



LIVRE DE TERMINALE S en SVT :

SVT - Edition Hatier - 2002



LIVRE DE TERMINALE S Spécialité en SVT :

SVT Spécialité - Edition Bordas - 2002



PROGRAMME DE TERMINALE S et Spécialité en SVT :

En rouge, les allègements ou les ajouts des programmes des lycées - B.O. n° 12 du 29 octobre 1998 - Précisions B.O. n° 8 du 25/02/99 et de l'APBG (bulletin n° 4 - 1998)

En bleu, les chapitres étudiés en Spécialité

Unicité génétique des individus et polymorphisme des espèces

(Durée conseillée: cinq à six semaines)

La façon dont l'information génétique contenue dans l'œuf dirige l'édification des structures d'un organisme et assure leur renouvellement permanent a été envisagée en classe de Première S. Les bases conceptuelles de la liaison entre le génotype et le phénotype sont désormais acquises et seront réinvesties en classe de Terminale.

En Terminale, il s'agit de faire prendre conscience de l'importance du polymorphisme génétique des espèces auquel est associée l'unicité génétique des individus. On étudie les mécanismes conduisant à ce polymorphisme - les mutations - et ceux aboutissant à la production d'individus ayant chacun un patrimoine génétique original à chaque génération - le brassage génétique assuré par la reproduction sexuée.

L'approche de quelques aspects de la génétique des populations humaines débouche sur une analyse critique de la notion de race dans l'espèce humaine.

La connaissance des mécanismes de la transmission des gènes au cours de la reproduction sexuée est réinvestie en génétique humaine ; la maîtrise du raisonnement probabiliste en ce domaine est un objectif important de la classe de Terminale S.

Enfin, les problèmes soulevés par l'utilisation des techniques permettant l'analyse génétique des personnes conduisent à mettre de nouveau l'accent sur une dominante de cette partie du programme : les implications sociales des applications du savoir scientifique.

1- Origine du polymorphisme génique.

Les mutations sont à l'origine du polymorphisme génique. Elles peuvent consister en une substitution, une délétion, une addition d'un ou plusieurs nucléotides. Les polypeptides qui les expriment diffèrent du polypeptide initial.

Des mutations affectent en permanence le génome de l'ensemble des cellules de l'organisme. Seules celles affectant les cellules de la lignée germinale peuvent être transmises aux générations suivantes.

2. Mécanismes fondamentaux de la reproduction sexuée; cycle de développement.

Le cycle de développement de toutes les espèces à reproduction sexuée est marqué par l'alternance d'une phase diploïde et d'une phase haploïde.

La méiose, ensemble de deux divisions cellulaires, assure le passage de la phase diploïde à la phase haploïde. Chaque cellule issue de la méiose ne possède qu'un seul exemplaire de chaque paire de chromosomes, donc un seul allèle par gène.

La fécondation se caractérise par la mise en commun des n chromosomes de chaque gamète et rétablit l'état diploïde.

3. Brassage génique assuré par la reproduction sexuée et unicité génétique des individus.

Les cellules affectées par la méiose sont hétérozygotes à de nombreux loci. En conséquence, au cours de la première division de la méiose, le brassage intrachromosomique assuré par le crossing-over à la prophase et le brassage interchromosomique résultant du comportement indépendant des chromosomes de chaque paire à l'anaphase font que les cellules issues des méioses sont toutes génétiquement différentes.

La rencontre au hasard de gamètes génétiquement différents au cours de la fécondation conduit à doter tout zygote d'une combinaison originale des allèles des gènes de l'espèce.

4. Diversité génétique des populations.

~~Au sein de toute population, il existe une variation génétique.~~

~~Par la pression sélective qu'ils exercent, des facteurs de l'environnement contribuent à augmenter la fréquence de certains allèles au sein de populations définies.~~

~~Les migrations tendent à diminuer les divergences génétiques entre les populations d'une espèce. La sélection naturelle les accentue dans le cas où les populations sont placées dans des conditions d'environnement différentes.~~

~~Il n'existe pas d'allèles spécifiques permettant de définir telle ou telle population humaine. Les populations humaines diffèrent par la fréquence relative des allèles de certains gènes.~~

5. Prévisions en génétique humaine.

Les prévisions, en termes de probabilités qu'on peut faire sur le phénotype de la descendance d'un couple pour un caractère donné impliquent la connaissance :

- du phénotype des ascendants du couple et/ou d'autres membres plus ou moins éloignés de la famille ;

- de la dominance ou de la récessivité des allèles du gène en cause ;

- de la localisation chromosomique du gène considéré.

6. Applications et implications des connaissances modernes en génétique humaine.

Le diagnostic prénatal est fondé sur :

- la recherche des anomalies chromosomiques, par l'analyse des caryotypes;

- les techniques du génie génétique permettant, pour un nombre croissant de gènes, de réaliser une analyse génétique des individus dès le stade embryonnaire.

La connaissance des risques d'anomalies fonde les actions de prévention et ouvre des perspectives thérapeutiques.

Les applications modernes de la génétique humaine soulèvent des problèmes bioéthiques.

Mécanismes de l'immunité

(Durée conseillée : quatre à cinq semaines)

Ce chapitre permet de réinvestir et d'élargir des acquis des classes de Première et Terminale relatifs au programme génétique: il apporte, en particulier, une illustration de son expression polymorphe et une explication du maintien des caractéristiques moléculaires déterminant le soi d'un individu.

Il repose aussi sur les connaissances de la classe de Troisième concernant la reconnaissance du non-soi qui entraîne des réactions immunitaires à médiation cellulaire et humorale. Il s'agit d'approfondir ces notions en intégrant leur étude à celle du déroulement de réactions précises: rejet de greffe, élimination des micro-organismes bactériens et viraux. Certains aspects des limites de l'immunité sont abordés: maladie auto-immunes, cancers, déficits immunitaires à l'origine de certaines maladies telles que le SIDA.

L'immunologie est un des domaines où les connaissances progressent très rapidement, mais il s'agit d'en rester au niveau des concepts majeurs: notion de soi modifié, récepteur de haute spécificité, interrelations cellulaires directes et par des interleukines, rôle central des lymphocytes T4. La voie classique d'activation du complément est seule envisagée et les différentes classes d'immunoglobulines ne sont pas étudiées. Dans cet esprit, le principe de l'éducation au soi des lymphocytes est évoqué mais ses mécanismes ne sont pas développés. De même, la notion de lymphocyte T suppresseur, encore très controversée, n'est pas abordée.

1. Soi et non-soi.

Le soi d'un individu est défini par l'ensemble des particularités moléculaires résultant de l'expression de son génome.

Certaines molécules exprimées sur ses membranes cellulaires constituent des marqueurs de son identité: groupes sanguins par exemple et surtout système HLA.

~~Le système CMH (HLA chez l'homme) correspond à une famille de protéines membranaires que code un groupe de gènes liés, très polymorphes. Malgré ce polymorphisme, ces protéines présentent un fort degré de similitude chez les individus d'une même espèce. Ce système participe directement au déclenchement de réactions immunitaires.~~

~~Le système CMH (HLA chez l'homme) participe directement au déclenchement des réactions immunitaires. On indiquera son existence sans étudier les structures du système CMH.~~

Le non-soi est constitué par toutes les molécules différentes du soi qui, apparues dans l'organisme, entraînent des réactions immunitaires non spécifiques ou spécifiques. Dans ce dernier cas, l'élément du non-soi reconnu est nommé antigène ; il est le plus souvent macromoléculaire et porte de nombreux déterminants antigéniques.

Le non-soi provient du milieu environnant ou d'une modification des molécules du soi.

2. Bases de l'immunocompétence.

~~Origine des cellules immunitaires:~~

~~Les cellules du système immunitaire sont issues de la moelle osseuse. Ce sont des leucocytes circulant et tissulaires parmi lesquels on distingue des cellules impliquées dans les aspects spécifiques des réactions: les lymphocytes.~~

~~Les lymphocytes acquièrent leur capacité à distinguer le non-soi – leur immunocompétence – par une maturation dans les organes lymphoïdes centraux : moelle osseuse pour les lymphocytes B, thymus pour les lymphocytes T.~~

Caractéristiques des récepteurs lymphocytaires.

L'acquisition de l'immunocompétence correspond, pour chaque lymphocyte, à l'expression membranaire de récepteurs spécifiques d'un déterminant antigénique donné : anticorps membranaires pour les lymphocytes B, récepteurs T pour les lymphocytes T.

Les récepteurs des deux types de lymphocytes sont constitués de plusieurs chaînes polypeptidiques présentant des segments constants et des segments variables; ces derniers correspondent aux sites de reconnaissance des déterminants antigéniques.

La diversité des récepteurs exprimés par l'ensemble des lymphocytes permet la reconnaissance de plusieurs centaines de millions d'antigènes différents: elle constitue le répertoire immunologique.

Les récepteurs B peuvent reconnaître un antigène isolé. Les récepteurs T reconnaissent le soi modifié, constitué par des déterminants antigéniques associés à des protéines du HLA, ou, dans le cas des allogreffes, des molécules HLA du donneur.

~~Formation et sélection des clones immunocompétents.~~

~~La maturation des lymphocytes conduit à l'apparition de clones possédant des spécificités très variées. Ceux qui reconnaissent le soi étant éliminés ou bloqués (tolérance au soi), les autres sont ainsi sélectionnés. Ils constituent les populations lymphocytaires immunocompétentes qui contrôlent le maintien des caractéristiques moléculaires du soi d'un individu.~~

~~Le dérèglement du système immunitaire peut conduire à l'apparition d'effets pathologiques variés : maladies auto-immunes, cancers.~~

3. Déroulement de la réponse immunitaire.

Aspects non spécifiques de la réponse immunitaire.

La réponse immunitaire, dans ses aspects non spécifiques, peut avoir lieu dans tout l'organisme; elle est caractérisée par la phagocytose de tout élément du non-soi et son élimination ; elle permet d'induire la réponse immunitaire spécifique.

Aspects spécifiques de la réponse immunitaire.

La réponse immunitaire, dans ses aspects spécifiques, est induite dans tous les organes lymphoïdes périphériques (rate, ganglions lymphatiques...) colonisés par les cellules immunocompétentes.

Cette réaction met en jeu :

- Des processus de reconnaissance spécifiques intéressant tant la phase d'induction que la phase effectrice de la réponse.
 - Des communications intercellulaires dans lesquelles les lymphocytes T4 ont un rôle central :
 - + Par contact direct avec les macrophages;
 - + Par libération de messager chimiques.

Les interleukines, entraînant l'expansion clonale des cellule sélectionnées et leur différenciation en plasmocytes producteurs d'immunoglobulines (réponses à médiation humorale) et lymphocytes T cytotoxiques (réponses à médiation cellulaire).

- Des mécanismes effecteurs aboutissant à la neutralisation des antigènes ou à la destruction des cellules qui les portent, soit par activation du complément soit directement par contact avec des lymphocytes T cytotoxiques.

Dans tous les cas, la phagocytose des produits de neutralisation et de destruction est activée; une réaction inflammatoire l'accompagne. Les clones T4 et certains clones B constituent les supports de la mémoire immunitaire, dont le principe est exploité dans la vaccination et certains tests de dépistage.

Aspects du fonctionnement des centres nerveux

(Durée conseillée: six semaines)

Les études de la classe de Terminale s'appuient sur les connaissances de la classe de Seconde relatives au fonctionnement et à l'organisation des réseaux neuroniques, supports des réactions de l'organisme à des stimulations diverses.

Elles sont axées, dans un premier temps, sur les mécanismes qui confèrent aux centres nerveux leur capacité à traiter les multiples informations qui leur parviennent et à émettre des messages efférents entraînant une réponse coordonnée de plusieurs organes effecteurs. Ces études, au niveau cellulaire, des mécanismes explicatifs des propriétés intégratrices du système nerveux sont envisagées dans le cas du réflexe de posture, exemple de motricité somatique.

Dans un deuxième temps, les notions ainsi acquises sont réinvesties dans l'étude du rôle des centres nerveux supérieurs dans la commande motrice.

** Des aspects biochimiques du fonctionnement des centres nerveux sont l'objet d'un approfondissement dans l'enseignement de spécialité. Le sujet conduit à mettre l'accent sur la liaison entre recherche fondamentale et recherche appliquée.*

L'outil informatique est particulièrement utile pour aborder ces sujets de neurophysiologie. Outre l'expérimentation assistée par ordinateur, il existe plusieurs logiciels de simulation complémentaires les uns des autres permettant de mettre les élèves en situation d'investigation.

1. Les propriétés intégratrices des centres nerveux et le fonctionnement des neurones.

Un exemple de motricité somatique : le réflexe de posture.

La motricité somatique assure le maintien de la posture, notamment par des mécanismes réflexes ; parmi ceux-ci le réflexe myotatique joue un rôle prépondérant.

A chaque instant, les centres nerveux traitent les multiples messages qui leur parviennent et élaborent des messages efférents entraînant une mise en jeu coordonnée d'organes effecteurs déterminés.

Les messages nerveux sont transmis en permanence dans l'organisme par des chaînes de neurones organisées en réseaux.

Mécanismes sous-tendant la genèse de signaux nerveux : les potentiels d'action.

Le traitement des informations par un centre nerveux est rendu possible par le fait que tous les messages qu'il reçoit ou émet sont constitués de potentiels d'action.

La genèse de potentiels d'action repose sur l'existence d'un potentiel dit de repos, propriété commune à toutes les cellules.

Les neurones émettent un potentiel d'action si leur membrane est dépolarisée jusqu'à une valeur seuil : le seuil de dépolarisation.

Par l'intermédiaire de courants locaux, le potentiel d'action est constamment régénéré lors de la conduction le long d'une fibre : il conserve ainsi toutes ses caractéristiques.

** Les phénomènes ioniques à la base du potentiel d'action.*

Le potentiel d'action résulte, pour l'essentiel, d'un changement temporaire de la perméabilité membranaire aux ions Na^+ , de l'ouverture puis à la fermeture séquentielles de protéines membranaires : les canaux ioniques voltage-dépendants.

Genèse du message nerveux au niveau d'un récepteur sensoriel.

L'originalité d'un récepteur sensoriel réside dans son aptitude à réagir à un stimulus déterminé, avec une très grande sensibilité.

Il en résulte une modification du potentiel membranaire, le potentiel de récepteur, graduable en fonction de l'intensité du stimulus. Si ce potentiel de récepteur dépasse le seuil de dépolarisation, il en résulte la genèse de potentiels d'action.

Le message nerveux se traduit, au niveau d'une fibre nerveuse, par une succession de potentiels d'action, d'amplitude constante, dont la fréquence code l'intensité de la stimulation.

Caractéristiques du fonctionnement des synapses.

Ce message conserve ses caractéristiques lors de la conduction le long de la fibre.

Le message nerveux est transmis d'un neurone à d'autres ou à des cellules effectrices par des synapses.

Au niveau d'une synapse, le message nerveux pré synaptique codé en fréquence de potentiels d'action est traduit en message chimique codé en concentration de neurotransmetteur.

La fixation des molécules du neurotransmetteur aux récepteurs de la membrane postsynaptique induit un changement du potentiel membranaire nommé potentiel postsynaptique, excitateur ou inhibiteur.

L'action des molécules du neurotransmetteur est très fugace, ce qui autorise une modulation très fine de l'activité du neurone postsynaptique.

Sommation spatiale et sommation temporelle au niveau neuronique.

Dans un centre nerveux, chaque neurone reçoit au niveau de ses dendrites et du corps cellulaire, de multiples afférences, les unes excitatrices, les autres inhibitrices, provenant de très nombreux neurones. Il réalise une sommation spatiale et temporelle des multiples messages qu'il reçoit. Il en résulte un potentiel postsynaptique global qui varie à chaque instant; s'il dépasse le seuil de dépolarisation au niveau du segment initial de l'axone, il naît un message codé en fréquence de potentiels d'action.

Bilan de l'activité du centre nerveux.

Au cours du fonctionnement des réseaux neuroniques supports des réactions comportementales, le traitement des messages au niveau des multiples synapses en jeu est tel que les motoneurones innervant les muscles et assurant la réaction sont excités, tandis que ceux des muscles antagonistes sont inhibés. C'est ce qui explique la mise en jeu coordonnée des organes effecteurs.

2. L'activité cérébrale.

La motricité dirigée.

~~L'encéphale est une structure privilégiée et protégée du traitement de l'information. Le cerveau présente un très grand nombre de neurones dont les interconnexions sont en nombre considérable. Les comportements moteurs sont déclenchés par des stimulations venues de l'extérieur et de l'intérieur de l'organisme, intégrées à différents niveaux de l'encéphale.~~

~~La réalisation d'un mouvement intentionnel nécessite une intégration permanente des informations sensibles aux commandes motrices dans les neurones des centres nerveux. Le déclenchement de l'activité gestuelle met en jeu des centres sous-corticaux et cérébelleux.~~

~~Une phase réflexe lente d'ajustement sensori-moteur implique le cortex et le tronc cérébral.~~

~~Le cortex avec ses afférences sensorielles est prépondérant dans l'affinement terminal du mouvement.~~

**3. Aspects biochimiques du fonctionnement nerveux.*

De nombreux neurotransmetteurs interviennent dans le fonctionnement nerveux.

La connaissance des aspects biochimiques du fonctionnement nerveux contribue à la compréhension des comportements humains et induit des applications médicales.

Fonctionnement d'un système de régulation

(Durée conseillée: quatre à cinq semaines)

Les notions d'hormone, de communication nerveuse et hormonale, ont déjà été abordées. En classe Terminale il s'agit, à travers l'étude de la régulation du taux des hormones sexuelles des primates, de permettre la maîtrise, par les élèves, des concepts relatifs au fonctionnement d'un système de régulation.

** Ces concepts et les méthodes acquises sont réinvestis en enseignement de spécialité dans l'étude d'une régulation neuro-hormonale, celle de la pression artérielle.*

L'étude de la régulation du taux des hormones sexuelles mâles permet de dégager, en s'appuyant sur les acquis, les concepts à établir. Ceux-ci éclairent la compréhension de la régulation du taux des hormones sexuelles femelles. Il ne sera demandé aucun transfert à d'autres systèmes de régulation.

L'exemple choisi permet aussi de montrer comment l'action coordonnée d'un ensemble d'hormones rend possible la reproduction sexuée, et d'expliquer comment cette connaissance a fondé les progrès de la médecine dans ce domaine. Dans cette perspective, les problèmes éthiques liés à ces progrès sont abordés.

Enfin, sans étude des mécanismes, on envisage, à partir d'un exemple pris chez les mammifères, les conséquences de l'intervention de facteurs divers de l'environnement sur les régulations étudiées. Dans l'ensemble du chapitre, on n'aborde pas l'aspect moléculaire de l'action des hormones. En particulier, l'étude des variations du nombre de récepteurs aux gonadostimulines et les conséquences dans la cellule-cible de la liaison hormone-récepteur ne sont pas au programme.

1. Régulation des taux d'hormones sexuelles.

~~Régulation du taux des hormones sexuelles mâles.~~

~~Le maintien d'un taux sensiblement constant d'hormones sexuelles mâles, indispensable au bon déroulement de la reproduction sexuée, est déterminé et réglé par le complexe hypothalamo-hypophysaire.~~

~~La testostérone entretient les caractères sexuels primaires et secondaires et contribue à la production de spermatozoïdes : sa sécrétion continue par les cellules interstitielles des testicules compensant sa désintégration permanente, est indispensable à la réalisation de la reproduction sexuée.~~

~~Cette sécrétion, ainsi que la gamétogenèse, sont déterminées par la production continue des gonadostimulines hypophysaires —FSH et LH— induite par la sécrétion pulsatile de GnRH, neurohormone hypothalamique.~~

~~Les variations du taux de testostérone sont détectées par le complexe hypothalamo hypophysaire qui adapte en conséquence la sécrétion des gonadostimulines : les variations du taux de testostérone sont ainsi compensées.~~

Caractéristiques d'un système de régulation.

Tout système de régulation implique au moins : des capteurs, un système de transmission de l'information et des organes effecteurs. Les capteurs détectent, à chaque instant, les variations du paramètre physiologique à régler. Ils émettent des messages, finalement transmis aux organes effecteurs. ~~Dans le cas de la régulation du taux d'hormones mâles, la réaction ramène la valeur de la variable à la valeur de référence (rétroaction négative).~~

~~Expliciter de façon générale la notion de rétrocontrôle négatif et positif.~~

Régulation du taux des hormones sexuelles femelles.

Chez la femelle, le complexe hypothalamo-hypophysaire détermine et règle de façon cyclique la sécrétion des hormones ovariennes, ce qui a pour conséquence le fonctionnement cyclique des organes cibles de ces hormones. Cette coordination aboutit à réunir les conditions optimales d'une fécondation et d'une nidation.

L'évolution cyclique des follicules ovariens entraîne la sécrétion également cyclique des œstrogènes et des progestagènes. Les organes cibles de ces hormones, utérus en particulier, évoluent donc, aussi, de façon cyclique. Au moment de l'ovulation, l'organisme de la femelle est prêt à la fécondation.

Cette évolution, donc la production des hormones ovariennes, est sous le contrôle de la sécrétion des gonado-stimulines hypophysaires -FSH et LH- elle-même permise par la sécrétion pulsatile de Gn RH, neurohormone hypothalamique. L'événement majeur du cycle est la libération brutale de LH, qui provoque l'ovulation.

Caractéristiques du système de régulation des taux d'hormones femelles (variations cycliques).

Le caractère cyclique de la sécrétion des gonadostimulines hypophysaires est lié à des rétroactions négatives et positives entre ovaire et complexe hypothalamo-hypophysaire. En particulier, comme chez le mâle, celui-ci capte à chaque instant les variations du taux des hormones produites par les gonades, et adapte en conséquence la sécrétion des gonadostimulines.

Dans le cas de la régulation des taux d'hormones femelles, un jeu de rétroactions positives et négatives permet d'adapter les valeurs aux besoins physiologiques.

L'activité du complexe hypothalamo-hypophysaire, centre intégrateur des messages nerveux et hormonaux, peut être modulée par des messages nerveux engendrés par des stimulus externes: l'activité reproductrice des mammifères est influencée par des facteurs de l'environnement, de façon variable selon les espèces.

Applications médicales.

Les connaissances acquises dans le domaine de la régulation du taux des hormones sexuelles ont rendu possible la mise au point de méthodes permettant d'assurer la maîtrise de la reproduction (contraception orale, FIVETE, ...).

2. Régulation neuro-hormonale de la pression artérielle.

(Les objectifs cognitifs sont ceux relatifs au fonctionnement des systèmes de régulation énoncés ci-dessus).

Histoire et évolution de la terre et des êtres vivants

(Durée conseillée: dix semaines)

La terre et sa biosphère sont le résultat d'une longue histoire commune, durant laquelle les interactions entre les différentes enveloppes de la planète et les êtres vivants ont été nombreuses. Cette partie de programme mobilise les connaissances acquises tant en sciences de la terre qu'en sciences de la vie, dans les classes précédentes, et, pour les sciences de la vie, en Terminale. Elle vise à faire percevoir ces interactions. En initiant aux mécanismes, encore largement hypothétiques, de l'évolution biologique, elle aide à comprendre la dynamique de la biodiversité. Elle permet un contact, développé en enseignement de spécialité, avec quelques méthodes de la géologie historique.

Ainsi se justifie l'étude des premières étapes de l'évolution de la terre, située par rapport à celle du système solaire: elles ont permis l'apparition de la vie, son développement influençant et étant influencé par les modifications de l'atmosphère liées à celles de la terre profonde et à l'appartenance de la terre au système solaire.

L'analyse, nécessairement limitée, de quelques aspects de l'histoire géologique, puis celle des changements intervenus lors d'une des crises du monde vivant (la crise crétacé-paléocène) mettent en place les conditions et le cadre changeants de l'évolution, dont les mécanismes sont alors envisagés.

Une étude de l'évolution humaine, brièvement abordée en enseignement commun, approfondie, sur la base d'activités pratiques, en enseignement de spécialité, intéressante en elle-même, l'est aussi en ce qu'elle illustre les interactions entre évolution biologique et environnement.

1. Aspects de l'histoire et de l'évolution de la terre

(Durée : conseillée: 2 semaines).

L'exploitation des données actuellement disponibles conduit les astrophysiciens à la conception suivante :

La formation de notre univers remonte à 15 milliards d'années.

Une explosion initiale a été suivie d'une phase d'expansion qui se poursuit actuellement.

L'univers, d'abord homogène, dense et très chaud, est devenu hétérogène, avec :

la formation des éléments chimiques, atomes et molécules;

la naissance des étoiles et des planètes.

Formation de la terre et premières étapes de l'évolution de la vie.

La radioactivité de certains éléments des minéraux des roches permet de calculer leur âge absolu.

L'ensemble du système solaire, dont la terre, s'est formé il y a environ 4,5 milliards d'années. Constituée progressivement par accréation, la terre s'est différenciée en enveloppes concentriques selon la densité de ses constituants.

Un dégazage de la planète, la condensation de l'eau, donnent naissance à l'hydrosphère et à une atmosphère dépourvue de dioxygène mais riche en dioxyde de carbone.

Quelle qu'en soit l'origine (terrestre ou extra-terrestre), la terre primitive était riche en molécules prébiotiques. Le mécanisme du passage de ces molécules à la cellule est encore très problématique.

L'apparition des premiers êtres vivants - probablement des bactéries - attestée notamment par les roches auxquelles ils ont donné naissance, a lieu dans l'hydrosphère.

Le dioxyde de carbone atmosphérique est progressivement fixé par les êtres vivants. La photosynthèse apparaît et produit du dioxygène, d'abord fixé dans les roches puis libéré dans l'atmosphère. La composition de celle-ci est ainsi modifiée.

~~Une partie du dioxygène libéré forme de l'ozone, constituant progressivement en haute atmosphère une couche qui protège les êtres vivants des rayons ultraviolets à courte longueur d'onde.~~

~~L'augmentation du taux atmosphérique de dioxygène jusqu'au niveau actuel permet la respiration aérienne.~~

~~Une liaison étroite existe entre les premiers stades de l'évolution des êtres vivants et les modifications de l'atmosphère terrestre.~~

La reconstitution de l'histoire géologique.

~~La dynamique des masses continentales.~~

~~Du fait de la dynamique du globe, les masses continentales ont occupé des positions différentes au cours des temps géologiques.~~

~~L'étude du paléomagnétisme, associée à d'autres méthodes, permet d'établir leur position à une époque donnée.~~

~~Les déplacements relatifs des continents, rassemblés ou séparés, modifient les circulations océaniques et atmosphériques, les climats, les biotopes et la répartition des êtres vivants.~~

~~* Les roches, produits et témoins du temps.~~

Les déplacements relatifs des masses continentales créent de nouvelles conditions thermodynamiques qui induisent des déformations et la genèse de nouveaux minéraux.

L'étude des fossiles stratigraphiques renseigne sur l'âge des roches et sur la chronologie des phénomènes.

Les minéraux des roches reflètent les conditions thermodynamiques qui ont présidé à leur formation.

L'étude de la durée ou de la vitesse actuelle des phénomènes permet d'appréhender la durée des événements géologiques anciens.

2 - Changements géologiques et modifications de la biosphère.

(Exemple: la crise crétacé-paléocène, durée conseillée: deux à trois semaines.)

Disparition, apparition, expansion et diversification des espèces et des groupes ; crises et coupures géologiques.

Des espèces disparaissent, d'autres apparaissent en permanence.

Des périodes de crises sont marquées par des extinctions massives d'espèces et de groupes systématiques, attestées par l'absence de fossiles correspondant dans les strates plus jeunes. Ces crises sont utilisées pour marquer des coupures dans les temps géologiques.

La crise crétacé-paléocène est marquée par la disparition totale, il y a 65 millions d'années, des dinosaures, ammonites, de la majorité des espèces du plancton marin. On a fait de cette crise la limite entre les ères secondaire et tertiaire.

Certaines formes, familles, genres, espèces (insectes, foraminifères, reptiles, poissons, mammifères, plantes à fleurs...) survivent à la crise. Ils se diversifient très rapidement dès le début du tertiaire (apparition, par exemple, des premiers primates) en occupant à nouveau toutes les niches écologiques.

** Des causes géologiques en discussion.*

Des modifications brutales des conditions physico-chimiques de la planète (climats, pluies acides, éclaircissement...) ont accompagné les disparitions et changements dans la faune et la flore, à la limite mésozoïque-cénozoïque. Les changements physico-chimiques et les changements biologiques sont attribués à des causes géologiques en discussion (impact d'un ou plusieurs astéroïdes, volcanisme paroxystique...). Les arguments développés s'appuient sur des datations de roches, des observations et des études de fossiles et de microfossiles, d'affleurements, de minéraux, d'éléments chimiques, ainsi que sur le paléomagnétisme et la reconstitution du mouvement des plaques.

3. L'évolution de la vie

(Durée conseillée: trois à quatre semaines).

Relations de parenté entre les êtres vivants.

L'échelle stratigraphique, couplée avec les mesures de radioactivité, permet de connaître le cadre temporel de l'évolution de la vie.

Unité et diversité du monde vivant ; explication des faits observés.

L'évolution est la seule explication scientifique qui rende compte des constats: unité, diversité du monde vivant et changements ayant eu lieu au cours des temps géologiques.

L'évolution implique une filiation entre les espèces; les espèces actuelles dérivent d'ancêtres communs plus ou moins éloignés dans le temps; une origine commune à toutes les espèces est hautement probable.

Etablissement de phylogénies.

Des relations de parenté entre les êtres vivants peuvent être proposées à partir de l'étude de caractéristiques morphologiques, anatomiques et embryologiques d'organismes actuels et fossiles.

La recherche des parentés s'appuie également sur des comparaisons, au niveau moléculaire, de séquences de gènes homologues ou de produits de l'expression de ces gènes.

La prise en compte des résultats obtenus par ces diverses méthodes contribue à établir des phylogénies.

Mécanismes de l'évolution.

Innovation génétique, conservation de l'innovation génétique.

Des accidents génétiques sont source d'innovations :

Les mutations jouent un rôle fondamental et sont à l'origine des différents allèles d'un gène; typiquement spontanées, non orientées, elles interviennent avec une faible fréquence mais peuvent toucher de nombreux gènes et devenir plus nombreuses sous l'influence de certains facteurs du milieu.

Des duplications géniques peuvent intervenir et une évolution divergente des duplicata produits peut expliquer l'apparition de gènes nouveaux.

Des gènes nouveaux peuvent aussi résulter de la duplication et de la réassociation de fragments de gènes préexistants.

La reproduction sexuée, en assurant la transmission aléatoire des allèles et gènes nouveaux, favorise les combinaisons alléliques originales.

Si certaines mutations sont neutres, d'autres s'expriment et peuvent même avoir des conséquences importantes, surtout si ce sont des gènes du développement qui sont touchés. Les innovations génétiques peuvent se traduire ou non dans le phénotype.

La sélection naturelle, s'exerçant sur des populations soumises à des conditions de milieu différentes, privilégie la conservation des allèles ou associations alléliques favorables dans les conditions écologiques du moment.

~~Isolement reproductif et spéciation.~~

~~La spéciation ou naissance d'espèces nouvelles à partir d'une espèce mère implique l'isolement reproductif entre des populations de l'espèce mère considérée.~~

~~L'isolement reproductif, donc la spéciation, peut résulter de modifications génétiques indépendantes du milieu, ou d'une divergence génétique lors de la séparation géographique de populations de la même espèce.~~

4. Evolution biologique et changement de l'environnement : la lignée humaine

(Durée conseillée: 2 semaines).

L'hominisation.

L'hominisation est l'acquisition progressive des caractéristiques morphologiques et culturelles de la lignée humaine, ainsi que du langage.

Les caractères morphologiques, anatomiques, culturels qui distinguent l'homme se sont mis en place à travers l'individualisation rapide de formes humaines: certains australopithèques, homo habilis, homo erectus, homo sapiens.

Les aspects chromosomiques de l'hominisation.

Une grande parenté existe entre le matériel génétique de l'homme actuel et celui des singes anthropomorphes. Elle induit l'idée qu'il existe entre eux des relations phylogéniques.

~~Une modification de certains gènes de régulation, en relation avec des changements d'habitat, pourrait être intervenue dans l'évolution humaine.~~

~~* Evolution humaine et environnement.~~

~~Des méthodes d'étude permettent de reconstituer les paléoenvironnements dans lesquels la lignée humaine a évolué au quaternaire.~~

~~L'homme contribue aux modifications actuelles de l'atmosphère, de l'hydrosphère, de la lithosphère et de la biosphère. Elles sont, en partie, limitées par l'effet tampon des grandes masses des enveloppes superficielles.~~