

## Projet de programme de la classe terminale de la voie générale

---

### Sciences de la vie et de la Terre série scientifique (S) – enseignement spécifique

L'organisation de la consultation des enseignants est confiée aux recteurs,  
**entre le lundi 7 mars et le vendredi 22 avril 2011.**

Parallèlement au dispositif mis en place dans les académies par les IA-IPR, les  
contributions peuvent être envoyées depuis [eduscol.education.fr/consultation](http://eduscol.education.fr/consultation)

7 mars 2011

# Sciences de la vie et de la Terre

## Classe terminale de la série scientifique – enseignement spécifique

### PRÉAMBULE

#### I - LES SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE AU LYCÉE

##### 1. Les sciences de la vie et de la Terre dans le parcours de l'élève en lycée

##### 1.a. Les objectifs de l'enseignement des sciences de la vie et de la Terre

Au lycée, les sciences de la vie et de la Terre sont une voie de motivation et de réussite pour la poursuite de la formation scientifique après le collège et la préparation à l'enseignement supérieur ; elles participent également à l'éducation en matière de santé, sécurité, environnement, de tout élève qui choisira une orientation vers des filières non scientifiques. La discipline vise trois objectifs essentiels :

- **aider à la construction d'une culture scientifique commune** fondée sur des connaissances considérées comme valides tant qu'elles résistent à l'épreuve des faits (naturels ou expérimentaux) et des modes de raisonnement propres aux sciences ;
- **participer à la formation de l'esprit critique et à l'éducation citoyenne** par la prise de conscience du rôle des sciences dans la compréhension du monde et le développement de qualités intellectuelles générales par la pratique de raisonnements scientifiques ;
- **préparer les futures études supérieures** de ceux qui poursuivront sur le chemin des sciences et, au-delà, les métiers auxquels il conduit ; aider par les acquis méthodologiques et techniques ceux qui s'orienteront vers d'autres voies.

##### 1.b. Trois thématiques structurantes

Pour atteindre ces objectifs, les programmes s'articulent autour de trois grandes thématiques qui, dans une large mesure, ne sont pas indépendantes.

**La Terre dans l'Univers, la vie et l'évolution du vivant.** Il s'agit de montrer – dans le cadre des domaines propres aux sciences de la vie et de la Terre – que la science construit, à partir de méthodes d'argumentation rigoureuses fondées sur l'observation du monde, une explication cohérente de son état, de son fonctionnement et de son histoire. Au-delà de la perspective culturelle, cette ligne de réflexion prépare aux métiers les plus proches des sciences fondamentales (recherche, enseignement).

**Enjeux planétaires contemporains.** Il s'agit de montrer comment la discipline participe à l'appréhension rigoureuse de grands problèmes auxquels l'humanité d'aujourd'hui se trouve confrontée. Au-delà de la préoccupation citoyenne qui prépare chacun à l'exercice de ses responsabilités individuelles et collectives, la perspective utilisée ici conduit aux métiers de la gestion publique, aux professions en lien avec la dynamique de développement durable et aux métiers de l'environnement (agronomie, architecture, gestion des ressources naturelles).

**Corps humain et santé.** Centrée sur l'organisme humain, cette thématique permet à chacun de comprendre le fonctionnement de son organisme, ses capacités et ses limites. Elle prépare à l'exercice des responsabilités individuelles, familiales et sociales et constitue un tremplin vers les métiers qui se rapportent à la santé (médecine, odontologie, diététique, épidémiologie,...).

Ces trois thématiques ne sont en rien des catégories rigides mais bien des directions de réflexion. Elles ne se substituent pas aux découpages traditionnels de la discipline (biologie et géologie par exemple) et conduisent à la découverte progressive des grands domaines qu'elle recouvre. En particulier, les sciences de la Terre conservent une originalité qu'il convient de ne pas nier. Les thèmes généraux aident à montrer la cohérence globale du champ intellectuel concerné, centré sur un objet d'étude – la nature – et des méthodes fondées sur la confrontation entre les idées scientifiques et les faits – naturels ou expérimentaux. Elles aident aussi à situer l'enseignement dispensé dans la perspective de la construction d'un projet de vie propre à chaque élève.

Dans chaque thématique, la construction des savoirs se réalise peu à peu tout au long de la scolarité. Cette continuité est conçue pour faciliter la progressivité des apprentissages, sans pour autant empêcher la souplesse nécessaire à l'élaboration d'un parcours de formation pour chaque élève.

### 1.c. Les sciences de la vie et de la Terre dans le nouveau lycée

L'enseignement des sciences de la vie et de la Terre prend en compte les objectifs généraux de la réforme des lycées.

Les bases très générales établies en classe de seconde conduisent, dans les classes de première puis terminale, à des approfondissements, des généralisations, des approches complémentaires. En terminale S, les enseignements s'inscrivent dans le **cadre affirmé du choix de la filière scientifique**.

Pour participer à une **meilleure information des élèves** sur les possibilités qui s'offrent à eux, au-delà même du lycée, le programme s'organise, comme cela a été souligné, autour de thématiques qui aident au repérage de grands secteurs d'activités professionnelles. En outre, chaque fois que cela sera possible, les professeurs saisiront les occasions offertes afin d'attirer l'attention sur des métiers plus précis, dont l'exercice professionnel présente un certain rapport avec les questions abordées en classe.

Pour participer à la **prise en compte de la diversité des élèves**, une grande marge de liberté est laissée aux professeurs, seuls à même de déterminer les modalités pédagogiques adaptées à leur public. En outre, il est toujours possible de diversifier les activités à l'intérieur d'une même classe pour traiter un même point du programme.

## 2. Les conditions d'exercice de la liberté pédagogique du professeur

Le programme est conçu pour laisser une **très large place à la liberté pédagogique** du professeur et/ou de l'équipe disciplinaire. Cette liberté porte sur les **modalités didactiques** mises en œuvre, sur l'**ordre** dans lequel seront étudiés les thèmes, sur les exemples choisis ainsi que, dans une mesure raisonnable, sur l'**ampleur de l'argumentation** développée dans le cadre de tel ou tel sujet. C'est pour respecter la liberté de choix d'exemples que les objectifs de formation sont définis avec un grand degré de généralité.

Néanmoins, la liberté pédagogique ne saurait émanciper des objectifs de formation rappelés ci-dessus. Pour aider à atteindre ces objectifs, quelques principes didactiques généraux sont rappelés ci-dessous, dont il convient de faire un usage adapté.

### 2.a. Les compétences : une combinaison de connaissances, capacités et attitudes

L'acquisition des connaissances reste un objectif important de l'enseignement, mais il doit être replacé dans un tout dont font aussi partie capacités et attitudes. **Connaissances, capacités et attitudes sont trois objectifs de formation de statuts également respectables**. Ceci conduit à leur porter la même attention au moment de la conception des mises en œuvre pédagogiques, y compris les évaluations. Celles-ci prendront en compte, chaque fois que possible, ces trois objectifs de formation.

Si les connaissances scientifiques à mémoriser sont raisonnables, c'est pour permettre aux enseignants de consacrer du temps pour faire comprendre ce qu'est le savoir scientifique, son mode de construction et son évolution au cours de l'histoire des sciences.

### 2.b. La démarche d'investigation

La poursuite des objectifs de formation méthodologique implique généralement que l'on mette en œuvre une pédagogie active, au cours de laquelle l'**élève participe** à l'élaboration d'un projet et à la construction de son savoir. La démarche d'investigation, déjà pratiquée à l'école primaire et au collège, prend tout particulièrement son sens au lycée et s'appuie le plus souvent possible sur des travaux d'élèves en laboratoire. **Des activités pratiques, envisageables pour chacun des items du programme, seront mises en œuvre chaque fois que possible**. Le professeur s'assurera que les élèves utilisent des méthodes et outils différenciés sur l'ensemble de l'année. Ainsi, chaque élève rencontrera dans les meilleures conditions l'occasion d'aller sur le terrain, de disséquer, de préparer et réaliser des observations microscopiques, d'expérimenter avec l'aide d'un ordinateur, de modéliser, de pratiquer une recherche documentaire en ligne, etc.

L'activité expérimentale offre la possibilité à l'élève de répondre à une situation-problème par la **mise au point d'un protocole, sa réalisation, la possibilité de confrontation entre théorie et expérience, l'exploitation des résultats**. Ainsi, l'élève doit pouvoir élaborer et mettre en œuvre un protocole comportant des expériences afin de mettre à l'épreuve ses hypothèses, faire les schématisations et les observations correspondantes, réaliser et analyser les mesures, en estimer la précision et écrire les résultats de façon adaptée.

Il est d'usage de décrire une démarche d'investigation comme la succession d'un certain nombre d'étapes types :

- une situation motivante suscitant la curiosité,
- la formulation d'une problématique précise,
- l'énoncé d'hypothèses explicatives,
- la conception d'une stratégie ou d'un protocole pour éprouver ces hypothèses,
- la mise en œuvre du projet ainsi élaboré,
- la confrontation des résultats obtenus et des hypothèses,
- l'élaboration d'un savoir mémorisable,
- l'identification éventuelle de conséquences pratiques de ce savoir.

Ce canevas est la conceptualisation d'une démarche type. Le plus souvent, pour des raisons variées, il convient d'en **choisir quelques aspects pour la conception des séances**. C'est là aussi un espace de liberté pédagogique pour le professeur qui vérifiera toutefois qu'à l'issue de l'année, les différentes étapes auront bien été envisagées.

Pour que la démarche d'investigation soit un réel outil de formation, une vision qualitative plutôt que quantitative est préférable : mieux vaut argumenter bien et lentement qu'argumenter mal et trop vite. Cette démarche constitue le cadre intellectuel approprié pour la mise en œuvre d'activités de laboratoire, notamment manipulatoires et expérimentales, indispensables à la construction des savoirs de la discipline.

## 2.c. Les technologies de l'information et de la communication

Les technologies de l'information et de la communication seront mises en œuvre dans de nombreuses circonstances.

Il pourra s'agir de technologies généralistes dont on fera ici un usage spécialisé, notamment **internet** en utilisation conjointe avec des techniques de laboratoire classiques. Mais on veillera aussi à développer les savoir-faire des élèves relativement aux technologies plus spécialisées, comme par exemple **l'expérimentation assistée par ordinateur**, technique indispensable pour une formation moderne et efficace des élèves.

L'usage de **logiciels, généralistes ou spécialisés**, est encouragé. Les sciences de la vie et de la Terre participent à la préparation du B2i niveau lycée.

Les productions pédagogiques, les travaux d'élèves notamment dans le cadre d'une démarche d'investigation, gagneront à être exploités, en classe et hors de la classe dans le cadre d'un **environnement numérique de travail** (ENT).

L'usage de jeux intelligents est une piste pédagogique à explorer.

## 2.d. La pratique de démarches historiques

L'approche historique d'une question scientifique peut être une **manière originale de construire une démarche d'investigation**. L'histoire de l'élaboration d'une connaissance scientifique, celle de sa modification au cours du temps, sont des moyens utiles pour comprendre la nature de la connaissance scientifique et son mode de construction, avec ses avancées et éventuelles régressions. Il conviendra de veiller à ce que cette approche ne conduise pas à la simple évocation d'une succession événementielle et à ne pas caricaturer cette histoire au point de donner une fausse idée de la démonstration scientifique : si certains arguments ont une importance historique majeure, il est rare qu'un seul d'entre eux suffise à entraîner une évolution décisive des connaissances scientifiques ; de même, il serait vain de prétendre faire « réinventer » par les élèves, en une ou deux séances, ce qui a nécessité le travail de plusieurs générations de chercheurs.

## 2.e. L'approche de la complexité et le travail de terrain

Le travail de terrain est un moyen privilégié pour **l'approche de situations complexes réelles**. Le programme comporte plusieurs items qui se prêtent bien à la réalisation d'un travail hors de l'établissement (sortie géologique, exploration d'un écosystème, visite de musée scientifique, d'entreprise, de laboratoire). Un tel déplacement permettra souvent de collecter des informations utiles pour plusieurs points du programme et susceptibles d'être exploitées à plusieurs moments de l'année.

Un tel travail de terrain doit s'exercer en cohérence avec un projet pédagogique pensé dans le contexte de l'établissement.

Les activités en laboratoire doivent aussi être l'occasion d'aborder des tâches complexes. À partir d'une question globale elles sont l'occasion de développer les compétences des élèves, leur autonomie de raisonnement et leur attitude critique.

## 2.f. L'autonomie des élèves et le travail par atelier

Le lycéen doit se préparer à **une autonomie de pensée et d'organisation qui lui sera indispensable pour réussir ses études supérieures**. Les travaux pratiques se prêtent particulièrement au développement de cette compétence. Pour y parvenir, il est bon de concevoir les séances afin que l'élève dispose d'une certaine marge de manœuvre dans la construction de sa démarche.

La liberté de choix sera parfois exploitée en différenciant les exemples étudiés au sein d'une même classe. Chaque groupe d'élèves a alors en charge l'organisation autonome de son travail, sous la conduite du professeur. Échanges et débats conduisent ensuite à tirer des conclusions plus générales que l'étude collective d'un exemple unique ne le permettrait. Ils sont en outre l'occasion de développer les qualités d'expression, d'écoute et de respect mutuel, dans le cadre des règles de sécurité

## 2.g. L'évaluation des élèves

Dès la classe de seconde, les évaluations formatives jouent un rôle important pour aider les élèves à s'adapter à leur nouveau cadre de travail.

Les dimensions **diagnostique**, **formative** et **sommative** en termes de connaissances, de capacités et d'attitudes ont chacune leur utilité. Le professeur choisit des supports pertinents afin d'aider les élèves le long de leurs parcours. Il facilite ainsi un accompagnement personnalisé permettant un suivi des apprentissages et une orientation éclairée.

Sans exagérer le temps annuel consacré à l'évaluation sommative, il convient de concevoir des contrôles réguliers, de durées variées et ciblés sur quelques compétences bien identifiées qui varient d'un sujet à l'autre. L'organisation précise des évaluations dépend de la classe et constitue, tout au long du lycée, un cheminement progressif qui conduit au baccalauréat.

Les activités pratiques individuelles des élèves, qu'il convient de développer chaque fois que possible, sont également l'occasion d'évaluer les acquisitions des capacités techniques et expérimentales. Non seulement le suivi de leur acquisition permet de vérifier le développement d'une forme de rigueur de raisonnement spécifique aux sciences expérimentales, mais encore, c'est une préparation progressive, indispensable dès la classe de seconde, à une forme d'évaluation que les élèves pourront rencontrer au baccalauréat et au cours de leurs études supérieures. L'évaluation de la capacité à communiquer à l'oral est aussi à renforcer.

## 3. Les sciences de la vie et de la Terre, discipline d'ouverture

Les sciences de la vie et de la Terre sont une discipline ouverte sur les grands problèmes de la société contemporaine, comme le montrent les intitulés du programme eux-mêmes.

### 3.a. Les préoccupations éducatives

Les nombreuses connexions avec les objectifs éducatifs transversaux (santé, environnement, etc.) seront mises en évidence le plus souvent possible.

### 3.b. La convergence avec d'autres disciplines

Au-delà de la parenté avec les autres sciences expérimentales que sont les sciences physiques et chimiques, les programmes de sciences de la vie et de la Terre fournissent l'occasion d'interactions avec d'autres disciplines, notamment avec les mathématiques (par la formalisation utilisée et la sensibilisation à une approche statistique), la géographie, la philosophie et l'EPS.

### 3.c. L'histoire des arts

En continuité avec les préconisations contenues dans les programmes de collège, il est bon de souligner que les sciences de la vie et de la Terre peuvent être l'occasion d'intéressantes relations avec l'enseignement d'histoire des arts. Les professeurs choisiront, en cohérence avec le mode d'organisation de l'enseignement de l'histoire des arts dans l'établissement, les modalités d'interactions qui leur conviennent.

Plusieurs sujets abordés dans le programme s'y prêtent, bien que le choix soit fait de ne pas le souligner au cas par cas le long du déroulé du programme afin de laisser toute liberté de mise en œuvre aux équipes.

A titre d'exemple, on peut citer les évocations littéraires de la biodiversité, de l'évolution ou de leur représentation picturale; la statuaire du corps humain au cours d'un exercice sportif. Les évocations littéraires de la vie des mineurs renseignent sur des conditions d'exploitations souvent révolues aujourd'hui. La représentation d'animaux ou végétaux actuels ou disparus met en scène un dialogue entre les connaissances scientifiques et les pratiques artistiques, etc.

## II - LES SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE EN CLASSE DE TERMINALE DE LA SÉRIE S

Le programme de la classe de terminale S prend appui sur ceux du collège et de la classe de seconde mais aussi sur les résultats principaux de la classe de première S. De façon à faciliter un changement de filière en fin ou en cours de première, il est possible d'aborder la classe de terminale sans avoir à reprendre les démonstrations détaillées conduites en classe de première. Seuls les concepts principaux doivent être acquis. Il va de soi cependant qu'un élève de première non scientifique qui souhaiterait aborder une classe de terminale S devra fournir un effort d'adaptation.

En classe de terminale S, les trois thématiques présentées dans le préambule général pour le lycée sont déclinées comme indiqué ci-dessous. Les pourcentages des horaires proposés donnent une indication très générale de la pondération souhaitée entre les thèmes, mais ils ne doivent pas être considérés comme des impératifs rigides.

Dans le thème « La Terre dans l'Univers, la vie et l'évolution du vivant » (50%), on étudie :

- le brassage génétique lié à la reproduction sexuée et quelques aspects de mécanismes de l'évolution ; cette partie intègre l'approche du végétal (angiosperme) considéré dans son ensemble ;
- quelques aspects des transformations géologiques du domaine continental.

Pour aborder le thème des « enjeux planétaires contemporains » (17%), deux questions sont traitées :

- la plante domestiquée par l'Homme ;
- la chaleur de la Terre, comme source possible d'énergie et comme élément de compréhension du fonctionnement de la planète.

Enfin le thème « corps humain et santé » (33%) est structuré autour de trois questions :

- la régulation de la pression artérielle donne l'occasion de réinvestir la boucle nerveuse étudiée en seconde en la situant dans un ensemble plus complexe ;
- quelques aspects des relations immunitaires permettent de stabiliser et compléter des connaissances de collège et de relier cette thématique à une vision évolutive ;
- l'étude de la commande du muscle, conduite en association avec celle du réflexe myotatique, est l'occasion de stabiliser la notion de réflexe tout en fournissant les bases nécessaires concernant le neurone et la synapse.

Chacun remarquera que, tout en restant en phase avec des préoccupations sociétales, les deux derniers thèmes ont un ancrage dans la science fondamentale plus affirmé que dans les classes précédentes, ce qui est la traduction dans le programme de sciences de la vie et de la Terre du caractère plus spécialisé de la classe terminale.

Comme pour les classes de seconde ou de première, la liberté pédagogique du professeur est grande en classe de terminale S. Cependant, la nécessité d'assurer la construction d'un corpus commun de compétences et la perspective du baccalauréat conduisent parfois à préciser davantage ce qui est attendu. Cependant, chaque fois que c'est possible, le programme indique les concepts à acquérir, les capacités à développer, en laissant souvent ouvert le choix des exemples. Cela entraînera, naturellement, une évolution de la définition des attendus au baccalauréat.

Intéresser les élèves, leur donner le goût et l'envie d'études supérieures scientifiques, faciliter leur compréhension et leur mémorisation, sont des préoccupations qui conduisent à recommander une pédagogie active fondée sur le concret. Activités pratiques réelles, en classe et sur le terrain, sont les outils de construction des compétences attendues et exigées pour l'évaluation des capacités expérimentales.

Beaucoup de points abordés dans le programme se prêtent particulièrement bien à des approfondissements disciplinaires ou, plus encore, à des développements transdisciplinaires notamment en accompagnement personnalisé.

En terminale S, les élèves étudient, en mathématiques, la notion d'intervalle de confiance. Afin d'assurer une cohérence entre les enseignements, il serait bon de présenter les résultats chiffrés utilisés en sciences de la vie et de la Terre en prenant en compte cette nouveauté. Par exemple, les données ponctuelles d'un graphique pourraient être présentées non sous la forme de simples points, mais sous la forme de barres, ainsi qu'il est d'usage dans toutes les publications scientifiques. Sans chercher à prendre en charge d'explicitation de la signification précise de cette représentation, le professeur indiquera l'usage qui en est fait, et renverra les élèves aux justifications théoriques proposées dans l'enseignement de mathématiques.

# Programme

Le programme est présenté en deux colonnes. Chaque thème comporte une brève introduction qui en indique l'esprit général.

**La colonne de gauche liste les connaissances** (en caractère droit) qui doivent être acquises par les élèves à l'issue de la classe de terminale.

En italique, la colonne de gauche comporte aussi quelques commentaires qui précisent et limitent les objectifs d'apprentissage, lorsque cela paraît nécessaire :

- en italique simple, quelques **précisions sur les objectifs et mots clés** (ces mots clés correspondent à des notions qui n'ont pas été placées directement dans le programme pour de simples questions d'écriture, mais qui doivent être connues des élèves) ;
- entre parenthèses, des indications sur **ce qui a déjà été étudié** et qui ne sera pas reconstruit en terminale (ces acquis peuvent cependant être rappelés) ;
- entre crochets, quelques limites, chaque fois qu'il a semblé nécessaire de rendre parfaitement explicite ce qui n'est pas exigible (il s'agit bien de limites de ce qui est exigible pour les élèves, ce qui ne veut pas dire qu'il est interdit d'en parler dans le déroulement de la construction du savoir) ;
- les convergences les plus marquantes vers d'autres disciplines (ces relations ne sont pas indiquées de façon exhaustive) ;
- la rubrique « pistes » suggère des directions de réflexions susceptibles d'être exploitées dans le cadre de prolongements au-delà du programme lui-même, accompagnement personnalisé, projets ou clubs scientifiques par exemple, de préférence en interdisciplinarité.

**La colonne de droite indique les capacités et attitudes** dont on attend qu'elles soient exercées dans le cadre de l'item décrit.

En préambule du programme, une liste de **capacités et attitudes générales** est présentée. Celles-ci sont communes à la plupart des items et ne sont pas reprises par la suite. Il convient cependant de ne pas les oublier et d'organiser leur apprentissage sur l'ensemble de l'année.

On observera que, par souci de continuité et de cohérence, le vocabulaire utilisé pour décrire les capacités et attitudes mises en œuvre s'inspire fortement de celui utilisé pour le socle commun de connaissances et de compétences du collège (BOEN n°29 du 20 juillet 2006) et déjà utilisé pour les programmes des classes de seconde et de premières.

La classe terminale est à la fois l'achèvement **du lycée et la porte d'entrée dans l'enseignement supérieur**. Afin de faciliter la poursuite des études, il est bon de saisir les occasions qui se présentent de proposer des bilans simples et synthétiques, souvent sous forme schématique, de ce qui a été construit au long de l'enseignement secondaire. Pour faciliter l'identification de ces occasions de bilan, les chapeaux des items du programme comportent, en caractères gras, des suggestions de tels bilans.

## **Capacités et attitudes développées tout au long du programme**

- Pratiquer une démarche scientifique (observer, questionner, formuler une hypothèse, expérimenter, raisonner avec rigueur, modéliser).
- Recenser, extraire et organiser des informations.
- Comprendre le lien entre les phénomènes naturels et le langage mathématique.
- Manipuler et expérimenter.
- Comprendre qu'un effet peut avoir plusieurs causes.
- Exprimer et exploiter des résultats, à l'écrit, à l'oral, en utilisant les technologies de l'information et de la communication.
- Communiquer dans un langage scientifiquement approprié : oral, écrit, graphique, numérique.
- Percevoir le lien entre sciences et techniques.
- Manifester sens de l'observation, curiosité, esprit critique.
- Montrer de l'intérêt pour les progrès scientifiques et techniques.
- Être conscient de sa responsabilité face à l'environnement, la santé, le monde vivant.
- Avoir une bonne maîtrise de son corps.
- Être conscient de l'existence d'implications éthiques de la science.
- Respecter les règles de sécurité.
- Comprendre la nature provisoire, en devenir, du savoir scientifique.
- Être capable d'attitude critique face aux ressources documentaires.
- Manifester de l'intérêt pour la vie publique et les grands enjeux de la société.
- Savoir choisir un parcours de formation.

## Thème 1 – La Terre dans l’Univers, la vie, l’évolution du vivant

### Thème 1-A Génétique et évolution

#### Thème 1-A-1 De la diversité des gènes à la diversité des génomes

En classe de seconde une première approche de la diversité génétique a été effectuée. En classe de première S, les mutations ont été étudiées à l’échelle moléculaire. En classe de terminale, on étudie les aspects génétiques de la sexualité en se limitant au cas des organismes pluricellulaires.

**Bilans : divisions cellulaires, ADN, gène, allèles.**

Connaissances	Capacités et attitudes
<p>La méiose est la succession de deux divisions cellulaires précédée comme toute division d’un doublement de la quantité d’ADN (réplication). Dans son schéma général elle produit quatre cellules haploïdes à partir d’une cellule diploïde.</p> <p>Au cours de la méiose, des échanges de fragments de chromatides (crossing-over) se produisent entre chromosomes homologues d’une même paire. Dans certains cas, un crossing-over inégal aboutit à une duplication de gène. C’est l’un des mécanismes à l’origine des familles multigéniques.</p> <p>Le jeu du brassage des paires de chromosomes ainsi remaniés conduit à une diversité potentiellement infinie de gamètes. Occasionnellement, une répartition anormale des chromosomes peut se produire.</p> <p><i>Objectifs et mots clés. Brassage génétique inter et intrachromosomique. Diversité des gamètes. Stabilité des caryotypes.</i>  <i>(Collège, seconde, première. La mitose, les mutations, les allèles. Première idée de la recombinaison.)</i>  <i>[Limites. La nomenclature des phases de la méiose n’est pas exigible. La description cytologique de la méiose s’appuie sur le seul cas de la production de gamètes chez les animaux diploïdes à cycle monogénétique. Les mécanismes moléculaires de la recombinaison ne sont pas au programme.]</i>  <i>Convergence. Mathématiques : probabilités.</i>  <i>Pistes. Croisement entre la combinatoire génétique et la formalisation mathématique.</i></p>	<p>Ordonner et interpréter des observations microscopiques de cellules en méiose.</p> <p>Effectuer une analyse statistique simple d’un brassage interchromosomique (en analysant des produits de méiose).</p> <p>Représenter schématiquement le déroulement de la méiose à partir d’une cellule diploïde.</p> <p>Effectuer une analyse statistique simple d’un remaniement intrachromosomique (en analysant des produits de méiose)</p> <p>Illustrer schématiquement le mécanisme du crossing-over et ses conséquences génétiques.</p>
<p>Au cours de la fécondation, un gamète mâle et un gamète femelle s’unissent : leur fusion conduit à un zygote. La diversité génétique potentielle des zygotes est immense. Chaque zygote contient une combinaison unique et nouvelle d’allèles. Seule une fraction de ces zygotes est viable et se développe.</p> <p><i>Objectifs et mots clés. La fécondation est abordée à partir d’un exemple choisi chez une espèce animale présentant un cycle monogénétique diplophasique.</i>  <i>(Collège, seconde, première. Première idée des mécanismes de la fécondation.)</i>  <i>[Limites. Seules les notions de portée générale sont exigibles. Si l’élève doit pouvoir illustrer son propos par un exemple, aucun n’est imposé par le programme. Si l’on met en évidence la fusion des matériels nucléaires, les autres phénomènes cellulaires de la fécondation (réaction acrosomiale, réaction corticale, activation métabolique) sont hors programme.]</i>  <i>Pistes. Approche mathématique du risque génétique.</i></p>	<p>Mettre en œuvre, observer et analyser une fécondation in vitro.</p> <p>Observer et interpréter des observations microscopiques relatives à la fécondation.</p> <p>Réaliser une analyse statistique simple des résultats d’une fécondation</p> <p>Décrire schématiquement un exemple de fécondation et ses conséquences génétiques.</p>

**Thème 1-A-2 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes**

L'organisation fonctionnelle des plantes (Angiospermes) est mise en relation avec les exigences d'une vie fixée à cheval sur deux milieux, l'air et le sol. Au cours de l'évolution, des processus trophiques, des systèmes de protection et de communication, ainsi que des modalités particulières de reproduction se sont mis en place.

**Bilans : l'essentiel sur la plante (organisation, reproduction).**

Connaissances	Capacités et attitudes
<p>Les caractéristiques de la plante sont en rapport avec la vie fixée à l'interface sol/air dans un milieu variable au cours du temps. Ces caractéristiques concernent la nutrition (surfaces d'échange avec le milieu - air, sol – et systèmes conducteurs) et la vie de relation (protection contre les agressions du milieu - prédateurs, conditions saisonnières).</p> <p><i>Objectif et mots clés. Il s'agit d'aboutir à une vue globale de la plante, de ses différents organes et de leurs fonctions. Un schéma fonctionnel synthétique permet de présenter les notions à retenir. L'étude d'une coupe anatomique permet de repérer les deux grands types de tissus conducteurs.</i></p> <p><i>(Collège. Première approche de l'organisation végétale.)</i></p> <p><i>[Limites. Le raisonnement s'appuie uniquement sur l'observation d'une plante en tant qu'organisme. L'anatomie végétale n'est pas un objectif de formation : on se limite au repérage du phloème et du xylème et à l'indication de leurs rôles – sans mécanisme – dans la conduction des sèves.]</i></p> <p><i>Pistes. Modélisation fractale de l'augmentation de surface du système foliaire ou racinaire. Étude d'hormones végétales et de leurs actions sur la croissance, le passage de la mauvaise saison.</i></p>	<p>Étude morphologique simple d'une plante commune.</p> <p>Réaliser et observer une coupe anatomique dans une tige ou une racine.</p> <p>Effectuer une estimation (ordre de grandeur) des surfaces d'échanges d'une plante par rapport à sa masse ou son volume. Comparer avec un mammifère par exemple.</p> <p>Représenter schématiquement l'organisation d'une plante type et savoir en décrire un exemple.</p> <p>Recenser, extraire et exploiter des informations concernant des mécanismes protecteurs chez une plante (cuticules, toxines, épines, ...).</p>
<p>L'organisation et le fonctionnement de la fleur permettent le rapprochement des gamètes entre plantes fixées. L'organisation florale résulte du fonctionnement séquentiel de gènes de développement.</p> <p>La pollinisation de nombreuses plantes repose sur une collaboration animal pollinisateur / plante produit d'une coévolution.</p> <p>A l'issue de la fécondation, la fleur se transforme en fruits contenant des graines.</p> <p>La dispersion des graines est nécessaire à la survie et à la dispersion de la descendance. Elle repose souvent sur une collaboration animal disséminateur / plante produit d'une coévolution.</p> <p><i>Objectif et mots clés. Fleur, pistil (ovaire, ovule), étamine (filet, anthère), pollen. Fruit, graine. Pollinisation par le vent et les animaux.</i></p> <p><i>[Limites. Seule une vision élémentaire de la reproduction sexuée est ici attendue. Sont explicitement hors programme : la structure du grain de pollen, sa formation, les mécanismes de la double fécondation, les mécanismes de formation de la graine ou du fruit. La coévolution est constatée comme un résultat, mais ses mécanismes ne sont pas demandés. La connaissance exhaustive des gènes du développement floral.</i></p> <p><i>Pistes. Études de coévolution. Étude des mécanismes de transformation de la fleur en fruit.</i></p>	<p>Réaliser la dissection d'une fleur simple et traduire les observations sous une forme schématique simple (diagramme floral).</p> <p>Recenser, extraire et exploiter des informations permettant de mettre en évidence les relations entre une plante et un animal pollinisateur.</p> <p>Recenser, extraire et exploiter des informations permettant de mettre en évidence les relations entre une plante et un animal assurant sa dissémination.</p>

### Thème 1-A-3 Vers une vision dynamique de la biodiversité

La biodiversité a été définie et présentée comme produit et étape de l'évolution. Dans les classes précédentes, il a été montré que des individus porteurs de diverses combinaisons génétiques peuvent différer par leurs potentiels reproducteurs (plus grande attirance sexuelle exercée sur le partenaire ; meilleure résistance à un facteur du milieu, aux prédateurs ; meilleur accès à la nourriture, etc.). Cette influence, associée à la dérive génétique, conduit à une modification de la diversité génétique des populations au cours du temps.

En prolongeant et précisant ce qui a été étudié en seconde, il s'agit d'approfondir quelques aspects des mécanismes de la dynamique la biodiversité.

**Bilans : la biodiversité, l'origine de la diversité, le tri de la diversité.**

Connaissances	Capacités et attitudes
<p>L'association des mutations et de la diversification combinatoire liée à la reproduction sexuée n'est pas la seule source de diversité du vivant. D'autres mécanismes de diversification des génomes existent : hybridations suivies de polyploïdisation, transfert par voie virale, etc. S'agissant des gènes impliqués dans le développement, des formes vivantes très différentes peuvent résulter principalement de variations dans la chronologie et l'intensité d'expression de gènes communs, plus que d'une différence de contenu génétique. Une diversification des êtres vivants est aussi possible sans modification des génomes : associations (dont symbioses) par exemple. Chez les vertébrés, le développement de comportements nouveaux, transmis d'une génération à l'autre par voie non génétique est aussi source de diversité : chants d'oiseaux, utilisation d'outils, etc.</p> <p><i>Objectifs et mots clés. Il s'agit de montrer la variété des mécanismes de diversification à l'œuvre et l'apport de la connaissance des mécanismes du développement dans la compréhension des mécanismes évolutifs [Limites. Un traitement exhaustif des mécanismes possibles n'est pas attendu.]</i></p>	<p>Recenser, extraire et exploiter des informations pour étudier les modalités d'une modification du génome.</p> <p>Réaliser des comparaisons de gènes du développement pour en identifier les homologies de séquences. Recenser, extraire et exploiter des informations pour interpréter un changement évolutif en termes de modification du développement. Recenser, extraire et exploiter des informations pour étudier un exemple de diversification du vivant sans modification du génome.</p>
<p>Sous l'effet de la pression du milieu, de la concurrence entre êtres vivants et du hasard, la diversité des populations se transforme. Beaucoup de formes nouvelles sont éliminées mais quelques unes subsistent. L'évolution résulte de ce tri complexe dans une diversité aux origines multiples.</p> <p><i>Objectifs et mots clés. On insistera sur l'existence d'un tri qui s'exerce sur les individus et conduit à une modification des populations. Sélection naturelle et dérive génétique sont replacées dans ce cadre global.</i></p>	<p>Analyser une situation concrète, à partir d'arguments variés (données génétiques, paléontologiques, biologiques, arbres phylogénétiques, etc.).</p>

Connaissances	Capacités et attitudes
<p>Une espèce peut être considérée comme un ensemble d'individus suffisamment apparentés pour pouvoir réaliser entre eux des échanges génétiques à l'occasion de la reproduction sexuée.</p> <p>Une espèce cesse d'exister si l'ensemble d'individus concernés disparaît ou cesse d'être isolé génétiquement.</p> <p>Une nouvelle espèce apparaît si un nouvel ensemble s'individualise, par exemple à la suite d'une séparation géographique.</p> <p>Le contour d'une espèce est souvent flou et changeant au cours du temps.</p> <p><i>Objectifs et mots clés. Dans la continuité de l'approche des classes précédentes, il convient de montrer que l'espèce est une réalité statistique, collective et que c'est dans cette optique que la spéciation peut être envisagée.</i></p> <p><i>Pistes. Études de spéciations actuelles ; histoire du concept d'espèce.</i></p>	<p>Analyser des exemples de spéciation dans des contextes et selon des mécanismes variés à partir de documents fournis.</p>
<p>Comme toutes les autres espèces, l'Homme a une histoire évolutive et est en perpétuelle évolution.</p> <p>D'un point de vue génétique, l'Homme et le chimpanzé, très proches, se distinguent surtout par la position et la chronologie d'expression de certains gènes.</p> <p>Le phénotype humain, comme celui des grands singes proches, s'acquiert au cours du développement pré et postnatal, sous l'effet de l'interaction entre l'expression des gènes et l'environnement (dont la relation aux autres individus).</p> <p>Les premiers primates fossiles datent de -65 à -50 millions d'années. Ils sont variés et ne sont identiques ni à l'Homme actuel, ni aux autres singes actuels. La diversité des primates a été foisonnante. Homme et chimpanzé partagent un ancêtre commun récent. Aucun fossile ne peut être à coup sûr considéré comme un ancêtre de l'homme ou du chimpanzé.</p> <p>Le genre Homo se caractérise notamment par une face réduite, un dimorphisme sexuel peu marqué sur le squelette, un style de bipédie avec trou occipital avancé et aptitude à la course à pied, une mandibule parabolique, etc. Production d'outils complexes et variété des pratiques culturelles sont associées au genre Homo, mais de façon non exclusive.</p> <p>En Europe, <i>Homo sapiens</i> a coexisté avec <i>Homo neanderthalensis</i>. Cette coexistence a pris fin il y a 28000 ans.</p> <p><i>Objectif. Il s'agit de montrer qu'on peut réfléchir à l'évolution de l'espèce humaine ainsi qu'à celle de n'importe quelle autre.</i></p> <p><i>(Collège, première : premières idées sur la place de l'Homme dans l'évolution ; pigments rétiniques et place d'homme parmi les primates.)</i></p> <p><i>Convergence. Philosophie : Regards croisés sur l'Homme.</i></p> <p><i>Pistes. Étude comparée des primates ; Arts de la préhistoire.</i></p>	<p>Recenser, extraire et exploiter des informations permettant de comparer les génotypes de différents primates.</p> <p>Recenser, extraire et exploiter des informations permettant de positionner quelques espèces de primates actuels ou fossiles, dans un arbre phylogénétique, à partir de l'étude de caractères ou de leurs productions.</p> <p>Recenser et exploiter des informations sur la présence d'<i>Homo sapiens</i> et <i>Homo neanderthalensis</i> en Europe</p>

## **Thème 1-B – Le domaine continental et sa dynamique**

En classe de première S, l'attention s'est portée principalement sur les domaines océaniques. On aborde ici les continents. Il s'agit de dégager les caractéristiques de la lithosphère continentale et d'en comprendre l'évolution à partir de données de terrain.

La compréhension de la dynamique de la lithosphère devient ainsi plus complète.

### **Thème 1-B-1 La caractérisation du domaine continental : lithosphère continentale et altitudes**

La croûte continentale affleure dans les régions émergées. L'examen de données géologiques permet à la fois d'expliquer cette situation et de nuancer cette vision rapide.

**Bilans : granite, gabbro, basalte, péridotite.**

<b>Connaissances</b>	<b>Capacités et attitudes</b>
<p>La lithosphère est en équilibre (isostasie) sur l'asthénosphère. Les différences d'altitude moyenne entre les continents et les océans s'expliquent par des différences crustales.</p> <p>La croûte continentale, principalement formée de roches voisines du granite, est d'une épaisseur plus grande et d'une densité plus faible que la croûte océanique.</p> <p>L'âge de la croûte océanique n'excède pas 200 Ma, alors que la croûte continentale date par endroit de plus de 4 Ga. Cet âge est déterminé par radiochronologie.</p> <p><i>Objectifs et mots clés. Sans entrer dans le détail, il s'agit simplement d'insister sur trois grandes caractéristiques continentales : épaisseur crustale, densité crustale, âges variés et parfois très anciens. La radiochronologie des roches est fondée sur la décroissance radioactive naturelle de certains éléments chimiques présents dans les minéraux qui les constituent.</i></p> <p><i>[Limites. L'interrogation en SVT au baccalauréat ne portera pas sur les formalisations mathématiques et/ou physiques de la radioactivité. Les connaissances pétrographiques se limitent au rappel de ce qui a été vu en classe de première pour le granite. L'étude de la gravimétrie se limite à l'étude d'une modélisation simple de l'isostasie.]</i></p> <p><i>Convergences. Mathématiques : exponentielles.</i></p> <p><i>Physique : radioactivité.</i></p>	<p>Réaliser et exploiter des analyses cartographiques permettant d'identifier la croûte continentale et sa répartition géographique.</p> <p>Réaliser et exploiter une modélisation analogique du rééquilibrage isostatique des deux types de croûte par rapport au manteau.</p> <p>Utiliser des données sismiques et leur traitement avec des logiciels pour évaluer la profondeur du Moho.</p> <p>Saisir et traiter des informations à l'aide de logiciels.</p> <p>Déterminer un âge en utilisant la méthode de la droite isochrone à partir d'exemple régionaux ou globaux.</p>

### Thème 1-B-2 Reliefs continentaux et épaisseur crustale

Les montagnes sont des reliefs souvent spectaculaires dont les mécanismes de formation sont complexes. Le programme de la classe de terminale se limite au cas des reliefs liés à un épaissement crustal dont les indices peuvent être retrouvés sur le terrain et/ou en laboratoire.

**Bilans : isostasie.**

Connaissances	Capacités et attitudes
<p>Au relief positif qu'est la chaîne de montagne, répond, en profondeur, une importante racine crustale (isostasie). A l'échelle des chaînes de montagne, des indices d'un raccourcissement de la croûte, associé à son épaissement par empilement de nappes de charriage, sont identifiables. A l'échelle des roches, on observe des modifications de structures et de compositions minéralogiques. Selon le contexte, les modifications de la roche peuvent aller jusqu'à sa fusion partielle aboutissant à un magma de composition granitique. Les résultats conjugués des études tectoniques et minéralogiques permettent de reconstituer un scénario de l'histoire de la chaîne.</p> <p><i>Objectifs et mots clés. Plis, failles inverses, métamorphisme, migmatite.</i></p> <p><i>Collège. Collision-déformations des roches.</i> <i>[Limites. Même si seul ce cas est étudié, il convient de ne pas laisser croire aux élèves que tout relief correspond obligatoirement à un épaissement crustal. Cependant, aucune autre situation n'est exigible. L'étude de détermination de conditions de transformations minéralogiques, leur succession au cours du temps, repose sur l'analyse de données chimiques et graphiques qui seront toujours fournies.]</i></p> <p><i>Convergences. Chimie : transformations chimiques, thermodynamique.</i></p> <p><i>Pistes. La transformation chimique en phase solide ; les processus de fusion partielle.</i></p>	<p>Réaliser et exploiter une modélisation analogique du rééquilibrage isostatique. Recenser, extraire et organiser des données de terrain entre autres lors d'une sortie. Exploiter des données cartographiques. Exploiter des images ou données satellites pour mettre en évidence les grands éléments structuraux d'une chaîne de montagne et sa dynamique actuelle.</p> <p>Recenser, extraire et organiser des données de terrain entre autres lors d'une sortie.</p> <p>Observer à différentes échelles des roches ayant subi des transformations : affleurement, échantillon macroscopique, lame mince. Utiliser des diagrammes pression-température pour retrouver les conditions d'apparition des minéraux constitutifs.</p>

### Thème 1-B-3 La convergence lithosphérique : contexte de la formation des chaînes de montagnes

Si les dorsales océaniques sont le lieu de la divergence des plaques et les failles transformantes une situation de coulissage, les zones de subductions sont les domaines de la convergence à l'échelle lithosphérique. Ces régions, déjà présentées en classe de première S, sont étudiées ici pour comprendre une situation privilégiée de formation de chaînes de montagnes.

#### Bilans : le modèle de la tectonique des plaques

Connaissances	Capacités et attitudes
<p>Les chaînes de montagnes présentent souvent les traces d'un domaine océanique disparu (ophiolites). Des structures d'anciennes marges continentales passives sont également identifiables. La « suture » de matériaux océaniques résulte de l'affrontement de deux lithosphères continentales (collision). Tandis que l'essentiel de la lithosphère continentale continue de subduire, la partie supérieure de la croûte s'épaissit par empilement de nappes dans la zone de contact entre les deux plaques. Les matériaux océaniques et continentaux peuvent montrer les traces d'une transformation minéralogique à grande profondeur au cours de la subduction.</p> <p><i>Objectifs et mots clés. Prisme d'accrétion, ophiolite. Les indices de subduction, d'obduction ou de collision doivent pouvoir être reconnus sur divers types de documents. La succession est présentée comme un scénario type, jamais parfaitement réalisé sur le terrain.</i></p> <p><i>Collège : collision.</i></p> <p><i>Première : nature pétrographique de la lithosphère océanique.</i></p> <p><i>[Limites. Les exemples relèvent du choix du professeur, aucune chaîne de montagne n'est privilégiée. Aucune connaissance d'ensemble d'une chaîne de montagne précise n'est attendue.]</i></p> <p><i>Convergences : Physique-Chimie diagrammes de phase.</i></p>	<p>Recenser, extraire et organiser des données de terrain entre autres lors d'une sortie.</p> <p>Observer à différentes échelles, de l'échantillon macroscopique de roche à la lame mince, des minéraux témoignant de transformations liées à la subduction.</p> <p>Comparer une zone de collision et une zone de subduction pour établir les analogies d'une part entre le bassin d'avant-pays et la fosse et d'autre part les conditions de transformations HP-BT des roches avec celles d'un prisme d'accrétion.</p>
<p>La différence de densité entre l'asthénosphère et la lithosphère océanique âgée est la principale cause de la subduction.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La lithosphère océanique, en s'éloignant de l'axe des dorsales où elle s'est formée, se refroidit s'épaissit par la base, devient plus dense, s'alourdit et s'enfonce.</li> <li>- L'enfoncement de la lithosphère océanique, au-delà d'un certain équilibre de « flottabilité », explique son plongement dans l'asthénosphère sous son propre poids et son âge qui n'excède jamais 200 Ma.</li> </ul> <p><i>Objectifs et mots clés. Subsidence thermique. Il s'agit de clore la compréhension du mouvement des plaques en montrant le rôle moteur majeur de la traction par la lithosphère océanique plongeante. On expliquera ainsi à la fois la subduction, qui peut même entraîner du matériau continental pourtant peu dense et fournit les forces nécessaires à la collision, mais aussi l'ouverture océanique étudiée en classe de première.</i></p>	<p>Déterminer et comparer la densité moyenne de certaines roches de la croûte océanique et du manteau.</p> <p>Calculer la densité moyenne de la lithosphère en fonction de son âge et de son épaisseur et comparer avec celle de l'asthénosphère.</p>

### Thème 1-B-4 Le magmatisme en zone de subduction : une production de nouveaux matériaux continentaux

Les zones de subduction sont le siège d'une importante activité magmatique qui aboutit à la formation de la croûte continentale et également à son épaissement.

**Bilan : volcanisme, recyclage des matériaux de la croûte**

Connaissances	Capacités et attitudes
<p>Le volcanisme actif des zones de subduction produit de volumineux édifices volcaniques. Ces volcans émettent des laves souvent visqueuses associées à des gaz et leurs éruptions sont fréquemment explosives.</p> <p>La déshydratation des matériaux de la croûte océanique subduite libère de l'eau qu'elle a emmagasinée au cours de son histoire, ce qui provoque la fusion partielle des péridotites du manteau sus jacent.</p> <p>Si une fraction des magmas arrive en surface (volcanisme), la plus grande partie cristallise en profondeur et donne des roches à structure grenue de type granitoïde. Un magma, d'origine mantellique, aboutit ainsi à la création de nouveau matériau continental.</p> <p><i>Objectifs et mots clés. Accrétion continentale ; granodiorite ; andésite. (Collège. Dynamisme éruptif. Première. Subduction.) [Limites. Les mécanismes de la fusion se limitent à la mise en évidence du rôle de « fondant » de l'eau. Les réactions minéralogiques de déshydratation ne sont pas exigibles.] Accompagnement personnalisé. Métamorphisme dans la plaque subduite.</i></p>	<p>Utiliser des banques de données pour caractériser les édifices volcaniques de zones de subduction.</p> <p>Observer à différentes échelles, de l'échantillon macroscopique à la lame mince les roches mises en place dans un cadre de subduction et comprendre les différences de structures et leur particularités minéralogiques (abondance en minéraux hydroxylés).</p> <p>Réaliser et exploiter les résultats de modélisations numériques de fusion partielle des roches.</p> <p>Comparer les compositions minéralogiques d'un basalte et d'une andésite.</p> <p>Réaliser et exploiter les résultats de modélisation analogique et numérique de refroidissement de magma.</p>

### Thème 1-B-5 La disparition des reliefs

Tout relief est un système instable qui tend à disparaître aussitôt qu'il se forme. Sans viser une étude exhaustive, on montre ici que la disparition des reliefs résulte de la combinaison de plusieurs phénomènes.

**Bilans : notions d'érosion, transport, sédimentation.**

Connaissances	Capacités et attitudes
<p>Les chaînes de montagnes anciennes ont des reliefs moins élevés que les plus récentes. On y observe à l'affleurement une plus forte proportion de matériaux transformés et/ou formés en profondeur. Les parties superficielles des reliefs tendent à disparaître. Érosion et tectonique contribuent à l'effacement des reliefs.</p> <p>Sous l'effet de la pesanteur, de grands mouvements tectoniques en extension se produisent qui amoindrissent les reliefs.</p> <p>En surface, les roches sont altérées. Les produits de l'érosion après transport, s'accumulent ensuite dans les bassins, proches ou lointains, sous formes de sédiments qui se transforment ensuite en roches sédimentaires.</p> <p>L'ensemble de ces phénomènes débute dès la naissance du relief et constitue un vaste recyclage de la croûte continentale. En surface, une partie des matériaux peut s'incorporer à la chaîne en formation ou retourner en domaine océanique. Dans une moindre mesure, ils peuvent être entraînés en profondeur dans le cadre de la subduction et être intégrés au manteau.</p> <p><i>Objectifs et mots clés. Il s'agit de montrer que malgré les apparences, les chaînes de montagnes sont des systèmes dynamiques et disparaissent aussi. Comme les matériaux océaniques, la lithosphère continentale est recyclée en permanence. Les mécanismes sont cependant différents, ce qui explique que la croûte continentale puisse conserver les roches les plus anciennes de la Terre. (Collège. L'eau, agent principal d'érosion, transport, sédimentation ; sédiments, roches sédimentaires.)</i></p> <p><i>[Limites. S'il est souhaitable de s'appuyer sur des exemples précis, aucun d'eux n'est imposé par le programme. On n'entre pas dans les mécanismes de diagenèse.]</i></p> <p><i>Accompagnement personnalisé. Approches quantitatives : flux sédimentaire, réajustements isostatiques, vitesse d'érosion.</i></p> <p><i>Convergences Géographie : altération-climat.</i></p>	<p>Recenser, extraire et organiser des données de terrain entre autres lors d'une sortie.</p> <p>Exploiter des données cartographiques.</p> <p>Utiliser des images ou des données satellites pour qualifier et éventuellement quantifier l'érosion d'un massif actuel (ordre de grandeur).</p> <p>Réaliser et exploiter une modélisation analogique du rééquilibrage isostatique en relation avec l'érosion des reliefs superficiels.</p> <p>Observer dans les roches à différentes échelles, de l'échantillon macroscopique à la lame mince des minéraux témoignant de transformations liées à l'altération.</p> <p>Établir un schéma bilan du cycle des matériaux de la croûte continentale.</p>

## Thème 2. – Enjeux planétaires contemporains

### Thème 2-A – La chaleur de la Terre

L'énergie solaire, d'origine externe au globe terrestre a été largement abordée dans les programmes de sciences de la vie et de la Terre des classes de seconde et de première. Un flux de chaleur dont l'origine est interne se dirige aussi vers la surface. L'étudier en classe de terminale est à la fois prendre conscience d'une ressource énergétique alternative, largement disponible, non productrice de gaz à effet de serre et un moyen de comprendre le fonctionnement global de la planète.

**Bilan : convection mantélique.**

Connaissances	Capacités et attitudes
<p>La température croît avec la profondeur (gradient géothermique) ; un flux de chaleur atteint la surface en provenance des profondeurs de la Terre (lux géothermique). Gradients et flux varient selon le contexte géodynamique.</p> <p>La chaleur interne a pour origine principale la désintégration des substances radioactives contenues dans les roches.</p> <p>Le transfert de chaleur de la profondeur vers la surface se produit selon deux mécanismes : la convection et la conduction. Le transfert par convection est beaucoup plus efficace.</p> <p>A l'échelle globale, le flux fort dans les dorsales est associé à la production de lithosphère nouvelle ; au contraire les zones de subduction présentent un flux faible associé au plongement de la lithosphère âgée devenue dense. La Terre est une machine thermique.</p> <p>L'énergie géothermique utilisable par l'homme est variable d'un endroit à l'autre.</p> <p>Le prélèvement éventuel d'énergie par l'homme ne représente qu'une infime partie de ce qui est dissipé.</p> <p><i>Objectifs et mots clés. Il s'agit de montrer le lien étroit entre la compréhension du fonctionnement de la planète et l'utilisation par l'Homme d'une ressource naturelle que l'on peut considérer inépuisable.</i></p> <p><i>(Collège, seconde, première. Il convient de réinvestir les résultats des classes antérieures pour aboutir à une compréhension très globale du fonctionnement de la planète.)</i></p> <p><i>[Limites. Aucune formalisation mathématique de la circulation de la chaleur n'est attendue.]</i></p> <p><i>Convergences. Physique.</i></p> <p><i>Accompagnement personnalisé. Approche mathématique du flux de chaleur, calcul du gradient géothermique à partir des lois de diffusion de la chaleur.</i></p>	<p>Exploiter des données extraites des atlas régionaux des ressources géothermales en France, concernant la température des fluides extraits dans ces zones</p> <p>Exploiter les données recueillies lors d'une sortie locale dans une exploitation géothermique.</p> <p>Exploiter l'imagerie satellitale et les cartes de répartition mondiale du flux thermique pour replacer les exploitations actuelles dans le cadre structural : magmatisme de rifting, de subduction ou de points chauds.</p> <p>Réaliser des mesures de conduction et de convection à l'aide d'un dispositif ExAO et les traiter avec un tableur informatique.</p> <p>Réaliser et exploiter une modélisation analogique de convection en employant éventuellement des matériaux de viscosité différente.</p> <p>Exploiter les imageries de tomographies sismiques.</p>

## **Thème 2-B La plante domestiquée**

Les plantes, directement ou indirectement (par l'alimentation des animaux d'élevage) sont à la base de l'alimentation humaine. Elles constituent aussi des ressources dans différents domaines : énergie, habillement, construction, médecine, etc.

La culture des plantes constitue donc un enjeu majeur pour l'humanité.

La domestication des plantes conduit à une modification profonde de la biodiversité végétale des espèces cultivées. Elle repose sur l'évolution des techniques biologiques et agricoles.

<b>Connaissances</b>	<b>Capacités et attitudes</b>
<p>La domestication des plantes résulte de la sélection de caractères utiles à l'Homme et de la maîtrise de leur reproduction. Une même espèce comporte souvent plusieurs variétés sélectionnées selon des critères différents ; c'est une forme de biodiversité.</p> <p>Les techniques de croisement et de sélection permettent souvent, d'obtenir de nouveaux phénotypes qui n'existaient pas dans la nature.</p> <p>Les techniques du génie génétique permettent d'agir directement sur le génome des plantes cultivées.</p> <p><i>Objectifs et mots clés. Il s'agit de montrer les différentes modalités d'action humaine sur la biodiversité végétale.</i></p> <p><i>[Limites. les éléments scientifiques introduits ici, permettent un débat sur l'usage de telle ou telle méthode, mais il n'entre pas dans les objectifs de l'enseignement scientifique de trancher, à lui seul, la controverse.]</i></p> <p><i>Convergence. Histoire des arts : la modification des aliments de l'Homme au travers de leur représentation picturale.</i></p>	<p>Recenser, extraire et exploiter des informations afin de comparer une plante cultivée et son ancêtre naturel supposé.</p> <p>Recenser, extraire et exploiter des informations afin de comprendre les caractéristiques de la modification génétique des plantes.</p>
<p>La connaissance de la physiologie de la plante permet de contrôler son développement végétatif.</p> <p>Des techniques traditionnelles (la taille) ou plus modernes (la culture <i>in vitro</i>) utilisent explicitement ou implicitement des connaissances sur les hormones végétales.</p> <p><i>Objectifs et mots clés. Il s'agit de montrer, sur un ou deux exemples, comment des pratiques culturelles peuvent être expliquées ou mises au point par des connaissances sur les hormones végétales.</i></p> <p><i>[Limites. Une étude exhaustive des hormones végétales n'est pas attendue. S'il pourra être demandé à un candidat au baccalauréat d'argumenter un propos à l'aide d'un exemple qu'il aura étudié en classe, aucun exemple précis n'est imposé.]</i></p>	<p>Recenser, extraire et exploiter des informations, y compris expérimentales, concernant le contrôle de la morphogenèse végétale.</p> <p>Réaliser et interpréter une culture <i>in vitro</i>.</p>

### Thème 3. – Corps humain et santé

Dans ce thème, le projet est d'aborder quelques sujets ayant un rapport direct avec de grandes questions de santé publique en même temps que les bases scientifiques nécessaires pour les traiter.

#### **Thème 3-A Le maintien de l'intégrité de l'organisme (ou l'organisme face aux dangers) : quelques aspects de la réaction immunitaire**

Le système immunitaire est constitué d'organes et de cellules qui assurent le maintien de l'intégrité de l'organisme. Chez les vertébrés, ce système comprend un ensemble de défenses aux stratégies très différentes : l'immunité innée et l'immunité adaptative.

Connaissances	Capacités et attitudes
<p>La mise en route d'une réaction immunitaire nécessite la distinction du soi et du non soi ainsi que la détection de signaux de danger par l'organisme.</p> <p>L'immunité innée est présente chez tous les animaux. Elle ne nécessite pas d'apprentissage préalable, est génétiquement héritée et présente dès la naissance. Elle repose sur des mécanismes de reconnaissance et d'action très conservés d'une espèce à l'autre car issus d'une lente et très longue coévolution entre les animaux et les micro-organismes pathogènes.</p> <p>L'immunité innée est la première à intervenir lors de situations variées (atteintes des tissus, infection, cancer). C'est une première ligne de défense qui agit rapidement et localement, tout en restant opérationnelle pendant toute la réaction immunitaire.</p> <p>La réaction inflammatoire aiguë en est le mécanisme essentiel. Elle fait suite à l'infection ou à la lésion d'un tissu et met en jeu des molécules à l'origine de symptômes stéréotypés (rougeur, chaleur, gonflement). Elle prépare le déclenchement de l'immunité adaptative..</p> <p><i>Objectif et mots clés</i> <i>Soi, non soi, organes lymphoïdes, macrophages, monocytes, granulocytes, phagocytose, mastocytes, médiateurs chimiques de l'inflammation, réaction inflammatoire, médicaments anti-inflammatoires.</i> <i>Il s'agit sur un exemple de montrer le déclenchement d'une réaction immunitaire et l'importance de la réaction inflammatoire. On explicitera simplement l'utilisation de médicaments type aspirine dans un objectif d'éducation à la santé.</i> <i>(Collège. Les bases d'immunologie.)</i> <i>Limites : la description exhaustive du CMH. La description des récepteurs de l'immunité innée (PRR), des signaux de dangers et les signatures des pathogènes (PAMP).</i></p>	<p>Observer et comparer une coupe histologique ou des documents en microscopie avant et lors d'une réaction inflammatoire aiguë.</p> <p>Recenser, extraire et exploiter des informations, sur les cellules et les molécules impliquées dans la réaction inflammatoire aiguë.</p> <p>Recenser, extraire et exploiter des informations, y compris expérimentales, sur les effets de médicaments antalgiques et anti-inflammatoires</p>

Connaissances	Capacités et attitudes
<p>L'immunité adaptative est propre aux vertébrés. Elle s'ajoute à l'immunité innée et assure une action spécifique contre des molécules, ou partie de molécules, habituellement étrangères à l'organisme : les antigènes.</p> <p>Les cellules de l'immunité adaptative sont d'une grande diversité. Elles sont produites aléatoirement par des mécanismes génétiques complexes qui permettent potentiellement de répondre à tous les antigènes. Les cellules susceptibles de réagir contre les cellules du soi (cellules autoréactives) sont éliminées.</p> <p>Les cellules de l'immunité adaptative ne deviennent effectrices qu'après une première rencontre avec un antigène grâce aux phénomènes de sélection, d'amplification et de différenciation clonales. Ces étapes assurent la spécificité de la réaction et ainsi son efficacité.</p> <p>Les défenses adaptatives associées avec les défenses innées permettent d'éliminer la cause du déclenchement de la réaction immunitaire.</p> <p><i>Objectif et mots clés. Cellule présentatrice de l'antigène, lymphocytes B, plasmocytes, immunoglobulines (anticorps), séropositivité, lymphocytes T CD4, lymphocytes T auxiliaire, interleukine 2, lymphocytes T CD8, Lymphocytes T cytotoxiques. L'exemple d'une infection virale (grippe), fait comprendre la mise en place des défenses adaptatives et comment, en collaboration avec les défenses innées, elles parviennent à l'élimination du virus. On insistera sur la réponse adaptative à médiation humorale. On profitera de cette étude pour signaler le mode d'action du VIH et la survenue de maladies opportunistes dans le cas du SIDA.</i></p> <p><i>Limites : la description des mécanismes génétiques à l'origine de la diversité du répertoire immunologique. La présentation de l'antigène aux lymphocytes T, la description du cycle de développement du VIH.</i></p>	<p>Recenser, extraire et exploiter des informations, y compris expérimentales, sur les cellules et les molécules intervenant dans l'immunité adaptative</p> <p>Concevoir et réaliser une expérience permettant de caractériser la spécificité des molécules intervenant dans l'immunité adaptative</p> <p>Concevoir et réaliser des expériences permettant de mettre en évidence les immunoglobulines lors de la réaction immunitaire</p>
<p>Une fois formés, les effecteurs de l'immunité adaptative sont conservés grâce à des cellules mémoires à longue durée de vie. Cette mémoire immunitaire est à l'origine d'une réponse secondaire à l'antigène plus rapide et quantitativement plus importante qui assure une protection de l'organisme vis à vis de cet antigène.</p> <p>La vaccination reproduit cette situation naturelle. L'injection de produits immunogènes mais non pathogènes (particules virales, virus atténués, etc.), provoque la formation d'un pool de cellules mémoires dirigées contre l'agent d'une maladie. L'adjuvant du vaccin déclenche la réaction innée indispensable à l'installation de la réaction adaptative.</p> <p>Le phénotype immunitaire d'un individu se forme au gré des expositions aux antigènes et permet son adaptation à l'environnement. La vaccination est un moyen d'optimiser ce phénomène.</p> <p>La production aléatoire de lymphocytes naïfs est continue tout au long de la vie mais au fil de la rencontre de microorganismes, le pool des lymphocytes mémoires augmente.</p> <p><i>Objectif et mots clés Mémoire immunitaire, vaccins. Il s'agit de faire comprendre la base biologique de la stratégie vaccinale pour prendre conscience de sa portée en termes de santé publique.</i></p> <p><i>(Collège. Premières idées sur les vaccins.)</i></p> <p><i>Limites : la description exhaustive des types de vaccins et des pratiques vaccinales.</i></p>	<p>Recenser, extraire et exploiter des informations sur la composition d'un vaccin et sur son mode d'emploi.</p>

### **Thème 3-B Un paramètre physiologique sous surveillance : la pression artérielle**

Depuis la classe de seconde, les élèves savent que la pression artérielle dépend de la fréquence cardiaque, et connaissent la boucle réflexe nerveuse qui relie pression et fréquence. En outre l'hypertension artérielle est une préoccupation de santé publique majeure.

L'objectif de cette partie est de faire comprendre que la pression artérielle dépend de nombreux facteurs, ce qui rend l'approche médicale complexe. Pour cela, trois autres mécanismes de régulation sont envisagés. Il conviendra toutefois de souligner que d'autres mécanismes, non étudiés dans ce cadre, peuvent également jouer un rôle important dans la régulation de la pression artérielle

#### **Thème 3-B-1 La pression artérielle, un paramètre simple à mesurer, complexe à interpréter**

La mesure de la pression artérielle est un geste courant du médecin. Si son interprétation est difficile, c'est que la pression artérielle dépend de plusieurs paramètres.

<b>Connaissances</b>	<b>Capacités et attitudes</b>
<p>Le système sanguin peut être assimilé à un récipient aux parois élastiques : la pression qui y règne dépend de son degré de remplissage, c'est-à-dire du volume sanguin. C'est pourquoi les diurétiques sont souvent utilisés pour lutter contre l'hypertension artérielle.</p> <p>La loi de Poiseuille relie la pression artérielle au débit cardiaque et à la résistance vasculaire : <math>P_A = D_C \cdot R_V</math>.</p> <p>Le débit augmente avec la fréquence cardiaque et le volume d'éjection systolique. La résistance vasculaire augmente quand le rayon moyen des vaisseaux diminue.</p> <p>Comprendre la régulation de la pression artérielle nécessite donc de rechercher ce qui contrôle le volume sanguin, la fréquence cardiaque, le volume d'éjection systolique et la vasoconstriction artérielle.</p> <p>L'hypertension constitue un problème de santé publique, en raison des conséquences graves qu'elle peut avoir.</p> <p><i>Objectifs et mots clés. Pour aborder la pression artérielle, la complexité de ce dont elle dépend est mise en évidence. Il s'agit de montrer qu'on ne s'attachera qu'à quelques aspects du contrôle du débit cardiaque et de la vasoconstriction. Le contrôle du volume sanguin ne sera pas abordé.</i></p> <p><i>Seconde. Première approche de la pression artérielle.</i></p>	<p>Utiliser l'analogie avec la loi d'Ohm pour comprendre de quoi dépend la pression artérielle.</p>

### Thème 3-B-2 La pression artérielle : un paramètre contrôlé par un ensemble complexe de mécanismes

La boucle de régulation pression artérielle / barorécepteur / centre nerveux / innervation cardiaque / fréquence cardiaque a été étudiée en seconde. Elle est ici simplement rappelée. En revanche, la boucle de régulation qui comprend la régulation nerveuse de la vasoconstriction doit être abordée. Pour compléter la vision de la régulation de la pression artérielle, on présente le système rénine-angiotensine et l'adrénaline. Il ne s'agit certes toujours pas d'être exhaustif mais de fournir aux élèves des bases qui pourront être utiles, notamment lors d'études paramédicales ou médicales.

Connaissances	Capacités et attitudes
<p>La paroi des petites artères contient des fibres musculaires lisses susceptibles de se contracter sous l'effet de stimulations nerveuses. L'innervation de la paroi des petites artères s'inscrit dans une boucle de régulation de la pression artérielle qui ne fait intervenir qu'une régulation vasoconstrictrice. Dans le détail, la connaissance fine des synapses entre neurones et fibres cardiaques ou fibres musculaires des artères permet de comprendre l'utilisation de certains médicaments ( -bloquants, -bloquants).</p> <p><i>Objectifs et mots clés. L'étude d'une deuxième boucle de régulation nerveuse permet de comprendre la complexité du phénomène.</i> <i>Seconde. La première boucle de régulation nerveuse.</i> <i>[Limites. Si l'on peut évoquer d'autres cibles nerveuses possibles pour les médicaments de l'hypertension artérielle, aucune n'est exigible.]</i></p>	<p>Recenser, extraire et exploiter des informations, y compris expérimentales, afin de mettre en évidence la boucle de régulation nerveuse de la vasoconstriction. Représenter graphiquement la boucle de régulation de la fréquence cardiaque étudiée en seconde. Représenter graphiquement la boucle de régulation de la vasoconstriction, seule ou en association avec la précédente.</p>
<p>L'adrénaline est sécrétée par la glande médullo-surrénale. Elle exerce son action sur le cœur en augmentant la fréquence cardiaque. Chez les transplantés cardiaques, elle devient le mécanisme principal de contrôle de l'activité cardiaque. Le rein réagit à une baisse de pression artérielle en produisant de la rénine. Cette enzyme agit sur un précurseur hépatique, l'angiotensinogène, en le transformant en angiotensine. Cette substance augmente la vasoconstriction artérielle. Des médicaments spécifiques interviennent sur ces mécanismes.</p> <p><i>Objectifs et mots clés. Il s'agit d'illustrer l'imbrication de mécanismes hormonaux et nerveux dans une même régulation.</i></p>	<p>Recenser, extraire et exploiter des informations, de façon à mettre en évidence les systèmes de régulation étudiés. Représenter graphiquement les boucles de régulation étudiées.</p>

### **Thème 3-C Neurone et fibre musculaire : la communication nerveuse**

En partant des acquis de la classe de seconde, il s'agit d'apporter une compréhension plus fine du système neuromusculaire et de comprendre un test médical couramment utilisé. C'est aussi l'occasion d'apporter les connaissances indispensables concernant le neurone et la synapse.

#### **Thème 3-C-1 Du récepteur à l'effecteur**

Le réflexe myotatique sert d'outil diagnostique pour apprécier l'intégrité du système neuromusculaire : par un choc léger sur un tendon, on provoque la contraction du muscle étiré (exemple du réflexe rotulien ou achilléen).

**Bilan : neurone, synapse chimique.**

<b>Connaissances</b>	<b>Capacités et attitudes</b>
<p>Le réflexe myotatique est un réflexe monosynaptique. Il met en jeu différents éléments qui constituent l'arc réflexe. Le neurone moteur conduit un message nerveux codé en fréquence de potentiels d'actions. La commande de la contraction met en jeu le fonctionnement de la synapse neuromusculaire.</p> <p><i>Objectifs et mots clés. Les éléments de l'arc réflexe : stimulus, récepteur, neurone sensoriel, centre nerveux, neurone moteur, effecteur (fibre musculaire). Caractéristiques structurales et fonctionnelles du neurone (corps cellulaire, dendrite, axone, potentiels de repos et d'action). Synapse chimique (bouton synaptique, neuromédiateur – acétylcholine, exocytose, fente synaptique, récepteur post-synaptique, potentiel d'action musculaire). Codage électrique en fréquence, codage chimique en concentration.</i></p> <p><i>[Limites. Les mécanismes ioniques des potentiels membranaires. Les potentiels de récepteurs. Les potentiels post-synaptiques et les mécanismes de déclenchement du potentiel d'action musculaire. Le couplage excitation-contraction.]</i></p>	<p>Mettre en évidence les éléments de l'arc réflexe à partir de matériels variés (enregistrements, logiciels de simulation).</p> <p>Observer et comparer des lames histologiques de fibre et de nerf.</p> <p>Observer des lames histologiques pour comprendre l'organisation de la moelle épinière.</p> <p>Recenser, extraire et exploiter des informations, afin de caractériser le fonctionnement d'une synapse chimique.</p> <p>Interpréter les effets de substances pharmacologiques sur le fonctionnement de synapses chimiques.</p>

### Thème 3-C-1 De la volonté au mouvement

Le corps cellulaire du motoneurone reçoit des informations diverses qu'il intègre sous la forme d'un message moteur unique.

**Bilan : plasticité cérébrale**

Connaissances	Capacités et attitudes
<p>L'exploration du cortex cérébral permet de découvrir 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 motoneurones. C'est ce qui explique les effets paralysant des lésions médullaires.</p> <p>Le cerveau possède des capacités de récupération après une lésion (AVC par exemple).</p> <p>La comparaison des cartes motrices de plusieurs individus montre des différences importantes. Loin d'être innées, ces différences s'acquièrent au cours du développement, de l'apprentissage des gestes, et de l'entraînement. C'est un aspect essentiel de la plasticité cérébrale.</p> <p><i>Objectifs et mots clés. En s'appuyant sur les notions sur la plasticité cérébrale acquise en première par l'étude de la vision, il s'agit de montrer que cette plasticité affecte aussi le cortex moteur, et l'importance de cette plasticité, tant dans l'élaboration d'un phénotype spécifique que dans certaines situations médicales.</i></p> <p><i>(Première. Notions sur la plasticité cérébrale.)</i></p> <p><i>[Limites. La plasticité cérébrale n'est pas abordée dans ses mécanismes moléculaires : on se contente de constater des modifications des aires corticales.]</i></p>	<p>Recenser, extraire et exploiter des informations, afin de caractériser les aires motrices cérébrales et de mettre en évidence leur plasticité.</p>