

Annexe

## **Programme de sciences de la vie et de la Terre de terminale générale**

---

### **Sommaire**

#### **Préambule**

Les objectifs de l'enseignement des SVT au lycée

Mise en œuvre du programme

Le numérique et les SVT

Liens avec les autres disciplines scientifiques

Enseignement de spécialité de SVT et épreuve orale terminale

Compétences travaillées

#### **Thématiques étudiées**

La Terre, la vie et l'organisation du vivant

Enjeux planétaires contemporains

Corps humain et santé

## Préambule

### Les objectifs de l'enseignement des sciences de la vie et de la Terre au lycée

L'enseignement des sciences de la vie et de la Terre (SVT) au lycée vise à dispenser une formation scientifique solide préparant à l'enseignement supérieur. Dans le prolongement du collège, il poursuit la formation civique des élèves. À partir de bases générales établies en seconde, les enseignements de spécialité des classes de première et terminale conduisent à des approfondissements, à des approches complémentaires et à des généralisations ainsi qu'à une pratique de méthodes et de raisonnements scientifiques plus aboutis. Discipline en prise avec l'évolution rapide des connaissances et des technologies, les SVT permettent à la fois la compréhension d'objets et de méthodes scientifiques et l'éducation en matière d'environnement, de santé, de sécurité, contribuant ainsi à la formation des futurs citoyens.

L'enseignement de spécialité en classe terminale concerne les élèves ayant confirmé ce choix parmi les trois spécialités suivies en classe de première. À ce titre, dans le cadre des six heures hebdomadaires et dans une logique d'exigence disciplinaire et de préparation à l'enseignement supérieur, les élèves sont amenés à approfondir leurs connaissances et à développer un solide niveau de compétences.

Dans ses programmes, la discipline porte trois objectifs majeurs :

- renforcer la maîtrise de connaissances validées scientifiquement et de modes de raisonnement propres aux sciences et, plus généralement, assurer l'acquisition d'une culture scientifique assise sur les concepts fondamentaux de la biologie et de la géologie ;
- participer à la formation de l'esprit critique et à l'éducation civique en appréhendant le monde actuel et son évolution dans une perspective scientifique ;
- préparer les élèves qui choisiront une formation scientifique à une poursuite d'études dans l'enseignement supérieur et, au-delà, aux métiers auxquels elle conduit.

Pour atteindre ces objectifs, les programmes de SVT du cycle terminal sont organisés en trois grandes thématiques (chacune déclinée en plusieurs thèmes) :

#### **La Terre, la vie et l'évolution du vivant**

La science construit, à partir de méthodes de recherche et d'analyse rigoureuses fondées sur l'observation de la Terre et du monde vivant, une explication cohérente de leur état, de leur fonctionnement et de leur histoire.

#### **Enjeux contemporains de la planète**

Les élèves appréhendent les grands enjeux auxquels l'humanité sera confrontée au XXI<sup>e</sup> siècle, ceux de l'environnement, du développement durable, de la gestion des ressources et des risques... Pour cela ils s'appuient sur les démarches scientifiques de la biologie et des géosciences.

#### **Le corps humain et la santé**

Les thèmes retenus permettent aux élèves de mieux appréhender le fonctionnement de leur organisme et de saisir comment la santé se définit aujourd'hui dans une approche globale intégrant l'individu dans son environnement et prenant en compte les enjeux de santé publique.

Dans ces trois thématiques, l'exercice de l'esprit critique est particulièrement nécessaire face à la quantité croissante de mises en question des apports des sciences.

Ces trois thématiques permettent également aux élèves de découvrir les métiers liés aux sciences fondamentales (recherche, enseignement), les métiers actuels ou émergents dans

les sciences de l'environnement et du développement durable, en géosciences, en gestion des ressources et des risques, ainsi que les métiers liés aux domaines de la santé et du sport.

Comme tous les enseignements, cet enseignement de spécialité contribue au développement des compétences orales à travers notamment la pratique de l'argumentation. Celle-ci conduit à préciser sa pensée et à expliciter son raisonnement de manière à convaincre. Elle permet à chacun de faire évoluer sa pensée, jusqu'à la remettre en cause si nécessaire, pour accéder progressivement à la vérité par la preuve. Elle prend un relief particulier pour ceux qui choisiront de préparer l'épreuve orale terminale du baccalauréat en l'adossant à cet enseignement de spécialité.

## Mise en œuvre du programme

Le programme est conçu pour laisser une large part à l'initiative du professeur et/ou de l'équipe disciplinaire, et ainsi préserver leur liberté pédagogique qui porte sur :

- les modalités didactiques ;
- l'ordre dans lequel seront étudiés les thèmes et introduites les notions ;
- les exemples choisis ;
- le degré d'approfondissement pour aborder tel ou tel sujet, tout en préservant la logique d'un traitement équilibré du programme.

Le programme détermine les connaissances et les compétences que les élèves doivent acquérir pour réussir dans leur poursuite d'études, quelle qu'elle soit. Les activités expérimentales occupent une place centrale en SVT : pour répondre à un problème scientifique, l'élève examine la validité d'une hypothèse par la mise au point d'un protocole ; il confronte les résultats de l'expérience aux attentes théoriques ou à un modèle. Les études et prélèvements sur le terrain favorisent les apprentissages : les élèves mettent en œuvre des stratégies d'observation, d'échantillonnage, de recueil de données, qu'ils peuvent ensuite traiter avec des outils d'analyse. Activités expérimentales et sorties favorisent l'éducation à la sécurité et aux risques par le respect des règles de sécurité indispensables.

## Le numérique et les SVT

Les SVT requièrent l'usage des outils numériques généralistes (Internet, tableurs) et le recours à l'expérimentation assistée par ordinateur, qui peut se prolonger par l'exploitation de capteurs connectés à des microcontrôleurs programmables. Elles doivent aussi développer de nouvelles compétences numériques chez les élèves : l'usage des bases de données scientifiques, de systèmes d'informations géoscientifiques, de la modélisation numérique, de la programmation, des calculs quantitatifs, voire de la réalité virtuelle et de la réalité augmentée. Ce sont autant de possibilités offertes aux lycéens de manipuler les outils actuels des sciences du vivant et de la Terre, qui leur ouvrent de nouvelles perspectives de formation, comme la bio-informatique ou l'exploitation de données.

Une formation scientifique développe les compétences d'analyse critique pour permettre aux élèves de vérifier les sources d'information et leur légitimité, puis de distinguer les informations fiables. Ces démarches sont particulièrement importantes en SVT, qui font souvent l'objet de publications « pseudo-scientifiques », voire idéologiques : les professeurs de SVT contribuent à l'éducation des élèves aux médias et à l'information par un travail régulier d'approche critique des informations.

## Liens avec les autres disciplines scientifiques

Les SVT intègrent naturellement dans leurs pratiques les acquis des autres disciplines scientifiques, en particulier la physique-chimie et l'informatique, et utilisent les concepts et

outils mathématiques. Le programme mobilise les apports de ces disciplines dans d'autres contextes, au nom d'autres usages et d'autres intérêts. Une attention particulière doit être portée à la cohérence du vocabulaire scientifique employé d'une discipline à l'autre.

## Enseignement de spécialité de SVT et épreuve orale terminale

Toutes les thématiques traitées par l'enseignement de spécialité se prêtent à l'élaboration de projets que les élèves peuvent présenter lors de l'épreuve orale terminale. Ces projets peuvent adopter des approches variées, par exemple l'approfondissement d'un concept scientifique (par une approche bibliographique ou expérimentale, par un travail historique sur l'émergence de ce concept...), l'identification des applications pratiques (en santé, alimentation, énergie...) qui sont liées à telle ou telle découverte scientifique, les implications éthiques ou sociétales de tel ou tel savoir scientifique.

Les élèves peuvent, avec l'aide de leur professeur, exploiter les capacités données à titre d'exemple dans le programme pour enrichir leurs projets.

## Compétences travaillées

| Compétences  | Quelques exemples de capacités associées  |
|--|---|
| Pratiquer des démarches scientifiques                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Formuler et résoudre une question ou un problème scientifique.</li> <li>- Concevoir et mettre en œuvre des stratégies de résolution.</li> <li>- Observer, questionner, formuler une hypothèse, en déduire ses conséquences testables ou vérifiables, expérimenter, raisonner avec rigueur, modéliser, argumenter.</li> <li>- Interpréter des résultats et en tirer des conclusions.</li> <li>- Comprendre le lien entre les phénomènes naturels et le langage mathématique.</li> <li>- Comprendre qu'un effet peut avoir plusieurs causes.</li> <li>- Discerner, dans la complexité apparente des phénomènes observables, des éléments et des principes fondamentaux.</li> <li>- Distinguer ce qui relève d'une croyance ou d'une opinion et ce qui constitue un savoir scientifique.</li> </ul> |
| Concevoir, créer, réaliser                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Identifier et choisir des notions, des outils et des techniques, ou des modèles simples pour mettre en œuvre une démarche scientifique.</li> <li>- Concevoir et mettre en œuvre un protocole.</li> </ul>   |
| Utiliser des outils et mobiliser des méthodes pour apprendre | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Planifier et organiser son travail.</li> <li>- Garder trace de ses recherches (à l'oral et à l'écrit) et mémoire de ses acquis précédents.</li> <li>- Recenser, extraire, organiser et exploiter des informations à partir de documents en citant ses sources, à des fins de connaissance et pas seulement d'information.</li> <li>- Coopérer et collaborer dans le cadre de démarches de projet.</li> </ul>   |

|   |  |
|---|--|
| <p>Pratiquer des langages</p>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Communiquer sur ses démarches, ses résultats et ses choix, en argumentant.</li> <li>- Communiquer dans un langage scientifiquement approprié : oral, écrit, graphique, numérique.</li> </ul> <p>Utiliser des outils numériques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- conduire une recherche d'informations sur internet pour répondre à une question ou pour résoudre un problème scientifique, en choisissant des mots-clés pertinents, et en évaluant la fiabilité des sources et la validité des résultats ;</li> <li>- utiliser des logiciels d'acquisition, de simulation et de traitement de données.</li> </ul> |
| <p>Adopter un comportement éthique et responsable</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Identifier les impacts (bénéfiques et nuisances) des activités humaines sur l'environnement à différentes échelles.</li> <li>- Fonder sur des arguments scientifiques ses choix de comportement vis-à-vis de la santé ou de l'environnement.</li> <li>- Comprendre les responsabilités individuelle et collective en matière de préservation des ressources de la planète (biodiversité, ressources minérales et ressources énergétiques) et de santé.</li> <li>- Participer à l'élaboration de règles de sécurité et les appliquer au laboratoire et sur le terrain.</li> </ul>  |

## Thématiques étudiées

Pour chaque tableau, **la colonne de gauche mentionne**, d'une part, **les connaissances** (en caractères droits) qui doivent être acquises par l'élève et, d'autre part, **les notions fondamentales** (en italiques) qui doivent être connues par l'élève à l'issue de la formation.

Elles recouvrent des notions qui n'ont pas été placées explicitement dans le programme pour de simples questions d'écriture et d'aisance de lecture, mais qui doivent être connues des élèves.

**La colonne de droite indique les capacités et attitudes** qui peuvent être mises en œuvre pour travailler l'item décrit. Elle donne des pistes aux professeurs pour développer les compétences attendues et décrites plus bas. Des activités sont parfois proposées à seul titre d'exemples.

## La Terre, la vie et l'organisation du vivant

### • Génétique et évolution

Cette partie s'inscrit dans une logique d'approfondissement des acquis des années précédentes, notamment des concepts de biodiversité et d'évolution. Dès la classe de seconde, la diversité génétique et les processus évolutifs ont été abordés dans le contexte de la biodiversité. En classe de première, les mécanismes à l'origine des mutations ont été identifiés, ainsi que leurs effets sur la santé humaine. En classe terminale, il s'agit de comprendre comment la reproduction sexuée forme des génomes individuels et contribue à la diversification du vivant, aux côtés d'autres processus génétiques et non génétiques. L'élève consolide ses acquis en génétique et découvre les techniques qui aboutissent à la connaissance du génome de chaque individu. Il comprend que l'hérédité n'est pas exclusivement liée à l'ADN.

| Connaissances  | Capacités, attitudes  |
|--|---|
| <b>L'origine du génotype des individus</b>   |   |
| <p><b>La conservation des génomes : stabilité génétique et évolution clonale</b></p> <p>En enseignement de spécialité de la classe de première, les élèves ont appris que la succession de mitoses produit un clone, c'est-à-dire un ensemble de cellules, toutes génétiquement identiques, aux mutations près. Ces clones sont constitués de cellules séparées (cas des nombreuses bactéries ou de nos cellules sanguines) ou associées de façon stable (cas des tissus solides). En l'absence d'échanges génétiques avec l'extérieur, la diversité génétique dans un clone résulte de l'accumulation de mutations successives dans les différentes cellules. Tout accident génétique irréversible (perte de gène par exemple) devient pérenne pour toute la lignée (sous-clone) qui dérive du mutant.</p> <p><b>Le brassage des génomes à chaque génération : la reproduction sexuée des eucaryotes</b></p> <p>La fécondation entre gamètes haploïdes rassemble, dans une même cellule diploïde, deux génomes d'origine indépendante apportant chacun un lot d'allèles. Chaque paire d'allèles résultant est constituée de deux allèles identiques (homozygotie) ou de deux allèles différents (hétérozygotie).</p> <p>En fin de méiose, chaque cellule produite reçoit un seul des deux allèles de chaque paire avec une probabilité équivalente. Pour deux paires d'allèles, quatre combinaisons d'allèles sont possibles, équiprobables ou non en cas de gènes liés.</p> <p>Le nombre de combinaisons génétiques possibles dans les gamètes est d'autant plus élevé que le nombre de gènes à l'état hétérozygote est plus grand chez les parents.</p> | <p>Comprendre la notion de clone à partir de divers exemples tirés de l'agriculture ou du domaine de la santé (cellules cancéreuses, lymphocytes B producteurs d'un seul anticorps, clones bactériens).</p> <p>En fonction du nombre de cellules de l'organisme humain, estimer le nombre théorique de mutations (connaissant le nombre moyen de mutations à chaque division cellulaire) qui surviennent dans l'organisme humain, lors de son développement.</p> <p>Extraire et organiser des informations sur les mutations et leurs effets phénotypiques, notamment sur un site régulateur de l'expression d'un gène.</p> <p>Extraire et organiser des informations sur l'élaboration des lois de Mendel.</p> <p>Comprendre les relations de dominance / récessivité en fonction de l'équipement chromosomique chez les diploïdes (par exemple sur le système ABO, et/ou les gènes de la globine).</p> <p>Schématiser les conséquences de</p> |



**Comprendre les résultats de la reproduction sexuée : principes de base de la génétique**

L'analyse génétique peut se fonder sur l'étude de la transmission héréditaire des caractères observables (phénotype) dans des croisements issus le plus souvent de lignées pures (homozygotes) et ne différant que par un nombre limité de caractères.

Dans le cas de l'espèce humaine, l'identification des allèles portés par un individu s'appuie d'abord sur une étude au sein de la famille, en appliquant les principes de transmission héréditaire des caractères.

Le développement des techniques de séquençage de l'ADN et les progrès de la bioinformatique donnent directement accès au génotype de chaque individu comme à ceux de ces ascendants et descendants. L'utilisation de bases de données informatisées permet d'identifier des associations entre certains gènes mutés et certains phénotypes.

**Les accidents génétiques de la méiose**

Des anomalies peuvent survenir au cours de la méiose : *crossing-over* inégal ; migrations anormales de chromatides au cours des divisions de méiose... Ces accidents, souvent létaux, engendrent parfois une diversification importante des génomes et jouent un rôle essentiel dans l'évolution biologique (familles multigéniques, barrières entre populations...).

**Notions fondamentales** : clone ; brassage génétique (combinaison d'allèles) inter- et intrachromosomique (*crossing-over*) au cours de la méiose ; diversité des gamètes ; stabilité des caryotypes ; distinction reproduction et sexualité ; diversification génomique.

**Objectifs** : il s'agit d'abord d'identifier les conséquences génétiques, pour les individus, des divisions cellulaires étudiées en classe de première. Cela permet aussi :

- de comprendre que la reproduction sexuée garantit l'émergence de nouveaux génomes chez les êtres vivants, en tolérant des erreurs (qui deviennent des innovations) au sein d'espèces vivantes de plus en plus complexes à l'échelle des temps géologiques ;
- d'acquérir les principes de bases de l'analyse génétique sur des exemples simples.

la méiose pour deux paires d'allèles portés par deux chromosomes différents ou par un même chromosome.

Interpréter des résultats de croisements avec transmission de deux paires d'allèles (liés ou non entre eux), portés ou pas par les chromosomes sexuels.

Recenser et comparer des séquences d'ADN sur des trios père / mère / enfant permettant d'analyser la présence de mutations nouvelles.

Recenser des informations sur les nombreux mutants du gène de la mucoviscidose et les analyses prédictives qui peuvent être conduites.

Schématiser les mécanismes expliquant certaines anomalies chromosomiques après méiose et fécondation.

**Précisions** : on s'appuie sur l'exemple de l'être humain ou sur ceux d'organismes eucaryotes modèles en génétique parmi les animaux, les plantes ou les ascomycètes. On ne traite pas d'exemples de croisement génétique pour plus de deux paires d'allèles.

**Liens** : SVT – enseignement de spécialité en classe de première : mitose et méiose ; mutations ; variation génétique et santé.

### La complexification des génomes : transferts horizontaux et endosymbioses

L'universalité de l'ADN et l'unicité de sa structure dans le monde vivant autorisent des échanges génétiques entre organismes non nécessairement apparentés.

Des échanges de matériel génétique, hors de la reproduction sexuée, constituent des transferts horizontaux. Ils se font par des processus variés (vecteurs viraux, conjugaison bactérienne...).

Les transferts horizontaux sont très fréquents et ont des effets très importants sur l'évolution des populations et des écosystèmes. Les pratiques de santé humaine sont concernées (propagation des résistances aux antibiotiques).

Les endosymbioses transmises entre générations, fréquentes dans l'histoire des eucaryotes, jouent un rôle important dans leur évolution. Le génome de la cellule (bactérie ou eucaryote) intégré dans une cellule hôte régresse au cours des générations, certains de ses gènes étant transférés dans le noyau de l'hôte. Ce processus est à l'origine des mitochondries et des chloroplastes, organites contenant de l'ADN.

**Notions fondamentales** : transferts génétiques horizontaux versus verticaux, endosymbiose, hérédité cytoplasmique, phylogénies.

**Objectifs** : il s'agit de comprendre ici que des mécanismes non liés à la reproduction sexuée enrichissent les génomes de tous les êtres vivants.

Étudier des expériences historiques mettant en évidence la transformation bactérienne.

Comprendre comment la connaissance des mécanismes des transferts horizontaux permet des applications

biotechnologiques (notamment la production de molécules d'intérêt dans les lignées bactériennes).

Recenser des informations attestant l'existence de transferts horizontaux de gènes dans l'histoire du génome humain.

Extraire et organiser des informations d'un arbre phylogénétique pour identifier l'importance des transferts horizontaux.

Mettre en œuvre une méthode permettant de comprendre les arguments qui ont conduit à considérer que les organites énergétiques sont issus de symbioses dans la lignée des eucaryotes.

**Précisions** : on se limite aux eubactéries. L'exemple de la transformation bactérienne est privilégié pour illustrer les transferts horizontaux ; l'existence d'autres mécanismes peut ensuite être évoquée. Les mécanismes au niveau cytotologique et moléculaire ne sont pas développés.

**Liens** : SVT – classe de seconde : la cellule différenciée ; les organites.

### L'inéluctable évolution des génomes au sein des populations

Dans les populations eucaryotes à reproduction sexuée, le modèle théorique de Hardy-Weinberg prévoit la stabilité des fréquences relatives des allèles dans une population. Mais, dans les populations réelles, différents facteurs empêchent d'atteindre cet équilibre théorique : l'existence de mutations, le caractère favorable ou défavorable de celles-ci, la taille limitée d'une population (effets de la dérive génétique), les migrations et les préférences sexuelles.

Les populations sont soumises à la sélection naturelle et à la dérive génétique. À cause de l'instabilité de l'environnement biotique et abiotique, une différenciation génétique se produit obligatoirement au cours du temps. Cette différenciation peut conduire à limiter les échanges réguliers de gènes entre différentes populations. Toutes les espèces apparaissent donc comme des ensembles

Comprendre et identifier les facteurs éloignant de l'équilibre théorique de Hardy-Weinberg, notamment l'appariement non-aléatoire, la sélection, la population finie (dérive).

Extraire, organiser et exploiter des informations sur l'évolution de fréquences alléliques dans des populations.

Questionner la notion d'espèce en s'appuyant sur les apports modernes du séquençage de l'ADN.



|  |   |
|--|---|
| <p>hétérogènes de populations, évoluant continuellement dans le temps.</p> <p><b>Notions fondamentales</b> : mutation, sélection, dérive, évolution.</p> <p><b>Objectifs</b> : il s'agit avant tout de mobiliser les acquis des élèves sur les mécanismes de l'évolution et de comprendre, en s'appuyant sur des exemples variés, que ces mécanismes concernent toutes les populations vivantes.</p>   |   |
| <p><b>Précisions</b> : les conditions d'applications du modèle de Hardy-Weinberg sont mobilisées en lien avec l'enseignement scientifique. Une espèce peut être considérée comme une population d'individus suffisamment isolée génétiquement des autres populations.</p> <p><b>Liens</b> : SVT – classe de seconde : biodiversité ; enseignement scientifique de la classe terminale : loi de Hardy-Weinberg.</p>   |   |
| <p><b>D'autres mécanismes contribuent à la diversité du vivant</b></p>   |   |
| <p>La diversification phénotypique des êtres vivants n'est pas uniquement due à la diversification génétique. D'autres mécanismes interviennent :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- associations non héréditaires (pathogènes ou symbiotes ; cas du microbiote acquis) ;</li> <li>- recrutement de composants inertes du milieu qui modulent le phénotype (constructions, parures...).</li> </ul> <p>Chez certains animaux, les comportements acquis peuvent être transmis d'une génération à l'autre et constituer une source de diversité : ainsi du chant des oiseaux, de l'utilisation d'outils dans des populations animales, de la culture notamment dans les sociétés humaines. Ces traits sont transmis entre contemporains et de génération en génération, et subissent une évolution (apparition de nouveaux traits, qui peuvent être sélectionnés, contre-sélectionnés ou perdus par hasard).</p> <p><b>Notions fondamentales</b> : hérédité non fondée sur l'ADN, transmission et évolution culturelles.</p> <p><b>Objectifs</b> : il s'agit de comprendre, en s'appuyant sur des exemples variés dans le monde vivant, que la diversification des êtres vivants n'est pas toujours liée à une diversification génétique ou à une transmission d'ADN.</p> | <p>Étudier un exemple de diversification du vivant sans modification du génome.</p> <p>Extraire, organiser et exploiter des informations pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- appréhender la notion de phénotype étendu ;</li> <li>- appréhender la notion d'évolution culturelle et ses liens avec celle d'évolution biologique.</li> </ul> |
| <p><b>Précisions</b> : un traitement exhaustif des mécanismes possibles n'est pas attendu.</p> <p><b>Liens</b> : SVT – enseignement de spécialité de la classe terminale : de la plante sauvage à la plante domestiquée.</p>   |   |

• **À la recherche du passé géologique de notre planète**

L'enseignement de spécialité en classe de première a permis aux élèves de découvrir les principaux aspects de la dynamique terrestre en étudiant la structure du globe et quelques caractéristiques de la mobilité horizontale de la lithosphère. Ils ont ainsi acquis une compréhension globale de la dynamique terrestre.

Le programme de la classe terminale vise à renforcer cette compréhension des géosciences en développant, dans une première partie, la dimension temporelle des études géologiques. Il importe de comprendre comment un objet géologique, quelles que soient ses dimensions, témoigne d'une histoire que l'on peut reconstituer par l'application de méthodes chronologiques. Cette étude temporelle permet de comprendre comment a été établie l'échelle internationale des temps géologiques et combien l'histoire de la Terre et l'histoire de la vie sont indissociables. Les dimensions spatiale et temporelle sont présentes dans l'étude des paléogéographies de la Terre. Les traces des mobilités tectoniques passées sont alors découvertes et interprétées. Elles conduisent à une compréhension plus précise des grands objets de la géologie mondiale.

Les élèves sont invités à s'appuyer sur des données de terrain obtenues lors d'une sortie (identification de relations géométriques à l'échelle des affleurements, observation de complexes ophiolitiques, analyse de structures tectoniques d'extension...).

| Connaissances  | Capacités, attitudes   |
|--|--|
| <b>Le temps et les roches</b>  |  |
| <p><b>La chronologie relative</b></p> <p>Les relations géométriques (superposition, recoupement, inclusion) permettent de reconstituer la chronologie relative de structures ou d'événements géologiques de différentes natures et à différentes échelles d'observation.</p> <p>Les associations de fossiles stratigraphiques, fossiles ayant évolué rapidement et présentant une grande extension géographique, sont utilisées pour caractériser des intervalles de temps.</p> <p>L'identification d'associations fossiles identiques dans des régions géographiquement éloignées permet l'établissement de corrélations temporelles entre formations.</p> <p>Les coupures dans les temps géologiques sont établies sur des critères paléontologiques : l'apparition ou la disparition de groupes fossiles.</p> <p>La superposition des intervalles de temps, limités par des coupures d'ordres différents (ères, périodes, étages), aboutit à l'échelle stratigraphique.</p> <p><b>La chronologie absolue</b></p> <p>La désintégration radioactive est un phénomène continu et irréversible ; la demi-vie d'un élément radioactif est caractéristique de cet élément.</p> <p>La quantification de l'élément père radioactif et de l'élément fils radiogénique permet de déterminer l'âge</p> | <p>Utiliser les relations géométriques pour établir une succession chronologique d'événements à partir d'observations à différentes échelles et sur différents objets (lames minces observées au microscope, affleurements, cartes géologiques).</p> <p>Observer une succession d'associations fossiles différentes dans une formation géologique et comprendre comment est construite une coupure stratigraphique (par exemple par l'étude des successions d'ammonites, de trilobites ou de foraminifères).</p> <p>Comprendre les modalités de construction de l'échelle stratigraphique ; discuter les fondements et la validité des différents niveaux de coupures.</p> <p>Observer les auréoles liées à la désintégration de l'uranium dans les zircons au sein des biotites.</p> <p>Mobiliser les bases physiques de la désintégration radioactive.</p> |

|   |   |
|---|---|
| <p>des minéraux constitutifs d'une roche.</p> <p>Différents chronomètres sont classiquement utilisés en géologie. Ils se distinguent par la période de l'élément père.</p> <p>Le choix du chronomètre dépend de l'âge supposé de l'objet à dater, qui peut être appréhendé par chronologie relative.</p> <p>Les datations sont effectuées sur des roches magmatiques ou métamorphiques, en utilisant les roches totales ou leurs minéraux isolés.</p> <p>L'âge obtenu est celui de la fermeture du système considéré (minéral ou roche). Cette fermeture correspond à l'arrêt de tout échange entre le système considéré et l'environnement (par exemple quand un cristal solide se forme à partir d'un magma liquide). Des températures de fermeture différentes pour différents minéraux expliquent que des mesures effectuées sur un même objet tel qu'une roche, avec différents chronomètres, puissent fournir des valeurs différentes.</p> <p><b>Notions fondamentales</b> : chronologie, principes de datations relative et absolue, fossiles stratigraphiques, chronomètres.</p> <p><b>Objectifs</b> : les élèves appréhendent les méthodes du géologue pour construire une chronologie des objets étudiés. Ils comprennent la pertinence des méthodes employées en fonction du contexte géologique et identifient les limites d'utilisation des différentes stratégies de datation. Ils approfondissent les méthodes qu'ils ont acquises dans les classes précédentes, notamment l'exploitation des supports pétrographiques (échantillons, lames minces) et cartographiques. Ils font un nouvel usage de la carte de France au 1/10<sup>6</sup>, articulé sur les données chronologiques.</p> | <p>Identifier les caractéristiques (demi-vie ; distribution) de quelques chronomètres reposant sur la décroissance radioactive, couramment utilisés dans la datation absolue : Rb/Sr, K/Ar, U/Pb.</p> <p>Comprendre le lien, à partir d'un exemple, entre les conditions de fermeture du système (cristallisation d'un magma, ou mort d'un organisme vivant) et l'utilisation de chronomètres différents.</p> <p>Extraire des informations à partir de cartes géologiques ; utiliser les apports complémentaires de la chronologie relative et de la chronologie absolue pour reconstituer une histoire géologique.</p> |
| <p><b>Précisions</b> : la connaissance de l'échelle stratigraphique internationale n'est pas attendue. On se limite en chronologie absolue à l'étude des roches magmatiques pour laquelle la fermeture du système est due à l'abaissement de la température au-delà d'un certain seuil. L'étude des principes physiques de la désintégration des éléments radioactifs servant aux datations et les développements mathématiques permettant de déterminer l'âge des roches ne sont pas exigibles.</p> <p><b>Liens</b> : programme d'enseignement scientifique en classe de première. Programme de physique-chimie en classe terminale.</p>   |   |
| <p><b>Les traces du passé mouvementé de la Terre</b></p>  |   |
| <p><b>Des domaines continentaux révélant des âges variés</b></p> <p>Les continents associent des domaines d'âges différents. Ils portent des reliquats d'anciennes chaînes de montagnes (ou ceintures orogéniques) issues de cycles orogéniques successifs.</p>   | <p>Observer la carte géologique mondiale afin d'identifier quelques ceintures orogéniques.</p> <p>Recenser et organiser les informations chronologiques sur</p>   |

|   |   |
|---|---|
| <p><b>La recherche d'océans disparus</b></p> <p>Les ophiolites sont des roches de la lithosphère océanique. La présence de complexes ophiolitiques formant des sutures au sein des chaînes de montagnes témoigne de la fermeture de domaines océaniques, suivie de la collision de blocs continentaux par convergence de plaques lithosphériques.</p> <p>L'émergence d'ophiolites résulte de phénomènes d'obduction ou de subduction, suivis d'une exhumation.</p> <p><b>Les marques de la fragmentation continentale et de l'ouverture océanique</b></p> <p>Les marges passives bordant un océan portent des marques de distension (failles normales et blocs basculés) qui témoignent de la fragmentation initiale avant l'accrétion océanique.</p> <p>Les stades initiaux de la fragmentation continentale correspondent aux rifts continentaux.</p> <p>La dynamique de la lithosphère détermine ainsi différentes périodes paléogéographiques, avec des périodes de réunion de blocs continentaux, liées à des collisions orogéniques, et des périodes de fragmentation conduisant à la mise en place de nouvelles dorsales.</p> <p><b>Notions fondamentales</b> : cycle orogénique, ophiolites, paléogéographie.</p> <p><b>Objectifs</b> : les élèves mobilisent leurs acquis de la classe de première sur la tectonique globale actuelle (notamment les marqueurs de collision ou d'extension) pour reconstituer l'histoire géologique de la Terre et notamment sa paléogéographie.</p> | <p>les formations magmatiques et métamorphiques, figurant sur une carte de France au 10<sup>-6</sup>.</p> <p>Recenser, extraire et organiser des données de terrain ou cartographiques pour argumenter :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sur l'origine océanique d'un complexe ophiolitique (données pétrographiques et minéralogiques) ;</li> <li>- sur l'idée de suture (données cartographiques : par exemple, les Alpes ou l'Himalaya).</li> </ul> <p>Établir des corrélations entre la composition minéralogique d'une roche et les différentes conditions de pression et de température, déterminées par les contextes de subduction.</p> <p>Recenser, organiser et exploiter des données (sismiques, tectoniques, sédimentaires) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- relatives à des marges passives divergentes ;</li> <li>- relatives à un rift continental (par exemple, le rift des Afars).</li> </ul> |
| <p><b>Précisions</b> : l'étude de la diversité des ophiolites n'est pas au programme. L'exhumation des ophiolites subduites est mentionnée comme un fait mais n'est pas expliquée. Aucune notion relative à l'isostasie n'est exigée.</p> <p><b>Liens</b> : enseignement de spécialité de SVT en classe de première : dynamique de la lithosphère.</p>  |   |

## Enjeux planétaires contemporains

### • De la plante sauvage à la plante domestiquée

L'objectif de cette partie est d'étudier l'organisation fonctionnelle des plantes, leurs interactions avec le milieu et la manière dont elles se reproduisent par voie sexuée et/ou asexuée en assurant à cette occasion leur dissémination. L'étude de la morphogenèse des plantes (on se limite aux Angiospermes) montre l'existence d'un contrôle hormonal et d'une influence environnementale. On étudie ensuite comment les plantes produisent leur matière organique et une diversité de métabolites nécessaires à leurs fonctions biologiques.

Dans un second temps, cette partie s'intéresse aux plantes cultivées, un enjeu majeur pour l'humanité qui utilise les plantes comme base de son alimentation et dans des domaines variés. Sans chercher l'exhaustivité, il s'agit de comprendre comment l'humanité agit sur le génome et le phénotype des plantes cultivées, et d'appréhender les conséquences de ces actions sur la biodiversité végétale ainsi que sur l'évolution des populations humaines.

| Connaissances   | Capacités, attitudes   |
|---|--|
| <b>L'organisation fonctionnelle des plantes à fleurs</b>  |  |
| <p>Par diverses caractéristiques, les plantes terrestres montrent une capacité d'adaptation à la vie fixée à l'interface sol/atmosphère, dans des environnements variables.</p> <p>Les plantes développent de grandes surfaces d'échange, aériennes d'une part (optimisation de l'exposition à la lumière, source d'énergie, transferts de gaz) et souterraines d'autre part (absorption d'eau et d'ions du sol facilitée le plus souvent par des symbioses, notamment les mycorhizes).</p> <p>Des tissus conducteurs canalisent les circulations de matière dans la plante, notamment entre les lieux d'approvisionnement en matière minérale, les lieux de synthèse organique et les lieux de stockage.</p> <p>Le développement d'une plante associe croissance (multiplication cellulaire par mitoses dans les méristèmes, suivie d'élongation cellulaire) et différenciation d'organes (tiges, feuilles, fleurs, racines) à partir de méristèmes. Ce développement conduit à une organisation modulaire en phytomères, contrôlée par des hormones végétales et influencée par les conditions de milieu.</p> <p><b>Notions fondamentales</b> : organisation générale d'une plante angiosperme : tige, racine, feuille, stomates, vaisseaux conducteurs ; méristème ; multiplication et élongation, organogenèse.</p> <p><b>Objectifs</b> : il s'agit d'aboutir à une compréhension globale de la plante, de ses différents organes et de leurs fonctions. Un schéma fonctionnel synthétique permet de présenter les notions à retenir.</p> | <p>Conduire l'étude morphologique simple d'une plante commune mettant en lien structure et fonction.</p> <p>Estimer (ordre de grandeur) les surfaces d'échange d'une plante par rapport à sa masse ou son volume.</p> <p>Mettre en œuvre un protocole expérimental de localisation des zones d'élongation au niveau des parties aériennes ou souterraines.</p> <p>Étudier les surfaces d'échange des mycorhizes, associations symbiotiques entre champignons et racines de plantes, déjà observées en classe de première.</p> <p>Réaliser et observer des coupes dans des organes végétaux afin de repérer les grands types de tissus conducteurs (phloème, xylème).</p> <p>Étudier et/ou réaliser les expériences historiques sur l'action de l'auxine dans la croissance racinaire ou caulinaire.</p> <p>Établir et mettre en œuvre des protocoles montrant l'influence des conditions de milieu (lumière, gravité, vent) sur le développement de la plante.</p> |



**Précisions** : l'étude s'appuie uniquement sur l'observation d'une plante en tant qu'organisme. La connaissance de l'anatomie végétale se limite au repérage du phloème, du xylème ainsi qu'à l'indication de leurs rôles – sans mécanisme – dans les échanges entre organes de la plante. La différenciation cellulaire se limite à l'identification de cellules différenciées. La connaissance des mécanismes de la différenciation cellulaire n'est pas attendue, pas plus que l'étude de la diversité et du mode d'action des hormones végétales.

**Liens** : SVT – classe de seconde : l'organisation fonctionnelle du vivant ; enseignement de spécialité de SVT en classe de première : mycorhizes.

### La plante, productrice de matière organique

Les parties aériennes de la plante sont les lieux de production de matière organique par photosynthèse. Captée par les pigments chlorophylliens au niveau du chloroplaste, l'énergie lumineuse est convertie en énergie chimique par la photolyse de l'eau, avec libération d'O<sub>2</sub> et réduction du CO<sub>2</sub> aboutissant à la production de glucose et d'autres sucres solubles. Ceux-ci circulent dans tous les organes de la plante où ils sont métabolisés, grâce à des enzymes variées, en produits assurant les différentes fonctions biologiques dont :

la croissance et le port de la plante (cellulose, lignine) ;  
le stockage de la matière organique (saccharose, amidon, protéines, lipides) sous forme de réserves dans différents organes, qui permet notamment de résister aux conditions défavorables ou d'assurer la reproduction ;  
les interactions mutualistes ou compétitives avec d'autres espèces (anthocyanes, tanins).

**Notions fondamentales** : chloroplaste, pigments chlorophylliens, photolyse de l'eau, réduction du CO<sub>2</sub>, sève brute et sève élaborée, diversité chimique dans la plante.

**Objectifs** : on s'intéresse ici avant tout au bilan et aux produits de la photosynthèse, à leur diversité et à leur fonction dans les plantes. Les mécanismes moléculaires de la photosynthèse ne sont pas étudiés, pas plus que le détail des formules biochimiques.

Étudier et/ou mettre en œuvre des expériences historiques sur la photosynthèse.

Réaliser et observer des coupes dans des organes végétaux pour repérer une diversité de métabolites.

Mettre en évidence expérimentalement la présence d'amidon dans les chloroplastes et les amyloplastes de réserve dans des organes spécialisés (graine, fruit, tubercules...).

Mettre en œuvre une coloration afin d'identifier la lignine et la cellulose et d'analyser leur distribution.

Réaliser une chromatographie de pigments végétaux.

Extraire, organiser et exploiter des informations sur les effets antiphytophages, antibactériens ou antioxydants des tanins.

**Précisions** : les réductions d'autres substances minérales dans le chloroplaste ne sont pas exigibles. On n'attend pas ici une étude expérimentale des processus moléculaires de la photosynthèse, étude que l'on réserve aux produits de la photosynthèse.

**Liens** : enseignement de SVT en classe de seconde : métabolisme des cellules, classe de première : enseignement scientifique, respiration et apports d'énergie.

### Reproduction de la plante entre vie fixée et mobilité

Les plantes ont deux modalités de reproduction : sexuée et asexuée.

La reproduction asexuée repose sur la totipotence des cellules végétales et les capacités de croissance indéfinie des plantes, à partir de presque n'importe quelle partie du végétal (tiges, racines, feuilles).

La reproduction sexuée est assurée chez les

Mettre en œuvre un protocole de reproduction asexuée (bouturage, marcottage) ou étudier la régénération des petits fragments tissulaires en laboratoire.

Réaliser la dissection d'une fleur entomogame pour mettre en lien



|  |  |
|--|--|
| <p>Angiospermes par la fleur où se trouvent les gamètes femelles, au sein du pistil, et les grains de pollen, portés par les étamines, vecteurs des gamètes mâles. Chez certaines espèces, la fécondation des gamètes femelles par les gamètes mâles de la même fleur est possible, voire obligatoire. Dans les autres cas, elle est rendue impossible par divers mécanismes d'incompatibilité. La fécondation croisée implique une mobilité des grains de pollen d'une plante à une autre.</p> <p>Dans une majorité de cas, la pollinisation repose sur une collaboration entre plante et pollinisateur en relation avec la structure florale ; le vent peut aussi transporter le pollen. À l'issue de la fécondation, la fleur qui porte des ovules se transforme en un fruit qui renferme des graines. La graine contient l'embryon d'une future plante qu'elle protège (enveloppe résistante) et nourrit à la germination en utilisant des molécules de réserve préalablement accumulées.</p> <p>La dispersion des graines est une étape de mobilité dans la reproduction de la plante. Elle repose sur un mutualisme animal disperseur / plante et sur des agents physiques (vent, eau) ou des dispositifs spécifiques à la plante.</p> <p><b>Notions fondamentales</b> : totipotence ; clonage ; fleur : pistil, ovule végétal, étamine, pollen ; fruit ; graine ; pollinisation et dissémination par le vent ou les animaux ; coévolution.</p> <p><b>Objectifs</b> : il s'agit de présenter les éléments fondamentaux de la reproduction asexuée et sexuée des plantes angiospermes. L'étude de la fleur puis de la graine est opportunément liée à celle de la plante domestiquée.</p> | <p>structure et fonction.</p> <p>Mettre en évidence, dans l'analyse fonctionnelle d'une fleur, les relations entre une plante et un animal pollinisateur, et leurs éventuelles implications évolutives (coévolution).</p> <p>Mettre en œuvre un protocole de sciences participatives sur les relations plantes/pollinisateurs.</p> <p>Mettre en évidence les réserves de la graine et interpréter des expériences historiques sur la germination montrant la mobilisation des réserves de la graine.</p> <p>Mettre en évidence les relations entre une plante et un animal disséminateur de graines.</p> |
| <p><b>Précisions</b> : l'étude de la reproduction sexuée se limite à l'examen du rapprochement des gamètes à l'origine de nouveaux organismes. Sont hors programme : la structure du grain de pollen, sa formation, les mécanismes de la double fécondation, les détails des mécanismes d'incompatibilité et les mécanismes de formation de la graine ou du fruit.</p> <p><b>Lien</b> : SVT – enseignement de spécialité de la classe terminale : clones, brassage génétique.</p>  |  |
| <p><b>La domestication des plantes</b></p>   |  |
| <p>Les pratiques culturelles (par exemple pour la production de graines) constituent un enjeu majeur pour nourrir l'humanité.</p> <p>La sélection (empirique ou programmée) exercée par l'être humain sur les plantes cultivées au cours des siècles a retenu des caractéristiques différentes de celles qui étaient favorables à leurs ancêtres sauvages. Cette sélection s'est opérée au cours de l'établissement d'une relation mutualiste entre plantes et êtres humains.</p> <p>Aujourd'hui, de nombreuses techniques favorisent la création de plus en plus rapide de nouvelles variétés</p>   | <p>Comparer une plante cultivée et des populations naturelles voisines présentant un phénotype sauvage.</p> <p>Identifier la diversité biologique de certaines plantes cultivées (tomate, chou, pomme de terre par exemple).</p> <p>Comprendre les enjeux de société relatifs à la production des semences.</p>  |

|   |  |
|---|--|
| <p>végétales (par hybridation, par utilisation des biotechnologies...). La production de semences commerciales est devenue une activité spécialisée. Une espèce cultivée présente souvent de nombreuses variétés (forme de biodiversité). Cette diversité résulte de mutations dans des gènes particuliers. L'étude des génomes montre un appauvrissement global de la diversité allélique lors de la domestication. La perte de certaines caractéristiques des plantes sauvages (comme des défenses chimiques ou des capacités de dissémination) et l'extension de leur culture favorisent le développement des maladies infectieuses végétales. Ces fragilités doivent être compensées par des pratiques culturelles spécifiques. L'exploitation des ressources génétiques (historiques ou sauvages si elles existent) permet d'envisager de nouvelles méthodes de cultures (réduction de l'usage des intrants, limitation des ravageurs par lutte biologique).</p> <p>La domestication des plantes, menée dans différentes régions du monde, a eu des conséquences importantes dans l'histoire des populations humaines. Elle a contribué à la sélection de caractères génétiques humains spécifiques.</p> <p><b>Notions fondamentales</b> : plante sauvage, plante domestiquée, diversité génétique, sélection artificielle, coévolution, évolution culturelle.</p> <p><b>Objectifs</b> : les élèves comprennent comment l'humanité a domestiqué des espèces végétales variées afin d'optimiser leurs caractéristiques (rendement, facilité de récolte...) au détriment de leur diversité génétique initiale et de leur capacité à se reproduire sans l'intervention humaine. De manière réciproque, les élèves comprennent que la domestication végétale a aussi eu une influence sur l'humanité en étudiant un exemple où l'évolution culturelle du régime alimentaire a entraîné une évolution biologique de populations humaines.</p> | <p>Conduire un projet pour suivre une culture de semences commerciales sur plusieurs générations, en prévoyant un protocole de comparaison des productions obtenues. Identifier des caractères favorisés par la domestication (taille, rendement de croissance, nombre des graines, précocité, déhiscence, couleur...).</p> <p>Recenser, extraire et organiser des informations sur des exemples d'utilisation de biotechnologies pour créer de nouvelles variétés : transgénèse, édition génomique...</p> <p>Recenser, extraire et exploiter des informations concernant des mécanismes protecteurs chez une plante sauvage (production de cuticules, de toxines, d'épines...) et les comparer à ceux d'une plante cultivée.</p> <p>Recenser, extraire et exploiter des informations relatives aux risques induits par l'homogénéisation génétique des populations végétales (sensibilité aux maladies : crise de la pomme de terre en Irlande, conséquence d'une infection virale chez la banane...).</p> <p>Analyser des informations sur la quantité d'amylase salivaire ou sur les gènes de synthèse des oméga 3 dans les populations humaines et établir le lien entre ces éléments et le régime alimentaire de ces populations.</p> |
| <p><b>Précisions</b> : il s'agit de distinguer différentes modalités d'action humaine sur le génome des plantes cultivées. Des plantes alimentaires sont étudiées comme exemples, sans visée d'exhaustivité.</p> <p><b>Liens</b> : enseignement de SVT – classe de seconde : biodiversité, agrosystèmes ; enseignement de spécialité en classe de première : mutations, écosystèmes.</p>  |  |

• **Les climats de la Terre : comprendre le passé pour agir aujourd'hui et demain**

Depuis 150 ans, le climat planétaire présente un réchauffement d'environ 1°C. Les scientifiques pointent le fait que ce changement climatique a des conséquences importantes déjà observables sur la météorologie, la biosphère et l'humanité.

L'objectif de ce thème est de s'approprier les outils nécessaires pour appréhender les enjeux climatiques contemporains en établissant des comparaisons avec différents exemples de variations climatiques passées. Il s'agit en particulier de comprendre que les méthodes d'étude et les mécanismes expliquant les variations constatées peuvent être de natures différentes. Certains mécanismes, déjà étudiés, sont réactivés dans ce contexte. Après avoir compris les causes et la dynamique des variations climatiques passées et mobilisé ses acquis précédents (cycle du carbone, effet de serre, circulation océanique...), l'élève peut aborder les enjeux contemporains liés au réchauffement climatique : ses conséquences sur la biosphère et l'humanité, mais aussi les possibilités envisagées en matière d'atténuation et d'adaptation. L'étude du réchauffement climatique, celle de ses causes mais aussi de ses conséquences sur l'atmosphère et sur les océans sont abordées en complémentarité par l'enseignement scientifique dispensé en classe terminale.

| Connaissances  | Capacités, attitudes   |
|--|--|
| <b>Reconstituer et comprendre les variations climatiques passées</b>   |  |
| <p>D'environ 1°C en 150 ans, le réchauffement climatique observé au début du XXI<sup>e</sup> siècle est corrélé à la perturbation du cycle biogéochimique du carbone par l'émission de gaz à effet de serre liée aux activités humaines.</p> <p>À l'échelle du Quaternaire, des données préhistoriques, géologiques et paléo-écologiques attestent l'existence, sur la période s'étendant entre -120 000 et -11 000 ans, d'une glaciation, c'est-à-dire d'une période de temps où la baisse planétaire des températures conduit à une vaste extension des calottes glaciaires. Les témoignages glaciaires (moraines), la mesure de rapports isotopiques de l'oxygène dans les carottes polaires antarctiques et les sédiments font apparaître une alternance de périodes glaciaires et interglaciaires durant les derniers 800 000 ans.</p> <p>Les rapports isotopiques montrent des variations cycliques coïncidant avec des variations périodiques des paramètres orbitaux de la Terre. Celles-ci ont modifié la puissance solaire reçue et ont été accompagnées de boucles de rétroactions positives et négatives (albédo lié à l'asymétrie des masses continentales dans les deux hémisphères, solubilité océanique du CO<sub>2</sub>) ; elles sont à l'origine des entrées et des sorties de glaciation.</p> <p>Globalement, à l'échelle du Cénozoïque, et depuis 30 millions d'années, les indices géochimiques des sédiments marins montrent une tendance générale à la baisse de température moyenne du globe. Celle-ci apparaît associée à une baisse de la</p> | <p>Mettre en évidence l'amplitude et la période des variations climatiques étudiées à partir d'une convergence d'indices.</p> <p>Mobiliser les connaissances acquises sur les conséquences des activités humaines sur l'effet de serre et sur le cycle du carbone.</p> <p>Rassembler et confronter une diversité d'indices sur le dernier maximum glaciaire et sur le réchauffement de l'Holocène (changement de la mégafaune dans les peintures rupestres, cartographie des fronts morainiques, construction et utilisation de diagrammes polliniques, terrasses, paléoniveaux marins...).</p> <p>Comprendre et utiliser le concept de thermomètre isotopique (<math>\delta^{18}\text{O}</math> dans les glaces arctiques et antarctiques, <math>\delta^{18}\text{O}</math> dans les carbonates des sédiments océaniques) pour reconstituer indirectement des variations de températures.</p> <p>Mettre les variations temporelles des paramètres orbitaux, définis par Milankovitch, en relation avec les variations cycliques des températures au Quaternaire.</p> <p>Exploiter la carte géologique du monde pour calculer les vitesses d'extension</p> |

|  |  |
|--|--|
| <p>concentration atmosphérique de CO<sub>2</sub> en relation avec l'altération des matériaux continentaux, notamment à la suite des orogénèses du Tertiaire. De plus, la variation de la position des continents a modifié la circulation océanique.</p> <p>Au Mésozoïque, pendant le Crétacé, les variations climatiques se manifestent par une tendance à une hausse de température. Du fait de l'augmentation de l'activité des dorsales, la géodynamique terrestre interne semble principalement responsable de ces variations.</p> <p>Au Paléozoïque, des indices paléontologiques et géologiques, corrélés à l'échelle planétaire et tenant compte des paléolatitudes, révèlent une importante glaciation au Carbonifère-Permien. Par la modification du cycle géochimique du carbone qu'elles ont entraînée, l'altération de la chaîne hercynienne et la fossilisation importante de matière organique (grands gisements carbonés) sont tenues pour responsables de cette glaciation.</p> <p><b>Notions fondamentales :</b> effet de serre, gaz à effet de serre, cycle du carbone, cycles de Milankovitch, albédo, principe d'actualisme, rapports isotopiques (<math>\delta^{18}\text{O}</math>), tectonique des plaques, circulation océanique.</p> <p><b>Objectifs :</b> pour comprendre les variations climatiques, l'élève identifie les méthodes de mesure les plus adéquates, comprend les mécanismes potentiellement responsables de ces évolutions et acquiert une idée générale de l'amplitude thermique des variations climatiques reconstruites depuis le début du Paléozoïque. Au terme de son étude, il est capable de formuler des hypothèses explicatives sur les spécificités du réchauffement climatique à la lueur de ses connaissances des climats passés. Il exerce un regard critique sur tous les biais d'interprétation pouvant affecter la compréhension de systèmes complexes impliquant de nombreux phénomènes.</p> | <p>des dorsales aux périodes considérées. Utiliser les connaissances acquises sur la géodynamique interne et la tectonique des plaques pour comprendre leur rôle sur le climat et mettre en relation la nature des roches formées avec les paléoclimats du Crétacé.</p> <p>Reconstituer l'extension de la glaciation permienne à partir de la distribution des tillites.</p> <p>Reconstituer un paléoclimat local à partir d'une variété d'indices paléontologiques ou géologiques en tenant compte de la paléo-latitude (ex : paléobiocénose des forêts carbonifères de Montceau-les-Mines par rapport à d'autres indices localisés à d'autres endroits de la planète).</p> <p>Exploiter des bases de données pour reconstituer les paléocintures climatiques.</p> <p>Exploiter les équations chimiques associées aux transformations d'origines géologiques pour modéliser les modifications de la concentration en CO<sub>2</sub> atmosphérique.</p> <p>Mobiliser les acquis antérieurs sur le cycle du carbone biosphérique et les enrichir des connaissances sur les réservoirs géologiques (carbonates, matière organique fossile) et leurs interactions.</p> <p>Discuter de l'existence d'indices pas toujours cohérents avec l'amplitude, la période et la temporalité des variations climatiques pour des raisons résolues (exemples des terrasses fluviatiles) ou encore à résoudre (petit âge glaciaire).</p> |
| <p><b>Précisions :</b> la distinction entre climat et météorologie, le mécanisme de l'effet de serre, le cycle biochimique du carbone et l'étude du réchauffement climatique ont été précédemment abordés (collège, enseignement scientifique, enseignement de spécialité). Ces notions ne sont pas redéveloppées en enseignement de spécialité mais les acquis sont attendus. Selon les exemples de variations climatiques étudiés, il convient que les élèves soient capables de réutiliser les outils connus et de mobiliser les connaissances qu'ils ont auparavant acquises. De même, d'autres exemples de variations climatiques ou de mécanismes associés peuvent être évoqués mais ne sont pas des attendus.</p> <p><b>Liens :</b> SVT – classe de seconde : érosion des paysages, enseignement de spécialité en classe de première : services écosystémiques ; enseignement scientifique en classe de première : Soleil, source d'énergie. Physique-chimie, enseignement de spécialité en classe terminale : réactions chimiques, isotopes ; mathématiques, enseignement de spécialité en</p>   |  |



classe terminale, mathématiques complémentaires, enseignement optionnel en classe terminale : modélisation statistique.

### Comprendre les conséquences du réchauffement climatique et les possibilités d'actions

Un effort de recherche scientifique majeur est mené depuis quelques dizaines d'années pour élaborer un modèle robuste sur le changement climatique, ses causes et ses conséquences, et pour définir les actions qui peuvent être conduites pour y faire face. En dehors des effets abiotiques, le réchauffement climatique a des impacts importants sur la biodiversité et la santé humaine :

par des effets directs sur les populations (effectifs, état sanitaire, répartition à la surface du globe) et sur leur évolution ;

par des effets indirects liés aux perturbations des écosystèmes naturels et agricoles (approvisionnement et régulation).

L'augmentation de la concentration en CO<sub>2</sub> favorise la production de biomasse, mais des difficultés peuvent résulter de la faible disponibilité des terres agricoles suite à la désertification ou à la montée du niveau marin, à la diffusion de pathogènes, à l'évolution de la qualité des sols et des apports en eau).

Aux niveaux individuel et collectif, il convient de mener des recherches et d'entreprendre des actions :

en agissant par la réduction des émissions de gaz à effet de serre (les bénéfices et inconvénients de méthodes de stockage du carbone sont à l'étude) ;

en proposant des adaptations.

Il existe, dans différents pays, des plans d'action bâtis sur un consensus scientifique, dont l'objectif est de renforcer l'acquisition des connaissances, ainsi que l'évaluation éclairée et modulable des stratégies mises en place.

**Notions fondamentales** : élaboration du consensus scientifique, stratégies d'atténuation et d'adaptation.

**Objectifs** : plusieurs éléments de cette partie sont abordés en enseignement scientifique de la classe terminale. Ils sont mobilisés ici comme outils d'analyse. Il ne s'agit pas de réaliser un catalogue des conséquences du réchauffement climatique ni des actions d'atténuation et d'adaptation possibles. À partir d'un nombre réduit d'exemples, il s'agit de réinvestir les connaissances et outils vus précédemment pour comprendre un problème donné, à partir d'un corpus d'informations fournies. On veille à une complémentarité avec ce qui est développé en enseignement scientifique. On cherche aussi, dans la mesure du possible, à favoriser une démarche de

Montrer comment le travail des scientifiques permet de disposer de modèles et d'arguments qui peuvent orienter les décisions publiques.

Prendre conscience que certains biais cognitifs doivent être surmontés (confusion entre météorologie et climatologie, mauvaise appréhension des échelles de temps, méconnaissance des données scientifiques, confusion entre corrélation et causalité).

Réaliser et /ou analyser un suivi de long terme de la distribution spatiale des espèces face au réchauffement climatique (déplacement en altitude ou en latitude, invasions biologiques...).

Suivre et analyser l'évolution d'un service écosystémique (dépollution de l'eau et de l'air, lutte contre l'érosion, fixation de carbone...).

Concevoir et mettre en œuvre une ou plusieurs démarches de projet pour comprendre et évaluer dans sa complexité une stratégie d'atténuation ou d'adaptation en réponse aux problèmes posés par le changement climatique.

Mobiliser les modèles de cycle du carbone pour quantifier les mesures individuelles et collectives d'atténuation nécessaires pour limiter le réchauffement climatique.

Comparer les bénéfices/inconvénients de différentes stratégies de stockage du carbone (agriculture et sylviculture, puits miniers...).

Recenser, extraire et exploiter des informations sur les politiques d'adaptation (exemple du plan national d'action sur le changement climatique - PNACC) pour identifier les mécanismes et les bénéfices de différentes méthodes (digue et

|  |   |
|--|---|
| <p>projet en étudiant un exemple de manière approfondie, en insistant sur les méthodes d'études, d'évaluation et de synthèse (revues systématiques, méta-analyses). On insiste enfin sur la complémentarité entre atténuation et adaptation, entre démarche individuelle et démarche collective, et entre politiques nationales et internationales, pour faire face au réchauffement climatique.</p> | <p>naturalisation des côtes contre l'érosion, végétalisation des villes, prévention et suivi des maladies infectieuses...).</p> |
| <p><b>Précisions</b> : une connaissance détaillée des différentes stratégies d'atténuation et d'adaptation n'est pas attendue.</p> <p><b>Liens</b> : SVT – classe de seconde : agrosystèmes ; enseignement de spécialité en classe de première : services écosystémiques ; enseignement scientifique en classe terminale : « Science, climat et société ».</p>                                       |   |



## Corps humain et santé

Les élèves abordent ce thème par une approche comportementale. Le comportement est défini comme un ensemble de réactions observables chez un animal en réponse à des stimulations. Il est souvent lié à la notion de mouvement, qu'il soit réflexe ou volontaire (fuite, défense, agression, équilibre, prise d'objet...). On s'intéresse ici aux mécanismes physiologiques sous-jacents.

L'étude d'un réflexe puis du mouvement volontaire montre la mise en jeu des systèmes articulo-musculaires et nerveux dans l'organisme, et permet d'aborder la plasticité cérébrale. Les besoins en énergie pour la contraction musculaire sont identifiés, mettant en évidence les flux de glucose et leurs contrôles par le système endocrinien. Les modifications de l'environnement, notamment la présence d'agents stresseurs, influencent les comportements d'un organisme. L'étude des mécanismes physiologiques du stress met en évidence l'intégration des différents systèmes en jeu, et enrichit la notion de rétrocontrôle, dans le prolongement des acquis de la classe de seconde sur la régulation (axe hypothalamo-hypophysaire). Ce thème aboutit à une vision intégrée des systèmes physiologiques qui permettent de maintenir des équilibres dans l'organisme.

Les élèves sont amenés à interroger les enjeux de santé individuelle et collective soulevés par les comportements évoqués. Les éléments abordés s'inscrivent dans la progressivité des apprentissages du collège, de la classe de seconde et des enseignements de la classe de première (enseignement de spécialité de SVT et enseignement scientifique).

- **Comportements, mouvement et système nerveux**

La contraction musculaire, mobilisée dans de nombreux comportements, résulte d'une commande nerveuse. Le mouvement induit peut être involontaire et lié à un réflexe, ou volontaire. Dans les deux cas, le système nerveux central intervient, mais de manières différentes. Le réflexe myotatique peut servir d'outil pour apprécier l'intégrité du système neuromusculaire. La transmission du message nerveux et le fonctionnement du neurone, déjà abordés au collège, voient ici leur étude approfondie pour conduire finalement à l'étude du fonctionnement du cerveau et de sa plasticité, déjà abordée dans le cas de la fonction auditive en enseignement scientifique de la classe de première.

| Connaissances   | Capacités, attitudes   |
|---|--|
| <b>Les réflexes</b>   |  |
| <p>Les réflexes mettent en jeu différents éléments qui constituent l'arc-réflexe.</p> <p>À partir d'une sensation de départ (stimulus) captée par un récepteur sensoriel, un message nerveux codé en potentiels d'action est élaboré. Il circule dans les neurones sensoriels jusqu'au centre nerveux (corne dorsale de la moelle épinière) où se produit le relais synaptique sur le neurone-moteur.</p> <p>Celui-ci conduit le message nerveux jusqu'à la synapse neuromusculaire, qui met en jeu l'acétylcholine.</p> <p>La formation puis la propagation d'un potentiel d'action dans la cellule musculaire entraînent l'ouverture de canaux calciques à l'origine d'une augmentation de la concentration cytosolique en ions calcium, provenant du réticulum sarcoplasmique pour les muscles</p> | <p>Mettre en évidence les éléments de l'arc-réflexe à partir de matériels variés (enregistrements, logiciels de simulation).</p> <p>Réaliser, observer des coupes histologiques de fibres et de nerfs.</p> <p>Observer des coupes histologiques de moelle épinière.</p> <p>Interpréter des électroneurographies afin de caractériser le fonctionnement d'une synapse chimique.</p> |

|  |   |
|--|---|
| <p>squelettiques. Cela induit la contraction musculaire et la réponse motrice au stimulus.</p> <p><b>Notions fondamentales</b> : éléments fonctionnels de l'arc-réflexe ; muscles antagonistes ; caractéristiques structurales et fonctionnelles du neurone ; éléments structurels des synapses neuro-neuronale et neuromusculaire ; codage électrique en fréquence ; codage biochimique en concentration.</p>   |   |
| <p><b>Précisions</b> : il s'agit de choisir un réflexe impliquant peu de neurones, comme le réflexe myotatique. Concernant le potentiel d'action, les mécanismes liés au fonctionnement des canaux voltage-dépendants ne sont pas au programme. Le fonctionnement des canaux calciques dans la cellule musculaire n'est pas détaillé.</p> <p><b>Liens</b> : éducation à la santé : test médical du réflexe myotatique, conséquences des lésions médullaires, action des drogues.</p>   |   |
| <p><b>Cerveau et mouvement volontaire</b></p>  |   |
| <p>Le cerveau est composé de neurones et de cellules gliales assurant le bon fonctionnement de l'ensemble. L'exploration du cortex cérébral permet de situer les aires motrices spécialisées à l'origine des mouvements volontaires. Les messages nerveux moteurs qui partent du cerveau cheminent par des faisceaux de neurones qui « descendent » dans la moelle jusqu'aux neurones-moteurs. Le corps cellulaire du neurone-moteur reçoit des informations diverses qu'il intègre sous la forme d'un message moteur unique et chaque fibre musculaire reçoit le message d'un seul neurone moteur.</p> <p>Certains dysfonctionnements du système nerveux modifient le comportement et ont des conséquences sur la santé.</p> <p>L'apprentissage ou la récupération de la fonction cérébrale après un accident reposent sur une capacité essentielle : la plasticité cérébrale.</p> <p><b>Notions fondamentales</b> : intégration par le neurone moteur, sommation temporelle et spatiale, aire motrice, plasticité cérébrale.</p> <p><b>Objectifs</b> : en s'appuyant sur l'exploitation d'images cérébrales simples, il s'agit de montrer l'existence d'une commande corticale du mouvement.</p> | <p>Observer au microscope des coupes de système nerveux central et/ou extraire, exploiter des informations sur le rôle des cellules gliales.</p> <p>Utiliser un logiciel de visualisation et/ou extraire et exploiter des informations, notamment à partir d'IRMf, afin de caractériser les aires motrices cérébrales.</p> <p>Recenser, extraire et exploiter des informations permettant de : comprendre et prévenir certains dysfonctionnements nerveux (par exemple : accident vasculaire cérébral, maladies neuro-dégénératives, infections virales...) ; mettre en évidence la plasticité du cortex à partir de situations d'apprentissages ou de récupération post-dysfonctionnement.</p> |
| <p><b>Le cerveau, un organe fragile à préserver</b></p>  |   |
| <p>Les aires corticales communiquent entre elles par des voies neuronales où se propagent des potentiels d'action dont la fréquence d'émission est modulée par un ensemble de neurotransmetteurs.</p> <p>La prise de substances exogènes (alcool, drogues) peut entraîner la perturbation des messages nerveux et provoquer des comportements addictifs.</p> <p><b>Notions fondamentales</b> : neurotransmetteur, molécules exogènes.</p>  | <p>Extraire des informations pour comprendre certains comportements addictifs face à des molécules exogènes.</p> <p>Utiliser un logiciel de modélisation et visualisation moléculaire pour comparer neurotransmetteurs et molécules exogènes.</p>   |

**Précisions** : l'étude de la cellule spécialisée, menée en classe de seconde, est réinvestie dans le cadre de l'examen des neurones (forme, cytosquelette, vésicules...). Un seul exemple de dysfonctionnement du système nerveux est traité. Le système de récompense, découvert en classe de seconde, peut être réinvesti lors de l'étude de certaines addictions.

**Liens** : SVT – collège : message nerveux et neurone ; classe de seconde : cellule spécialisée et système de récompense.

• **Produire le mouvement : contraction musculaire et apport d'énergie**

Les mouvements mobilisent les muscles. Les organismes pluricellulaires sont constitués de cellules ayant des particularités différentes selon l'organe auxquels elles appartiennent. La cellule musculaire dispose d'une organisation structurale lui permettant de se raccourcir, ce qui entraîne la contraction du muscle. Elle a besoin d'énergie apportée sous forme d'ATP, produit à partir du glucose. L'approvisionnement des cellules musculaires en glucose nécessite le maintien de la concentration de glucose sanguin, régulé par des hormones.

| Connaissances   | Capacités, attitudes   |
|---|--|
| <b>La cellule musculaire : une structure spécialisée permettant son propre raccourcissement</b>   |  |
| <p>Le muscle strié est un ensemble de cellules musculaires dites striées, organisées en faisceaux musculaires. Le raccourcissement et l'épaississement des muscles lors de la contraction musculaire permettent le mouvement relatif des deux os auxquels ils sont reliés par des tendons.</p> <p>La cellule musculaire, cellule spécialisée, est caractérisée par un cytosquelette particulier (actine et myosine) permettant le raccourcissement de la cellule.</p> <p>La contraction musculaire nécessite des ions calcium et l'utilisation d'ATP comme source d'énergie.</p> <p>Dans certaines myopathies, la dégénérescence des cellules musculaires est due à un défaut dans les interactions entre les protéines membranaires des cellules et la matrice extra-cellulaire.</p> <p><b>Notions fondamentales</b> : fonctionnement musculaire, contraction, relâchement, ATP.</p> | <p>Réaliser et/ou observer au microscope optique et au microscope électronique des préparations de cellules musculaires striées, pour enrichir la notion de cellule eucaryote spécialisée.</p> <p>Manipuler, modéliser, recenser, extraire et organiser des informations et/ou manipuler (dissections, maquettes...) pour comprendre le fonctionnement du système musculo-articulaire.</p> <p>Utiliser un logiciel de modélisation moléculaire pour observer le pivotement des têtes de myosine.</p> <p>Remobiliser les acquis sur la matrice extracellulaire à travers l'exemple d'une myopathie.</p> |
| <p><b>Précisions</b> : les mécanismes moléculaires de la contraction musculaire (complexe actine-myosine) sont principalement abordés pour introduire le besoin d'énergie à l'origine du mouvement. On se limite au muscle strié squelettique. Les interactions moléculaires entre troponine et tropomyosine ne sont pas attendues. L'étude exhaustive d'une myopathie n'a pas à être effectuée ; il s'agit plutôt de mobiliser les acquis de la classe de seconde sur la matrice extra-cellulaire et ceux de la classe de première sur les mutations à l'origine de myopathies.</p> <p><b>Liens</b> : SVT – collège : cellule, activité musculaire ; classe de seconde : cellules spécialisées et matrice.</p>   |  |

### Origine de l'ATP nécessaire à la contraction de la cellule musculaire

L'énergie est apportée sous forme de molécules d'ATP à toutes les cellules. Il n'y a pas de stockage de l'ATP, cette molécule est produite par les cellules à partir de matière organique, notamment le glucose.

L'oxydation du glucose comprend la glycolyse (dans le hyaloplasme) puis le cycle de Krebs (dans la mitochondrie) : dans leur ensemble, ces réactions produisent du CO<sub>2</sub> et des composés réduits NADH, H<sup>+</sup>. La chaîne respiratoire mitochondriale permet la réoxydation des composés réduits, par la réduction de dioxygène en eau. Ces réactions conduisent à la production d'ATP qui permet les activités cellulaires.

Il existe une autre voie métabolique dans les cellules musculaires, qui ne nécessite pas d'oxygène et produit beaucoup moins d'ATP.

Les métabolismes anaérobie ou aérobie dépendent du type d'effort à fournir.

Des substances exogènes peuvent intervenir sur la masse ou le métabolisme musculaire, avec des effets parfois graves sur la santé.

**Notions fondamentales** : respiration cellulaire, glycolyse, cycle de Krebs, fermentation lactique, rendement, produits dopants.

Réaliser des expérimentations assistées par ordinateur (ExAO) : respiration cellulaire et/ou fermentation.

Extraire et organiser des informations pour identifier les différentes voies métaboliques.

Observer des électrographies de mitochondries.

Calculer le rendement en kJ (ou nombre de molécules d'ATP) de la fermentation lactique et de la respiration cellulaire, pour une même quantité de glucose.

Localiser les réactions métaboliques nécessaires à la contraction musculaire dans une cellule.

Extraire et mettre en relation des informations sur un produit dopant et ses conséquences sur l'organisme.

**Précisions** : un schéma global de l'organisme récapitule les flux des gaz respiratoires et les échanges de nutriments. On précise l'intérêt pour le métabolisme d'une bonne oxygénation durant l'effort physique ainsi que le rôle de la récupération physique. Un seul exemple, au choix du professeur, est choisi pour aborder les produits dopants.

**Liens** : SVT – classe de seconde : notion de cellules spécialisées et métabolisme ; enseignement de spécialité en classe de première : catalyse enzymatique. Éducation physique et sportive : gestion de l'effort ; éducation à la santé : dangerosité de la prise de produits dopants ; effets de l'entraînement.

### Le contrôle des flux de glucose, source essentielle d'énergie des cellules musculaires

Les cellules musculaires ont besoin de nutriments, principalement de glucose et de dioxygène, puisés dans le sang.

Les réserves de glucose se trouvent sous forme de glycogène dans les cellules musculaires et dans les cellules hépatiques. Elles servent à entretenir des flux de glucose, variables selon l'activité, entre les organes sources (intestin et foie) et les organes consommateurs (dont les muscles).

La glycémie est la concentration de glucose dans le sang, maintenue dans un intervalle relativement étroit autour d'une valeur d'équilibre proche de 1g.L<sup>-1</sup>. Elle dépend des apports alimentaires et est régulée par deux hormones sécrétées par le pancréas.

Un dysfonctionnement de la régulation de la glycémie

Comparer la consommation de glucose par l'organisme au repos et celles en activité musculaire, en période postprandiale et à jeun.

Réaliser un protocole expérimental en se fondant sur une démarche historique (par exemple expérience dite du foie lavé).

Observer des coupes histologiques de pancréas sain et de pancréas diabétique.

Identifier l'effet de différents aliments sur les variations de la glycémie et la sécrétion d'insuline.

|   |  |
|---|--|
| <p>entraîne des complications qui peuvent être à l'origine de diabètes.</p> <p>L'insuline entraîne l'entrée de glucose dans les cellules musculaires (et hépatiques) et le glucagon provoque la sortie du glucose des cellules hépatiques, grâce à des protéines membranaires transportant le glucose.</p> <p><b>Notions fondamentales</b> : hormones hyper et hypoglycémiantes, système de régulation, organisation fonctionnelle du pancréas endocrine, récepteurs à insuline et à glucagon, diabète insulino-dépendant ou non insulino-dépendant.</p>  |  |
| <p><b>Précisions</b> : l'étude de la régulation de la glycémie par l'insuline et le glucagon permet de mobiliser des acquis de la classe de seconde dans le cadre de l'examen d'un système de régulation hormonale et des flux de matière entre cellules d'un organisme pluricellulaire. Les acquis du collège sur l'alimentation sont mobilisés. Les autres mécanismes de régulation de la glycémie ne sont pas attendus. On précise à cette occasion l'origine de certains diabètes (absence de sécrétion d'insuline ou/et insulino-résistance) et la nécessité d'une reconnaissance entre hormones et récepteurs. La connaissance de la diversité des facteurs impliqués dans le déclenchement des diabètes n'est pas attendue.</p> <p><b>Liens</b> : SVT – collège : besoins d'un organe, sources d'énergie, activité musculaire dans le cadre de l'effort ; classe de seconde : régulation hormonale et procréation ; enseignement de spécialité en classe de première : système immunitaire ; enseignement scientifique en classe de première: organisation de la membrane plasmique. Éducation à l'alimentation, éducation à la santé.</p> |  |

• **Comportements et stress : vers une vision intégrée de l'organisme**

Pour faire face aux perturbations de son environnement, l'organisme est capable de s'adapter : il dispose d'un ensemble de réponses adaptatives, rassemblées sous le terme de stress biologique, qui permettent un comportement approprié à la situation. Le système nerveux est impliqué dans ces mécanismes physiologiques et interagit avec les autres systèmes biologiques de l'organisme. Il s'agit d'une réponse normale de l'organisme (stress aigu). À plus long terme, la structure et le fonctionnement du cerveau peuvent être perturbés (stress chronique). L'étude de l'exemple du stress permet de comprendre la notion de boucle de régulation complète en abordant la notion de rétrocontrôle, de discerner les liens entre les systèmes physiologiques (endocrinien, nerveux, immunitaire) et d'aborder la notion de résilience. Les élèves sont sensibilisés aux dangers des médicaments « anti-stress » et à l'existence d'alternatives non médicamenteuses pour gérer le stress.

| Connaissances  | Capacités, attitudes   |
|--|--|
| <b>L'adaptabilité de l'organisme</b>   |  |
| <p>Face aux perturbations de son environnement, l'être humain dispose de réponses adaptatives impliquant le système nerveux et lui permettant de produire des comportements appropriés. Le stress aigu désigne ces réponses face aux agents stresseurs.</p> <p>La réponse de l'organisme est d'abord très rapide : le système limbique est stimulé, en particulier les zones impliquées dans les émotions telles que l'amygdale.</p> | <p>Recenser, extraire et exploiter des informations pour visualiser la libération différenciée dans le temps de l'adrénaline et du cortisol et leurs effets.</p> <p>Interpréter des données d'imagerie médicale et/ou d'électrophysiologie sur l'activité neuronale de certaines</p> |



|  |   |
|--|---|
| <p>Cela a pour conséquence la libération d'adrénaline par la glande médullo-surrénale. L'adrénaline provoque une augmentation du rythme cardiaque, de la fréquence respiratoire et la libération de glucose dans le sang. Une autre conséquence des agents stresseurs au niveau cérébral est la sécrétion de CRH par l'hypothalamus : le CRH met à contribution l'axe hypothalamo-hypophyso-corticosurrénalien, entraînant dans un second temps la libération du cortisol. Le cortisol favorise la mobilisation du glucose et inhibe certaines fonctions (dont le système immunitaire). Le cortisol exerce en retour un rétrocontrôle négatif sur la libération de CRH par l'hypothalamus et favorise le rétablissement de conditions de fonctionnement durable (résilience).</p> <p>Ces différentes voies physiologiques sont coordonnées au sein d'un système, qualifié de complexe, et permettent l'adaptabilité de l'organisme.</p> <p><b>Notions fondamentales</b> : stress aigu, agents stresseurs, axe hypothalamo-hypophyso-corticosurrénalien, CRH, adrénaline, cortisol, rétrocontrôle, système limbique (amygdale, hippocampe), résilience, adaptabilité, système complexe.</p> <p><b>Objectifs</b> : il s'agit d'aborder le système nerveux de manière intégrée, en lien avec les autres systèmes biologiques. C'est l'occasion aussi de construire une boucle de régulation neuro-hormonale complète.</p> | <p>zones cérébrales en réponse à des agents stresseurs.</p> <p>Observer des coupes histologiques de glande surrénale.</p> <p>Extraire et organiser des informations pour schématiser la boucle de régulation neuro-hormonale.</p> <p>Positionner sur un schéma bilan les interactions entre les trois systèmes nerveux, endocrinien, immunitaire.</p> <p>Utiliser un modèle pour expliquer la notion de boucle de régulation neurohormonale et la notion de résilience.</p> |
| <p><b>Précisions</b> : les élèves distinguent la notion d'adaptation évolutive de celle d'adaptabilité physiologique (impliquant un ensemble de réponses adaptatives de l'individu à des variations locales de son environnement). On ne détaille pas les mécanismes expliquant l'effet inhibiteur du cortisol sur le système immunitaire. Dans l'étude des dimensions multiples et liées du stress, on évoque le fait que de nombreux facteurs peuvent intervenir (psychologiques, sociaux, émotionnels, génétiques) dans la réponse physiologique de l'individu. Sans chercher à développer ces facteurs, il s'agit de sensibiliser au fait que les variations interindividuelles peuvent avoir des origines multiples.</p> <p><b>Liens</b> : SVT – collège : rôle du cerveau dans l'intégration d'informations multiples (messages nerveux, nerfs, cellules nerveuses) ; comportements et effets sur le système nerveux (hygiène de vie, dopages) ; classe de seconde : cerveau et axe hypothalamo-hypophysaire.</p>  |   |
| <p><b>L'organisme débordé dans ses capacités d'adaptation</b></p>  |   |
| <p>Si les agents stresseurs sont trop intenses ou si leur action dure, les mécanismes physiologiques sont débordés et le système se dérègle. C'est le stress chronique.</p> <p>Il peut entraîner des modifications de certaines structures du cerveau, notamment du système limbique et du cortex préfrontal. Cette forme de plasticité, dite mal-adaptative, se traduit par d'éventuelles perturbations de l'attention, de la mémoire et des performances cognitives.</p>   | <p>Interpréter des données cliniques et expérimentales montrant les effets du stress chronique sur la structuration des voies neuronales.</p> <p>Interpréter des données médicales et d'imagerie montrant les effets possibles du CRH sur l'amygdale et l'hippocampe à long terme.</p> <p>Recenser et exploiter des informations sur le mode d'action</p>   |



|  |  |
|--|--|
| <p>Ces dérèglements engendrent diverses pathologies qui sont traitées par des médicaments dont l'effet vise à favoriser la résilience. La prise de ces médicaments, comme les benzodiazépines dans le cas de l'anxiété, doit suivre un protocole rigoureux afin de ne pas provoquer d'autres perturbations notamment une sédation et des troubles de l'attention.</p> <p>Certaines pratiques non médicamenteuses sont aussi susceptibles de limiter les dérèglements et de favoriser la résilience du système. Chaque individu est différent face aux agents stressants, le stress intégrant des dimensions multiples et liées.</p> <p><b>Notions fondamentales :</b> stress chronique, système limbique (amygdale, hippocampe), cortex préfrontal, plasticité du système nerveux, résilience.</p> <p><b>Objectifs :</b> après avoir montré la robustesse du système nerveux dans le cas du stress aigu, on aborde ici sa fragilité, dans le cas du stress chronique ; il s'agit de montrer que l'adaptabilité d'un système complexe peut être débordée.</p> | <p>des benzodiazépines pour montrer leur activation des récepteurs à GABA (un neurotransmetteur inhibiteur du système nerveux) et leur effet myorelaxant et anxiolytique.</p> <p>Utiliser un logiciel de modélisation moléculaire pour illustrer la complémentarité entre une molécule et son récepteur.</p> <p>Concevoir et/ou mettre en œuvre une démarche de projet visant à élaborer un protocole pour tester l'effet de certaines pratiques alternatives (ex : mouvements respiratoires) à court ou long terme, en analyser les limites et comparer à un corpus de données scientifiques.</p> |
| <p><b>Précisions :</b> on sensibilise les élèves aux risques liés à la prise sans contrôle médical de médicaments agissant sur le système nerveux, et on présente l'existence d'alternatives non médicamenteuses (pratiques favorisant le sommeil, le contrôle de la respiration et la détente musculaire) permettant une meilleure gestion du stress, utiles par exemple dans le cadre de vie quotidienne d'un lycéen (examens...).</p> <p><b>Liens :</b> SVT – classe de seconde : cerveau et axe hypothalamo-hypophysaire ; enseignement de spécialité de SVT en classe de première : résilience en lien avec la partie écosystèmes. Éducation à la santé : drogues, gestion du stress.</p>   |  |