

Annexe 1

PROGRAMME DE SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE (PREMIÈRE ET SECONDE ANNÉES)

L'enseignement des Sciences de la Vie et de la Terre a pour objectifs de permettre aux étudiants non seulement d'acquérir des connaissances fondamentales dans les principaux domaines des sciences de la vie et des sciences de la Terre, mais aussi de mettre en valeur et de cultiver des qualités essentielles aux scientifiques et recherchées par les Écoles : sens du concret et de l'observation, esprit expérimental, logique et argumentation du raisonnement, applications des acquis d'autres disciplines (chimie, physique, mathématiques notamment).

En sciences de la vie, le programme vise à faire prendre conscience aux étudiants de l'existence de divers niveaux d'organisation et de fonctionnement intégrés au sein de différentes structures biologiques. Il permet d'appréhender la diversité du monde vivant et fait apparaître la généralité des lois physiques et chimiques qui impliquent la similitude des phénomènes biologiques fondamentaux.

En sciences de la Terre le programme vise à présenter la Terre solide. L'étude détaillée de la dynamique atmosphérique et océanique est reportée à un niveau d'études plus approfondi. Le programme souligne les interactions entre différents facteurs de l'environnement. Il s'appuie sur les observations réalisées lors de stages sur le terrain.

Les professeurs de classe préparatoire demeurent libres de mener le programme comme ils l'entendent.

I - SCIENCES DE LA VIE

En première année, sont traités :

- la partie 1 Biologie cellulaire et moléculaire ;

- le point 3 "Construction d'un organisme, mise en place d'un plan d'organisation" de la partie 2 Biologie des organismes

En seconde année sont traités les 4 autres points de la partie 2 et la partie 3 "Intégration d'une fonction à l'échelle de l'organisme".

Partie 1 - Biologie cellulaire et moléculaire

<p>1. L'organisation cellulaire et moléculaire du Vivant 1.1 La cellule eucaryote, unité structurale et fonctionnelle Approche comparative de deux exemples : la cellule acineuse pancréatique et la cellule du parenchyme palissadique.</p>	<p>L'objet de cet item ne saurait dépasser celui d'une présentation générale de la structure et du fonctionnement des cellules eucaryotes. Ces cellules sont choisies dans un organisme pluricellulaire ce qui conduit à envisager leur intégration au sein d'un ensemble de cellules. Le noyau, les mitochondries, les chloroplastes et le cytosquelette sont sommairement présentés, leur étude étant reprise en relation avec d'autres points du programme. L'étude de la cellule acineuse permet de présenter les organites à simple membrane et de mettre en évidence l'existence de flux vésiculaires dont les mécanismes moléculaires sont hors-programme. Une référence comparative sommaire peut être faite avec une cellule procaryote (exemple : Escherichia coli, Eubactérie). Une approche monographique de cette dernière est exclue du programme.</p>
<p>1.2 Propriétés fonctionnelles des principales familles de molécules du vivant - Caractères généraux des constituants fondamentaux des êtres vivants. - Propriétés physico-chimiques des glucides, des lipides et des protéines en relation avec leurs rôles.</p>	<p>Sans qu'il soit question de faire un cours de biochimie théorique indépendant des structures biologiques et des fonctions de ces substances, il paraît indispensable de mettre à la disposition des étudiants une vue d'ensemble structurée des divers types de constituants chimiques qui interviennent chez les êtres vivants. On insiste sur les échelles de taille des biomolécules, l'existence d'un petit nombre de classes principales (oses et osides ; acides gras, lipides ; acides aminés, peptides et protéines ; nucléotides et acides nucléiques) ; les différents types de liaisons et de groupements chimiques impliqués ; le comportement des biomolécules vis-à-vis de l'eau. L'étude des différents ordres de structure des protéines est menée pour l'essentiel sur la myoglobine et l'hémoglobine en relation avec leurs propriétés fonctionnelles. On souligne l'importance des changements de conformation des protéines et on signalera l'existence d'isoformes.</p>
<p>1.3 Membranes et fonctionnement cellulaire - Organisation moléculaire des membranes et des matrices extracellulaires en relation avec leurs rôles.</p>	<p>Cet item est l'occasion d'exposer les différents rôles des membranes (membrane plasmique et membranes intracellulaires) et de présenter les jonctions cellulaires et l'adhérence cellulaire (adhérence intercellulaire jonctionnelle ou non). L'étude porte sur les matrices extracellulaires animale et végétale, dont sont indiquées les modalités de mise en place.</p>
<p>- Échanges transmembranaires : modalités de transfert et structures moléculaires associées ; ddp électrique transmembranaire. - Endocytose et exocytose.</p>	<p>Les modalités de transfert de différents types de substances (eau, ions, glucose) sont envisagées : diffusion au travers des membranes, transports actifs primaires et secondaires. Les variations de potentiel électrique transmembranaire, la réception de signaux chimiques, en relation avec les fonctions de communication sont abordées dans la partie 3 du programme.</p>
<p>2. Le métabolisme cellulaire 2.1 Les enzymes, acteurs du métabolisme</p>	<p>Dans un souci de transdisciplinarité, un préambule présente sommairement les conditions thermodynamiques et cinétiques de la réalisation des réactions chimiques dans la cellule (variations d'enthalpie libre négative, fonctions générales d'un catalyseur). Ces notions ne sont cependant pas, en tant que telles, un objectif du programme.</p>
<p>- Catalyse enzymatique. • Cinétique des enzymes michaéliennes (Km, Vmax et leur signification).</p>	<p>La cinétique est traitée dans le cours de chimie. Les données cinétiques sont exploitées ici pour préciser les modalités de l'interaction enzyme-substrat. On indique l'existence de différents types d'inhibitions. On donne la traduction cinétique d'une inhibition réversible compétitive et d'une inhibition réversible non compétitive.</p>
<p>• Étude à l'échelle moléculaire d'un exemple du déroulement d'une réaction catalytique.</p>	
<p>- Contrôle de l'activité enzymatique.</p>	<p>On étudie le contrôle de l'activité enzymatique par modification covalente (en se limitant à l'exemple de la phosphorylation/déphosphorylation) et par intervention de propriétés allostériques (effets coopératifs, action d'effecteurs allostériques). Les modèles cinétiques de l'allostérie concertée ou séquentielle ne sont pas au programme.</p>

<p>2.2 Structure générale du métabolisme et rôle des coenzymes</p> <ul style="list-style-type: none"> - Place du catabolisme oxydatif et de la photosynthèse eucaryote. - Place et propriétés de l'ATP dans le métabolisme cellulaire. - Place et propriétés des coenzymes (NAD, NADP, FAD, coenzyme A) ; implications énergétiques et métaboliques. - Interprétation en termes de couplages énergétiques. 	
<p>2.3 La photosynthèse eucaryote</p>	<p>L'étude de la photosynthèse est envisagée ici à la seule échelle cellulaire et dans le cadre de la cellule eucaryote. L'étude de l'organisation des chloroplastes est conduite en relation avec les phénomènes qui s'y déroulent. On montre l'intégration du fonctionnement du chloroplaste dans le métabolisme énergétique envisagé à l'échelle de la cellule (cellule photolithotrophe).</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Chaîne photosynthétique et photophosphorylations acyclique et cyclique. 	<p>L'étude des pigments est limitée à ceux présents chez les Chlorophytes. Les mécanismes moléculaires de décomposition de l'eau et la structure détaillée des photosystèmes sont hors-programme.</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Les cycles de carboxylation photosynthétique en C3 et C4 - C3. 	<p>L'étude du cycle de Calvin est limitée aux réactions générant le glycéraldéhyde-3-phosphate et conduit à l'établissement d'un bilan matériel et énergétique. Les étapes de régénération du ribulose 1-5 bisphosphate ne sont pas au programme. L'existence de la photorespiration est mentionnée mais l'étude détaillée de ses mécanismes moléculaires n'est pas au programme. Le métabolisme CAM n'est pas au programme. Les devenir du glycéraldéhyde-3P dans le chloroplaste et dans la cellule chlorophyllienne, ainsi que l'utilisation des nitrates par la cellule chlorophyllienne ne sont que cités.</p>
<p>2.4 Le catabolisme oxydatif</p>	<p>L'étude du catabolisme oxydatif est envisagé dans le cadre de la cellule eucaryote. Son existence chez les Procaryotes sera signalée sans que cela conduise à une étude spécifique ou comparative. L'étude de l'organisation des mitochondries est conduite en relation avec les phénomènes qui s'y déroulent. On montre l'intégration du fonctionnement mitochondrial dans le métabolisme énergétique envisagé à l'échelle de la cellule (chimio-organotrophie et photolithotrophie).</p>
<ul style="list-style-type: none"> - L'oxydation des substrats organiques. • Oxydation du glycéraldéhyde - 3P dans le cytosol (glycolyse). 	<p>Cette étude conduit à présenter l'ensemble de la voie glycolytique dont le contrôle est au programme. La voie des pentoses phosphate est citée mais son étude n'est pas au programme.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Oxydation du pyruvate et des acides gras dans la mitochondrie. 	<p>Les différentes origines du pyruvate (dont la voie de dégradation de l'alanine) sont présentées.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Oxydation de l'acétyl-coenzyme A dans la mitochondrie (cycle de Krebs). 	<p>Le cycle de Krebs est présenté comme voie de convergence du catabolisme. Cette étude est l'occasion de préciser les sites de réduction des coenzymes et de décarboxylation. Les formules chimiques des composés intermédiaires ne sont pas au programme. Les voies de dégradation des acides aminés autres que l'alanine ne sont pas au programme. Le rôle anabolique du cycle de Krebs n'est pas exigible. Le contrôle du cycle n'est pas au programme.</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Chaîne respiratoire et oxydations phosphorylantes. 	
<ul style="list-style-type: none"> - Fermentations lactique et éthanolique. 	
<p>3. L'information génétique à l'échelle cellulaire</p>	<p>Cette étude s'affranchit d'une approche historique de la découverte des concepts fondamentaux (identification de la nature du support de l'information génétique, du mode de répllication semi-conservatif de l'ADN, élucidation du code génétique, notion de gène, relation gène-caractère...). Ces connaissances ont été établies dans les classes de lycée. Ces concepts sont brièvement rappelés, sans que leurs supports expérimentaux fondateurs soient exigibles.</p>
<p>3.1 Supports et organisation de l'information génétique</p>	
<ul style="list-style-type: none"> - Supports moléculaires et cellulaires de l'information génétique. 	<p>En relation avec les items 3.2 et 3.3 on s'attache à discuter la définition moléculaire du gène.</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Organisation des génomes pro - et eucaryotes. 	<p>Cette étude des supports est l'occasion d'aborder les génomes viraux à ARN. L'étude de ces supports est abordée à différentes échelles, de celle de la structure des chromosomes, au contenu informatif des molécules d'ADN qui les constituent. On peut évoquer les méthodes d'étude mais seuls les résultats sont au programme.</p>

3.2 Mécanismes moléculaires de conservation de l'information génétique	Cette étude est restreinte au cas des Procaryotes, modèle E. coli.
- Conservation de l'information génétique lors de sa réplication. Modifications de séquences liées à la réplication (formes tautomères).	L'étude de la réplication est orientée sur les mécanismes moléculaires d'action des ADN polymérasés. La fidélité de la copie est discutée. On signale l'intervention d'autres enzymes dans la réplication. Les mécanismes de réplication par cercle tournant ne sont pas au programme.
- Conservation de l'information génétique lors de son stockage. Effets de quelques mutagènes naturels et existence de mécanismes de réparation.	On ne traite que des processus de dimérisation de thymines, de désamination et de dépurination spontanées. On se limitera à un seul exemple de réparation.
3.3 Mécanismes moléculaires de l'expression génétique	
- Mécanismes fondamentaux de l'expression génétique : transcription, traduction chez les Procaryotes (E coli).	L'étude de la transcription et de la traduction est l'occasion de présenter les divers types d'ARN produits. La fidélité de la copie transcrite est comparée à celle de la réplication. L'existence de signaux d'initiation et de fin de transcription est présentée. Le rôle des amino-acyl-ARNt-synthases est indiqué.
- Quelques caractères de l'expression génétique dans la cellule eucaryote : gènes en mosaïque et maturation des ARNm ; maturation et modifications post-traductionnelles.	Les mécanismes de l'excision et de l'épissage ne sont pas au programme. Les processus de maturation sont étudiés dans le cadre de la compartimentation des cellules eucaryotes. La maturation post-traductionnelle et l'adressage des protéines sont présentés. On se limite aux mécanismes simplifiés de translocation co-traductionnelle dans le réticulum et aux seules mentions et localisations des maturations et modifications par établissement des ponts disulfures, glycosylations, clivages protéiques et phosphorylations.
- Contrôle de l'expression génétique. • Exemple de l'opéron lactose chez les procaryotes (E coli).	
• États de condensation de la chromatine et expression génétique chez les eucaryotes ; rôle du complexe d'initiation de la transcription chez les eucaryotes.	Les différents états de condensation de la chromatine interphasique sont mis en rapport avec son expression. Les modalités de l'initiation de la transcription sont l'occasion de montrer très schématiquement comment l'assemblage et la mise en fonctionnement du complexe d'initiation de la transcription constituent la principale voie de régulation de l'expression génétique chez les eucaryotes (boîte TATA et facteurs cis et trans).
- Les virus, parasites du système d'expression des cellules.	Seuls sont envisagés le phage λ , le virus de la mosaïque du tabac et le VIH. Le phage λ est utilisé pour présenter la lysogénie dont les processus moléculaires ne sont pas étudiés.
3.4 Transmission de l'information lors de la mitose	
- Mitose et conservation de l'information lors de sa transmission.	L'étude de la mitose permet de discuter, aux échelles chromosomique et moléculaire, de la conservation de l'information génétique lors de sa transmission ; l'importance de la prise en compte de la fréquence des mutations dans l'étude de la conservation de l'information est soulignée ; les mutations chromosomiques et les recombinaisons hétérologues sont mentionnées sans que leurs mécanismes soient au programme.
- Place de la mitose dans le cycle cellulaire.	La régulation du cycle cellulaire n'est pas au programme. On signale seulement l'existence de points de contrôle dont le franchissement autorise la poursuite du cycle.

Partie 2 - Biologie des organismes

1. Diversité du vivant	
Critères systématiques	Les bases de la phylogénie, établies en classe de Terminale, sont brièvement rappelées. Elles permettent d'exposer de manière simple les critères de systématique phylogénique qui conduisent à organiser la diversité du vivant, constatée dans les cours et les travaux pratiques. L'étude de cette diversité permet notamment de présenter des organismes unicellulaires procaryotes et eucaryotes (archée, colibacille, cyanobactérie, levure...) mais qui ne font en aucun cas l'objet d'une étude monographique.

2. L'organisme en relation avec son milieu	
2.1 Réalisation des échanges gazeux entre l'organisme animal et son milieu (nature des échanges, diversité des échangeurs, modalités de la ventilation)	<p>Cette partie permet d'étudier l'adaptation structurale et fonctionnelle de la respiration des organismes adultes, en relation avec les paramètres physico-chimiques du milieu, aquatique ou aérien. Les échangeurs étudiés sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les branchies d'une Annelide (arénicole), d'un Mollusque (moule), d'un Arthropode Crustacé (écrevisse), et chez les Vertébrés, exclusivement des Poissons Téléostéens ; - les poumons : l'étude se limite aux poumons des Vertébrés suivants : Amphibiens, Oiseaux, Mammifères ; - les trachées des Arthropodes Insectes. <p>On indique l'existence d'une respiration tégumentaire. On signale les rôles du dioxyde de carbone ou du dioxygène dans le contrôle de la ventilation, en relation avec le milieu. Les mécanismes du contrôle respiratoire et les structures impliquées ne sont pas au programme.</p>
2.2 Échanges hydro-minéraux entre l'organisme végétal et son milieu ; corrélations trophiques dans l'organisme végétal	
- Absorption racinaire, fonctionnement stomatique, circulation des sèves (cas des Angiospermes).	<p>L'approche qualitative et quantitative des besoins nutritifs n'est pas au programme. Il s'agit d'étudier le flux hydrique, de l'entrée au niveau des racines jusqu'à la transpiration foliaire. Le contrôle du fonctionnement stomatique est abordé. C'est l'occasion de présenter les modalités d'absorption et de circulation des ions. On ne traite pas des nodosités.</p> <p>On s'intéresse aux transferts des molécules carbonées et azotées dans le végétal, en se limitant aux seules mentions des lieux de synthèse, de transformation et d'accumulation, sans que soient détaillés les mécanismes à l'échelle cellulaire.</p>
2.3 Adaptation du développement des Angiospermes au rythme saisonnier	
- Exemple du passage de la saison froide, en région tempérée, chez les Angiospermes.	<p>La vernalisation n'est pas au programme. L'étude de la reprise de la vie active est l'occasion d'aborder les phénomènes physiologiques de la germination.</p>
3. Construction d'un organisme, mise en place d'un plan d'organisation	
3.1 Mise en place du plan d'organisation chez les Vertébrés	<p>Il s'agit de présenter les grandes étapes qui marquent le développement d'un organisme animal. On insiste dans un premier temps sur les principales acquisitions morphologiques, anatomiques et histologiques qui caractérisent les développements embryonnaires et post-embryonnaires. Les mécanismes cellulaires, moléculaires, voire génétiques de certaines de ces étapes sont ensuite étudiés.</p>
- Acquisition du plan d'organisation de la grenouille : de la cellule-œuf à l'organisme adulte.	<p>L'étude des différentes étapes du développement embryonnaire est l'occasion de présenter l'acquisition du caractère pluricellulaire, les manifestations de la symétrisation et des polarités, la mise en place des feuilletts aboutissant au plan d'organisation commun aux Vertébrés (stade bourgeon caudal).</p> <p>L'étude de la métamorphose conduit à identifier les principales transformations histologiques et anatomiques conduisant au plan d'organisation de l'adulte. Les caractéristiques de la métamorphose, perçue comme une transition écologique, ne s'inscrivent pas dans les objectifs de cette étude.</p>
- Quelques modalités du développement des animaux : induction et structuration du mésoblaste, régionalisation des somites, différenciation de la cellule musculaire squelettique, croissance d'un os long de Mammifère, mécanismes d'histolyse, histogénèse et remaniement au cours de la métamorphose.	<p>L'étude de ces mécanismes est fondée autant que possible sur l'exploitation de données expérimentales. Les exemples retenus peuvent être choisis chez différents Vertébrés (Amphibiens, Oiseaux, Mammifères). La régionalisation des somites est l'occasion de présenter l'expression des gènes homéotiques.</p>
3.2 Le développement post-embryonnaire des Angiospermes : de la jeune plante à la plante différenciée	<p>L'étude est limitée aux Angiospermes. On s'intéresse à la croissance et à la différenciation de la jeune plante issue de la germination. L'étude de la mise en place des structures végétatives de la tige feuillée et de la racine est conduite en relation avec les travaux pratiques correspondants. Il s'agit de présenter les mécanismes qui accompagnent croissance et développement chez les Angiospermes : mèresse, auxèse, différenciation.</p>

- Organisation et fonctionnement des apex racinaire et caulinaire.	Les caractères cytologiques des cellules méristématiques sont présentés mais le contrôle hormonal du fonctionnement des méristèmes est exclu. On présente les approches génétiques relatives au fonctionnement du méristème apical caulinaire (cas d' <i>Arabidopsis thaliana</i>). On souligne la mise en place de méristèmes latéraux, mais les types de ramification et leurs conséquences sur le port du végétal sont hors programme. Le phénomène de dominance apicale n'est que mentionné.
- Grandissement cellulaire et histogénèse.	Il s'agit ici de préciser les processus cytologiques et physiologiques du grandissement cellulaire et de la différenciation en se limitant à l'exemple de l'auxine. L'approche historique de la mise en évidence expérimentale de l'auxine et du phototropisme ne sont pas au programme. L'influence des conditions du milieu se limite à l'étude du phototropisme caulinaire et du gravitropisme racinaire. En relation avec les travaux pratiques, on rappelle l'existence de cellules différenciées regroupées en tissus. Le processus de différenciation lui-même est limité à l'exemple d'un vaisseau de xylème.
- Méristèmes secondaires et croissance en épaisseur.	La mise en place et le fonctionnement du cambium et du phellogène sont présentés. Cette étude de la croissance en épaisseur complète ainsi celle de la croissance en longueur, abordée dans les deux points précédents.
4. La reproduction des organismes animaux et végétaux	
4.1 Reproduction sexuée des végétaux	
- Organisation de la fleur, formation des gamétophytes, pollinisation, double fécondation et formation de la graine et du fruit chez les Angiospermes.	Ne sont pas au programme : les modalités de la formation de la fleur, la physiologie de la floraison, la physiologie de la fructification et celle du fruit, la formation des gamétanges chez les Filicophytes.
- Formation du gamétophyte, fécondation et formation du jeune sporophyte chez les Filicophytes.	Les cycles biologiques des Angiospermes et des Filicophytes sont construits, sans qu'ils conduisent à une étude comparative
4.2 Multiplication végétative naturelle chez les Angiospermes	
4.3 Reproduction sexuée chez les Mammifères : gamètes et fécondation	
	Les aspects éthologiques de la reproduction sexuée ne sont pas au programme. Les gamétogénèses mâle et femelle, sans leurs contrôles, sont au programme
4.4 Aspects chromosomiques et génétiques de la reproduction : cas de la multiplication végétative ; méiose ; mécanismes favorisant l'hétérozygotie	La variabilité engendrée par la mitose et la méiose est discutée à cette occasion. L'étude des conséquences génétiques de la méiose ne donnera pas lieu à des exercices de génétique formelle. Les mécanismes favorisant l'hétérozygotie chez les végétaux sont étudiés chez les Angiospermes. Les phénomènes d'incompatibilité chez les Champignons ne sont pas au programme
5. Diversité des types trophiques	
Types trophiques des micro-organismes : principales modalités.	Les grands processus métaboliques participant à la réalisation des types trophiques sont évoqués (photosynthèses, chimiosynthèses, fermentations, respirations) sans que le détail de leurs voies métaboliques soit exigé. Il convient surtout qu'apparaissent l'origine de l'énergie, la nature des donneurs et des accepteurs d'électrons et que les processus soient analysés en termes d'oxydo-réduction. L'existence d'organismes diazotrophes, symbiotiques ou non, est mentionnée, mais le fonctionnement des nodosités n'est pas au programme. Il ne s'agit pas de traiter les relations biotiques qui peuvent s'établir entre les êtres vivants (parasitisme, symbiose...). Les organismes étudiés seront cependant replacés dans les cycles du carbone et de l'azote, faisant ainsi apparaître l'importance écologique des types trophiques étudiés.

Partie 3 - Intégration d'une fonction à l'échelle de l'organisme

Cette partie permet d'aborder l'idée d'intégration d'une fonction-la fonction circulatoire-, à l'échelle de l'organisme. Elle conduit aussi à construire l'idée de régulation. L'exemple retenu est celui de l'intégration de la circulation systémique au fonctionnement des cellules et des organes, chez l'Homme.

Appuyée sur les notions de base relatives aux corrélations entre cellules, et prenant pour cadre le muscle squelettique, cette étude permet aussi d'établir une cohérence avec d'autres chapitres du programme.

1. Des communications intercellulaires chez l'animal	Il s'agit de présenter les mécanismes généraux de la communication entre cellules et non pas de traiter de manière exhaustive la diversité des mécanismes connus.
1.1 Messagers et messages dans les corrélations nerveuses et hormonales	Les messagers impliqués sont, dans la mesure du possible, ceux évoqués dans la fonction circulatoire. Les notions d'autocrinie, paracrinie, endocrinie sont présentées. Les voies de biosynthèse des messagers, les caractères cytologiques des cellules sécrétrices ne sont pas au programme. Un mécanisme biochimique de la dégradation des messagers (acétylcholine-estérase) et ses conséquences fonctionnelles sont présentés.
1.2 Mode d'action cellulaire des neurotransmetteurs et des hormones	Le mode d'action cellulaire des neurotransmetteurs est établi à partir des exemples de la noradrénaline (récepteurs α et β et de l'acétylcholine (récepteurs nicotinique et muscariniques). Pour les hormones, on présente un exemple de transduction avec récepteur membranaire et un exemple avec récepteur nucléaire. La diversité des mécanismes de transduction n'est pas l'objet de ce programme.
1.3 Genèse et propagation du message nerveux à l'échelle du neurone	On indique l'existence de phénomènes de sommation conduisant à la création de potentiels d'action au niveau du segment initial de l'axone. Les mécanismes moléculaires de création des potentiels et de codage en fréquence au niveau du segment initial ne sont pas au programme. Les modes de propagation le long de l'axone sont étudiés, en relation avec les structures moléculaires des membranes. La genèse des variations de potentiels électriques au niveau des neurones sensoriels n'est pas au programme.
2. Le fonctionnement de la cellule musculaire squelettique	
2.1 Organisation fonctionnelle de la cellule musculaire squelettique	La cellule musculaire squelettique est resituée au sein du muscle ; la connaissance de l'organisation de celui-ci se limite aux relations entre les cellules musculaires, les terminaisons des motoneurons et la micro-circulation (capillaires musculaires).
2.2 Couplage excitation / contraction	
2.3 Activité cellulaire et métabolisme énergétique de la cellule musculaire squelettique	Les mécanismes de la contraction sont étudiés en relation avec l'utilisation de l'ATP. Les différents substrats métaboliques de la cellule musculaire squelettique sont précisés et les voies de restauration de l'ATP sont au programme. L'incidence du jeûne prolongé sur le métabolisme de cette cellule n'est pas évoqué.
3. Intégration de la circulation sanguine au fonctionnement des organes	
3.1 Le transport des gaz respiratoires par le sang	L'étude du transport des gaz respiratoires est reliée aux connaissances développées dans les chapitres concernant les protéines et la respiration chez les animaux. Les effets du transport des gaz respiratoires sur le pH sanguin sont hors programme.
3.2 La pompe cardiaque et la mise en circulation du sang. Contrôle de l'activité cardiaque et débit sanguin	Les activités mécanique et électrique cardiaques sont étudiées, mais les méthodes d'exploration fonctionnelles du cœur et du circuit sanguin ne sont pas au programme. Les phénomènes sont étudiés aux différentes échelles.
3.3 La distribution du sang au muscle et son contrôle Circuit sanguin, organisation fonctionnelle des segments vasculaires (artères, artérioles, capillaires, veines), échanges capillaires, vasomotricité.	
3.4 Intégration de la perfusion du muscle à l'échelle de l'organisme	Il s'agit de traiter de l'adaptation de la fonction circulatoire à la perfusion des organes. On évoque à ce propos la redistribution des masses sanguines lors d'un exercice physique et d'une période post-prandiale. Les conséquences sur la pression artérielle sont envisagées à l'échelle de l'organisme dans le cadre d'une régulation à court terme liée à la situation physiologique.