



éduscol



Consultation nationale sur les programmes

Projet de programme de la classe de
première de la voie générale

Sciences de la vie et de la Terre série scientifique (S)

& Orientations pour le programme de la classe
terminale S

L'organisation de la consultation des enseignants est confiée aux recteurs,
entre le lundi 3 mai et le vendredi 28 mai 2010.

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

3 mai 2010

Sciences de la vie et de la Terre

PREAMBULE

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

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.

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.

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.

Pour participer à l'affirmation du **caractère généraliste de la seconde**, le programme de sciences de la vie et de la Terre fait le choix d'aborder une palette de thèmes variés et, par conséquent, accepte de ne pas trop les approfondir. Il s'agit de montrer la diversité des sujets qu'abordent les sciences de la vie et de la Terre dans l'espoir que chaque élève y trouvera matière à répondre à ses attentes. Les bases ainsi établies, le plus souvent à partir d'étude d'exemples concrets et motivants, conduiront, dans les classes ultérieures, à des approfondissements, des généralisations, des approches complémentaires. Ces bases larges permettront à l'élève de déterminer ses choix pour le cycle terminal en connaissance de cause.

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 **facilitation des corrections de trajectoires**, le programme sera organisé en prenant en compte trois préoccupations. Certaines thématiques abordées seront communes aux classes de premières scientifique et non scientifiques (avec un niveau de précision différent). Certaines thématiques de classe de première scientifique seront traitées de telle sorte que seules leurs conclusions les plus générales soient nécessaires en terminale. Certaines thématiques de terminale scientifique se situeront directement dans la continuité des acquis de la classe de seconde.

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. Ces exemples, toujours localisés, seront choisis, pour certains au moins, dans un contexte proche.

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.

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. L'affirmation de l'importance de cette formation intellectuelle et humaine explique le niveau de généralité des exigences de connaissances. **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 à faire comprendre ce qu'est le savoir scientifique, son mode de construction et son évolution au cours de l'histoire des sciences.

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 vérifier 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 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 laboratoires, notamment manipulatoires et expérimentales, indispensables à la construction des savoirs de la discipline.

Les technologies de l'information et de la communication

Les technologies de l'information et de la communication seront mises en œuvre en 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, gagneront à être exploités, en classe et hors de la classe dans le cadre d'un **environnement numérique de travail (ENT)**.

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.

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 et leur autonomie de raisonnement.

L'autonomie des élèves et le travail par atelier

Le lycéen, dès la seconde, 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 et d'écoute.

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 leur 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 contrôle 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 l'acquisition de capacités expérimentales 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 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.

Les préoccupations éducatives

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

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 (thèmes de l'énergie et de l'eau) et l'EPS (thème activité physique).

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 ou sa 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.

PRÉAMBULE

II - LES SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE EN CLASSE DE PREMIÈRE S

Le programme de la classe de première S prend appui sur ceux de la classe de seconde et du collège. De plus il est écrit de façon à rendre le moins difficile possible un changement de filière en fin ou en cours de première. Les thèmes abordés dans les classes non scientifiques le sont aussi dans la filière S, à un autre niveau d'approfondissement scientifique. En particulier, il devrait être possible sans trop de difficulté de préparer les épreuves scientifiques anticipées du baccalauréat de première ES ou L en ayant suivi un enseignement de première S.

En classe de première S, sont déclinées les trois thématiques présentées dans le préambule général pour le lycée.

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

- les données fondamentales sur le patrimoine génétique (réplication, transcription, traduction, mutation et variabilité génétique) ; l'explicitation de certains phénomènes moléculaires permet de progresser dans l'explication au-delà de la classe de seconde ;
- la tectonique des plaques dans le cadre de l'histoire d'un modèle ; il s'agit d'une approche historique qui prolonge, précise et argumente le modèle étudié au collège.

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

- dans le prolongement du programme de seconde, et en écho à l'étude historique du modèle de tectonique des plaques, on aborde la manière dont la connaissance de la tectonique des plaques constitue un atout majeur pour rechercher et exploiter des substances utiles (un exemple d'hydrocarbure et un exemple régional au choix) ;
- le thème nourrit l'humanité prolonge l'approche globale de l'agriculture conduite en seconde ; il s'agit de mettre en relation les besoins qualitatifs et quantitatifs des individus en aliments et eau potable et les problématiques de gestion durable de la planète.

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

- la dualité féminin / masculin est abordée sous l'angle de son ontogenèse aussi bien que pour permettre une approche biologique des questions de sexualité ;
- les relations entre la variabilité génétique et la santé conduisent à évoquer la part de la génétique dans la cause des maladies, celle des perturbations du génome dans le cancer, et l'importance médicale de la sélection de souches bactériennes résistantes aux antibiotiques ;
- en relation étroite avec le cours de physique, la vision est abordée sous trois angles ; le cristallin est étudié en tant que lentille transparente vivante, les cellules photoréceptrices permettent à la fois de comprendre certains aspects de la perception et d'aborder leur origine évolutive et le fonctionnement cérébral montre la complexité des interconnexions et de la plasticité.

Comme pour la classe de seconde, la liberté pédagogique du professeur est grande en classe de première S. Cependant, la nécessité d'assurer la construction d'un corpus commun de compétences conduit parfois à préciser davantage ce qui est attendu. En outre, le travail en classe s'inscrit dès cette classe dans la perspective d'une préparation au baccalauréat. En particulier, un premier entraînement à l'épreuve des capacités expérimentales impose une pratique pédagogique aussi concrète que possible.

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

PROGRAMME – CLASSE DE PREMIÈRE S

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 première.

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 première (ces acquis peuvent cependant être rappelés) ;
- entre crochets, quelques limites, chaque fois qu'il a semblé nécessaire de rendre parfaitement explicite ce jusqu'où ne doit pas aller l'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).

Une nouvelle rubrique apparaît dans cette colonne par rapport au programme de seconde. Dénommée « pistes », elle suggère des directions de réflexions susceptibles d'être exploitées dans le cadre de prolongements au-delà du programme lui-même, en TPE, accompagnement personnalisé ou clubs scientifiques par exemple, de préférence en interdisciplinarité.

La **colonne de droite indique les capacités et attitudes** dont on attend qu'elles soient développées 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 qui, par conséquent, 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).

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.

Connaissances	Capacités et aptitudes
Thème 1 – La Terre dans l’univers, la vie et l’évolution du vivant	
<p>Thème 1 – A Expression, stabilité et variation du patrimoine génétique Ce thème s’appuie sur les connaissances acquises en collège et en classe de seconde sur la molécule d’ADN. Il s’agit de comprendre comment la réplication et la mitose permettent une reproduction cellulaire conforme. Toutefois, la fragilité de la molécule d’ADN – notamment lors de la réplication – est source de mutation, cause de variation génétique. Les mécanismes de transcription et traduction expliquent l’équipement protéique des cellules.</p>	
Reproduction conforme de la cellule et réplication de l’ADN	
<p>Les chromosomes sont des structures constantes des cellules eucaryotes qui sont dans des états de condensation variables au cours du cycle cellulaire. En général la division cellulaire est une reproduction conforme qui conserve toutes les caractéristiques du caryotype (nombre et morphologie des chromosomes).</p> <p><i>Objectifs et mots clés. Phases du cycle cellulaire : interphase (G1, S, G), mitose. (Collège et seconde. Première approche de la mitose, du caryotype). [Limites. Les anomalies du caryotype ne sont pas abordées ici. Le fonctionnement du fuseau mitotique est hors programme.] Pistes. Explication des anomalies chromosomiques ; caryotypes et définition des espèces.</i></p>	<p>Recenser, extraire et exploiter des informations permettant de caractériser le cycle cellulaire et ses phases, dans différents types cellulaires. Effectuer un geste technique en observant au microscope des divisions de cellules eucaryotes.</p>
<p>Chaque chromatide contient une molécule d’ADN. Au cours de la phase S, l’ADN subit la réplication semi-conservative. En absence d’erreur, ce phénomène préserve, par copie conforme, la séquence des nucléotides. Ainsi, les deux cellules filles provenant par mitose d’une cellule mère possèdent la même information génétique.</p> <p><i>(Collège et seconde. Première approche de l’ADN). [Limites. L’intervention d’un ensemble d’enzymes et la nécessité d’une source d’énergie sont seulement signalées, sans souci de description exhaustive.] Pistes. Comprendre la PCR. Calculer la vitesse de réplication chez les eucaryotes.</i></p>	<p>Mettre en œuvre une méthode (démarche historique) et/ou une utilisation de logiciels et/ou une pratique documentaire permettant de comprendre le mécanisme de réplication semi conservative. Concevoir et réaliser un protocole expérimental permettant de visualiser les résultats d’une réplication de molécule d’ADN (de type PCR).</p>

Connaissances	Capacités et aptitudes
Variabilité génétique et mutation de l'ADN	
<p>Pendant la réplication de l'ADN surviennent des erreurs spontanées et rares, dont la fréquence est augmentée par l'action d'agents mutagènes. Le plus souvent l'erreur est réparée par des systèmes enzymatiques. Quand elle ne l'est pas, il apparaît une mutation, qui sera transmise si la cellule se divise.</p> <p>Une mutation survient soit dans une cellule somatique (elle est ensuite présente dans le clone issu de cette cellule) soit dans une cellule germinale (elle devient alors héréditaire). Les mutations sont la source aléatoire de la diversité des allèles.</p> <p><i>(Collège et seconde. Première approche de la variation génétique.)</i> <i>[Limites. L'action d'agents mutagènes est étudiée à titre d'exemple, mais leur mécanisme d'action n'a pas à être mémorisé. Aucune exhaustivité n'est attendue dans la présentation de ces agents.]</i> <i>Convergence. Mathématiques : probabilité.</i> <i>Pistes. Quantification de la mutation dans une population cellulaire (mathématiques) ; les agents mutagènes dans l'environnement (physique-chimie).</i></p>	<p>Recenser, exploiter et interpréter des bases de données permettant de mettre en évidence l'influence d'agents mutagènes sur des populations humaines (UV, benzène, etc.). Concevoir et réaliser un protocole permettant d'analyser l'influence de l'irradiation d'une culture de levures par des UV (suivi du taux de mortalité).</p> <p>Savoir estimer le taux de mutation moyen d'une réplication.</p> <p>Utiliser des logiciels pour caractériser des mutations.</p> <p>Extraire et exploiter des informations permettant de caractériser une lignée germinale et une lignée somatique (chez <i>C. elegans</i> par exemple).</p> <p>Recenser et exploiter des informations permettant de caractériser la diversité allélique d'une population.</p>
L'expression du patrimoine génétique	
<p>La séquence des nucléotides d'une molécule d'ADN représente une information. Le code génétique est le système de correspondance mis en jeu lors de la traduction de cette information. À quelques exceptions près, il est commun à tous les êtres vivants.</p> <p>Les portions codantes de l'ADN comportent l'information nécessaire à la synthèse de chaînes protéiques issues de l'assemblage d'acides aminés.</p> <p>Chez les eucaryotes, la transcription est la fabrication, dans le noyau, d'une molécule d'ARN pré-messager, complémentaire du brin codant de l'ADN. Après une éventuelle maturation, qui modifie ses extrémités et élimine les parties non codantes, l'ARN messager est traduit en protéines dans le cytoplasme.</p> <p>Un même ARN pré-messager peut subir, suivant le contexte, des maturations différentes et donc être à l'origine de plusieurs protéines différentes.</p> <p><i>[Limites. Le code génétique n'est pas à mémoriser. Les rôles des ARNt et ARN r ne sont pas au programme. Les mécanismes sont étudiés chez les eucaryotes, mais l'objectif n'est pas de mettre l'accent sur les différences entre les eucaryotes et les procaryotes.]</i></p>	<p>Recenser, extraire et exploiter des informations permettant de caractériser les protéines comme expression primaire de l'information génétique.</p> <p>Mettre en œuvre une méthode (démarche historique) et/ou une utilisation de logiciels et/ou une pratique documentaire permettant d'approcher le mécanisme de la transcription, de la maturation des ARNm et de la traduction.</p> <p>Recenser, extraire et exploiter des informations permettant de comprendre l'épissage alternatif et ses conséquences génétiques (sur les gènes de la DMD et de la DSCAM par exemple).</p> <p>Mettre en œuvre une méthode (démarche historique) et/ou une utilisation de logiciels et/ou une pratique documentaire permettant de comprendre comment le code génétique a été élucidé.</p>

Connaissances	Capacités et aptitudes
<p>L'ensemble des protéines qui se trouvent dans une cellule (phénotype moléculaire) dépend :</p> <ul style="list-style-type: none"> - du patrimoine génétique de la cellule (une mutation allélique peut être à l'origine d'une protéine différente ou de l'absence d'une protéine) ; - de la nature des gènes qui s'expriment sous l'effet de l'influence de facteurs internes et externes variés. <p>Le phénotype macroscopique dépend du phénotype cellulaire, lui-même induit par le phénotype moléculaire.</p> <p><i>(Collège et seconde. Première approche des différentes échelles du phénotype et de la variation.)</i> <i>[Limites. L'étude de la différenciation cellulaire n'est pas au programme ; on se contente de constater que plusieurs cellules d'un même organisme peuvent ne pas contenir les mêmes protéines.]</i> <i>Pistes. Perturbation de la production de protéines dans une cellule cancéreuse. Différenciation cellulaire et expression protéique.</i></p>	<p>Recenser, extraire et exploiter des informations (à partir d'un exemple comme la drépanocytose ou le <i>xeroderma pigmentosum</i>) permettant de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - caractériser les différentes échelles d'un phénotype ; - différencier les rôles de l'environnement et du génotype dans l'expression d'un phénotype.
<p>Thème 1 – B</p> <p>La tectonique des plaques : l'histoire d'un modèle</p> <p>Les grandes lignes de la tectonique des plaques ont été présentées au collège. Il s'agit, en s'appuyant sur une démarche historique, de comprendre comment ce modèle a peu à peu été construit au cours de l'histoire des sciences et de le compléter. On se limite à quelques étapes significatives de l'histoire de ce modèle. L'exemple de la tectonique des plaques donne l'occasion de comprendre la notion de modèle scientifique et son mode d'élaboration. Il s'agit d'une construction intellectuelle hypothétique et modifiable. Au cours du temps, la communauté scientifique l'affine et le précise en le confrontant en permanence au réel. Il a une valeur prédictive et c'est souvent l'une de ces prédictions qui conduit à la recherche d'un fait nouveau qui, suivant qu'il est ou non découvert, conduit à étayer ou modifier le modèle. La solidité du modèle est peu à peu acquise par l'accumulation d'observations en accord avec lui. Les progrès techniques accompagnent le perfectionnement du modèle tout autant que les débats et controverses.</p>	
<p style="text-align: center;">La naissance de l'idée</p>	
<p>Au début du XX^e les premières intuitions évoquant la mobilité horizontale s'appuient sur quelques constatations :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la distribution bimodale des altitudes (continents/océans), - les tracés des côtes, - la distribution géographique des paléoclimats et de certains fossiles. <p>Ces idées se heurtent au constat d'un état solide de la quasi-totalité du globe terrestre établi, à la même époque, par les études sismiques. L'idée de mobilité horizontale est rejetée par l'ensemble de la communauté scientifique.</p> <p><i>[Limites. Il ne s'agit pas d'une étude exhaustive des précurseurs de la tectonique des plaques, mais simplement de l'occasion de montrer la difficile naissance d'une idée prometteuse.]</i> <i>Convergence. Mathématiques : distributions, fréquences.</i></p>	<p>Comprendre comment les intuitions d'Alfred Wegener concernant la dérive des continents et celles d'Arthur Holmes concernant le mécanisme des courants de convection ayant pour moteur la chaleur libérée par la désintégration des éléments radioactifs découverte par Marie Curie, se sont heurtées à la connaissance de la structure du globe terrestre révélée par la sismologie (travaux d'Harold Jeffreys).</p> <p>Réaliser et exploiter des modélisations analogique et numérique pour établir un lien entre propagation des ondes sismiques et structure du globe.</p> <p>Comprendre les difficultés que rencontre une intuition prometteuse à prendre sa place tant qu'elle semble se heurter à des faits bien établis.</p>

Connaissances	Capacités et aptitudes
L'interprétation actuelle de la dualité altitudinale	
<p>La dualité altitudinale observée entre continents et océans reflète une dualité géologique. Les études sismiques et pétrographiques permettent de caractériser et de limiter deux grands types de croûtes terrestres : une croûte océanique essentiellement formée de basalte et de gabbro et une croûte continentale constituée entre autres de granite. La croûte repose sur le manteau, constitué de péridotite.</p> <p><i>Objectifs et mots clés. La découverte des deux lithosphères est l'occasion de fournir aux élèves les données fondamentales sur les principales roches rencontrées (basalte, gabbro, granite, péridotite). (Collège et seconde. Première approche de la croûte et de la lithosphère.) [Limites. L'étude pétrographique se limite à la présentation des principales caractéristiques des quatre roches citées.]</i></p> <p><i>Convergences. Physique : ondes mécaniques.</i></p>	<p>Concevoir une modélisation analogique et réaliser des mesures à l'aide de dispositifs d'expérimentation assistée par ordinateur de propagation d'ondes à travers des matériaux de nature pétrographique différente. Observer à différentes échelles, de l'échantillon macroscopique à la lame mince, les roches des croûtes océanique et continentale et du manteau. Comprendre comment des observations fondées sur des techniques qui n'existaient pas à l'époque d'Alfred Wegener permettent de répondre au problème soulevé par la fréquence bimodale des altitudes. Comprendre que des progrès scientifiques peuvent constituer un contexte favorable au développement du modèle.</p>
L'hypothèse d'une expansion océanique et sa vérification	
<p>Au début des années 1960, les découvertes de la topographie océanique et des variations du flux thermique permettent d'imaginer une expansion océanique par accréation de matériau remontant à l'axe des dorsales, conséquence d'une convection profonde. La mise en évidence de bandes d'anomalies magnétiques symétriques par rapport à l'axe des dorsales océaniques, corrélables avec les phénomènes d'inversion des pôles magnétiques (connus depuis le début du siècle) permet d'éprouver cette hypothèse et de calculer des vitesses d'expansion.</p> <p><i>Objectifs et mots clés. Cette étude est l'occasion de fournir aux élèves les données fondamentales sur le magnétisme des roches (magnétite, point de Curie). [Limites. Un élève doit situer cet épisode de l'histoire des sciences dans les années 1960. La mémorisation des dates précises et des auteurs n'est pas attendue.]</i></p> <p><i>Convergence. Physique : magnétisme. Pistes. Les variations du champ magnétique terrestre ; les inversions magnétiques.</i></p>	<p>Comprendre comment la convergence des observations océanographiques (Bruce Heezen, Marie Tharp et Maurice Ewing) avec les mesures de flux thermique a permis à Harry Hess et Robert Dietz d'avancer l'hypothèse d'une expansion océanique réactualisant l'idée d'une dérive des continents. Comprendre comment la corrélation établie par Fred Vine et Drumond Matthews, entre les anomalies magnétiques découvertes sur le plancher océanique et la connaissance plus ancienne de l'existence d'inversion des pôles magnétiques (Bernard Brunhes 1901) confirma l'hypothèse de l'expansion océanique. Calculer des taux d'expansion. Comprendre que des progrès scientifiques et techniques peuvent constituer un contexte favorable au développement du modèle. Comprendre comment la convergence d'arguments indépendants conforte un modèle.</p>

Connaissances	Capacités et aptitudes
Le concept de lithosphère et d'asthénosphère	
<p>Au voisinage des fosses océaniques, la distribution spatiale des foyers des séismes en fonction de leur profondeur s'établit selon un plan incliné. Les différences de vitesse des ondes sismiques qui se propagent le long de ce plan, par rapport à celles qui s'en écartent, permettent de distinguer : la lithosphère de l'asthénosphère. L'interprétation de ces données sismiques permet ainsi de montrer que la lithosphère s'enfonce dans le manteau au niveau des fosses dites de subduction.</p> <p>La limite inférieure de la lithosphère correspond généralement à l'isotherme 1300°C.</p> <p><i>Objectifs et mots clés. Distinction claire des notions de : lithosphère, asthénosphère, croûte, manteau, subduction.</i> (Collège : lithosphère-asthénosphère) [Limites. On se contente de présenter la notion de subduction. Le mécanisme et les conséquences géologiques de ce phénomène seront abordés en terminale.]</p>	<p>Saisir et exploiter des données sur des logiciels pour mettre en évidence la répartition des foyers des séismes au voisinage des fosses océaniques, anciennement découverte au Japon par Kiyoo Wadati puis généralisée par David Benioff.</p> <p>Comprendre comment l'interprétation par Jack Oliver et Bryan Isacks de cette distribution particulière des foyers des séismes permet :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de définir la lithosphère (partie solide, froide, rigide et cassante, meilleure conductrice des ondes sismiques) par rapport à l'asthénosphère (partie également solide mais plus chaude dans laquelle s'amortissent les ondes) ; - de confirmer, dans le cadre du modèle en construction, que la lithosphère océanique retourne dans le manteau conformément à l'hypothèse de Robert Dietz et Harry Hess. <p>Concevoir une modélisation analogique et réaliser des mesures à l'aide de dispositifs d'expérimentation assistée par ordinateur de propagation d'ondes à travers un même matériau mais à des températures différentes pour comprendre la différence entre lithosphère et asthénosphère.</p>
Un premier modèle global : une lithosphère découpée en plaques rigides	
<p>À la fin des années soixante, la géométrie des failles transformantes océaniques permet de proposer un modèle en plaques rigides. Des travaux complémentaires parachèvent l'établissement de la théorie de la tectonique des plaques en montrant que les mouvements divergents (dorsales), décrochants (failles transformantes) et convergents (zones de subduction) sont cohérents avec ce modèle géométrique.</p> <p>Des alignements volcaniques, situés en domaine océanique ou continental, dont la position ne correspond pas à des frontières de plaques, sont la trace du déplacement de plaques lithosphériques au dessus d'un point chaud fixe, en première approximation, dans le manteau.</p> <p><i>(Collège : plaques lithosphériques)</i> [Limites. La formalisation mathématique de la cinématique des plaques n'est pas attendue.] Pistes. Étude géométrique de la cinématique des plaques (mathématiques) ; modélisation des types de failles.</p>	<p>Recenser, extraire et organiser des informations pour comprendre l'interprétation historique des failles transformantes par Tuzo Wilson et surtout par Jason Morgan en termes de géométrie et cinématique sphérique.</p> <p>Comprendre et construire le mouvement d'une plaque rigide comme une simple rotation entre sa position initiale et sa position finale, rotation définie par un axe passant par le centre de la Terre (axe eulérien) et une vitesse angulaire.</p> <p>Comprendre comment les failles transformantes correspondent à des petits cercles centrés sur l'axe eulérien et permettent ainsi d'en déterminer la position. (Jason Morgan, Dan Mac Kenzie et Xavier Le Pichon)</p> <p>Comprendre comment désormais des faits ne s'intégrant pas <i>a priori</i> avec le modèle initial (volcanisme intraplaque) permettent un enrichissement du modèle (théorie des points chauds - Jason Morgan) et non son rejet.</p> <p>Corréler les directions et les vitesses de déplacements des plaques tirées des données paléomagnétiques avec celles déduites de l'orientation et des âges des alignements volcaniques intraplaques.</p> <p>Comprendre comment un modèle s'élabore en rassemblant des idées éparses en un tout cohérent.</p>

Connaissances	Capacités et aptitudes
Le renforcement du modèle par son efficacité prédictive	
<p>Le modèle prévoit que la croûte océanique est d'autant plus vieille qu'on s'éloigne de la dorsale. Les âges des sédiments en contact avec le plancher océanique (programme de forage sous-marins J.O.I.D.E.S.) confirment cette prédiction et les vitesses prévues par le modèle de la tectonique des plaques.</p> <p>Le modèle prévoit des vitesses de déplacements des plaques (d'après le paléomagnétisme et les alignements de volcans intraplaques). Avec l'utilisation des techniques de positionnement par satellites (G.P.S.), à la fin du XXe siècle, les mouvements des plaques deviennent directement observables et leurs vitesses sont confirmées.</p> <p><i>[Limites. L'étude des forages marins se limite à l'interprétation du premier sédiment au contact de la croûte magmatique. L'interprétation des inversions magnétiques enregistrées dans les sédiments des carottes de forage n'est pas au programme.]</i></p> <p><i>Pistes. Les systèmes de positionnement satellitaire (physique, mathématiques).</i></p>	<p>Saisir et exploiter des informations sur cartes. Concevoir, réaliser et exploiter un modèle analogique.</p> <p>Réaliser des mesures sur le terrain pour comprendre le principe du GPS.</p> <p>Saisir et exploiter des données sur des logiciels. Comprendre comment le pouvoir prédictif d'un modèle conduit à réaliser des observations nouvelles et comment le résultat de ces observations conforte le modèle lorsqu'elles sont conformes aux prédictions.</p>
L'évolution du modèle : le renouvellement de la lithosphère océanique	
<p>En permanence, de la lithosphère océanique est détruite dans les zones de subduction et produite dans les dorsales.</p> <p>La divergence des plaques de part et d'autre de la dorsale permet la mise en place d'une lithosphère nouvelle à partir de matériaux d'origine mantélique. Dans les zones de subduction, les matériaux de la vieille lithosphère océanique s'incorporent au manteau.</p> <p><i>Objectifs et mots clés. Il s'agit de construire une représentation graphique synthétique du modèle global et de fournir aux élèves les données essentielles sur le fonctionnement d'une dorsale type.</i></p> <p><i>(Collège : volcanisme)</i></p> <p><i>[Limites. La subduction est localisée et simplement présentée comme un lieu de destruction de lithosphère océanique, les phénomènes géologiques associés seront traités en terminale. On se limite à l'étude d'une dorsale siège de la production d'une lithosphère océanique complète : les différents types de dorsales ne sont pas au programme.]</i></p> <p><i>Convergences. Physique : changements d'état.</i></p> <p><i>Pistes. Construire un raisonnement sur des données géochimiques (mathématiques, physique) ; frontières de plaques et risques naturels (histoire-géographie, mathématiques).</i></p>	<p>Recenser, extraire et organiser des informations sur des images satellitales et de tomographie sismique.</p> <p>Réaliser des modélisations analogiques et numériques pour établir les liens entre amincissement de la lithosphère, remontée, dépressurisation et fusion partielle de l'asthénosphère sous-jacente et formation d'une nouvelle lithosphère.</p> <p>Comprendre comment un modèle atteint une nouvelle forme de robustesse lorsqu'il est étayé par des théories explicatives.</p>

Connaissances	Capacités et aptitudes
Thème 2 – Enjeux planétaires contemporains	
<p>Thème 2 – A – La tectonique des plaques au service des besoins de l'Homme L'objectif est de montrer que le modèle de la tectonique des plaques présente un intérêt appliqué. En s'appuyant sur les acquis de la classe de seconde concernant la formation de combustible fossile, et en centrant cette fois-ci l'attention sur les hydrocarbures, le choix est fait de s'intéresser à un champ pétrolifère ou gazier situé dans un bassin de marge passive et par là, de comprendre les principaux facteurs qui conditionnent la formation des gisements. Dans un contexte plus proche, un exemple de ressource géologique est interprété en termes de tectonique des plaques.</p>	
À la recherche des hydrocarbures	
<p>Le modèle de la tectonique des plaques constitue un cadre intellectuel utile pour rechercher des gisements pétroliers. À partir de l'étude d'un exemple on montre que la tectonique globale peut rendre compte :</p> <ul style="list-style-type: none"> - d'un positionnement géographique du bassin favorable au dépôt d'une matière organique abondante et à sa conservation ; - d'une tectonique en cours de dépôt (subsidence) et après le dépôt qui permettent l'enfouissement et la transformation de la matière organique puis la mise en place du gisement. <p>La rare coïncidence de toutes ces conditions nécessaires explique la rareté des gisements dans l'espace et le temps.</p> <p><i>Objectifs et mots clés. L'exemple étudié permet de présenter ce qu'est un bassin sédimentaire et quelques exemples de roches sédimentaires. Il permet aussi de montrer l'intérêt de la tectonique des plaques dans la compréhension du phénomène sédimentaire.</i> <i>[Limites. Une présentation exhaustive des types de bassins et de leur contexte géodynamique est hors programme. La typologie des pièges pétroliers l'est également]</i> <i>Pistes. Comprendre l'importance économique d'une histoire géologique (géographie) ; ressources énergétiques et géopolitique (histoire-géographie). Rechercher d'autres contextes de gisements d'hydrocarbures, sur Terre ou ailleurs.</i></p>	<p>Recenser, extraire et organiser des informations permettant de reconstituer le contexte géographique et géologique à l'époque du dépôt à l'origine de l'hydrocarbure de l'exemple étudié. Découvrir la morphologie et la structure des marges passives à partir des profils de sismique réflexion et/ou des cartes et/ou des coupes Recenser, extraire et organiser des informations notamment lors d'une sortie sur le terrain. Analyser les positions relatives des continents et des océans (Téthys ou Atlantique) lors des périodes d'absence ou de grande accumulation de roches-mères pétrolières pour comprendre les conditions favorables à leur dépôt. Modéliser la circulation de fluides de densités différentes non miscibles dans des roches perméables. Concevoir une modélisation et suivre un protocole pour comprendre comment une structure géologique associée à un recouvrement imperméable constitue un piège à liquide. Repérer les grandes caractéristiques d'un bassin sédimentaire et de quelques roches sédimentaires.</p>
Tectonique globale et ressource locale	
<p>Un exemple de ressource géologique est choisi dans un contexte proche de l'établissement scolaire. Son étude (nature, gisement) permet de découvrir le pouvoir explicatif et l'intérêt pratique local de la tectonique globale. <i>Objectif et mots clés. Il s'agit de montrer l'intérêt local et concret du modèle. Tout exemple de matériau géologique d'intérêt pratique peut être retenu (minerai, granulat, pierre de construction...).</i> <i>[Limites. Aucune connaissance spécifique n'est attendue.]</i></p>	<p>Recenser, extraire et organiser des informations notamment lors d'une sortie sur le terrain.</p>

Connaissances	Capacités et aptitudes
<p>Thème 2 – B – Nourrir l’humanité Ce thème s’appuie sur les acquis du collège concernant les besoins alimentaires et sur ceux de seconde relatifs à une vision globale de la place que prend l’agriculture dans le fonctionnement de la biosphère (utilisation de l’eau, du sol, modification de la biodiversité). L’étude d’une culture permet de comprendre la conception, l’organisation et le fonctionnement d’un agrosystème. La comparaison avec un élevage amène l’idée d’impacts écologiques différents selon les agrosystèmes. Enfin, ce thème est l’occasion de mettre en perspective les pratiques alimentaires individuelles pour comprendre les responsabilités collectives en matière de gestion de l’environnement, notamment en termes de durabilité du système alimentaire mondial.</p>	
<p>La production végétale : utilisation de la productivité primaire</p>	
<p>L’agriculture repose sur la constitution d’agrosystèmes gérés dans le but de fournir des produits (dont les aliments) nécessaires à l’humanité. Un agrosystème implique des flux de matière (dont l’eau) et d’énergie qui conditionnent sa productivité et son impact environnemental. L’exportation de biomasse, la fertilité des sols, la recherche de rendements posent le problème de l’apport d’intrants dans les cultures (engrais, produits phytosanitaires, etc.). Le coût énergétique et les conséquences environnementales posent le problème des pratiques utilisées. Le choix des techniques culturales vise à concilier la nécessaire production et la gestion durable de l’environnement.</p> <p><i>Objectifs et mots clés. Il s’agit de quantifier les flux d’énergie et de matière dans l’agrosystème de production végétale (qualitativement – polluants compris – et quantitativement). Cette étude permet de présenter les principes de la réflexion qui conduisent à une pratique raisonnée de l’agriculture. (Collège et seconde. Première approche des bases biologiques de la production agricole.) [Limites. Aucune exhaustivité n’est attendue dans la présentation des pratiques agricoles et des intrants.] Pistes. Agriculture et développement durable ; agriculture biologique / agriculture raisonnée (histoire-géographie).</i></p>	<p>Étudier un exemple de culture végétale pour montrer comment des techniques variées permettent une production quantitativement et qualitativement adaptée aux besoins. Faire preuve d’esprit critique en étudiant la conduite d’une culture quant à son impact sur l’environnement. Recenser, extraire et exploiter des informations, notamment sur le terrain, utiliser des bases de données et des logiciels pour comparer les bilans d’énergie et de matière (dont l’eau) d’un agrosystème de production végétale et d’un écosystème peu modifié par l’homme. Concevoir et réaliser un protocole pour mettre en œuvre une culture et analyser ses caractéristiques et/ou utiliser des logiciels modélisant une culture, ses bilans et sa gestion.</p>
<p>La production animale : une rentabilité énergétique réduite</p>	
<p>Un élevage nécessite une consommation de biomasse et d’eau. Les conversions énergétiques inhérentes à l’hétérotrophie se traduisent globalement par un bilan de matière et d’énergie plus faible que pour la production végétale.</p>	<p>Recenser, extraire et exploiter des informations, utiliser des bases de données et des logiciels pour comparer les bilans d’énergie et de matière (dont l’eau) de différents élevages, et comparer production animale et production végétale.</p>

Connaissances	Capacités et aptitudes
<p>Les diverses pratiques d'élevage se traduisent par des productivités différentes et des conséquences environnementales.</p> <p><i>Objectifs et mots clés. Il s'agit de faire comprendre que la production animale basée sur une production végétale quantitativement abondante se traduit par un bilan de matière et d'énergie plus défavorable.</i></p> <p><i>Convergence. Géographie (seconde) – l'eau ressource essentielle.</i></p>	<p>Faire preuve d'esprit critique en étudiant la conduite d'un élevage quant à son impact sur l'environnement.</p>
<p>Pratiques alimentaires collectives et perspectives globales</p>	
<p>Les pratiques alimentaires sont déterminées par les ressources disponibles, les habitudes individuelles et collectives selon les modes de consommation, de production et de distribution. Les pratiques alimentaires individuelles répétées collectivement peuvent avoir des conséquences environnementales globales.</p> <p>À l'échelle globale, l'agriculture cherche à relever le défi de l'alimentation d'une population humaine toujours croissante. Cependant, les limites de la planète cultivable sont bientôt atteintes : les ressources (eau, sol, énergie) sont limitées tandis qu'il est nécessaire de prendre en compte l'environnement pour en assurer la durabilité.</p> <p><i>Objectifs et mots clés. On cherche ici à mettre en relation les pratiques locales et leurs implications globales afin d'installer les bases de la réflexion qui conduit aux choix de pratiques.</i></p> <p><i>[Limites. Il ne s'agit pas d'enseigner les choix qui doivent être faits, mais d'introduire les bases scientifiques nécessaires à une réflexion éclairée sur les choix. Aucune exhaustivité concernant les pratiques alimentaires n'est attendue.]</i></p> <p><i>Convergence : Géographie (seconde) – Nourrir les hommes.</i></p>	<p>Recenser, extraire et exploiter des informations, utiliser des bases de données et des logiciels pour comprendre :</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'impact global des pratiques alimentaires ; - la gestion de populations et/ou de peuplements naturels; <p>Recenser, extraire et exploiter des informations sur la variété des agro-systèmes mondiaux et leurs caractéristiques.</p> <p>Recenser et comparer différentes pratiques culturelles, du point de vue de leur durabilité (bilan carbone, bilan énergétique, biodiversité,...).</p> <p>Recenser, extraire et exploiter des informations sur les recherches actuelles permettant d'améliorer la production végétale dans une logique de développement durable.</p> <p>Utiliser des SIG (système d'information géographique) pour déterminer l'importance des besoins (énergie, matière, sol, etc.) de la production mondiale agricole actuelle (et son évolution récente).</p>

Connaissances	Capacités et aptitudes
Thème 3 – Corps humain et santé	
<p>Thème 3 – A – Féminin, masculin L'étude de la sexualité humaine s'appuie sur les acquis du collège. Dans une optique d'éducation à la santé et à la responsabilité, il s'agit de comprendre les composantes biologiques principales de l'état masculin ou féminin, des relations entre la sexualité et le plaisir et du lien entre la sexualité et la procréation. Ces enseignements gagneront à être mis en relation avec d'autres approches interdisciplinaire (philosophie) et/ou intercatégorielle (professionnels de santé).</p>	
Devenir femme ou homme	
<p>Les phénotypes masculin et féminin se distinguent par des différences anatomiques, physiologiques, et chromosomiques. La mise en place des structures et de la fonctionnalité des appareils sexuels se réalise, sous le contrôle du patrimoine génétique, sur une longue période qui va de la fécondation à la puberté, en passant par le développement embryonnaire et fœtal. La puberté est la dernière étape de la mise en place des caractères sexuels.</p> <p><i>Objectifs et mots clés. SRY, testostérone, AMH. (Collège et seconde. Première approche de la distinction homme / femme et de la puberté.) [Limites. Les acquis anatomiques du collège seront seulement rappelés.]</i></p>	<p>Extraire et exploiter des informations de différents documents pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> - identifier les différences anatomiques, physiologiques et chromosomiques des deux sexes ; - expliquer les étapes de différenciation de l'appareil sexuel au cours du développement embryonnaire. <p>Traduire les différents mécanismes étudiés sous la forme de schémas fonctionnels.</p>
Sexualité et bases biologiques du plaisir	
<p>L'activité sexuelle déclenche un comportement orienté vers la recherche du plaisir qui repose notamment sur des bases biologiques, en particulier l'activation dans le cerveau des « systèmes de récompense ». Certaines drogues peuvent perturber durablement le fonctionnement cérébral en agissant sur ces mêmes systèmes cérébraux et en jouant sur les mécanismes de la récompense.</p> <p><i>Objectifs et mots clés. Sans chercher à laisser croire que les relations entre sexualité et plaisir ne s'expriment qu'en termes scientifiques, on montre qu'une composante biologique existe. [Limites. Les mécanismes cellulaires et moléculaires du fonctionnement des systèmes de récompense ne sont pas au programme. L'influence des drogues est abordée d'une façon globale, sans l'interprétation moléculaire de la perturbation synaptique.] Pistes. Éducation à la santé et à la sexualité.</i></p>	<p>Mettre en œuvre une méthode (démarche historique) et/ou une utilisation de logiciels et/ou une pratique documentaire pour rendre compte du fonctionnement du système de récompense.</p> <p>Recenser, extraire et organiser des informations à partir de documents et/ou de logiciels pour comprendre le mode d'action de différentes drogues sur le fonctionnement cérébral.</p>

Connaissances	Capacités et aptitudes
Sexualité et procréation	
<p>Chez l'homme et la femme, le fonctionnement de l'appareil reproducteur est contrôlé par un dispositif neuroendocrinien qui fait intervenir l'hypothalamus, l'hypophyse et les gonades. La connaissance de ces mécanismes permet de comprendre et de mettre au point des méthodes de contraception féminine préventive (pilules contraceptives) ou d'urgence (pilule du lendemain). Des méthodes de contraception masculine hormonale se développent. D'autres méthodes contraceptives existent, dont certaines présentent aussi l'intérêt de protéger contre les infections sexuellement transmissibles. L'infertilité des couples peut avoir des causes variées. Dans beaucoup de cas, des techniques permettent d'aider les couples à satisfaire leur désir d'enfant : insémination artificielle, FIVETE, ICSI.</p> <p><i>(Collège et lycée. Première approche du fonctionnement de l'appareil reproducteur et de la contraception. . Première approche de la procréation médicalement assistée.)</i> <i>[Limites. Les mécanismes cellulaires de l'action des hormones, de même que les voies de leur synthèse, ne sont pas au programme. Il ne s'agit pas de présenter les techniques de procréation médicalement assistée mais seulement de montrer que la compréhension de leurs principes généraux repose sur des connaissances scientifiques et d'évoquer leur cadre éthique.]</i> <i>Pistes. Bioéthique (philosophie) ; hormones naturelles / hormones synthétiques (chimie).</i></p>	<p>Mettre en œuvre une méthode (démarche historique) et/ou une utilisation de logiciels et/ou une pratique documentaire pour expliquer le mode d'action de différentes pilules contraceptives.</p> <p>Traduire les mécanismes de contrôle de l'activité gonadique sous la forme de schémas fonctionnels. Effectuer des gestes techniques pour réaliser différentes observations microscopiques.</p> <p>Extraire et exploiter des données pour relier la prévention contre les IST (SIDA, hépatite, papillomavirus....) à la vaccination ou l'utilisation du préservatif.</p> <p>Recenser, extraire et organiser des informations pour comprendre les modalités de la procréation médicalement assistée.</p> <p>Percevoir le lien entre science et technique.</p> <p>Argumenter, débattre sur des problèmes éthiques posés par certaines pratiques médicales.</p>
<p>Thème 3 – B – Variation génétique et santé L'Homme aussi bien que les microorganismes infectieux susceptibles de l'attaquer présentent une forte variabilité génétique issue de mutations et conservée au cours des générations. Ces variations présentent des implications en matière de santé : les Hommes ne sont pas « génétiquement égaux devant la maladie » et l'évolution rapide des microorganismes pose des problèmes en termes de prévention et de traitement.</p>	
Patrimoine génétique et maladie	
<p>La mucoviscidose est une maladie fréquente, provoquée par la mutation d'un gène qui est présent sous cette forme chez une personne sur 40 environ. Seuls les homozygotes pour l'allèle muté sont malades. Le phénotype malade comporte des aspects macroscopiques qui s'expliquent par la modification d'une protéine. L'étude d'un arbre généalogique permet de prévoir le risque de transmission de la maladie. On limite les effets de la maladie en agissant sur des paramètres du milieu. La thérapie génétique constitue un espoir de correction de la maladie dans les cellules pulmonaires atteintes.</p>	<p>Recenser, extraire et organiser des informations : pour établir le lien entre le phénotype macroscopique et le génotype ; pour comprendre les traitements médicaux (oxygénothérapie, kinésithérapie) et les potentialités offertes par les thérapies géniques.</p> <p>Étudier un arbre généalogique pour évaluer un risque génétique.</p>

Connaissances	Capacités et aptitudes
<p><i>Collège et seconde. Mutation, phénotype, génotype, relation gène – protéine.</i> <i>[Limites : aucune connaissance concernant une autre maladie génique n'est attendue, mais un élève doit pouvoir l'étudier à partir de documents fournis. On se limite au cas de maladies autosomales.]</i> <i>Convergences. Mathématiques : probabilités.</i></p>	
<p>Le plus souvent, l'impact du génome sur la santé n'est pas un déterminisme absolu. Il existe des gènes dont certains allèles rendent plus probable le développement d'une maladie sans pour autant le rendre certain. En général les modes de vie et de milieu interviennent également et le développement d'une maladie dépend alors de l'interaction complexe entre facteurs du milieu et génome.</p> <p>Déterminer les facteurs génétiques ou non d'une maladie repose sur des méthodes particulières qui constituent les fondements de l'épidémiologie. L'étude d'un exemple de maladie (maladie cardiovasculaire, diabète de type II) permet d'illustrer le type d'études envisageables.</p> <p><i>Objectifs et méthodes. Il s'agit de montrer aux élèves que la détermination des causes d'une maladie n'est possible qu'en utilisant un mode de pensée statistique. On cherche également à développer une capacité critique face à la simplicité de certains messages affirmant le rôle déterminant de tel facteur, génétique ou non.</i> <i>[Limites. Il s'agit, à partir de l'exemple des maladies cardiovasculaires ou du diabète de type II, de montrer les principes généraux d'une approche épidémiologique, sans formalisme mathématique complexe. Il ne s'agit nullement de développer une expertise réelle en matière d'épidémiologie, mais seulement de sensibiliser à ce type d'approche.]</i> <i>Pistes. Études statistiques de problèmes de santé (mathématiques).</i></p>	<p>Recenser, extraire et organiser des informations pour identifier :</p> <ul style="list-style-type: none"> l'origine multigénique de certaines maladies ; l'influence des facteurs environnementaux ; <p>Utiliser des bases de données pour construire une analyse épidémiologique.</p> <p>Comprendre les conditions de validités d'affirmations concernant la responsabilité d'un gène ou d'un facteur de l'environnement dans le déclenchement d'une maladie.</p> <p>Savoir choisir ses comportements face à un risque de santé pour exercer sa responsabilité individuelle ou collective.</p>
<p>Perturbation du génome et cancérisation</p>	
<p>Des modifications accidentelles du génome peuvent se produire dans des cellules somatiques et se transmettre à leurs descendantes. Elles sont à l'origine de la formation d'un clone cellulaire porteur de ce génome modifié. La formation d'un tel clone est parfois le commencement d'un processus de cancérisation.</p> <p>Des modifications somatiques du génome surviennent par mutation spontanées ou favorisée par un agent mutagène. D'autres sont dues à des infections virales.</p> <p>La connaissance de ces mécanismes débouche sur des mesures de protection (éviter des agents mutagènes, surveillance, vaccination).</p>	<p>Recenser, extraire et organiser des informations pour identifier l'origine des facteurs de cancérisation (agents mutagènes, infections virales).</p> <p>Comprendre les causes multiples pouvant concourir au développement de certains cancers (cas des cancers pulmonaires) et identifier des mesures de prévention possibles.</p> <p>Comprendre l'importance, en matière de santé publique, de certains virus liés à la cancérisation (hépatite B, papillomavirus) et connaître les méthodes de prévention possibles.</p>

Connaissances	Capacités et aptitudes
<p><i>Collège et seconde. Mutation, première approche de la vaccination.</i> <i>[Limites. L'intérêt de la vaccination n'est signalé qu'en s'appuyant sur les acquis du collège : les mécanismes précis de la vaccination seront étudiés en terminale. La perturbation du génome par un virus est présentée de façon globale seulement : ses mécanismes seront étudiés en terminale.]</i> <i>Pistes. Cancers et politiques de prévention ; cancer et santé publique (histoire, géographie, ECJS).</i></p>	
<p>Variation génétique bactérienne et résistance aux antibiotiques</p>	
<p>Des mutations spontanées provoquent une variation génétique dans les populations de bactéries. Parmi ces variations, certaines font apparaître des résistances aux antibiotiques. L'application d'un antibiotique sur une population bactérienne sélectionne les formes résistantes et permet leur développement. L'utilisation systématique de traitements antibiotiques peut augmenter la fréquence des formes résistantes par sélection naturelle.</p> <p><i>Collège et seconde. Mutation, fréquence allélique, sélection naturelle.</i> <i>[Limites. Les mécanismes moléculaires de la résistance aux antibiotiques ne sont pas au programme : si un exemple est décrit pour faire comprendre ce dont il s'agit, il ne devra pas être mémorisé.]</i> <i>Pistes. La résistance aux antibiotiques, les infections nosocomiales.</i></p>	<p>Concevoir et mettre en place un protocole permettant de montrer la sensibilité de microorganismes à différents antibiotiques. Recenser, extraire et organiser des informations pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> - identifier la sensibilité ou la résistance de microorganismes à différents antibiotiques - pour calculer le taux d'apparition de résistances dans une population. <p>Comprendre, sur un exemple, l'application du raisonnement évolutionniste en matière médicale.</p>
<p>Thème 3 – C De l'œil au cerveau : quelques aspects de la vision Les notions d'optique de la vision sont étudiées en physique, ainsi que quelques données essentielles sur la lumière et la couleur. Sans chercher à proposer une étude exhaustive de la physiologie de la vision, cette thématique est abordée selon trois approches qui associent des aspects scientifiques et des implications en matière de santé.</p>	
<p>Le cristallin : une lentille vivante</p>	
<p>Le cristallin est l'un des systèmes transparents de l'œil humain. Il est formé de cellules vivantes qui renouvellent en permanence leur contenu. Les modalités de ce renouvellement sont indispensables à sa transparence. Des anomalies de forme du cristallin expliquent certains défauts de vision. Avec l'âge sa transparence et sa souplesse peuvent être altérées.</p> <p><i>Convergences. Physique : optique géométrique, fonctionnement optique de l'œil.</i> <i>Pistes. Les traitements des déficiences du cristallin.</i></p>	<p>Recenser, extraire et organiser des informations et/ou manipuler (dissection, maquette et/ou recherche documentaire) pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> - localiser et comprendre l'organisation et le fonctionnement du cristallin ; - comprendre certains défauts de vision.

Connaissances	Capacités et aptitudes
Les photorécepteurs : un produit de l'évolution	
<p>La rétine est une structure complexe qui comprend les récepteurs sensoriels de la vision appelés photorécepteurs. Celle de l'Homme contient les cônes permettant la vision des couleurs (3 types de cônes respectivement sensibles au bleu, au vert et au rouge) et les bâtonnets sensibles à l'intensité lumineuse. Les gènes des pigments rétinien constituent une famille multigénique (issue de duplications) dont l'étude permet de placer l'Homme parmi les Primates.</p> <p>Des anomalies des pigments rétinien se traduisent par des perturbations de la vision des couleurs.</p> <p>Le message nerveux issu de l'œil est acheminé au cerveau par le nerf optique.</p> <p><i>Objectifs et mots clés. Tout en évoquant rapidement la complexité de la rétine et de ses fonctions, il s'agit de centrer l'attention sur les cellules photoréceptrices. Leur étude permet aussi bien d'évoquer des troubles de la vision colorée que de réaliser une première approche de la place de l'Homme dans l'évolution.</i></p> <p><i>[Limites. La physiologie de la rétine n'est pas abordée. On signale simplement l'élaboration globale d'un message acheminé par le nerf optique.]</i></p> <p><i>Convergences. Physique : lumière, couleur.</i></p> <p><i>Pistes. Le daltonisme ; la vision des couleurs chez les vertébrés.</i></p>	<p>Extraire et exploiter des informations (maquette, logiciel et/ou recherche documentaire) pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> - comprendre l'organisation de la rétine ; - déterminer le rôle des photorécepteurs ; - comprendre l'organisation des voies visuelles ; - faire le lien entre la vision des couleurs et l'évolution.
Cerveau et vision : aires cérébrales et plasticité	
<p>Plusieurs aires corticales participent à la vision. L'imagerie fonctionnelle du cerveau permet d'observer leur activation lorsque l'on observe des formes, des mouvements. La reconnaissance des formes nécessite une collaboration entre les fonctions visuelles et la mémoire.</p> <p>Des substances comme le LSD perturbent le fonctionnement des aires cérébrales associées à la vision et provoquent des hallucinations qui peuvent dériver vers des perturbations cérébrales graves et définitives.</p> <p>La mise en place du phénotype fonctionnel du système cérébral impliqué dans la vision repose sur des structures cérébrales innées, issues de l'évolution et sur la plasticité cérébrale au cours du développement.</p> <p>De même la mémoire nécessaire par exemple à la reconnaissance d'un visage ou d'un mot repose sur la plasticité du cerveau.</p> <p>L'apprentissage repose sur la plasticité cérébrale. Il nécessite la sollicitation répétée des mêmes circuits neuroniques.</p>	<p>Exploiter des données notamment expérimentales pour comprendre qu'une image naît des interactions entre différentes aires du cortex cérébral.</p> <p>Recenser, extraire et organiser des informations pour comprendre le phénomène de plasticité cérébrale et son importance dans l'établissement de différentes fonctions cognitives.</p> <p>Interpréter des expériences sur la maturation du cortex visuel chez l'animal.</p> <p>Interpréter des observations médicales et/ou des imageries cérébrales chez l'Homme.</p>

Connaissances	Capacités et aptitudes
<p><i>Objectifs et mots clés. On cherche à montrer comment la réalisation d'une fonction cognitive complexe repose sur l'activité de plusieurs zones cérébrales de façon coordonnée. La maturation des systèmes cérébraux liés à la vision permet, à partir d'un nombre limité d'exemples, de présenter la notion de plasticité cérébrale et son lien avec l'apprentissage.</i></p> <p><i>[Limites. Il ne s'agit pas de présenter une étude exhaustive des aires cérébrales intervenant dans la vision, ni des mécanismes précis de la mémoire ou du langage. La notion de plasticité cérébrale est abordée à partir d'un nombre limité d'exemple, sans souci d'exposé exhaustif de ses mécanismes]</i></p>	

Orientations envisagées pour le programme de terminale S

Ces quelques lignes présentent les directions actuelles de réflexion pour le programme de terminale S. Elles n'indiquent en rien des décisions déjà arrêtées. Les orientations précises ne seront fixées qu'ultérieurement, notamment après prise en compte de la consultation sur les programmes de première. Il ne faut donc les considérer que comme des indications générales des thématiques globales qui pourraient être abordées.

- **1 – Enseignement obligatoire**
- **A – La Terre dans l'univers, la vie et l'évolution du vivant**
 - **Brassage génétique et évolution** : il s'agit de partir des sources connues de la diversité génétique (première), d'une vision très simple des mécanismes de modification de la diversité (sélection et dérive) vus en seconde, pour traiter des mécanismes de la combinatoire de la diversité (brassage et reproduction sexuée) et de ses conséquences évolutives. Les points suivants seront envisagés de manière à en tirer les idées essentielles (attention : ce n'est évidemment pas un plan présomptif).
 - Le brassage génétique inter et intra- chromosomique et les processus cellulaires associés (fécondation, méiose).
 - Les mécanismes de l'évolution ; exemples significatifs ; apport de la paléontologie.
 - La spéciation.
 - L'évolution de l'homme.
 - **Histoire des continents** : il s'agit d'étudier un thème de géologie dont les contours seront précisés ultérieurement. En première, l'étude du modèle de la tectonique des plaques a été l'occasion de comprendre dans sa globalité la dynamique de la lithosphère océanique. On centrerait maintenant l'attention sur le domaine continental et son évolution. Un choix sera fait dans l'importance relative donnée aux points suivants :
 - Différenciation et origine de la croûte continentale.
 - Subduction, obduction, collision, orogénèse.
 - Érosion, désenfouissement tectonique.
 - Conséquences sédimentaires.
 - Mesure du temps.
- **B – Les enjeux planétaires contemporains**
 - **La Terre, échangeur thermique** : à partir de l'idée de l'utilisation possible de la chaleur de la Terre, la question de son origine (radioactivité) et de sa dissipation (convection, conduction) seront évoquées. Des liens seront établis avec la tectonique des plaques de première et la différenciation du thème A.
 - **La plante et l'homme**: l'importance des végétaux pour satisfaire les besoins (notamment alimentaires) de l'homme conduit à envisager le végétal, essentiellement à l'échelle de l'organisme.
 - Un être vivant fixé : une vue globale de l'organisme végétal dans son environnement et de son fonctionnement permet de replacer les mécanismes de la photosynthèse vus en seconde, expliquer le rôle du chloroplaste sans approfondir les mécanismes moléculaires. L'étude de ce thème conduit à savoir « ce qu'est une plante ».
 - L'homme et la biodiversité végétale :
 - Sélection artificielle.
 - OGM.
 - Aspects globaux : introductions, plantes envahissantes, espèces menacées, etc.

- **C – Corps humain et santé**
 - **L'immunité adaptative, caractère dérivé des vertébrés** : les données fondamentales « niveau lycée » sur l'immunité adaptative : anticorps, lymphocytes, soi immunologique, greffes, vaccins,... sont étudiées.
 - **Régulation des paramètres sanguins et santé** : l'exemple de la pression artérielle est approfondi. À partir de la simple boucle de régulation vue en seconde, on avance dans la compréhension pour montrer la combinaison de phénomènes hormonaux et nerveux, sans pour autant chercher à être exhaustif : régulation nerveuse de la vasoconstriction, système rénine-angiotensine, adrénaline.
 - **Le muscle en mouvement.** A partir des acquis de seconde, on aborde deux aspects :
 - La commande de la contraction. Contient l'étude d'un exemple de synapse chimique, les données fondamentales sur le neurone, l'exemple du réflexe myotatique.
 - L'aspect énergétique. Contient ce qu'il faut savoir du métabolisme oxydatif (fermentaire et respiratoire) et le rôle de la mitochondrie ; pas de détail moléculaire.
- **2 – L'enseignement de spécialité**

Principes généraux :

- Ce qui est abordé se greffe sur l'enseignement obligatoire : il ne s'agit pas d'approfondir exactement les mêmes questions, mais de traiter des questions connexes.
- L'enseignement obligatoire est découpé en thèmes courts et variés.

Pistes de travail :

- **A – La Terre dans l'univers, la vie et l'évolution du vivant**
 - L'évolution non liée à la reproduction sexuée : endosymbiose, transfert viral.
 - Les enzymes.
- **B – Enjeux planétaires contemporains**
 - L'évolution de l'atmosphère.
 - De l'atmosphère primitive à l'atmosphère actuelle.
 - Archives géologiques et histoire de l'atmosphère.
 - Modification actuelle de l'atmosphère et climat.
 - Le risque viral.
 - La variabilité virale sous l'angle de l'évolution et ses conséquences médicales.
 - L'immunité antivirale.
 - Le risque sismique ou volcanique.
- **C – Corps humain et santé**
 - Coopération cellulaire et immunité.
 - Dérèglements de la reconnaissance du soi.
 - Maladie auto-immune : le diabète de type 1.
 - Allergies.
 - Régulation des paramètres sanguins et santé : la régulation de la glycémie.