établir le lien entre les objets réels et les différentes représentations utilisées en salle, dont en particulier les cartes. Il permet aussi d'ouvrir sur la biologie (via l'analyse et la représentation du paysage en particulier) et sur les problématiques étudiées en géographie.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- se localiser dans le paysage et le contexte géologique</li> <li>- mettre en relation sol, végétation et roche mère</li> <li>- rendre compte sous différentes formes (photographies, croquis, textes...)</li> </ul>
<b>Sol</b> (1 séance)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mettre en évidence la composante minérale et organique du sol.</li> <li>- rendre compte de la biodiversité du sol</li> <li>- mesurer les caractéristiques physico-chimiques (porosité, perméabilité, pH)</li> </ul>

<b>Roches magmatiques</b>  (1 séance)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- relier les structures des roches magmatiques et leurs mises en place.</li> <li>- reconnaître à l'échelle macroscopique les minéraux caractéristiques du granite.</li> <li>- observer les différences d'altérabilité des minéraux à partir de l'observation d'un granite sain et d'un granite altéré.</li> <li>- établir un lien entre composition chimique et altérabilité.</li> </ul>
---	---

### TRAVAUX PRATIQUES de 2<sup>nd</sup>e année associés à la partie 6

Séance	Connaissances clés à construire, commentaires, capacités exigibles
<b>Classe de terrain</b>	<p><i>Le travail effectué sur le terrain permet d'établir le lien entre les objets réels et les différentes représentations utilisées en salle, dont en particulier les cartes. Il est l'occasion d'étudier une ressource locale de sa formation à son exploitation.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- identifier, décrire et interpréter des objets géologiques à différentes échelles.</li> <li>- mettre en relation paysage, affleurement et carte</li> <li>- reconstituer et représenter les objets dans les trois dimensions de l'espace.</li> <li>- rendre compte des informations recueillies sous différentes formes (photographies, texte, croquis...).</li> </ul>
<b>Roches sédimentaires</b>  (1 séance)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- relier nature de la roche et son origine (biogénique, détritique, chimique) à travers les exemples suivants : roches carbonatées avec ou sans macrofossile, grès, argilites, conglomérats, bauxite, halite, gypse, houille.</li> <li>- interpréter un log sédimentaire en termes de variations de conditions de dépôt.</li> <li>- calculer un taux de sédimentation.</li> </ul>
<b>Cartographie</b>  (3 séances)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- connaître les méthodes de conception de la carte géologique</li> <li>- présenter et exploiter les principaux caractères de l'échelle chronostratigraphique à partir de la lecture des légendes des cartes.</li> <li>- identifier grâce à la légende les principales formations géologiques afin de localiser les ressources géologiques présentes actuelles et/ou passées et/ou futures</li> <li>- identifier l'organisation spatiale et temporelle des formations sédimentaires à travers des structures simples (plis, failles, discordances, structures tabulaires) en réalisant des schémas structuraux</li> <li>- reconstituer une chronologie des événements sédimentaires et tectoniques en utilisant la carte et des coupes géologiques fournies.</li> <li>- confronter carte géologique et représentations numériques</li> <li>- retrouver des indices des variations climatiques du dernier million d'années.</li> </ul> <p>Les cartes choisies seront la carte géologique de la France au 1/1 000 000 et des cartes au 1/50 000.</p>

## PROGRAMME de BIOTECHNOLOGIES

Les différentes parties de ce programme sont traitées sur les quatre semestres

### En première année sont traités :

- au premier semestre, les parties 1.1 (111 112 113), 1.2, 3.2. (321 322)
- au second semestre, les parties 2.1 (211 2121 2123), 3.1 (311 312), 3.2 ( 321), 4.1, 4.3( 431).

### En seconde année sont traités :

- au premier semestre, les parties 1.1 (114), 2.1 (2122 2124 213), 2.2, 3.1 ( 313), 3.2 ( 323), 4.2
- au second semestre, les parties 3.2 (321), 4.3 (432 433 434)

## 1 - Biochimie des protéines et leur purification

### (Cours + 12 séances de TP-TD)

L'étude des protéines illustre l'importance de leur structure tridimensionnelle dans les fonctions qu'elles exercent, ainsi que dans la modulation de celles-ci selon l'environnement auquel elles sont soumises.

Les biotechnologies utilisent des protéines qui devront préalablement être extraites, purifiées, caractérisées et quantifiées.

Différentes méthodes sont proposées ici et le lien entre l'objectif de la démarche et le principe de la méthode utilisée est constamment précisé.

Enfin les conditions de réalisation des techniques sont mises en relation avec le cahier des charges de l'expérimentation.

Thématiques	Compétences, limites et commentaires	
<b>1.1. Les protéines : de la structure à la fonction</b>		
<b>1.1.1. Acides aminés</b>  La structure et les propriétés des acides aminés sont le fondement des méthodes utilisées pour leur séparation, leur identification et leur dosage.	Ce qui est attendu  Représenter la structure générique d'un acide $\alpha$ aminé. Classifier les acides aminés selon leur polarité, leurs propriétés d'ionisation sur la base de formules semi-développées. Utiliser les propriétés physiques et chimiques pour expliquer la séparation et le dosage des acides aminés.  Commentaires La stéréoisométrie et les représentations d'un acide $\alpha$ aminé sont étudiées en physique-chimie. Les groupements chimiques ionisés, polaires et apolaires ainsi que leurs interactions sont étudiés en physique-chimie. Le dosage pH-métrique est étudié en physique-chimie.	S1
<b>1.1.2. Structure primaire</b>  La liaison peptidique se crée entre un 1- carboxyle et un groupement alphaaminé	Ce qui est attendu  Présenter la géométrie de la liaison peptidique et les propriétés associées.  Commentaires L'utilisation de la résonance magnétique nucléaire n'est pas à traiter. L'effet mésomère est étudié en physique-chimie.	S1

<p><b>1.1.3. Structure tridimensionnelle</b></p> <p>Les différents niveaux de structure (secondaire, tertiaire et quaternaire) des protéines sont déterminés par les propriétés des chaînes latérales des résidus d'acides aminés.</p> <p>Il existe des conditions physico-chimiques qui provoquent la dénaturation des protéines.</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Mettre en relation les propriétés des chaînes latérales des acides aminés et la structure tridimensionnelle des protéines. Caractériser les différents niveaux de structure en lien avec les liaisons stabilisatrices. Repérer des motifs et domaines fonctionnels au sein d'une architecture moléculaire.</p> <p>Enoncer le mode d'action de quelques agents dénaturants.</p> <p>Commentaire Les interactions faibles stabilisatrices sont étudiées en physique-chimie.</p>	<p>S1</p>
<p><b>1.1.4. Interactions protéine-ligand</b></p> <p>La structure tridimensionnelle des protéines et son ajustement induit par la liaison au ligand conditionnent leurs propriétés biologiques.</p> <p>L'équation de Scatchard permet de calculer la constante d'association entre un site récepteur et un ligand, ainsi que le nombre de sites récepteur par protéine.</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Relier l'affinité et la stéréospécificité.</p> <p>Démontrer la relation de Scatchard. Déterminer la constante d'association et le nombre de sites récepteur par protéine à partir de données expérimentales.</p> <p>Commentaires La notion de constante d'équilibre est étudiée en physique-chimie. Seul le cas de l'interaction non coopérative est traité.</p>	<p>S3</p>
<p><b>1.2. Méthodes d'étude des protéines: de la purification à la caractérisation</b></p>		
<p><b>1.2.1. Méthodes d'extraction</b></p> <p>La méthode d'extraction est adaptée au matériel biologique de départ.</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Choisir une technique d'extraction en fonction du cahier des charges.</p> <p>Commentaire Le principe de l'ultracentrifugation n'est pas à connaître.</p>	<p>S1</p>
<p><b>1.2.2. Méthodes de purification</b></p> <p>La structure et les propriétés des protéines sont le fondement des méthodes utilisées pour leur purification.</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Utiliser les propriétés des protéines pour expliquer les principes des méthodes de purification. Justifier le choix d'une méthode en fonction du cahier des charges. Mettre en œuvre expérimentalement une méthode de purification.</p> <p>Commentaires Les principes des méthodes suivantes sont à connaître : - précipitations sélectives, - chromatographie d'exclusion-diffusion, - chromatographie d'échange d'ions, - chromatographie d'affinité, - chromatographie de chélation, - chromatographie d'interactions hydrophobes, - ultrafiltration et dialyse. Les groupements chimiques ionisés, polaires et apolaires ainsi que leurs interactions sont étudiés en physique-chimie.</p>	<p>S1</p>
<p><b>1.2.3. Suivi de purification</b></p> <p>Les aspects qualitatifs (contrôle de pureté) et quantitatifs sont des approches complémentaires pour</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Justifier le choix d'une méthode en fonction du cahier des charges. Exploiter des résultats expérimentaux qualitatifs permettant de conclure sur la pureté.</p>	<p>S1</p>

<p>suivre une purification.</p>	<p>Exploiter des données quantitatives de purification : calculs de rendement et d'enrichissement. Mettre en œuvre expérimentalement une méthode de suivi de purification.</p> <p>Commentaires Les principes des méthodes suivantes sont à connaître : - SDS-PAGE, - focalisation isoélectrique, - western blot. Les calculs de rendement et d'enrichissement sont en lien avec le cours d'enzymologie (partie 21). La force de Coulomb est étudiée en physique-chimie. L'électrophorèse bidimensionnelle sera traitée en coordination avec les sciences de la vie et de la Terre. L'électrophorèse capillaire permettra de montrer l'adaptation d'un principe à l'évolution des techniques.</p>	
<p><b>1.2.4. Dosage par absorptiométrie moléculaire</b></p> <p>Le choix d'une méthode de dosage des protéines par absorptiométrie moléculaire repose sur son principe et ses qualités.</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Justifier le choix d'une méthode en fonction du cahier des charges. Mettre en œuvre expérimentalement une méthode de dosage des protéines.</p> <p>Commentaires Les critères suivants sont à connaître : sensibilité, seuil de détection, spécificité, zone de linéarité, interférences, choix de la protéine de référence. Les principes des méthodes de dosage ne sont pas à connaître. L'absorptiométrie moléculaire est étudiée en physique-chimie</p>	S1

## 2- Enzymologie et génie enzymatique

L'étude des enzymes vise à souligner la spécificité de réaction et de substrat de ces biocatalyseurs. L'étude des cinétiques enzymatiques, la détermination des paramètres associés permettent de caractériser les mécanismes réactionnels, de mesurer les activités des enzymes et de mettre au point des dosages enzymatiques.

L'importance des effecteurs modulant l'activité enzymatique et les différents niveaux de régulation de celle-ci sont abordés afin d'illustrer la diversité des adaptations des métabolismes.

Les biotechnologies utilisent les enzymes dans diverses méthodes qui sont ici présentées et mises en relation avec le cahier des charges de l'expérimentation.

**(Cours + 14 séances de TP-TD)**

Thématiques	Compétences, limites et commentaires	
<b>2.1. Catalyse et cinétique enzymatique</b>		
<p><b>2.1.1. Catalyse enzymatique</b></p> <p>Les catalyseurs biologiques sont spécifiques et plus efficaces que les catalyseurs chimiques.</p> <p>La spécificité de réaction est à la base de la classification des enzymes.</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Comparer les propriétés des catalyseurs biologiques et chimiques. Expliquer la catalyse enzymatique dans ses aspects structuraux et énergétiques.</p> <p>Identifier la classe de l'enzyme en fonction de la réaction qu'elle catalyse.</p>	S2



	<p>Commentaires</p> <p>Les mécanismes réactionnels classiques de chimie organique sont étudiés en physique-chimie.</p> <p>La catalyse chimique est étudiée en physique-chimie. Un lien est fait avec la catalyse enzymatique lors de l'étude des diagrammes « énergie potentielle=f(degré d'avancement de la réaction ) »</p>	
<b>2.1.2. Cinétiques enzymatiques</b>		
<p><b>2.1.2.1. Cinétique enzymatique à un substrat des enzymes michaéliennes</b></p> <p>C'est la vitesse initiale d'une réaction enzymatique qui est utilisée pour étudier une cinétique enzymatique michaélienne.</p> <p>Cette cinétique est caractérisée par la constante de Michaelis et la vitesse initiale maximale.</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Mettre en œuvre expérimentalement une détermination de vitesse initiale.</p> <p>Expliquer le mode de détermination expérimentale des paramètres cinétiques.</p> <p>Déterminer les paramètres cinétiques à l'aide d'un modèle mathématique.</p> <p>Etablir l'équation de Michaelis et Menten.</p> <p>Commentaires</p> <p>L'utilisation des différentes modélisations n'impose pas que ces modèles soient sus.</p> <p>La cinétique chimique est étudiée en physique-chimie.</p> <p>L'approximation de l'état quasi-stationnaire est étudiée en physique-chimie.</p> <p>Des exemples de fonctions homographiques, dont la courbe représentative est une hyperbole présentant une asymptote, sont étudiés en mathématiques.</p>	S2
<p><b>2.1.2.2. Cinétique enzymatique à deux substrats des enzymes michaéliennes</b></p> <p>La confrontation des résultats expérimentaux à un modèle mathématique permet de déterminer le mécanisme réactionnel.</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Schématiser un mécanisme à l'aide de la représentation de Cleland.</p> <p>Traiter des résultats expérimentaux d'une cinétique à deux variables selon la modélisation de Lineweaver et Burk.</p> <p>Confronter les représentations graphiques à un modèle mathématique de vitesse initiale dans le but de déterminer le mécanisme de la réaction.</p>	S3
<p><b>2.1.2.3. Effecteurs de la réaction enzymatique</b></p> <p>Les performances des enzymes dépendent de la température, du pH, de la présence d'effecteurs moléculaires (activateurs, inhibiteurs).</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Expliquer les liens entre la valeur de la vitesse initiale maximale et les conditions opératoires.</p> <p>Justifier le choix des conditions opératoires dans l'utilisation des enzymes au laboratoire.</p> <p>Expliquer comment mettre en œuvre expérimentalement une étude de l'activation thermique des enzymes et une cinétique de dénaturation thermique.</p> <p>Exploiter des résultats expérimentaux en vue de déterminer une énergie d'activation et une demi-vie d'enzyme à une température donnée.</p> <p>Identifier le paramètre cinétique modifié par un inhibiteur moléculaire pour en déduire le type d'inhibition.</p> <p>Commentaires</p> <p>La loi d'Arrhénius est étudiée en physique-chimie.</p> <p>La transformation de phénomènes exponentiels en phénomènes linéaires est étudiée en mathématiques.</p> <p>Des primitives de fonctions exprimées avec des logarithmes sont étudiées en mathématiques.</p>	S2

<p><b>2.1.2.4. Cinétiques allostériques et effecteurs allostériques</b></p> <p>On peut caractériser les enzymes allostériques par des études cinétiques.</p> <p>Les enzymes allostériques sont oligomériques.</p> <p>Les protomères existent sous deux états conformationnels avec des affinités différentes pour le substrat et les effecteurs dans les systèmes K.</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Distinguer un activateur et un inhibiteur à partir des courbes <math>v_i = f([S]_i)</math> et <math>v_i = f([\text{effecteur}])</math>. Distinguer les effets coopératifs homotropes et hétéotropes.</p> <p>Expliquer l'effet de coopérativité cinétique positive.</p> <p>Commentaire Seuls les systèmes K sont abordés</p>	S3
<p><b>2.1.3. Différents niveaux de régulation de l'activité enzymatique</b></p> <p>L'activité enzymatique est modulée :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- au niveau de l'expression génétique des enzymes,</li> <li>- par la modification covalente des enzymes,</li> <li>- par la présence d'effecteurs,</li> <li>- par des processus de dégradation protéique.</li> </ul> <p>La multiplicité des régulations permet une adaptation du métabolisme.</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Distinguer les niveaux de régulation de l'activité enzymatique sur une échelle de temps. Distinguer les effets qui dépendent de la quantité d'enzymes présentes des effets liés à la vitesse d'une réaction catalysée par une molécule d'enzyme.</p> <p>Reconnaître les différents niveaux de régulation de l'activité d'une enzyme de contrôle d'une voie métabolique.</p> <p>Commentaire L'intégration à l'échelle de l'organisme sera étudiée en coordination avec les sciences de la vie et de la Terre.</p>	S3
<p><b>2.2. Dosage et utilisation des enzymes</b></p>		
<p><b>2.2.1. Activité enzymatique</b></p> <p>L'activité catalytique traduit la quantité d'enzyme active.</p> <p>L'activité catalytique se détermine par une mesure de vitesse initiale.</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Concevoir une démarche de détermination d'une activité adaptée au cahier des charges (choix d'une méthode de mesure, choix des conditions opératoires, choix des couplages éventuels). Calculer une activité enzymatique à partir de résultats expérimentaux.</p>	S3
<p><b>2.2.2. Utilisation des enzymes pour doser</b></p> <p>2.2.2.1. Les enzymes permettent de doser des substrats, en phase homogène, par méthode en point final ou par méthode cinétique, avec couplages éventuels.</p> <p>2.2.2.2. Les enzymes permettent de révéler un complexe antigène-anticorps dans le cadre de dosages immunoenzymatiques en phase hétérogène.</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Justifier une méthode de dosage enzymatique d'un substrat adaptée au cahier des charges. Mettre en œuvre expérimentalement un dosage de substrat. Calculer la concentration d'un substrat à partir de résultats expérimentaux.</p> <p>Présenter, sous forme schématique, les différents types de dosages immunoenzymatiques. Expliquer les différentes étapes d'un mode opératoire. Relier l'allure de la courbe de dosage au principe de la méthode.</p>	S3

<b>2.2.3. Immobilisation des enzymes</b>	Ce qui est attendu	S3
2.2.3.1. Les enzymes peuvent être immobilisées selon différentes techniques. Elles sont alors stabilisées et réutilisables. Certaines de leurs propriétés sont modifiées.	Comparer les différentes méthodes pour en choisir une en fonction du cahier des charges (perte physique, modification des paramètres cinétiques). Mettre en œuvre expérimentalement une méthode d'immobilisation d'enzyme.	
2.2.3.2. Les enzymes immobilisées sont utilisées dans des réacteurs industriels (BSTR, CSTR, PFR).	Utiliser la méthode des bilans pour optimiser le fonctionnement d'un réacteur alimenté. Choisir un réacteur en fonction des propriétés de l'enzyme et du substrat.	
	Commentaires Des primitives de fonctions exprimées avec des logarithmes sont étudiées en mathématiques. La méthode des bilans utilisée en physique-chimie sera réinvestie.	

### 3- Microbiologie et génie microbiologique

La diversité des types trophiques des micro-organismes leur permet de s'adapter à de multiples environnements et en fait des acteurs essentiels des écosystèmes.

L'étude de leur métabolisme énergétique illustre l'importance de leur position dans l'assimilation de diverses sources nutritionnelles et énergétiques, dans les transformations de la matière.

Les biotechnologies utilisent les micro-organismes, que ce soit en génie génétique, pour modifier des expressions de gènes, en génie fermentaire, pour fabriquer et transformer des bioproduits, en génie environnemental, pour dégrader des polluants. Ces utilisations nécessitent que soit connues l'identité du micro-organisme ainsi que ses conditions de culture en laboratoire, afin que son développement puisse être mesuré et contrôlé.

**(Cours + 16 séances TP-TD).**

Thématiques	Compétences, limites et commentaires	
<b>3.1. Physiologie des micro-organismes et environnement</b>		
<b>3.1.1. Diversité des métabolismes chez les micro-organismes</b>		
Le métabolisme des micro-organismes dépend des sources d'énergie, de pouvoir réducteur, de matière.  Grâce à leur diversité physiologique, les bactéries se sont implantées dans tous les biotopes et jouent un rôle clé dans tous les écosystèmes.	Ce qui est attendu  Montrer l'universalité des besoins en énergie et en matière de tout organisme vivant. Relier la diversité des besoins en énergie et en matière aux types trophiques, donc à l'équipement enzymatique/génome.	S2
<b>3.1.2. Métabolisme énergétique des micro-organismes</b>		
<b>3.1.2.1. ATP et gradient électrochimique de cations</b>  L'ATP et le gradient électrochimique de cations sont les deux intermédiaires énergétiques majeurs et sont interconvertibles.  L'ATP est produit par phosphorylation	Ce qui est attendu  Expliquer le rôle central de l'ATP dans le métabolisme énergétique.  Distinguer les couplages chimio-chimique et chimio-osmotique.	S2

<p>au niveau du substrat ou grâce à une ATP synthase.</p>	<p>Expliquer le fonctionnement de l'ATP synthase d'un point de vue structural et énergétique.</p> <p>Commentaires Les aspects thermochimiques et d'oxydo-réduction sont étudiés en physique-chimie. Les aspects énergétiques liés au transfert d'un cation à travers une membrane présentant une ddp transmembranaire sont étudiés en physique-chimie.</p>	
<p><b>3.1.2.2. Chaînes de transporteurs d'électrons</b></p> <p>Les chaînes de transporteurs d'électrons présentent une unité dans leur diversité. C'est leur fonctionnement qui permet l'établissement d'un gradient électrochimique de cations.</p>	<p>Ce qui est attendu Repérer les types de transporteurs (électrons / électrons-cations) dans une chaîne de transporteurs membranaires. Identifier le donneur primaire et l'accepteur final de la chaîne de transporteurs en tant que consommables. Réaliser le bilan énergétique d'une chaîne de transporteurs d'électrons.</p>	S2
<p><b>3.1.2.3. Micro-organismes chimioorganotrophes</b></p> <p>Les micro-organismes chimioorganotrophes utilisent une source organique d'électrons. Leurs voies métaboliques produisent des coenzymes réduits. Les respirations et les fermentations se distinguent classiquement par les voies de réoxydation des coenzymes réduits. L'éthanol et l'acide lactique sont des produits de fermentation utiles en industrie agro-alimentaire.</p>	<p>Ce qui est attendu Ecrire les bilans moléculaire et énergétique de la glycolyse (voie EMP). Etablir les bilans moléculaire et énergétique du cycle de Krebs à partir d'un schéma du cycle. Expliquer, à partir d'un schéma, le rôle du cycle de Krebs comme carrefour métabolique entre anabolisme et catabolisme. Comparer deux exemples de respiration chez les chimioorganotrophes en fonction des potentiels redox des donneurs et des accepteurs d'électrons, en termes de rendement et d'influence sur le biotope. Ecrire les bilans moléculaire et énergétique des fermentations homoéthanolique et homolactique à partir du glucose. Comparer deux exemples de fermentation chez les chimioorganotrophes en fonction des potentiels redox des donneurs et des accepteurs d'électrons, en termes de rendement et d'influence sur le biotope. Citer des applications industrielles associées aux fermentations alcoolique et lactique. Etablir les bilans moléculaire et énergétique à partir d'une voie métabolique complète et montrer que le bilan en coenzymes est nul.</p>	S2
<p><b>3.1.2.4. Micro-organismes chimiolithotropes</b></p> <p>Les micro-organismes chimiolithotropes utilisent une source inorganique d'électrons pour produire un gradient électrochimique de cations et des coenzymes réduits.</p>	<p>Ce qui est attendu Comparer deux exemples de production d'énergie chez les chimiolithotropes en fonction des potentiels redox des donneurs et des accepteurs d'électrons, en termes de rendement et d'influence sur le biotope. Commentaire Dans certains cas, la production des coenzymes réduits est rendue possible par la dissipation d'un gradient électrochimique de cations.</p>	S2
<p><b>3.1.2.5. Micro-organismes phototrophes</b></p>	<p>Ce qui est attendu Comparer deux exemples de photosynthèse bactérienne en fonction des potentiels redox des donneurs et des accepteurs</p>	S2

<p>Les micro-organismes phototrophes utilisent une source d'énergie lumineuse pour produire un gradient électrochimique de cations et des coenzymes réduits.</p>	<p>d'électrons, de la nature des pigments, du nombre de photosystèmes, en termes d'influence sur le biotope.</p> <p>Commentaire Dans certains cas, la production des coenzymes réduits est rendue possible par la dissipation d'un gradient électrochimique de cations.</p>	
<p><b>3.1.3. Ecologie microbienne</b></p>		
<p>Les micro-organismes interviennent dans les cycles du carbone et de l'azote.</p> <p>Les micro-organismes participent aux interconversions matière minérale-matière organique.</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Distinguer le métabolisme énergétique et l'anabolisme dans les cycles de la matière. Positionner, sur les cycles de la matière, le type trophique bactérien intervenant à chaque étape. Distinguer autotrophie et hétérotrophie.</p> <p>Commentaires La place des micro-organismes dans le cycle du carbone est réinvestie en sciences de la vie et de la Terre. L'autotrophie vis-à-vis du carbone permet d'étudier le cycle de Calvin. L'utilisation de la diversité des types trophiques peut être illustrée dans le traitement des eaux usées.</p>	<p>S3</p>
<p><b>3.2. Identification et culture des micro-organismes</b></p>		
<p><b>3.2.1. Identification des bactéries</b></p>		
<p>L'identification des bactéries à l'espèce passe par des étapes d'observations microscopiques et des études du phénotype métabolique. Ces études sont interprétées selon une méthode statistique.</p> <p>Le typage moléculaire permet également d'identifier des bactéries.</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Utiliser la taille, la mobilité, la forme, le mode de groupement, la richesse relative et les résultats de coloration pour décrire un micro-organisme. Relier les structures pariétales bactériennes à l'action de la coloration de gram. Suivre une démarche d'identification à l'aide de documents. Interpréter des résultats d'identification statistique. Interpréter des résultats expérimentaux de typage moléculaire à l'aide de documents. Mettre en œuvre expérimentalement des examens microscopiques de cellules vivantes et de frottis après coloration. Mettre en œuvre expérimentalement une démarche d'identification</p> <p>Commentaires Aucune galerie n'est à connaître. Les tests d'hypothèses, utilisés en identification probabiliste, sont étudiés en mathématiques. L'étude du typage moléculaire se limitera au seul typage standardisé MLST (MultiLocus Sequence Typing ).</p>	<p>S1 S2 S4</p>
<p><b>3.2.2. Nutrition, culture, quantification et croissance des micro-organismes</b></p>		
<p><b>3.2.2.1. Milieux de culture et culture des bactéries</b></p> <p>La connaissance des besoins nutritionnels des bactéries permet de concevoir des milieux appropriés et de mettre en place des conditions de</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Choisir un milieu de culture en fonction des caractéristiques des micro-organismes à cultiver et de l'objectif suivi (enrichissement, isolement, identification, production) à l'aide de documents.</p>	<p>S1</p>

<p>culture adaptées.</p> <p>Les milieux de culture peuvent être non sélectifs, sélectifs, différentiels.</p> <p>L'isolement des bactéries permet d'obtenir des souches pures en culture.</p>	<p>Choisir les conditions de culture en fonction des caractéristiques des micro-organismes à cultiver et de l'objectif suivi (enrichissement, identification, production) à l'aide de documents.</p> <p>Mettre en œuvre expérimentalement des cultures bactériennes : isolement, enrichissement, sélection...</p> <p>Commentaire Aucun milieu exigible sans document, aucun mode d'action d'agent sélectif à connaître sans document.</p>	
<p><b>3.2.2.2. Quantification des micro-organismes</b></p> <p>Il est important de savoir quantifier une population microbienne.</p> <p>De nombreuses techniques permettent de quantifier une population microbienne : dénombrements directs en cellule à numération, par mise en culture, par opacimétrie, par bioluminescence.</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Choisir une technique de dénombrement en fonction du cahier des charges.</p> <p>Interpréter des résultats de dénombrements à l'aide de documents.</p> <p>Mettre en œuvre expérimentalement des techniques de dénombrement.</p> <p>Commentaire Les méthodes automatisées seront évoquées à partir d'une documentation.</p>	S1
<p><b>3.2.2.3. Croissance des micro-organismes</b></p> <p>La croissance des micro-organismes unicellulaires en milieu liquide non renouvelé permet de caractériser leur taux de croissance.</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Calculer les paramètres cinétiques de croissance à partir de résultats expérimentaux.</p> <p>Analyser des courbes d'inhibition de croissance et différencier bactériostase et bactéricidie.</p> <p>Mettre en œuvre expérimentalement une croissance bactérienne.</p> <p>Commentaire Le logarithme népérien est étudié en mathématiques.</p>	S1
<p><b>3.2.3. Génie fermentaire</b></p>		
<p><b>3.2.3.1. Culture en fermenteur, en milieu non renouvelé</b></p> <p>Le fermenteur de laboratoire permet la culture des micro-organismes : c'est une enceinte protégée des contaminations, agitée, chauffée et aérée, dans laquelle les paramètres physico-chimiques (température, pH, pO<sub>2</sub>) sont contrôlés et régulés.</p> <p>Des analyses quantitatives en ligne et hors ligne des variables de la culture peuvent être réalisées : biomasse, substrats et produits, pH, température, pO<sub>2</sub>.</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Calculer à partir de données expérimentales :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- des vitesses de consommation de substrat et de production de produit,</li> <li>- des valeurs de rendement de conversion d'un substrat en biomasse,</li> <li>- des valeurs de rendement de conversion d'un substrat en produit,</li> <li>- des valeurs de productivités volumiques horaires.</li> </ul> <p>Interpréter le résultat de ces calculs.</p> <p>Mettre en œuvre expérimentalement une culture de micro-organismes en milieu non renouvelé dans un bioréacteur.</p> <p>Mettre en œuvre expérimentalement un suivi de culture de micro-organismes en milieu non renouvelé dans un bioréacteur.</p> <p>Exploiter des résultats de suivi de culture, notamment par HPLC et CPG.</p> <p>Commentaire Le principe de fonctionnement des électrodes n'est pas à connaître.</p>	S3
<p><b>3.2.3.2. Culture en milieu renouvelé</b></p> <p>L'utilisation de milieux renouvelés permet de perpétuer la croissance des micro-organismes.</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Comparer les cultures en milieux non renouvelé et renouvelés (fed batch, chemostat et turbidostat) du point de vue de leurs applications et de leurs contraintes.</p>	S3

	<p>Commentaires</p> <p>Aucun calcul sur la croissance en milieu renouvelé n'est à maîtriser.</p> <p>Se limiter à la relation entre taux de croissance et taux de renouvellement.</p> <p>La méthode des bilans utilisée en physique-chimie sera réinvestie.</p>	
<p><b>3.2.3.3. Applications du génie fermentaire</b></p> <p>La culture des micro-organismes en bioréacteurs permet la bioproduction, la bioconversion et la biodégradation.</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Comparer les conditions de culture à mettre en œuvre selon le cahier des charges de la fermentation.</p> <p>Analyser des résultats de bioproduction pour distinguer métabolites primaires et secondaires.</p> <p>Commentaires</p> <p>Cette approche sera abordée à l'aide d'une documentation.</p> <p>Un exemple explicite de production d'antibiotiques sera étudié en travaux dirigés.</p>	S3

#### 4- Biologie moléculaire et génie génétique

L'organisation et l'expression des gènes sont étudiées dans le programme de SVT.

L'étude du génome et du transcriptome, dont le développement s'est accompagné d'une exceptionnelle diversification de techniques, est à la base de multiples applications donnant accès à de nombreuses informations.

La structure des acides nucléiques est ici étudiée afin de comprendre sur quelles bases structurales se fondent la réplication in vivo, l'amplification in vitro, le séquençage et l'hybridation.

L'ADN, extrait et purifié, peut être introduit dans des vecteurs, transférés dans des hôtes biologiques en vue de son stockage, de son amplification ou de son expression, autant de techniques dont les applications concernent désormais des domaines très variés touchant les domaines de la santé, de l'alimentation, de l'environnement.

#### (Cours + 12 séances TP-TD)

Thématiques	Compétences, limites, commentaires	
<b>4.1. Structure des acides nucléiques</b>		
<p><b>4.1.1. Structure primaire</b></p> <p>Les acides nucléiques sont composés de nucléotides reliés par une liaison phosphodiester.</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Représenter la structure générique d'un nucléotide.</p> <p>Reconnaître les bases puriques et pyrimidiques.</p> <p>Relier l'effet mésomère aux propriétés spectrales des bases azotées.</p> <p>Représenter une liaison phosphodiester.</p>	S2
<p><b>4.1.2. Structures tridimensionnelles</b></p> <p>Les structures tridimensionnelles des acides nucléiques reposent sur des liaisons faibles. Elles peuvent concerner une ou deux chaînes nucléotidiques.</p> <p>Il existe des conditions physico-chimiques qui provoquent la dénaturation des acides nucléiques.</p> <p>Le compactage de l'ADN permet son</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Représenter les interactions entre bases complémentaires et successives.</p> <p>Relier la stabilité d'une structure double-brin à son pourcentage en GC, à sa taille et aux conditions physico-chimiques du milieu.</p> <p>Expliquer l'effet hyperchrome.</p>	S2

<p>stockage et la modulation de son expression. Il impose des contraintes lors de la réplication.</p> <p>Les ARN présentent une grande diversité structurale et fonctionnelle.</p>	<p>Commentaires</p> <p>Un lien sera fait avec le cours sur les protéines. Le lien entre degré de compactage et expression sera exploité en SVT.</p> <p>La diversité structurale des ARN sera abordée à l'aide d'une documentation.</p> <p>Les propriétés fonctionnelles des ARN seront développées en sciences de la vie et de la Terre.</p>	
<p><b>4.2. Réplication et amplification de l'ADN</b></p>		
<p><b>4.2.1. Réplication</b></p> <p>La réplication est un processus qui permet de doubler le matériel génétique d'une cellule.</p> <p>Son mécanisme présente des similitudes chez les procaryotes et les eucaryotes.</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Représenter le mécanisme de la réplication :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'ajout d'un nucléotide à une chaîne nucléotidique en formation.</li> <li>- l'œil de réplication distinguant brins précoce et retardé.</li> </ul> <p>Distinguer les rôles des différentes enzymes mises en jeu et les positionner sur un schéma simplifié de fourche de réplication.</p>	S3
<p><b>4.2.2. Amplification <i>in vitro</i></b></p> <p>L'ADN peut être considérablement amplifié <i>in vitro</i> par PCR.</p> <p>Il existe différentes techniques d'amplification.</p> <p>Les conditions expérimentales (température d'hybridation, composition du milieu réactionnel, choix des amorces) sont adaptées aux objectifs visés.</p> <p>Les applications de la PCR concernent des domaines de plus en plus nombreux.</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Associer les trois températures d'un cycle thermique aux trois étapes d'un cycle PCR.</p> <p>Schématiser les premiers cycles d'une PCR aboutissant à un amplicon.</p> <p>Utiliser les critères de choix (position, longueur, T<sub>m</sub>) des amorces pour en sélectionner un couple.</p> <p>Choisir une méthode de PCR en fonction de l'objectif.</p> <p>Exploiter des résultats expérimentaux de PCR et de RT-PCR quantitatives</p> <p>Mettre en œuvre expérimentalement une PCR en point final.</p>	S3
<p><b>4.3. Outils, techniques, applications du génie génétique</b></p>		
<p><b>4.3.1. Extraction et purification des acides nucléiques</b></p> <p>L'extraction et la purification des acides nucléiques sont des étapes essentielles dans une démarche de génie génétique.</p> <p>La purification des acides nucléiques est contrôlée par spectrophotométrie et par électrophorèse.</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Justifier les différentes étapes d'un protocole d'extraction / purification d'ADN génomique, plasmidique ou d'ARN.</p> <p>Mettre en œuvre expérimentalement une extraction / purification d'ADN génomique.</p> <p>Mettre en œuvre expérimentalement une extraction / purification d'ADN plasmidique.</p> <p>Justifier le choix d'une méthode électrophorétique.</p> <p>Exploiter des résultats expérimentaux pour conclure quant à la qualité de la purification.</p> <p>Mettre en œuvre un contrôle de purification d'ADN plasmidique utilisant une restriction.</p> <p>Commentaire</p> <p>Les principes généraux des méthodes suivantes sont à connaître :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- électrophorèse en gel d'agarose,</li> </ul>	S2



	- PAGE, - électrophorèse en champs pulsé.	
<b>4.3.2. Hybridation moléculaire</b>  L'hybridation moléculaire a de nombreuses applications : PCR, puces, blotting, séquençage.  La stringence participe à la spécificité de l'hybridation.	Ce qui est attendu  Classer des milieux d'hybridation en fonction de leur stringence. Justifier un protocole de lavage en blotting et en puce.	S4
<b>4.3.3. Séquençage de l'ADN</b>  L'approche génomique repose sur l'évolution des méthodes de séquençage.	Ce qui est attendu Schématiser les étapes du séquençage par la méthode de Sanger. Schématiser les étapes d'une méthode de séquençage à partir d'une documentation.  Commentaires Le principe général de l'électrophorèse capillaire est à connaître. La diversité des techniques sera illustrée à l'aide d'exemples.	S4
<b>4.3.4. Génie génétique</b>  L'ADN est cloné à l'aide de vecteur de clonage.  L'ADN est introduit par transfection dans des cellules procaryotes ou eucaryotes.  Des protéines recombinantes peuvent être produites à l'aide de vecteurs d'expression.  Les banques d'ADN représentent un génome ou un transcriptome complets.  Différentes techniques permettent leur criblage.	Ce qui est attendu  Justifier les différents caractères portés par un vecteur plasmidique. Choisir un vecteur en fonction du cahier des charges (clonage, navette, expression). Schématiser les grandes étapes d'un clonage chez un procaryote.  Schématiser les grandes étapes d'obtention d'une banque génomique. Schématiser les grandes étapes d'obtention d'une banque d'ADNc. Comparer l'intérêt des banques génomique et plasmidique. Comparer les banques plasmidiques et les banques phagiques.  Choisir un outil de criblage adapté au type de banque.  Commentaire La transgénèse (animale et végétale) est abordée à l'aide d'une documentation.	S4