Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE
DE L'ENSEIGNEMENT
SUPÉRIEUR,
DE LA RECHERCHE
ET DE L'INNOVATION

Classes préparatoires aux grandes écoles

Filière scientifique

Voie Biologie, chimie, physique et sciences de la Terre (BCPST)

Annexe 1

Programmes de sciences de la vie et de la Terre

© Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation, 2021

MINISTÈRE
DE L'ENSEIGNEMENT
SUPÉRIEUR,
DE LA RECHERCHE
ET DE L'INNOVATION
Liberté
Égalité
Fraternité

Classe préparatoire BCPST

Biologie, chimie, physique, sciences de la Terre

PROGRAMME DE SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

PRÉAMBULE DU PROGRAMME

Le programme de sciences de la vie et de la Terre de la classe de BCPST s'inscrit dans un continuum entre les programmes de lycée et ceux des grandes écoles auxquelles préparent les classes de BCPST. Le programme de BCPST prend en compte les programmes rénovés de lycée entrés en vigueur à la rentrée 2019 pour les classes de seconde et de première et à la rentrée 2020 pour la classe de terminale. Il vise à amener progressivement tous les étudiants au niveau requis pour poursuivre avec succès un cursus d'ingénieur, de vétérinaire, de chercheur, d'enseignant.

Ce programme, avec ceux des autres disciplines scientifiques, vise à développer chez les étudiants « *la connaissance et la compréhension d'un large champ de sciences fondamentales et la capacité d'analyse et de synthèse qui leur est associée* » (Commission des Titres d'Ingénieur).

Les connaissances et les compétences travaillées au lycée sont nécessairement approfondies en classe préparatoire, tout en donnant un panorama large et actualisé des grands domaines des sciences de la vie et de la Terre pour permettre ensuite un développement plus spécialisé, en rapport avec la voie choisie, de la recherche fondamentale ou de l'application à un autre champ professionnel. Il s'agit de construire et stabiliser, à un niveau de première expertise, les connaissances essentielles (sans viser à l'exhaustivité), d'acquérir les principales compétences, de s'imprégner des attitudes intellectuelles communément reliées à l'exercice de la pensée scientifique.

À l'issue de la formation, les étudiants issus de BCPST disposent des bases scientifiques solides dans tous les champs nécessaires pour aborder des enjeux-clefs du XXI^{e} siècle : changement climatique, préservation de la biodiversité et des écosystèmes, alimentation, gestion des ressources naturelles biologiques ou minérales, gestion durable des sols, transition énergétique, santé (dans une logique One Health), etc.

Ce programme est destiné aux professeurs de BCPST et à leurs étudiants, mais également aux professeurs de lycée, comme aux interrogateurs de concours et aux grandes écoles.

Contenus et organisation des programmes

Le programme de SVT des classes de BCPST se structure en trois grandes thématiques :

- Sciences de la vie ;
- Sciences de la Terre ;
- Biogéosciences (domaine se situant à l'interface entre sciences de la vie et sciences de la Terre).

• **En sciences de la vie,** le programme explore différentes échelles d'étude pour les premières parties : échelle des organismes, échelle cellulaire et moléculaire, échelle des écosystèmes. Plusieurs grandes catégories de problématiques sous-tendent les contenus : la relation organisation / fonctionnement, parfois étudiée en relation avec le milieu, les interrelations entre les éléments spécialisés des systèmes qui en assurent l'intégration du fonctionnement et l'origine évolutive des structures et des processus biologiques issus d'une histoire qui s'ancre dans un temps long. L'étude du métabolisme cellulaire permet de comprendre le fonctionnement énergétique à l'échelle cellulaire. La nature et la transmission de l'information génétique du vivant est envisagée à différentes échelles temporelles : le temps court de l'expression génétique et de son contrôle, le temps plus long de la transmission de l'information génétique entre générations et de ses conséquences sur la dynamique populationnelle, le temps de l'évolution. Le programme pose ensuite un regard fonctionnel sur le vivant, par l'étude de la reproduction des êtres vivants, des processus développementaux impliqués dans l'ontogenèse des Métazoaires, en prenant comme support privilégié le développement du membre chez les Vertébrés. L'étude de la circulation sanguine apporte un regard intégratif sur une grande fonction de l'organisme animal et sert d'appui à la compréhension des mécanismes impliqués dans les communications intercellulaires. La partie « populations et écosystèmes » envisage les différentes échelles allant de l'organisme à la biosphère et le regroupement des organismes en populations et en communautés où existent divers types de relations interspécifiques. Une fois mise en place la notion d'écosystème, il s'agit d'en étudier la structure, le fonctionnement et la dynamique, remobilisés en seconde année en biogéosciences. La diversité du vivant varie au cours du temps : elle est le résultat d'une histoire évolutive et est en devenir permanent. Il s'agit ici de comprendre les mécanismes de l'évolution. Enfin, l'étude de la phylogénie permet de comprendre les principes et les méthodes de la construction d'arbres phylogénétiques, utiles à l'élaboration de scénarios évolutifs.

• **En sciences de la Terre**, le programme vise essentiellement à présenter la Terre solide et conjugue la nécessité de prendre en compte les géosciences fondamentales et appliquées dans une société confrontée aux enjeux de l'approvisionnement en ressources naturelles et à la gestion des risques géologiques. La première année permet de mettre en place les outils et les concepts constituant le cadre d'étude des géosciences. L'étude de la structure de la planète Terre permet de faire la transition entre l'enseignement secondaire dont les acquis sont repris et stabilisés en première année de classe préparatoire. L'étude des déformations de la lithosphère, des processus sédimentaires, du magmatisme et du métamorphisme vise à la compréhension de phénomènes géologiques fondamentaux. La Terre est étudiée dans son fonctionnement actuel mais aussi dans un cadre historique. La partie sur la mesure du temps fournit les outils et méthodes de la géologie historique, appliqués à l'étude des grands ensembles géologiques français. Loin de viser l'exhaustivité ou l'érudition, l'enjeu de la formation en sciences de la Terre est d'élaborer une vision synthétique du système Terre. Le programme permet de relier les différentes échelles d'espace : couplage entre les différentes sphères, intégration dans le cadre de la tectonique globale, compréhension des grands ensembles structuraux régionaux. Le programme de sciences de la Terre invite à mettre les cartes au centre de la réflexion, qu'elles soient géologiques ou thématiques, et à conduire un va-et-vient entre représentations cartographiques et réel chaque fois que possible. L'étude des objets géologiques est l'occasion de développer chez les étudiants des compétences scientifiques générales : capacité d'observation d'objets complexes, raisonnement à partir de données partielles et incomplètes, raisonnement simultané sur plusieurs échelles temporelles et spatiales, importance de l'histoire de l'objet étudié, capacité à se représenter un objet en trois dimensions à partir d'observations discontinues.

• **En biogéosciences,** le programme met en exergue les grands enjeux scientifiques et sociétaux du XXI^{e} siècle, le plus souvent des sujets se situant aux interfaces disciplinaires. Leur étude s'appuie sur des convergences entre sciences de la vie et sciences de la Terre, se matérialisant dans certains domaines de recherche actuels. Les grands cycles biogéochimiques, le sol et le climat de la Terre sont des thèmes indispensables à la formation de base d'un futur ingénieur, vétérinaire, chercheur ou

STAGES MATHS SUP

STAGES PREPA MATHS SUP

- Optez pour la bonne formule avec l'aide de notre équipe
- Des supports de prépa pour s'évaluer
- Accédez gratuitement au contenu de nos médias

Stage intensif maths sup

STAGES MATHS SUP EN LIGNE

- Formules à la carte
- Supports, méthodes, annales, corrigés
- Tableau blanc et prof bienveillant
- Exigences de la prépa maitrisée par les professeurs

Stage en ligne en maths sup

décideur par la vision systémique et interdisciplinaire qu'ils apportent. Ces trois thèmes permettent aux étudiants de bâtir une compréhension scientifique de systèmes complexes aux différentes échelles de temps et d'espace et d'interroger l'interaction entre les activités humaines et les phénomènes naturels. La partie sur les grands cycles biogéochimiques permet de comprendre les grandes caractéristiques du cycle biogéochimique d'un élément et d'envisager les spécificités des cycles du carbone et de l'azote. Elle est remobilisée pour comprendre le fonctionnement d'un sol ainsi que la place du carbone et de l'azote dans le climat de la Terre. La partie sur le sol présente cette mince pellicule à l'interface entre la lithosphère, l'atmosphère et l'hydrosphère, construite en interaction avec les êtres vivants. Les sols sont pourvoyeurs de services écosystémiques, en particulier de services d'approvisionnement liés à la production alimentaire et constituent une ressource actuellement menacée. La compréhension de leur organisation fonctionnelle implique une approche plurielle mobilisant différents champs disciplinaires. Enfin, la partie sur le climat de la Terre débute par la compréhension de l'organisation et de la dynamique des enveloppes fluides (océan et atmosphère) qui constituent des acteurs clefs du système climatique. Les changements climatiques, à courte et longue échelle de temps, sont l'occasion de mettre en lien variabilité climatique et reconstitution des paléoenvironnements. Enfin, les conséquences sur la biodiversité des variations climatiques actuelles, d'origine anthropique, sont envisagées.

Le tableau suivant présente l'organisation du programme et sa répartition sur les deux années.

Thématiques et parties	**BCPST 1**	**BCPST 2**
Thématique « Sciences de la vie » (SV)		
SV-A L'organisme vivant en lien avec son environnement	x	x
SV-B Interactions entre les organismes et leur milieu de vie	x	x
SV-C La cellule dans son environnement	x	
SV-D Organisation fonctionnelle des molécules du vivant	x	
SV-E Le métabolisme cellulaire	x	
SV-F Génomique structurale et fonctionnelle	x	x
SV-G Reproduction	x	x
SV-H Mécanismes du développement : exemple du développement du membre des Tétrapodes		x
SV-I Communications intercellulaires et intégration d'une fonction à l'organisme		x
SV-J Populations et écosystèmes	x	
SV-K Évolution et phylogénie	x	x
Thématique « Biogéosciences » (BG)		
BG-A Les grands cycles biogéochimiques		x
BG-B Les sols		x
BG-C Le climat de la Terre	x	x
Thématique « Sciences de la Terre » (ST)		
ST-A La carte géologique et ses utilisations	x	
ST-B La structure de la planète Terre	x	
ST-C La dynamique des enveloppes internes	x	
ST-D Les déformations de la lithosphère	x	
ST-E Le phénomène sédimentaire	x	
ST-F Le magmatisme		x
ST-G Le métamorphisme, marqueur de la géodynamique interne		x
ST-H La mesure du temps : outils et méthodes	x	
ST-I Les risques et les ressources géologiques		x
ST-J Les grands ensembles géologiques		x

Les enseignants sont libres d'organiser leur progression sur les deux semestres d'une année mais plusieurs parties nécessitent une bonne articulation au sein de l'équipe pédagogique. La rubrique de liens facilite le repérage de ces articulations interdisciplinaires.

Chacune de ces trois thématiques est organisée en parties qui traitent des grandes questions scientifiques du programme. Un chapeau succinct en résume le contenu, en présente l'état d'esprit et les objectifs. Après chaque titre de partie ou de sous-partie, la position en première et/ou deuxième année est indiquée.

Le programme est présenté dans un tableau dont la colonne de gauche comprend l'énoncé des savoirs visés. Son contenu ne constitue pas un résumé des savoirs à construire mais désigne les éléments attendus de la formation des étudiants. Ces contenus (faits, modèles, concepts) constituent une base de connaissances indispensables et doivent pouvoir être exposés par l'étudiant de façon concise et argumentée, en particulier dans le cadre d'épreuves de synthèse. Ils servent aussi de cadres de référence pour analyser, interpréter, discuter des objets ou des documents portant sur des éléments non directement mentionnés dans le programme, mais présentés de telle façon qu'ils permettent une réflexion scientifique rigoureuse, en particulier dans le cadre d'épreuve sur documents.

La colonne de droite identifie les capacités exigibles des étudiants à l'issue de leur formation. Les capacités surlignées en bleu sont celles qui peuvent être plus particulièrement abordées lors des séances de travaux pratiques ou lors des activités de terrain sans que cela ne soit exclusif à ces séances. L'intégration dans un même tableau des concepts et des capacités développés donne une vision d'ensemble du thème correspondant, tout en permettant aux enseignants d'exercer pleinement leur liberté pédagogique et en ouvrant le champ des possibles. Par ailleurs, une rubrique « Précisions et limites » indique :

- des précisions sur les contenus attendus ;
- l'identification éventuelle d'un exemple à utiliser. Cependant, le fait qu'un exemple soit désigné ne constitue pas une incitation à réaliser une monographie pointilleuse. Le niveau d'exigence est limité à ce qui peut servir la construction ou l'illustration des concepts visés ;
- des limites concernant les savoirs ou les capacités à construire avec les étudiants.

Ensuite, une autre rubrique liste les liens avec d'autres parties du programme ou avec l'enseignement d'autres disciplines. Ces indications invitent à des mises en relations fortes, afin d'aider les étudiants à percevoir la cohérence de leur formation et d'appréhender au mieux les réseaux conceptuels mobilisables, notamment d'une année à l'autre. Elle aide les étudiants à percevoir les grands concepts clefs des SVT et les problématiques essentielles qui constituent des fils rouges indispensables, au-delà de la présentation linéaire obligée d'un programme.

En fin de chaque thématique, un tableau synthétise l'ensemble des séances de travaux pratiques, afin d'en préciser le nombre et de situer leur apport à la construction des connaissances et des compétences. En permettant de présenter une diversité d'objets, sans pour autant requérir la mémorisation de ce qui n'est pas clairement posé comme exigible, les travaux pratiques sont des moments privilégiés d'élargissement et doivent contribuer à ne pas enfermer les représentations dans un cadre conceptuel trop étroit et dogmatique.

La mise en œuvre du programme de SVT repose ainsi sur des cours mais aussi sur des travaux pratiques et des activités de terrain qui construisent de façon complémentaire des connaissances et des compétences. Les travaux d'initiative personnelle encadrés (TIPE) complètent la formation en amenant les étudiants à conduire par eux-mêmes une démarche scientifique mobilisant différentes disciplines.

Dans la mise en œuvre de ce programme, les professeurs gardent la liberté d'organiser leur enseignement comme ils le souhaitent, dans la limite du découpage sur les deux années et en tenant compte de la formation antérieure des étudiants (spécialité SVT, spécialité biologie-écologie en lycée agricole).

Les enseignants ont une latitude certaine dans le choix de l'organisation de leur enseignement, de leurs méthodes, de leur progression globale, mais aussi dans le choix de leurs problématiques. Cependant, dans le cadre de cette liberté pédagogique, les professeurs gagneront à organiser leur enseignement suivant deux grands principes directeurs :

- la mise en activité des étudiants en évitant le dogmatisme : les apprentissages seront d'autant plus efficaces que les étudiants seront acteurs de leur formation. Les supports pédagogiques utilisés doivent notamment aider à la réflexion, à la participation et à l'autonomie des étudiants. La détermination et l'étude des problématiques, alliées à un temps approprié d'échanges, favorisent cette mise en activité.

- la mise en contexte des connaissances et des capacités travaillées : les SVT et les problématiques associées se prêtent de façon privilégiée à une mise en perspective de leur enseignement avec l'histoire des sociétés, des sciences et des techniques ainsi que des questions d'actualité. Les enseignants de SVT sont ainsi conduits naturellement à mettre leur enseignement « en culture » pour rendre leur démarche plus naturelle et motivante auprès des étudiants.

La nature des savoirs scientifiques et leur élaboration

Un enjeu important de l'enseignement des sciences est de permettre aux étudiants d'accéder à la nature des savoirs scientifiques et de comprendre la façon dont ils sont élaborés. Les étudiants doivent être en mesure, à l'issue de leur formation, de distinguer ce qui relève d'une croyance ou d'une opinion de ce qui constitue un savoir scientifique. À travers les enseignements de SVT, en collaboration avec la physique-chimie et lors des TIPE, les étudiants sont invités à comprendre que les savoirs scientifiques se construisent par un travail collectif au sein de communautés scientifiques et sont validés par les pairs (*peer-review*). Les théories et les modèles scientifiques sont élaborés en relation avec des observations et des expériences et ont des conséquences testables. Tout savoir scientifique est donc par nature rectifiable, provisoire et réfutable. Et donc, *in fine*, les étudiants doivent pouvoir remettre en question leurs connaissances au regard de données nouvelles pour proposer de nouveaux modèles explicatifs, de même qu'un ingénieur, un vétérinaire, un chercheur ou un décideur doit d'être capable de remettre en question ses propres certitudes pour répondre aux défis qui lui seront donnés et de pouvoir ainsi innover.

Cette formation épistémologique peut être envisagée par l'histoire des idées, des modèles et des théories en SVT et s'appuyer, par exemple, sur l'analyse de la structure d'une publication scientifique.

Activités et recherches de terrain

Organisées chaque année, les activités de terrain contribuent à la construction des savoirs. Elles peuvent aussi constituer des moments de réinvestissement dans des contextes différents. Le travail de laboratoire et le travail de terrain sont complémentaires et traduisent la double dimension des SVT, à la fois science expérimentale et science naturaliste, donnant toute sa place à l'observation. Le terrain permet une approche de la complexité des objets ainsi que des phénomènes biologiques et géologiques aux différentes échelles, dont celles des paysages, des affleurements géologiques et des écosystèmes, impossibles à appréhender dans le cadre exclusif de la classe. Le terrain est un lieu privilégié de mise en relation entre un modèle explicatif et des données empiriques (observations, mesures, etc.). Les faits de terrain ne sont pas « donnés » mais construits au regard d'une

problématique scientifique et instrumentés par des méthodes et des techniques, donnant à voir une partie du réel. C'est une des différences entre le travail de terrain et le travail que l'on peut mener en classe à partir de données qui ont déjà été acquises et traitées pour l'analyse. Sur le terrain, les objets biologiques et géologiques ne parlent pas d'eux-mêmes : il faut déterminer quoi observer, quoi mesurer, quoi échantillonner selon un objectif donné. Cette dimension de recherche sur le terrain développe l'autonomie des étudiants.

Les activités de terrain permettent d'étudier des objets et des structures biologiques et géologiques situés à distance de l'établissement (bassin sédimentaire, chaîne de montagne, écosystèmes, etc.). D'autres activités peuvent se dérouler dans l'enceinte de l'établissement ou à proximité (étude de la biodiversité, par exemple dans le cadre de programmes de sciences participatives, étude de la géologie d'une grande ville de France).

Les activités de terrain sont également l'occasion de rencontrer des professionnels, de visiter des exploitations agricoles, des entreprises et des écoles afin de participer à la construction du projet de poursuite d'études des étudiants et de leurs compétences préprofessionnelles.

Le tableau suivant présente le potentiel des activités et recherches de terrain à travailler en BCPST 1 et BCPST 2. Elles ne sont pas toutes exigibles mais présentent l'apport du terrain à la formation des étudiants, que les enseignants sont libres d'exploiter.

Activités et recherches de terrain
• S'orienter sur le terrain et se localiser sur une carte (topographique, géologique, de végétation, pédologique).
• Analyser un paysage : identifier et caractériser des unités dans le paysage, incluant la description des groupements végétaux, du substratum géologique, de la topographie et des usages par l'être humain ; déterminer les liens de causalité qui unissent ces différentes composantes ; expliquer la dynamique des unités paysagères, souvent liée à leur usage présent ou passé.
• Déterminer les espèces principales dans un écosystème.
• Collecter des données et les confronter à des bases de données pour les vérifier, les enrichir, les mettre en relation (identification d'espèces, nature de roches, …).
• Proposer un protocole de caractérisation des paramètres abiotiques locaux et saisir des données de terrain (température ; hygrométrie ; luminosité ; vitesse du vent…) en les confrontant à des données météorologiques moyennes sur un temps long afin de caractériser le biotope d'un écosystème.
• Mettre en œuvre un protocole d'étude de la biodiversité sur le terrain adapté aux groupes biologiques étudiés (méthode des quadrats, transect, pièges, écoutes…) incluant une réflexion sur l'exhaustivité et la représentativité de l'échantillonnage (aire minimale, courbe de saturation) pour répondre à un problème scientifique.
• Estimer l'abondance et la densité d'une population, la richesse spécifique d'un écosystème par une étude de terrain.
• Réaliser une étude pédologique sur le terrain (profil d'un sol brun et caractérisation des horizons – couleur, texture, pH…-, étude de la litière et du type d'humus, observation de la faune du sol et de ses manifestations). Synthétiser les observations en lien avec la roche-mère, la végétation, la topographie et le climat.
• Caractériser certains aspects du fonctionnement d'un écosystème à partir d'observations de terrain (traces, nids, restes alimentaires, relations parasitaires ou symbiotiques, etc.) qui témoignent d'interactions entre les composants biotiques du système.
• Rendre compte d'observations de terrain sous différentes formes (photographie, film, croquis ou dessin, carte, texte, réalité augmentée).
• Observer, décrire, identifier des objets géologiques à différentes échelles (roche, affleurement et paysage) lors d'une étude de terrain.

• Reconstituer, analyser et représenter les objets dans les trois dimensions de l'espace lors d'une étude de terrain.

• Intégrer des données de terrain dans un système d'information géographique (SIG).

• Proposer des hypothèses expliquant la mise en place de structures géologiques observées sur le terrain en mobilisant des concepts et des principes géologiques (actualisme, principes de la stratigraphie, tectonique).

• Passer de la réalité complexe du terrain à des représentations simplifiées correspondant à des hypothèses explicatives.

• Mettre en relation des données de terrain avec un modèle pour l'infirmer, le conforter ou en dégager les limites.

Les compétences attendues

Les compétences sont définies ici comme des aptitudes à mobiliser des ressources pour accomplir une tâche dans une famille de situations et faire face à une situation complexe ou inédite. À l'instar du référentiel européen relatif aux compétences clés[1], les ressources internes à l'individu mobilisables dans le cadre de la mise en jeu d'une compétence sont un ensemble de connaissances, de capacités (ou aptitudes ou savoir-faire) et d'attitudes (ou savoir-être), dans le cadre duquel :

• les connaissances sont constituées des faits, chiffres, concepts, théories et idées qui sont déjà établis et viennent étayer la compréhension d'un certain domaine ou thème ;

• les aptitudes sont définies comme la capacité d'exécuter des processus et d'utiliser les connaissances existantes pour parvenir à des résultats ;

• les attitudes décrivent les dispositions et mentalités permettant d'agir ou de réagir face à des idées, des personnes ou des situations.

En s'appuyant sur les compétences acquises dans l'enseignement secondaire, l'enseignement de classe préparatoire constitue une étape vers le renforcement des compétences déjà travaillées et l'acquisition de nouvelles compétences qui seront développées dans les écoles[2].

Les compétences à travailler en classe préparatoire sont organisées en trois grands blocs de compétences[3] : les compétences de la démarche scientifique (ou compétences disciplinaires), les compétences préprofessionnelles puis les compétences transversales et linguistiques. Elles sont destinées à être travaillées dans le cadre des différents types d'enseignement (cours, interrogations orales, TP, activités de terrain et TIPE), chaque professeur étant libre du choix des supports, des moments, des lieux et de la progressivité propices à cette composante de la formation. L'expression large de ces compétences tient compte des attentes exprimées par des grandes écoles recrutant sur la filière BCPST.

- **Compétences de la démarche scientifique**

Chaque champ de compétences est illustré par un ensemble de compétences et de capacités associées qui permet d'en préciser le contour, sans pour autant constituer une liste exhaustive. L'ordre de

[1] Recommandation du Conseil du 22 mai 2018 relative aux compétences clés pour l'éducation et la formation tout au long de la vie.
[2] À titre d'exemples : référentiel national pour le diplôme vétérinaire (décembre 2017), compétences de l'ingénieur (référentiel de la commission des titres d'ingénieur CTI, 2016)
[3] L'organisation des compétences en trois blocs est partagée avec le référentiel de licence (2015) : https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid61532/les-referentiels-de-competences-en-licence.html

présentation de ces compétences ne préjuge pas d'un ordre de mobilisation de ces dernières lors d'une activité. Dans leur grande majorité, elles sont communes à celles qui sont mises en œuvre dans d'autres enseignements scientifiques comme ceux de physique et de chimie.

Les compétences doivent être acquises à l'issue des deux années de formation en CPGE. Elles nécessitent d'être régulièrement mobilisées par les étudiants et sont évaluées en s'appuyant, par exemple, sur l'utilisation de grilles d'évaluation. Pour atteindre le plein niveau de maîtrise de ces compétences et de ces capacités, les étudiants doivent progressivement développer, dans les différentes activités proposées par le professeur, leur autonomie, leur esprit d'initiative et leur esprit critique.

Champs de compétences	**Exemple de compétences et de capacités associées**
S'approprier et problématiser	— Rechercher, collecter, extraire et organiser de l'information ou des données en lien avec la situation étudiée. — Conduire l'observation d'un objet ou d'un phénomène à différentes échelles spatiales et temporelles. — Exploiter la complémentarité d'informations présentées sous des formes différentes (texte, graphe, tableau, …) — Énoncer ou dégager une problématique scientifique en prenant en compte ses différents aspects (technique, scientifique, sociétal). — Représenter la situation par un schéma modèle. — Identifier les grandeurs pertinentes, leur attribuer un symbole. — Relier le problème à une situation modèle connue. — Acquérir de nouvelles connaissances en autonomie.
Analyser	— Formuler des hypothèses. — Décomposer un problème en plusieurs problèmes plus simples. — Proposer une stratégie pour répondre à une problématique. — Choisir, concevoir, justifier un protocole expérimental ou d'observation, un modèle ou des lois physiques. — Estimer des ordres de grandeur. — Proposer des analogies — Identifier les idées essentielles d'un document et leurs articulations. — Relier qualitativement ou quantitativement différents éléments d'un ou de documents.
Réaliser	— Mettre en œuvre les étapes d'une démarche, un protocole, un modèle. — Extraire une information d'un texte, d'un graphe, d'un tableau, d'un schéma, d'une situation réelle, d'une photo, d'une vidéo. — Schématiser un dispositif, une expérience, une méthode de mesure, un objet biologique ou géologique. — Utiliser le matériel et les produits de manière adaptée en respectant les règles de sécurité et d'éthique. — Construire des représentations graphiques à partir de données. — Mener des calculs analytiques ou à l'aide d'un langage de programmation, effectuer des applications numériques. — Évaluer des ordres de grandeur. — Conduire une analyse dimensionnelle.

Valider	— Exploiter des observations, des mesures en estimant les incertitudes. — Discuter de l'exhaustivité ou de la représentativité d'un échantillonnage. — Confronter les résultats d'un modèle à des résultats expérimentaux, à des données figurant dans un document ou dans de la bibliographie scientifique, à ses connaissances. — Discuter de la recevabilité d'une hypothèse. — Analyser les résultats de manière critique. — Repérer les points faibles d'une argumentation (incohérence, contradiction, partialité, incomplétude, …). — Proposer des améliorations de la démarche, de l'expérience ou du modèle.
Communiquer	— À l'écrit comme à l'oral : ◦ présenter les étapes de sa démarche de manière synthétique, organisée, cohérente et argumentée. ◦ rédiger une synthèse, une analyse, une argumentation. ◦ appuyer son propos sur des supports appropriés ◦ utiliser un vocabulaire scientifique précis et choisir des modes de représentation adaptés (schémas, représentations graphiques, cartes mentales, etc.). ◦ citer l'origine des sources utilisées. — Écouter, confronter son point de vue.

- **Compétences transversales et linguistiques**

Les SVT contribuent avec les autres disciplines de BCPST au développement de compétences transversales et linguistiques. Elles attestent d'une autonomie de travail et d'analyse, d'une capacité d'engagement dans des projets collectifs, d'une capacité de distance critique et d'une communication aisée, que ce soit par les outils mobilisés ou l'expression personnelle en français et dans au moins une langue vivante étrangère.

• Adopter un comportement éthique, déontologique et responsable.

• Coopérer et collaborer dans le cadre d'activités ou de démarches de projet, dans et hors la classe.

• Se mettre en recul d'une situation, s'auto évaluer et se remettre en question pour apprendre.

• Utiliser les outils numériques de référence et les règles de sécurité informatique pour acquérir, traiter, produire et diffuser de l'information et communiquer.

• Se servir aisément de la compréhension et de l'expression écrites et orales dans au moins une langue vivante étrangère.

- **Compétences préprofessionnelles**

La formation est aussi l'occasion d'aborder avec les étudiants des questions liées à la construction de leur projet de poursuite d'étude. La rencontre avec des professionnels, comme avec les grandes écoles est un levier de développement des compétences préprofessionnelles. Les TIPE participent du développement de ces compétences.

• Identifier les différents champs professionnels et les parcours permettant d'y accéder.

• Identifier les enjeux et contraintes des champs professionnels.

• Caractériser et valoriser ses compétences scientifiques, techniques et psychosociales (sociales, cognitives et émotionnelles) en fonction d'un contexte.

Les méthodes et les techniques (mises en œuvre au laboratoire et sur le terrain)

Le tableau suivant présente les méthodes et les techniques de SVT à mettre en œuvre durant les deux années de formation de BCPST. Ce tableau est à croiser avec les objets d'étude du programme. Les éléments exposés sont mobilisables dans les épreuves de SVT des concours (écrites, pratiques et orales), précisées par les notices descriptives de chaque concours.

Biologie moléculaire et cellulaire
Interpréter le résultat de croisements chez les organismes diploïdes : - gènes indépendants ou liés ; - allèles récessifs, dominants ou codominants ; - identification des brassages génétiques. Exploiter des méthodes d'étude de l'organisation des génomes : - réalisation et exploitation d'une électrophorèse d'ADN ; - réalisation et exploitation d'une comparaison de séquences à l'aide de logiciels ; - exploitation de données utilisant la méthode du Southern blot. Exploiter des données utilisant des méthodes d'étude de l'expression des génomes : - transgenèse, mutagenèse dirigée et aléatoire ; - northern blot, hybridation *in situ*, utilisation de gène rapporteur, western blot, puce à ADN, PCR et RTPCR. Réaliser et exploiter une électrophorèse de protéines en conditions natives. Exploiter des données utilisant des méthodes d'étude des protéines : - chromatographie d'affinité, profil d'hydropathie, western blot, immunomarquage, électrophorèse en conditions dénaturantes. Exploiter des données de modélisation moléculaire. Réaliser et exploiter le suivi d'une réaction enzymatique : - détermination des vitesses initiales, construction d'une courbe $v_i = f([S_0])$; - détermination de K_M, v_{max} et de l'efficacité catalytique. Exploiter des données cinétiques en présence de différents types d'inhibiteurs. Exploiter des données permettant l'étude de communications intercellulaires : - ablation et greffe de groupes de cellules, application de facteurs diffusibles ; - enregistrements de patch-clamp, mesures de potentiel de membrane, mesure de conductance.
Microscopie
Réaliser une préparation de microscopie optique, y compris des coupes à main levée, avec ou sans coloration. Mettre en œuvre un protocole de coloration adaptée à la problématique biologique. Utiliser le colorant adapté pour mettre en évidence un tissu ou des molécules. Réaliser une observation en microscopie optique : - objectifs et grossissement, intensité lumineuse, diaphragme, mise au point, utilisation de l'huile à immersion. Déterminer un ordre de grandeur ou la taille d'un objet à partir d'une échelle ou d'un grossissement. Identifier une technique de microscopie. Exploiter des clichés de microscopie : - optique, électronique, à fluorescence.

Étude morpho-anatomique

Réaliser une dissection florale :
- prélèvement de pièces et observation avec les outils adaptés ;
- présentation des pièces florales afin de faire ressortir leur nombre, leur position relative et les soudures éventuelles.

Réaliser une dissection animale :
- mise en valeur d'un organe et de ses liens anatomiques avec d'autres organes, en les dégageant des structures les masquant ;
- orientation de l'animal et positionnement des légendes ;
- prélèvement de parties d'appareils ou d'organes et observation avec les outils les plus adaptés.

Étude cartographique

Utiliser une carte géologique :
- identification des principales structures tectoniques et des ensembles pétrologiques ;
- reconstitution d'une histoire géologique régionale ;
- reconstitution d'un paléoenvironnement ;
- estimation de la vitesse d'ouverture d'un océan ;
- identification des risques ou des ressources géologiques.

Traduire l'exploitation d'une carte géologique sous la forme d'une coupe géologique (le profil topographique étant fourni) ou d'un schéma structural :
- fidélité, mise en évidence pertinente des objets et structures géologiques et des roches, légendes, titre, échelle.

Exploiter des données cartographiques ou des archives sédimentaires pour reconstituer des variations climatiques.

Géochimie et géophysique

Exploiter des données géochimiques pour identifier une roche ou retracer son histoire (réservoir, chemin P,T=f(t), série magmatique) :
- diagramme TAS, diagramme de Streckeisen ;
- datation absolue (^{14}C, K/Ar, U/Pb) ;
- données de microsondes, grille pétrogénétique, données de géobarométrie et géothermométrie ;
- Calcul d'un taux de fusion, rapports isotopiques $^{87}Sr/^{86}Sr$ et $^{143}Nd/^{144}Nd$ et origine du magma.

Exploiter un diagramme binaire et ternaire (fusion et cristallisation).

Présenter le principe de modifications de pression et/ou de température d'un échantillon par presse hydraulique ou enclume à diamant et en exploiter les résultats.

Exploiter des données sur l'altération des roches, notamment à l'aide du diagramme de Goldschmidt.

Présenter le principe d'obtention de certaines données géophysiques et en exploiter les résultats :
- sismogrammes, tomographie sismique, sismique réflexion, profil de vitesse des ondes sismiques ;
- altimétrie satellitaire, anomalies gravimétriques (air libre et Bouguer), anomalies magnétiques, anomalies du géoïde.

Exploiter des données utilisant des approches géophysiques :
- sismique réflexion, mécanismes au foyer, courbes rhéologiques ;
- données GPS, interférométrie radar, corrélation optique ;

Réaliser un calcul d'équilibre isostatique sur un modèle simple.

Exploiter des données de granulométrie à l'aide du diagramme de Hjulström.

Exploiter des figures sédimentaires à l'aide d'un diagramme d'Allen fourni.

Déterminer les caractéristiques physico-chimiques d'un sol :
- détermination de la granulométrie d'un sol à replacer dans un triangle des textures, mesure de la porosité du sol ;
- mesure du pH du sol, mise en évidence des constituants de l'humus, mise en évidence de la capacité d'échange cationique (CEC) par l'utilisation d'éosine et de bleu de méthylène.

Exploiter des données sur la structure et la dynamique des enveloppes fluides :
- stratification des enveloppes fluides ;
- transferts d'énergie et de masse ;
- gradient de températures, de salinité, $\Delta^{14}C$ des masses d'eau, distribution du dioxygène, teneur en chlorophylle.

Exploiter des données géochimiques permettant de caractériser le climat : $\delta^{18}O$, $\delta^{13}C$.

Étude d'un objet dans son environnement

S'orienter et se localiser sur le terrain et sur une carte.
Analyser un paysage ou un affleurement :
- identification et caractérisation des unités biologiques et écologiques, des usages anthropiques et des liens entre ces unités ;
- description de l'affleurement, mise en relation des différentes composantes identifiées et de leur relation à différentes échelles ;
- application des principes de datation relative à différentes échelles ;
- interprétation par confrontation des observations et de leur analyse à des modèles ou des données.

Collecter des données sur le terrain :
- identification d'espèces, de roches et d'objets géologiques, mesure de paramètres du biotope ;
- mise en œuvre de protocole d'étude de la biodiversité ;
- Réalisation d'une étude pédologique d'un sol.

Exploiter des données de terrain à différentes échelles pour élaborer un modèle explicatif cohérent ou les relier à un modèle afin de l'infirmer, le conforter ou en dégager les limites.
Caractériser des déformations et y associer, lorsque cela est possible, des contraintes :
- ellipsoïde des déformations et des contraintes.

Compléter des bases de données ou des systèmes d'information géographique (SIG) à partir des observations de terrain.

Identification et classification

Utiliser diverses clefs de détermination (dont des flores) et des outils numériques de détermination pour identifier un échantillon d'origine biologique ou géologique :
- sélection des critères et des caractéristiques de l'objet les plus pertinentes pour son identification ;
- choix de l'outil de détermination le plus adapté.
- utilisation d'un diagramme de Streckeisen, d'un diagramme TAS ou AFM.

Identifier une roche magmatique, métamorphique ou sédimentaire à partir d'un échantillon macroscopique ou d'une lame mince (les noms des minéraux étant fournis pour les préparations microscopiques) :
- roches magmatiques : basaltes, gabbros, andésites, diorites, rhyolites, granites, trachytes ;
- roches métamorphiques : micaschistes, gneiss, migmatites, métagabbros, amphibolites, éclogites, marbres ;
- roches sédimentaires : calcaires, conglomérats, grès, argilites, marnes, halite, gypse-anhydrite, bauxite ;
- péridotites.

Identifier à l'œil nu des minéraux :
- olivine, pyroxènes, amphiboles, feldspaths (plagioclases et orthose), quartz, micas (biotite et muscovite), grenat, calcite.

Identifier quelques fossiles à partir de leurs caractéristiques :
- Trilobites, Ammonoïdés, Bivalves, Gastéropodes, Foraminifères benthiques (Nummulitidés) et planctoniques (Globotruncanidés, Globigérinidés).

Identifier de manière argumentée le stade de développement embryonnaire d'un Amphibien.
Identifier de manière argumentée un organe, un tissu ou un type cellulaire :
- bactérie, cellule musculaire striée squelettique, cardiomyocyte, cellule du parenchyme palissadique, entérocytes ; neurone ;
- artère, capillaire, veine, muscle strié ;
- tissu épithélial et conjonctif ;
- épiderme, rhizoderme, xylème I et II (bois), phloème I et II (liber), parenchymes, collenchyme, sclérenchyme, méristèmes, suber, phelloderme.

Exploiter des données morpho-anatomiques ou moléculaires pour positionner un organisme dans un arbre phylogénétique ou construire une phylogénie :
- construction d'une matrice taxons-caractères ou d'une matrice des distances ;
- polarisation de caractères ;
- construction d'arbres phylogénétiques et application du principe de parcimonie.

Utilisation des outils numériques
Utiliser un tableur informatique : construire un graphique, tracer une droite de régression linéaire, etc.), réaliser des calculs. Utiliser un logiciel de modélisation : choix des paramètres pour répondre au problème posé. Utiliser une base de données. Exploiter les données d'un système d'information géographique (SIG) ou des modèles numériques de terrains (MNT).
Présentation des résultats
Réaliser un dessin d'observation avec les conventions usuelles : - fidélité, sélection des structures pertinentes, légendes, titre, échelle, orientations. Réaliser un schéma avec figurés conventionnels (les figurés restant à la disposition des étudiants). Réaliser un diagramme et/ou une formule florale. Représenter des pyramides de productions de biomasse. Représenter les données sous forme graphique : - choix des axes, échelle pertinente, titre, unités. Présenter de manière pertinente un objet biologique (coupe, prélèvement et montage, annotation, présentation comparative, schéma, dessin, échelle). Présenter de manière pertinente un objet géologique à toutes les échelles (dessin, schéma, description, identification, présentation comparative, ellipsoïde des déformations, échelle…). Présenter sous une forme pertinente des observations de terrain : - photographie géolocalisée, film, dessin, schéma, texte, carte.

SV-A L'organisme vivant en lien avec son environnement (BCPST 1 et 2)

Cette partie vise à présenter l'organisation du vivant (appareils, organes, tissus, …) et les grandes fonctions qui lui sont associées ainsi que des interrelations entre ces organismes et leur environnement. Le concept d'organisme pluricellulaire est abordé à partir de deux exemples (un Vertébré phytophage Bovidé, la vache, et une Angiosperme Fabacée) et est enrichi par l'étude d'une plus grande diversité d'organismes dans le cadre des travaux pratiques. L'étude des organismes en interaction avec leur environnement est complétée par l'étude des organismes unicellulaires et de leur diversité.

Savoirs visés	**Capacités exigibles**
SV-A-1 Regards sur un organisme Métazoaire : un Bovidé (BCPST 1)	
Les vaches appartiennent au groupe des Métazoaires et à la famille des Bovidés. Les différents appareils de l'organisme sont reliés aux fonctions de nutrition, reproduction et relation. Certaines de leurs caractéristiques sont liées au milieu de vie.	- Identifier les principaux caractères morphologiques et anatomiques pour positionner une vache au sein d'une classification phylogénétique des Métazoaires.
La compartimentation de l'appareil digestif permet l'ingestion d'aliments (hétérotrophie), leur simplification en nutriments et leur absorption, ainsi que l'égestion de la matière non absorbée. Le microbiote du rumen par son action joue un rôle majeur dans l'origine des nutriments utilisés par la vache.	- Construire un schéma fonctionnel synthétique des appareils impliqués dans la fonction de nutrition. - Argumenter la complémentarité et la coopération fonctionnelle des différents appareils.
Les nutriments sont distribués dans l'ensemble de l'organisme par l'appareil circulatoire et entrent ainsi dans le métabolisme cellulaire. L'appareil respiratoire assure les échanges gazeux liés au métabolisme énergétique aérobie. L'appareil excréteur élimine les déchets azotés et contribue à l'équilibre hydrominéral de l'organisme.	- Mettre en relation l'organisation structurale et fonctionnelle de différents appareils et l'adaptation de l'organisme au milieu aérien.
Précisions et limites : *Les caractéristiques anatomo-physiologiques liées à l'adaptation au milieu aérien sont présentées succinctement pour les appareils respiratoire, excréteur, reproducteur et pour des organes liés à la fonction de relation.* *Les composition et contribution du microbiote de la vache sont limitées à celui du rumen. Le fonctionnement du néphron n'est pas au programme.*	
L'appareil reproducteur est le lieu de production des gamètes (méiose et différenciation) et de sécrétion d'hormones. C'est également le lieu de la fécondation et de la gestation dans l'organisme maternel. La reproduction sexuée est un processus conservatoire et diversificateur. Elle génère des individus qui sont de la même espèce que les parents, mais dont la diversité permet la sélection.	- Repérer au cours de la reproduction sexuée les moments et les modalités de diversification des génotypes.
Précisions et limites : *La sélection artificielle sera illustrée à partir d'un seul exemple, sans traiter la diversité des modes de sélection.* *L'existence d'un contrôle hormonal de la reproduction est seulement mentionnée pour la production des gamètes et la gestation.*	
L'organisme est en interaction avec son environnement biotique et abiotique. La vache est incluse dans différents systèmes de relations intraspécifiques et interspécifiques (dont les	- Différencier et illustrer les différents types de relations interspécifiques impliquant la vache.

relations avec l'être humain responsable de la domestication des animaux d'élevage). Les relations interspécifiques avec les microorganismes définissent l'organisme comme un holobionte.	
La survie individuelle des organismes dépend de leur perception du milieu et de leur capacité de réaction et/ou de leurs systèmes de protection. Les informations perçues par les récepteurs sensoriels sont intégrées au niveau du système nerveux central qui élabore des réponses. Le déplacement de l'animal suite à la perception d'un stimulus met en jeu son squelette et les muscles striés associés. Le tégument joue un rôle d'isolant thermique et de barrière contre les agents pathogènes et les parasites. Face aux variations d'origine interne ou externe, les interrelations entre fonctions permettent une réponse de l'organisme. Une boucle de régulation permet le retour à une valeur de consigne d'un paramètre physiologique suite à la détection de ses variations par des récepteurs, au traitement et à l'intégration de l'information conduisant à une réponse coordonnée liée à des effets sur des organes cibles (effecteurs).	- Identifier les principales étapes menant de la perception d'une variation de paramètre physico-chimique du milieu à la mobilité de l'organisme.
Précisions et limites : *Aucune description d'aire sensorielle spécialisée n'est exigible.* *On remobilise le concept de boucle de régulation abordé en spécialité SVT de terminale, à partir d'un seul exemple (régulation de la glycémie, mais sans développer les mécanismes cellulaires et moléculaires).*	
Le fonctionnement de tous les Métazoaires repose sur les mêmes grandes fonctions réalisées par des structures similaires ou non suivant les taxons. Des structures réalisant la même fonction dans deux organismes différents peuvent être homologues ou convergentes. Des convergences marquent l'adaptation des organismes à leur milieu et leur mode de vie.	- Réaliser l'observation morphologique et la dissection : • d'un Vertébré Mammifère Rongeur (la souris) ; • d'un Vertébré Téléostéen ; • d'un Arthropode Hexapode (le criquet) ; • d'un Mollusque Bivalve (la moule). - Utiliser des caractéristiques morphologiques et anatomiques pour déterminer la position systématique de l'animal. - Mettre en lien les structures morphologiques et anatomiques observées sur les Métazoaires disséqués avec les fonctions de relation, nutrition (s.l.) et reproduction. - Comparer l'organisation morphologique et anatomique des différents Métazoaires étudiés. - Identifier des organes homologues ou convergents. - Identifier sur des coupes histologiques et légender sur des clichés de microscopie électronique les principaux tissus des appareils respiratoire, digestif et du tégument. - Formuler des hypothèses concernant les adaptations morpho-anatomiques au milieu de vie.
Précisions et limites : *On se limite aux fonctions dont les structures associées sont observables en travaux pratiques.* *Pour les dissections de Métazoaires citées, seuls sont au programme les appareils suivants :* • *Souris : appareils cardiovasculaire, respiratoire, digestif, uro-génital.* • *Vertébré Téléostéen : appareils digestifs, cardiovasculaire, respiratoire et reproducteur.* • *Arthropode Hexapode : appareils digestif (pièces buccales incluses) et respiratoire (système trachéen).* • *Mollusque Bivalve : appareils respiratoire et reproducteur.*	

À l'échelle microscopique, l'étude de l'adaptation au milieu et au mode de vie est centrée sur l'appareil respiratoire et le tégument. Pour l'appareil digestif, seules les coupes histologiques de l'intestin de Mammifère sont au programme.

Liens :
Organisation fonctionnelle des appareils respiratoires et relation au milieu (SV-B-1)
Organisation fonctionnelle de l'intestin de Mammifère (SV-C-1)
Approvisionnement en matière organique des organismes hétérotrophes (SV-E-1)
Catabolisme des nutriments (SV-E-2)
Brassages génétiques et diversification des génomes (SV-F-4)
Gamétogenèse et fécondation chez les Mammifères (SV-G-3)
Relations structure – fonction des organes de l'appareil cardio-vasculaire (SV-I-1)
Boucle de régulation (pression artérielle) et adaptation à l'exercice physique (SV-I-1)
Modalités des communications intercellulaires (SV-I-2)
Relations interspécifiques dans un écosystème (SV-J-2-2)
Interactions trophiques dans les écosystèmes (SV-J-2-3)
Utilisation de l'arbre phylogénétique des Eucaryotes (SV-K-2-2)

SV-A-2 Regards sur un organisme Angiosperme : une Fabacée (BCPST 1)

Les Fabacées appartiennent au groupe des Embryophytes. Différents organes et tissus participent aux fonctions de nutrition, de relation et de reproduction. Certaines de leurs caractéristiques sont liées au milieu de vie. Les vastes surfaces d'échanges avec l'environnement permettent à la plante de prélever la matière minérale et de convertir l'énergie lumineuse en énergie potentielle chimique nécessaire à la production de matière organique (autotrophie). Les organes « sources » coopèrent avec les organes « puits ».	- Identifier les principaux caractères morphologiques et anatomiques pour positionner une Fabacée au sein d'une classification phylogénétique d'Embryophytes. - À partir d'observations en classe et sur le terrain, distinguer les différents organes de l'appareil végétatif et l'appareil reproducteur d'une Angiosperme. - Mettre en relation l'organisation structurale et fonctionnelle des différents appareils et l'adaptation de l'organisme au milieu aérien. - Caractériser le développement de l'appareil végétatif et de l'appareil reproducteur des Angiospermes au cours du cycle biologique et argumenter le caractère d'organe « source » ou d'organe « puits ». - Construire un schéma fonctionnel synthétique de la plante.
L'organisme est en interactions multiples avec son environnement abiotique et biotique. L'appareil végétatif grandit de façon indéfinie à partir de méristèmes. Les facteurs anisotropes du milieu orientent la croissance de l'appareil végétatif. Les rythmes saisonniers conditionnent les différentes étapes du cycle de reproduction (floraison, pollinisation, fructification, vie ralentie des graines). La plante est impliquée dans différents systèmes de relations intra et interspécifiques. La symbiose Fabacée et bactérie *Rhizobium,* fixatrice d'azote dans les nodosités, augmente la biomasse de la Fabacée.	- Exploiter des résultats expérimentaux montrant le lien entre les anisotropies du milieu et les tropismes dans le cadre du gravitropisme. - Placer sur un cycle de reproduction les paramètres du milieu exerçant une influence et/ou un contrôle prédominant sur une étape de la vie de la plante. - Illustrer les principales relations interspécifiques entre une Angiosperme et des organismes de son milieu.

Précisions et limites :
Le fonctionnement détaillé des méristèmes est vu dans la partie SV-B-3. À ce stade on se limite à localiser les méristèmes. Les mécanismes cellulaires et moléculaires des tropismes ne sont pas exigibles. Les connaissances de terminale sur les plantes à fleur sont remobilisées.

Les végétaux sont des producteurs primaires et constituent des ressources alimentaires à la base des réseaux trophiques. Leur importance dans les agroécosystèmes conduit à la sélection par l'être humain en relation avec la diversification des usages.	- Illustrer différents usages des Fabacées (engrais vert, alimentation).

Liens :
Type trophique de *Rhizobium* (SV-A-3)
Nutrition des Angiospermes en lien avec le milieu (SV-B-2)
Développement de l'appareil végétatif et de l'appareil reproducteur des Angiospermes (SV-B-3)
Organisation fonctionnelle d'une feuille d'Angiosperme (SV-C-1)
Interaction entre un organisme pluricellulaire eucaryote et un microorganisme (SV-C-1)
Approvisionnement en matière organique des organismes autotrophes (SV-E-1)

Devenir de la matière organique (SV-E-2)
Brassages génétiques et diversification des génomes (SV-F-4)
Reproduction sexuée des Embryophytes (SV-G-1)
Relations interspécifiques dans un écosystème (SV-J-2-2)
Utilisation de l'arbre phylogénétique des Eucaryotes (SV-K-2-2)
Différentes formes d'azote et cycle de l'azote (BG-A-2)
Les sols (BG-B)
Activités de terrain

SV-A-3 Regards sur les organismes unicellulaires (BCPST 2)

Les organismes unicellulaires appartiennent à différentes branches de l'arbre du vivant. Leur organisation (procaryote ou eucaryote) recouvre une grande diversité de morphologies et de cytologies. Les organismes unicellulaires assurent l'ensemble des fonctions (nutrition, relation, reproduction) au niveau d'une seule cellule. Les unicellulaires ont des vies libres ou sont regroupés au sein de biofilms dans lesquels ils sont en interactions. Les organismes unicellulaires sont aussi en interactions interspécifiques avec des organismes pluricellulaires. Les types trophiques (photolithotrophie, chimiolithotrophie, chimioorganotrophie) très divers rencontrés chez les unicellulaires sont essentiels au fonctionnement des écosystèmes en particulier pour l'assimilation et le recyclage de la matière. Les variations du milieu extérieur modifient le fonctionnement cellulaire en particulier l'expression génétique des opérons bactériens (ex. : opéron lactose chez *Escherichia coli*).	- Exploiter des arbres phylogénétiques pour discuter : • du caractère ancestral de l'état unicellulaire ; • de l'existence de réversions ; • de la paraphylie des Eucaryotes unicellulaires. - Identifier la diversité des organisations unicellulaires (paroi, compartimentation, polarité, cils ou flagelles, etc.) pour positionner les microorganismes dans un arbre phylogénétique à l'aide de : • préparations microscopiques (colorées ou non) fraîches ou du commerce ; • clichés de microscopie optique et électronique. - Conduire l'analyse macroscopique et microscopique d'un biofilm (Nostoc). - Illustrer la diversité des modes trophiques : autotrophie, hétérotrophie (associée à de la phagotrophie, de l'absorbotrophie, de l'exodigestion) à l'aide des exemples vus en travaux pratiques. - Identifier un type trophique en fonction de l'origine de l'énergie, la nature des donneurs et des accepteurs d'électron. - Expliquer comment le double contrôle de l'opéron lactose constitue une réponse physiologique de la bactérie à la disponibilité des ressources du milieu.

Précisions et limites :
Les organismes étudiés dans cette partie ou d'autres parties du programme sont le support de cette étude sur les unicellulaires : E.coli, Nitrobacter *sp.*, Rhizobium *sp.*, Saccharomyces cerevisiae, *paramécies*, *diatomées*, Chlamydomonas *sp.*, Trypanosoma *sp.*, Plasmodium *sp.*
Colorations utilisables mises en œuvre par les étudiants : Gram, lugol, rouge neutre, vert de méthyle.
Une séance de travaux pratiques est mixte avec le thème portant sur la phylogénie.
Les exemples d'interactions unicellulaires – pluricellulaires sont restreints aux exemples développés dans d'autres parties du programme.
Les études expérimentales qui portent sur l'opéron lactose ne sont pas exigibles.

Liens :
Interactions entre la vache et son microbiote (rumen) (SV-A-1)
Interactions entre une Fabacée et des bactéries symbiotiques du genre *Rhizobium* (SV-A-2 et SV-C-1)
Types trophiques et voies métaboliques associées (SV-E-1 et SV-E-2)
Modalités de l'expression génétique (SV-F-2) et de son contrôle (SV-F-3)
Implication des organismes unicellulaires dans les relations interspécifiques (SV-J-2-2)
Rôle des micro-organismes dans la production et le recyclage de la matière au sein d'un écosystème (SV-J-2-3).
Étude de l'arbre du vivant (SV-K-2-2)
Cycles du carbone et de l'azote : rôle des microorganismes dans le bouclage des cycles du carbone (BG-A-1) et de l'azote (BG-A-2)
Formation (BG-B-1-1) et dynamique (BG-B-1-3) d'un sol
Microorganismes planctoniques (ST-E-2)

SV-B Interactions entre les organismes et leur milieu de vie (BCPST 1 et 2)

L'étude de la respiration chez les Métazoaires et l'étude de la nutrition et du développement post-embryonnaire chez les Angiospermes sont l'occasion de présenter les interactions étroites entre les organismes et leur environnement, biotique et abiotique, et de caractériser des adaptations anatomiques, morphologiques ou physiologiques, observables à différentes échelles.

La fonction de respiration permet d'envisager les échanges gazeux entre l'organisme et son milieu de vie en relation avec les besoins physiologiques. Dans des milieux de vie comparables, on identifie des homologies et des convergences dans l'organisation des différentes structures.

L'analyse du fonctionnement et du développement d'un Angiosperme se construit autour de plusieurs problématiques.

L'organisme fixé, vivant à l'interface entre sol et atmosphère, puise ses ressources dans ces deux environnements assurant ainsi sa nutrition. Des corrélations trophiques et hormonales au sein de l'organisme assurent le fonctionnement intégré du végétal, en relation avec le rythme saisonnier en régions tempérées.

Les spécificités du développement végétatif et reproducteur des Angiospermes, en particulier la plasticité phénotypique, sont également à mettre en relation avec leur mode de vie fixée et l'intégration de signaux environnementaux. Certaines de ces adaptations rendent compte de convergence ou de régression évolutive entre les taxons.

Savoirs visés	**Capacités exigibles**
SV-B-1 La respiration : une fonction en interaction directe avec le milieu (BCPST 1)	
Les échanges respiratoires des Métazoaires sont réalisés au niveau de surfaces d'échange (spécialisées ou non), en lien avec les contraintes du milieu de vie. Les surfaces respiratoires spécialisées sont relativement étendues, fines, et en lien avec des dispositifs de renouvellement des fluides. Les échanges de gaz respiratoires se réalisent par diffusion simple, suivant la loi de Fick. Dans le même milieu, pour des organisations différentes, des convergences fonctionnelles sont liées aux contraintes physico-chimiques du milieu de vie (aquatique ou aérien). La convection externe et la convection interne des fluides maintiennent les différences de pression partielle à travers l'échangeur. L'efficacité de l'extraction de dioxygène varie suivant les milieux et les taxons.	- À partir des dissections de Mammifère (la souris), de Téléostéen, d'Hexapode (le criquet) et de Mollusque Bivalve (la moule) : • dégager les grands traits de l'organisation des surfaces d'échanges respiratoires ; • relier les structures observables avec les modalités de renouvellement des fluides de part et d'autre des surfaces respiratoires observées ; • mettre en relation l'organisation des surfaces observées et les paramètres du milieu ; • repérer les homologies et les convergences dans l'organisation de ces différentes structures. - À partir de l'observation de préparation microscopiques ou de clichés d'histologie : identifier les caractéristiques structurales, à toutes les échelles, qui optimisent les échanges gazeux dans ces structures respiratoires ;
Précisions et limites : *Les séances de TP « organisation fonctionnelle des Métazoaires » permettent d'envisager l'étude pratique de la fonction respiratoire. Les mécanismes de contrôle de la ventilation ne sont pas au programme.*	
L'hémoglobine est une molécule de transport des gaz respiratoires qui est présente dans les hématies de Mammifère. La quantité de transporteurs limite la quantité de dioxygène transportée et l'activité de l'organisme. La modulation de la quantité de gaz échangés passe essentiellement par des variations contrôlées de la convection.	- Relier les propriétés de coopérativité de l'hémoglobine à ses capacités de fixation ou de relargage du dioxygène suivant les conditions locales. - Exploiter la courbe de saturation de l'hémoglobine et la mettre en lien avec les conditions physiologiques régnant dans les poumons et les autres tissus. - Expliquer l'action de différents paramètres sur le relargage tissulaire et la prise en charge pulmonaire du dioxygène par l'hémoglobine : teneur du sang en CO_2, teneur en 2,3 BPG des hématies, pH sanguin et température. Les relier aux conditions physiologiques.
Précisions et limites : *La seule molécule étudiée pour le transport de dioxygène est l'hémoglobine de Mammifère.* *Les mécanismes de l'érythropoïèse et de son contrôle sont hors programme.*	

Liens :
Appareil respiratoire d'un Bovidé (SV-A-1)
Echanges membranaires des gaz respiratoires (SV-C-3)
Conformation d'une protéine et interaction avec son ligand (SV-D-2-4)

SV-B-2 Nutrition des Angiospermes en lien avec le milieu (BCPST 1)

SV-B-2-1 Absorption d'eau et d'ions dans le milieu de vie

La plante prélève la solution du sol par une absorption racinaire sélective d'eau et d'ions minéraux mettant en action des échanges transmembranaires. Cette absorption s'effectue soit directement à partir de la solution du sol par des poils absorbants soit, le plus souvent, grâce au fonctionnement de mycorhizes. Les mycètes impliqués dans ces associations symbiotiques augmentent la surface d'absorption mais assurent aussi une protection physico-chimique contre les agents pathogènes. L'absorption de l'eau suit les différences de potentiel hydrique dans la racine. Il existe des voies de circulation symplasmique et apoplasmique. L'absorption d'eau et d'ions est à l'origine de la sève brute qui circule dans le xylème. La transpiration foliaire et la poussée racinaire constituent deux moteurs complémentaires d'ascension de la sève brute.	- Mettre en lien les caractéristiques cellulaires des poils absorbants avec leur rôle. - Caractériser les différentes modalités des échanges transmembranaires permettant l'absorption de la solution du sol. - Estimer le sens et l'intensité des flux d'eau et d'ions à partir de valeurs de potentiel hydrique et de potentiel électrochimique. - Réaliser ou exploiter des préparations microscopiques (colorées au carmino-vert ou bleu coton-lactique) pour : • identifier les caractéristiques structurales des ecto mycorhizes et endomycorhizes ; • repérer les différents tissus traversés par la solution hydrominérale dans une racine ; • identifier les tissus conducteurs dans des coupes transversales et/ou longitudinales de racine, de tige et de limbe de feuille. - Identifier dans une coupe d'organe végétatif d'Angiosperme les principaux tissus et relier leur structure avec leur fonction.

Précisions et limites :
L'étude anatomique se base sur des coupes transversales de limbe de feuille et des coupes transversales et longitudinales de tiges et racines.
La reconnaissance des tissus sur les coupes microscopiques colorées au carmino-vert concerne : les parenchymes (chlorophyllien et de réserve), le xylème, le phloème, l'épiderme, le rhizoderme, l'endoderme, le sclérenchyme, le collenchyme et les méristèmes.
L'identification des organes et de la position systématique à partir de préparations microscopiques s'appuie sur une clef de détermination simple.
Seul le fonctionnement général d'une mycorhize est à connaître, aucun mécanisme moléculaire n'est exigible. Pour les endomycorhizes, on se limite à l'observation des structures arbusculaires.
L'étude anatomique se poursuit en BCPST 2 lors de séances portant sur le développement et les adaptations au milieu de vie.

SV-B-2-2 Échanges gazeux avec le milieu de vie

Les stomates permettent un flux d'eau par transpiration, qui met en mouvement la sève brute dans le xylème, ainsi que les échanges de CO_2 et O_2 entre l'atmosphère externe et l'atmosphère interne du végétal. L'ouverture des stomates est contrôlée par différents facteurs du milieu : elle joue à la fois sur l'équilibre hydrique du végétal et sur son métabolisme.	- Réaliser ou exploiter des préparations microscopiques de limbe de feuille pour : • identifier les espaces de circulation des gaz (stomates, chambres sous-stomatiques et méats/lacunes) ; • relier la localisation et la répartition des stomates avec l'orientation de la feuille. - Expliquer le lien entre l'ouverture des stomates et la montée de la sève brute.

Précisions et limites :
On mentionne l'existence d'un relai hormonal dans le contrôle de l'ouverture/fermeture des stomates (acide abscissique, ABA). Cependant les mécanismes moléculaires du contrôle de l'ouverture des stomates sont hors programme.

SV-B-2-3 Distribution des assimilats photosynthétiques au sein du végétal

Les photosynthétats produits dans les organes sources sont distribués dans les organes puits via la sève élaborée.	- Réaliser ou exploiter des préparations microscopiques de limbe de feuille (colorées au carmino-vert) pour :

Les organes de réserve sont des organes puits/sources qui accumulent la matière organique. Les réserves sont accumulées/mobilisées avec une périodicité variable, quotidienne et/ou saisonnière. Au sein des nodosités développées dans l'appareil racinaire de Fabacée, des bactéries symbiotiques utilisant les assimilats de la plante sont capables d'utiliser le diazote et de le réduire en ammonium. Les cellules racinaires contenant les bactéroïdes produisent des molécules organiques azotées exportées dans le xylème. La formation de nodosités dépend de la fertilité du sol.	• identifier le phloème dans des coupes transversales et/ou longitudinales de racine, de tige et de limbe de feuille ; • identifier les structures de réserve d'un organe végétatif au choix à l'échelle de l'organe, de la cellule, des molécules ; • mettre en évidence des réserves amylacées ; - En prenant appui sur des coupes de nodosité, présenter l'organisation fonctionnelle de celle-ci. - Exploiter des données expérimentales afin d'identifier des mécanismes de contrôle de développement de nodosités suivant les teneurs en nitrates et ammonium dans le sol.
Précisions et limites : *Les mécanismes de charge du phloème sont hors programme. Les mécanismes de couplage entre la circulation de la sève brute et de la sève élaborée sont hors programme. Les tissus secondaires des organes de réserve sont juste cités dans cette partie avant d'être décrits plus précisément en BCPST 2.*	
Liens : Organisation générale fonctionnelle d'une Fabacée (SV-A-2) Organisation fonctionnelle de Rhizobium (SV-A-3) Organisation fonctionnelle d'une feuille d'Angiosperme (SV-C-1) Interaction entre un organisme pluricellulaire eucaryote et un microorganisme (SV-C-1) Transferts transmembranaires de l'eau et des solutés (SV-C-3) Propriétés de l'eau (SV-D-1) Oses, saccharose et polyosides (SV-D-2-2) Approvisionnement en matière organique des organismes autotrophes (SV-E-1) Devenir de la matière organique (SV-E-2) Relations interspécifiques dans un écosystème (SV-J-2-2) Solution du sol (BG-B-1) Cycles biogéochimiques de l'azote et du carbone (BG-A-1 et BG-A-2) Activités de terrain	
SV-B-3 Le développement post-embryonnaire des Angiospermes : adaptations et plasticité phénotypique (BCPST 2)	
SV-B-3-1 Développement végétatif à l'interface sol/air	
Les zones apicales comprennent des zones de division (mérèse) et de croissance cellulaire (auxèse). Elles contribuent à édifier l'axe racine-tige feuillée. Le méristème apical caulinaire est organogène et histogène. Son fonctionnement cyclique et itératif assure une croissance indéfinie de l'axe aérien. L'axe aérien est ainsi formé par une succession de phytomères. Le méristème apical caulinaire détermine aussi la position des différents organes aériens. Les cellules issues de la zone méristématique subissent généralement une croissance importante : l'auxèse. Cette dernière est contrôlée par l'auxine, une phytohormone. Elle provoque l'augmentation de la plasticité pariétale par acidification et l'accroissement du volume cellulaire par osmose. Dans un second temps, l'auxine contrôle la mise en place de nouveaux composants pariétaux. Les voies de différenciation cellulaire génèrent une diversité de tissus en affectant le contenu cytoplasmique et la structure pariétale des cellules. Les méristèmes secondaires se forment au sein des structures primaires.	- Identifier les zones de croissance apicales d'une Angiosperme à l'échelle de l'organisme, des organes et des tissus. - Relier le fonctionnement du méristème apical caulinaire, avec le développement indéfini de la tige feuillée. - Estimer sur un rameau le nombre d'unités de végétation. - Exploiter des données expérimentales montrant le mode d'action à l'échelle cellulaire de l'auxine. - Comparer une cellule méristématique et une cellule différenciée (élément conducteur de xylème). - Réaliser des coupes transversales colorées de tiges et de racines avec des structures secondaires et identifier les différents tissus secondaires (bois, liber, suber, phelloderme).

Le cambium produit des tissus secondaires (bois et liber) épaississant l'organe dans lequel ils se développent.	
Précisions et limites : *Aucune donnée sur le contrôle du fonctionnement du méristème apical caulinaire n'est exigible.* *La voie de transduction de l'auxine et les mécanismes moléculaires de son transport ne sont pas au programme.* *Aucun mécanisme de différenciation cellulaire n'est étudié. On se limite à constater la diversité des cellules observables sur une coupe anatomique.*	
SV-B-3-2 Développement de l'appareil reproducteur	
Le développement reproductif met en place la fleur par transition du méristème apical caulinaire en méristème reproducteur, inflorescentiel ou floral. Le développement floral est notamment contrôlé par des gènes impliqués dans des activations en cascade. L'identité des organes floraux est déterminée par la combinaison d'expression de gènes homéotiques (modèle ABCDE).	- Exploiter des données afin de déterminer le caractère homéotique de certains gènes contrôlant l'identité des organes floraux.
Précisions et limites : *Seul le modèle ABCDE chez* Arabidopsis thaliana *est présenté. La nomenclature des gènes impliqués n'est pas exigible.*	
SV-B-3-3 Adaptations et plasticité phénotypique	
Les Angiospermes présentent des caractéristiques adaptatives en relation avec leur vie fixée en milieu terrestre. Certaines de ces adaptations témoignent de convergences évolutives entre taxons phylogénétiquement éloignés ou de régression évolutive. D'autres variations morphologiques, anatomiques et physiologiques au sein d'une même espèce sont sous la dépendance de facteurs du milieu au cours de leur développement. On parle d'accommodation. Des facteurs abiotiques tels que les variations météorologiques au cours d'une année et entre les années influencent le développement végétatif (exemple de la production saisonnière du bois) et/ou reproducteur (exemple de la floraison). Des facteurs biotiques tels que des bactéries ou des mycètes influent sur le développement de la plante (formation de nodosités ou de mycorhizes), et participent à la nutrition d'un organisme à vie fixée. Un dialogue moléculaire entre la plante et un autre organisme permet la formation d'une structure chimérique impliquée dans la nutrition.	- Mettre en relation les modifications morpho-anatomiques observées sur des végétaux vivant en milieu sec (sclérophytes et malacophytes) ou aquatique avec les contraintes spécifiques liées aux conditions de milieu. - Discuter, à partir d'exemples, des convergences ou des régressions évolutives liées à des caractéristiques morpho-anatomiques. - Différencier adaptation et accommodation à partir d'exemples et leur mécanisme d'origine. - Mettre en relation le développement indéfini de l'appareil végétatif des Angiospermes avec un mécanisme d'accommodation : exemple des feuilles d'ombre et de lumière - Identifier le bois de printemps et le bois d'été formant les cernes du bois à l'échelle macroscopique et/ou microscopique - Exploiter des données pour montrer l'influence de la température (vernalisation) et de la lumière (photopériodisme) sur l'induction florale. - Présenter un modèle de contrôle épigénétique impliquant le gène FLC reliant les facteurs abiotiques et la floraison (organes percepteurs, relais hormonaux, gènes impliqués).
Précisions et limites : *L'existence d'hormones intervenant dans la floraison est simplement mentionnée sans aucune modalité d'action exigible. Aucun développement des mécanismes moléculaires de formation des mycorhizes et des nodosités n'est attendu.*	
Liens : Développement végétatif et cycle de reproduction en milieu aérien ; interactions d'une plante avec son environnement abiotique (tropismes) et biotique (nodosité, mycorhize) (SV-A-2) Organisation anatomique et histologique des organes végétatifs (SV-B-2) Spécialisation des matrices extracellulaires (SV-C-1) Cycle cellulaire, mitose (SV-F-1-2) Organisation structurale d'un facteur de transcription, contrôle épigénétique du gène *FLC* (SV-F-3) Organisation et fonction de la fleur (SV-G-1) Modalités du développement animal, caractéristiques des gènes homéotiques (SV-H)	

Modalités d'action des hormones chez les Métazoaires(SV-I-2)
Notion d'adaptation (SV-K-1) et notion de convergences et de régressions évolutives (SV-K-2)
Adaptation au changement climatique (BG-C-3-3)

SV-C La cellule dans son environnement (BCPST 1)

La cellule est l'unité structurale et fonctionnelle du vivant. L'objectif est de présenter les grands traits de l'organisation d'une cellule (membranes, compartiments cellulaires, cytosquelette) et de la matrice extracellulaire qui l'entoure, en envisageant leurs aspects dynamiques afin de faire émerger les grandes lignes de leur fonctionnement. L'organisation fonctionnelle des cellules est abordée avec un nombre limité d'exemples, préférentiellement l'entérocyte de Mammifères, la cellule du parenchyme palissadique d'une Angiosperme et une bactérie Gram - (*E. coli*, *Rhizobium sp*.). L'objectif n'est pas de réaliser une monographie à partir de chaque exemple proposé mais de les utiliser comme support pour illustrer le concept de cellule tout en montrant une diversité d'organisation et de fonctionnement, sans toutefois chercher l'exhaustivité des particularités de chaque type cellulaire.
Cette vision d'ensemble est complétée par les autres parties concernant le métabolisme énergétique (SV-E) et la génomique structurale et fonctionnelle (SV-F). Ces trois parties s'appuient sur les fondamentaux abordés dans la partie sur les biomolécules (SV-D). *In fine*, cet ensemble offre une vision intégrée de l'organisation fonctionnelle de la cellule dans son « milieu », qu'il s'agisse d'un organisme unicellulaire ou pluricellulaire.

Savoirs visés	**Capacités exigibles**
SV-C-1 Les cellules au sein d'un organisme	
L'état pluricellulaire peut être décrit à différentes échelles : tissu, organe, appareil et individu. Différentes techniques de microscopie (optique, à épifluorescence et électronique -MEB et MET-) permettent d'étudier l'organisation des cellules et des tissus.	- Illustrer les différentes échelles en utilisant l'entérocyte et la cellule du parenchyme palissadique. - Comparer les techniques de microscopie (types d'objets observés, taille des structures observées, domaines d'application). - Évaluer les dimensions d'une structure observée à partir de la connaissance de l'ordre de grandeur de quelques objets biologiques courants (divers types cellulaires). - Exploiter une coupe d'intestin de Mammifère et une coupe transversale de feuille d'Angiosperme pour identifier les principaux types de tissus et préciser les relations structure-fonction.
Précisions et limites : *Les principes généraux et les objectifs des différentes techniques de microscopie sont à connaître. Le détail du traitement des échantillons pour la microscopie n'est pas à mémoriser.* *La technique de microscopie confocale et ses dérivés ne sont pas à connaître.* *Les ordres de grandeur à connaître se limitent aux types cellulaires étudiés dans les différentes parties du programme.*	
Les jonctions et les interactions cellule-matrice assurent la cohésion et participent à la communication entre cellules animales. Pour les Angiospermes, ces fonctions sont assurées par la paroi et les plasmodesmes. Les matrices extracellulaires présentent une structure en réseau dont l'organisation et la composition varient en fonction des organismes et des tissus. Les matrices extracellulaires peuvent être rigidifiées notamment par une imprégnation de lignine ou de substances minérales.	- Identifier les principaux types de jonctions intercellulaires sur des clichés de microscopie électronique. - Schématiser l'organisation moléculaire en réseau des matrices extracellulaires animales d'un tissu conjonctif et d'un tissu épithélial et celle d'une paroi pectocellulosique.

Précisions et limites : *On limite les matrices extracellulaires animales au cas des Mammifères et les matrices extracellulaires végétales à la paroi (primaire et secondaire) des Angiospermes. Pour les processus de synthèse des constituants des matrices extracellulaires, on se limite à l'exemple de la cellulose de la paroi végétale.*	
Certaines cellules d'un organisme pluricellulaire eucaryote interagissent (échanges de matière et d'information) avec d'autres organismes.	- Identifier les partenaires d'une association interspécifique impliquant des microorganismes par observation microscopique (microbiote intestinal, nodosité).
Précisions et limites : *On se limite à l'exemple du contact entre* E. coli *et l'épithélium intestinal et au cas des microorganismes de la rhizosphère (*Rhizobium*).*	
Liens : Vue d'ensemble sur un organisme animal et végétal et sur les organismes unicellulaires (SV-A) Diversité des tissus des Métazoaires et des Angiospermes (SV-B et SV-H) Organisation du cytosquelette (SV-C-2) Polyosides, protéines (SV-D-2) Modalités de la communication intercellulaire (SV-I) Les sols (BG-B)	
SV-C-2 Organisation fonctionnelle de la cellule	
La cellule eucaryote est compartimentée, ce qui entraîne une régionalisation des fonctions et une coopération des compartiments dans le fonctionnement cellulaire. Le support de l'information génétique est présent dans plusieurs compartiments cellulaires.	- Discuter des intérêts et contraintes de la compartimentation dans le fonctionnement cellulaire. - Illustrer la diversité structurale et fonctionnelle des compartiments sur l'exemple de l'entérocyte et de la cellule du parenchyme palissadique. - Évaluer les dimensions d'une structure observée à partir de la connaissance de l'ordre de grandeur de quelques objets biologiques courants (membranes, organites...). - À l'aide de différentes techniques microscopiques, reconnaître les ultrastructures cellulaires eucaryotes : noyau, membranes, mitochondrie, chloroplaste, réticulum endoplasmique, appareil de Golgi, lysosome, vésicules de sécrétion, eu/hétérochromatine, nucléole. - Réaliser des colorations afin de mettre en évidence différentes structures cellulaires au microscope optique.
La cellule bactérienne contient un chromosome unique circulaire et éventuellement des plasmides. Elle est délimitée par une ou deux membranes et une paroi de peptidoglycanes. Son cytoplasme est souvent peu compartimenté.	- Schématiser l'ultrastructure d'une bactérie. - À l'aide de techniques de microscopie, reconnaître les principales caractéristiques ultrastructurales d'une bactérie. - Réaliser une coloration de Gram afin d'identifier la nature Gram + ou Gram – d'une bactérie.
Précisions et limites : *Les colorations usuelles réalisées en BCPST sont : coloration de Gram, carmino-vert de mirande, rouge neutre, bleu coton lactique, vert de méthyle, pyronine, lugol. Le principe de la coloration est connu mais le protocole n'est pas à mémoriser.* Pour les peptidoglycanes, le détail des monomères est hors programme.	
Les cellules possèdent un squelette interne dynamique : le cytosquelette. Chez les cellules eucaryotes, il est constitué de trois catégories de structures protéiques fibrillaires : les microfilaments d'actine, les microtubules de tubuline et les filaments intermédiaires. Le cytosquelette des bactéries présente des protéines homologues à celui des cellules eucaryotes.	- Illustrer les rôles du cytosquelette sur l'exemple de l'entérocyte et de la cellule du parenchyme palissadique (par exemple : association aux jonctions, structuration de l'enveloppe nucléaire, structuration des microvillosités, flux vésiculaires, cyclose des chloroplastes).

Précisions et limites : *Seul le cytosquelette d'une cellule eucaryote est présenté avec le détail des structures moléculaires.*	
Les cellules sont traversées par des flux de matière, d'énergie et d'information. Chez les Eucaryotes, une partie de ces flux transite par la membrane plasmique ou les systèmes endomembranaires. Ceci met en évidence la coopération fonctionnelle entre les compartiments.	- Argumenter l'existence de trois types de flux à l'aide des exemples de l'entérocyte, de la cellule du parenchyme palissadique et de *E. coli*. - Illustrer la coopération fonctionnelle entre les compartiments.
Précisions et limites : *On mentionne les différents flux, les modalités précises sont développées dans la partie SV-C-3.*	
Liens : Organisation morphologique et cytologique des organismes unicellulaires et contrôle de l'expression génétique des bactéries (SV-A-3) Organisation des jonctions intercellulaires (SV-C-1) Flux vésiculaires (SV-C-3) Divisions cellulaires (SV-F-1-2) Cytosquelette et croissance du tube pollinique (SV-G-1) Organisation fonctionnelle du cytosquelette du spermatozoïde (SV-G-3) Migration cellulaire au cours du développement animal (SV-H) Organisation fonctionnelle d'un neurone (SV-I-2)	
SV-C-3 Membranes et échanges membranaires	
Les propriétés de fluidité, de perméabilité sélective, de spécificité reposent sur l'organisation de la membrane. Les membranes cellulaires sont des associations non covalentes de protéines et de lipides, parfois glycosylés, assemblés en bicouches. L'eau, les solutés neutres ou chargés et les gaz dissous peuvent traverser les membranes. La perméabilité de la membrane vis-à-vis d'une substance chimique dépend de ses propriétés physico-chimiques et de celles de la substance considérée. Ces échanges transmembranaires sont régis par les différences de potentiel électro-chimique. Les flux de solutés s'effectuent dans le sens des potentiels électro-chimique décroissants par transport passif simple ou facilité ou dans le sens inverse par transport actif primaire ou secondaire (couplages énergétiques). Les flux transmembranaires sont une fonction linéaire (diffusion simple) ou une fonction présentant un plateau de saturation (échange assisté par un transporteur) de la concentration en molécule transportée. Des flux transmembranaires d'ions sont à l'origine d'un potentiel électrique appelé potentiel de membrane.	- Relier la fluidité membranaire à la composition de la membrane. - Relier la perméabilité membranaire à la composition de la membrane. - Exploiter la notion de potentiel électrochimique pour déterminer le caractère spontané ou non d'un échange. - Exploiter la relation de Nernst pour déterminer le potentiel d'équilibre d'un ion. - Exploiter la loi de Fick pour expliquer les caractéristiques cinétiques de certains échanges transmembranaires. - Exploiter la notion de potentiel hydrique pour déterminer le sens des flux d'eau. - Relier les caractéristiques des protéines membranaires (canal, transporteur) aux modalités d'échange. - Relier les échanges présentés à leurs fonctions biologiques. - Relier l'inégale répartition des ions et les flux transmembranaires à l'existence d'un potentiel de membrane.
Précisions et limites : *Les échanges sont étudiés sur l'exemple de l'entérocyte (exemples préconisés : canal ionique, transporteur GLUT, Na^+/K^+ ATPase, symport Na^+/glucose de type SGLT, aquaporine). L'existence de protéines membranaires chez une cellule bactérienne est mentionnée. Pour les cellules végétales, on s'appuie sur l'étude des échanges transmembranaires impliqués dans l'absorption racinaire (SV-B-2-1). Le potentiel de membrane est étudié à partir d'une cellule non excitable, les cellules excitables sont abordées dans la partie communication (SV-I-2).*	

Des transferts de matière entre les compartiments et avec le milieu extracellulaire (endocytose et exocytose) sont réalisés par l'intermédiaire de vésicules. Le bourgeonnement et la fusion des vésicules reposent sur les propriétés des membranes et l'implication des protéines. Le transport et le guidage des vésicules mettent en jeu le cytosquelette.	- Relier les échanges présentés à leurs fonctions biologiques

Précisions et limites :
On ne détaille pas la diversité des protéines associées aux mécanismes d'endo et d'exocytose.

Liens :
Echanges membranaires et nutrition des organismes unicellulaires (SV-A-3) et des Angiospermes (SV-B-2)
Auxine et développement de l'appareil végétatif des angiospermes (SV-B-3-1)
Organisation fonctionnelle des lipides et des protéines (SV-D-2)
Interaction protéine-ligand (SV-D-2-4)
Couplages énergétiques (SV-E)
Communication intercellulaire (SV-I-2)

SV-D Organisation fonctionnelle des molécules du vivant (BCPST 1)

La structure et le fonctionnement des cellules reposent sur les propriétés des nombreuses molécules qui les constituent. Cette partie met en exergue la structure et les propriétés physico-chimiques des principales biomolécules et ne prend son sens que si ces propriétés sont mises en relation avec les fonctions biologiques des molécules envisagées.
Afin d'éviter que la mémorisation ne prenne le pas sur la compréhension des relations structure-propriétés-fonctions, un formulaire regroupant les principales biomolécules sera fourni aux étudiants lors des situations d'évaluation lorsque cela est nécessaire. Son contenu est précisé en fin de chaque sous-partie.
Cette partie gagnera à être construite en interaction avec le professeur de physique-chimie (Cf. Thème 4 : constitution et transformations de la matière) et prendra préférentiellement place au second semestre de BCPST 1 afin de s'appuyer sur les acquis de chimie organique.

Savoirs visés	**Capacités exigibles**
SV-D-1 Les constituants du vivant	
Les constituants du vivant sont minéraux et organiques. L'eau est la substance la plus abondante des organismes. La molécule d'eau est un dipôle électrique. L'eau est un solvant polaire. L'eau est un fluide incompressible, de capacité thermique élevée avec des propriétés de cohésion. Les molécules biologiques portent des fonctions variées qui déterminent leurs propriétés physico-chimiques. Les atomes peuvent être liés par une liaison « forte » de type liaison covalente, liaison de coordinence ou par des interactions faibles (liaison hydrogène, interaction ionique, interaction de Van der Waals). Les liaisons covalentes ont une distance courte et une énergie de liaison élevée, et inversement pour les interactions faibles, d'où leur stabilité relative.	- Identifier la nature minérale ou organique d'une molécule. - Relier les propriétés de la molécule d'eau à ses fonctions biologiques - Relier les caractéristiques d'une molécule (nature, taille...) à ses propriétés (hydrophilie, solubilité, ionisation), sa réactivité (réactions acido-basiques, d'estérification, de phosphorylation, d'oxydoréduction, équilibre céto-énolique) et in fine sa stabilité, ses fonctions. - Repérer les liaisons possibles au sein d'une molécule ou entre molécules, selon les fonctions chimiques qu'elles contiennent.

Précisions et limites :
On se limite à la description des fonctions alkyl, alcool, aldéhyde, cétone, acide carboxylique, amine, amide, ester, thiol, phosphoryle.
Les mises en relation entre taille, nature chimique et propriétés des molécules peuvent être abordées au fur et à mesure de la présentation des grandes familles de molécules organiques.
L'effet hydrophobe sera vu comme un type particulier d'interaction de Van der Waals.

Liens :
Nutrition des Angiospermes et turgescence-plasmolyse (SV-B-2 et SV- B-3)
Grandes familles biochimiques (SV-D-2)
Métabolisme cellulaire (SV-E)
Circulation sanguine (SV-I-1)
Physique-chimie : constitution et transformations de la matière (4)

SV-D-2 Les grandes familles biochimiques

SV-D-2-1 Lipides

Les lipides forment un ensemble hétérogène de molécules organiques à caractère hydrophobe et de faible masse moléculaire. Les acides gras constitutifs des lipides membranaires et des triglycérides peuvent être saturés ou insaturés. Des lipides amphiphiles (phospholipide, glycolipide, cholestérol) forment les bicouches lipidiques constitutives des membranes. Les triglycérides sont des molécules de réserve. Ils sont stockés sous forme de gouttelettes dans le cytoplasme des cellules de différents tissus (tissu adipeux des Métazoaires, tissus de réserve des graines oléagineuses des Angiospermes). Des dérivés du cholestérol sont des molécules informationnelles (hormones stéroïdes).	- Exploiter la formule chimique d'un acide gras pour identifier son caractère hydrophobe, saturé ou insaturé. - Représenter un triglycéride et un phospholipide, les formules des constituants de base étant fournies. - Décrire et reconnaître les groupements hydrophobes et hydrophiles d'un phospholipide, d'un glycolipide et du cholestérol.

Précisions et limites :
Les représentations attendues permettent seulement de montrer l'organisation fonctionnelle des lipides présentés. Pour les raisonnements, un formulaire regroupant les formules des principaux constituants (acide gras saturé, acide gras insaturé, glycérol, choline, sérine, éthanolamine, cholestérol) est fourni aux étudiants. Pour les hormones stéroïdes, on se limite aux seules hormones sexuelles connues des élèves depuis le lycée. Les cérides, les sphingolipides et les terpénoïdes ne sont pas attendus.

Liens :
Organisation fonctionnelle de la membrane plasmique (SV-C-3)
Catabolisme oxydatif des acides gras (SV-E-2)
Membrane et réception de messagers chimiques (SV-I-2)
Physique-chimie (4.1.3)

SV-D-2-2 Oses et polyosides

Les oses sont des polyalcools, possédant un groupement carbonyle qui est soit une fonction aldéhyde (aldose), soit une fonction cétone (cétose). Les pentoses et les hexoses forment des cycles. Cette cyclisation est à l'origine de stéréoisomères α et β. Les oses peuvent s'associer par liaison osidique. Les macromolécules glucidiques sont des polymères d'oses ou de leurs dérivés, le plus souvent monotones. Selon leur taille, leur solubilité, leur activité osmotique et leur structure tridimensionnelle, elles forment de	- Représenter le glucose, une liaison osidique et ses conséquences fonctionnelles (notamment dans le cas du saccharose). - Relier l'organisation en polymère, la structure tridimensionnelle et les propriétés physico-chimiques des macromolécules glucidiques à leurs fonctions de structure ou de réserve.

grands édifices à rôle de réserve (amidon et glycogène) ou de structure (cellulose, chitine, pectines et GAG). Elles peuvent s'associer à d'autres molécules organiques.	

Précisions et limites :
Les représentations utilisées permettent de montrer l'organisation fonctionnelle des glucides présentés.
La construction des notions s'appuie sur les molécules suivantes : glycéraldéhyde, dihydroxyacétone, fructose, ribose, galactose, désoxyribose.
Pour les raisonnements, un formulaire regroupant les formules des principaux constituants (fructose, saccharose, ribose, désoxyribose sous leur forme cyclique, amidon, glycogène, cellulose, chitine, pectines et GAG) est fourni aux étudiants.

Liens :
Les macromolécules glucidiques des matrices extracellulaires (SV-C-1)
Les grandes voies de biosynthèse et le catabolisme oxydatif des glucides (SV-E-1 et SV-E-2)
Stockage et déstockage des molécules de réserves (SV-B-2-3 ; SV-E-2 ; SV-G-1 ; SV-G-2)

SV-D-2-3 Nucléotides et acides nucléiques

Les nucléotides sont constitués d'une base azotée (purique ou pyrimidique) et d'un pentose (ribose ou désoxyribose) phosphorylé une, deux ou trois fois. Les nucléotides triphosphates sont impliqués dans les transferts d'énergie. Le principal est l'ATP. Son hydrolyse exergonique peut être couplée à différents processus endergoniques. Les nucléotides et leurs dérivés forment des molécules de petite taille solubles et mobiles ou susceptibles de s'associer à des protéines. Ces nucléotides assurent différentes fonctions : transfert, coenzyme d'oxydoréduction ou second messager. Les acides nucléiques sont des polymères séquencés de nucléotides. Vecteurs d'information, ils peuvent interagir avec des protéines.	- Représenter un nucléotide, les formules des constituants de base étant fournies. - Représenter l'ATP, les formules des constituants de base étant fournies. - Expliquer en quoi l'hydrolyse de l'ATP est exergonique. - Représenter schématiquement la structure primaire d'un acide nucléique. - Représenter schématiquement la structure tridimensionnelle de l'ADN-B - Représenter schématiquement la structure d'un ARNt. - Relier leurs structures et leurs propriétés à leurs rôles dans la conservation et l'expression de l'information génétique.

Précisions et limites :
On présente la diversité des molécules dérivées de nucléotides en lien avec leurs fonctions (transfert de groupes phosphates, coenzymes d'oxydoréduction, coenzyme de transfert de groupes acétyle et acyl (coenzyme A), second messager).
Pour les raisonnements, un formulaire avec les formules des bases azotées (adénine, guanine, cytosine, uracile, thymine, coenzyme A) ainsi que du NAD^+ est fourni aux étudiants.

Liens :
Production d'ATP lors du catabolisme (SV-E-2)
Grandes voies de l'anabolisme (SV-E-2)
Organisation des génomes (SV-F-1)
Expression des génomes (SV-F-2)
Communication-intégration d'une fonction (SV-I)

SV-D-2-4 Acides aminés et protéines

Les acides alpha-aminés possèdent une fonction acide carboxylique, une fonction amine et un radical de nature variable, reliés à un même carbone alpha. Leur état d'ionisation dépend du pH de la solution. Les protéines sont des polymères d'acides aminés. La liaison peptidique unit deux acides aminés selon une géométrie qui conditionne les structures d'ordre supérieur.	- Regrouper les acides aminés selon leur radical et leurs principales propriétés associées. - Interpréter un profil d'hydropathie - Réaliser une électrophorèse de protéines en conditions natives - Exploiter les résultats d'une électrophorèse en conditions natives ou dénaturantes.

Les propriétés physico-chimiques de la liaison peptidique et des radicaux des acides aminés permettent aux protéines d'acquérir une structure tridimensionnelle secondaire, tertiaire et quaternaire. La structure d'une protéine peut être étudiée par des méthodes physico-chimiques.	- Exploiter des données structurales relatives à une protéine pour faire le lien avec sa fonction.
Précisions et limites : *Pour les raisonnements, un formulaire avec les formules des radicaux des acides aminés est fourni aux étudiants.* *Pour la structure secondaire, on se limite aux hélices α et feuillets β.* *Les principes généraux et les objectifs des différentes techniques évoquées sont à connaître. Mais, dans toute cette partie, les protocoles des méthodes ne sont pas à mémoriser. La mise en œuvre pratique n'est exigible que pour l'électrophorèse.*	
La fonction d'une protéine dépend de son affinité et de sa spécificité pour un ligand au niveau d'un site d'interaction. L'affinité et la spécificité d'un site d'interaction sont liées à sa structure tridimensionnelle et à la nature des acides aminés constitutifs. La séquence en acides aminés et la structure tridimensionnelle des protéines peuvent leur conférer des propriétés mécaniques. Les macromolécules protéiques sont des structures dynamiques du fait de la labilité des interactions faibles, ce qui participe à leur fonction. La coopérativité est permise par les changements conformationnels des protéines (allostérie). Certaines protéines peuvent subir des modifications post-traductionnelles (glycosylation, phosphorylation). Les connaissances sur l'affinité et la spécificité des interactions protéine-ligand ont permis de mettre au point des techniques de purification et d'en d'évaluer l'efficacité. D'autres approches expérimentales permettent de déterminer la localisation et la fonction d'une protéine.	- Illustrer les notions d'affinité et de spécificité sur un exemple. - Relier la structure fibrillaire de certaines protéines vues par ailleurs dans le programme (protéines du cytosquelette, collagène) à leurs propriétés mécaniques - Analyser des résultats expérimentaux utilisant des techniques d'extraction et de purification de protéines comme la chromatographie d'affinité. - Analyser des données expérimentales sur les interactions entre une protéine et un ligand. - Exploiter des données de modélisation moléculaire. - Analyser et interpréter des résultats expérimentaux utilisant les techniques de western blot ou d'immunomarquage, de mutagenèse et de transgenèse.
Précisions et limites : *Les propriétés d'affinité et de spécificité sont étudiées sur un exemple de protéine, abordé par ailleurs dans le programme.* *Seuls les principes généraux et les objectifs des différentes techniques évoquées sont à connaître.* *Pour les modifications post-traductionnelles, on se limite à la glycosylation des glycoprotéines et à la phosphorylation dans le contrôle de l'activité enzymatique. Le détail des radicaux phosphorylés ou glycosylés ainsi que la distinction O-glycosylation / N-glycosylation ne sont pas au programme.*	
Liens : Hémoglobine (SV-B-1) Protéines du cytosquelette et de la matrice extracellulaire (SV-C-1 ; SV-C-2) Protéines membranaires (SV-C-3) Enzymes (SV-E-3) Protéines et organisation, expression du génome (SV-F) Protéines du développement embryonnaire (SV-H-2 ; SV-H-3) Protéines impliquées dans la communication cellulaire (SV-I) Physique-Chimie : méthodes d'étude des molécules (RMN)	
Formulaire fourni aux étudiants : La liste des molécules à faire figurer dans le formulaire est indiquée dans les précisions et limites de chaque famille de molécules. Leurs formules ne sont pas à mémoriser. En revanche, l'argumentation de leurs principales fonctions, de leur réactivité, et des liaisons qu'elles peuvent former est attendue.	

SV-E Le métabolisme cellulaire (BCPST 1)

La présentation des différentes voies métaboliques est l'occasion de faire ressortir trois formes d'énergie privilégiées dans la cellule, à savoir l'énergie d'hydrolyse de l'ATP, l'énergie des réactions d'oxydo-réduction et l'énergie des différences de potentiels électrochimiques transmembranaires.
Elle permet d'aborder deux modes de production d'ATP, par transphosphorylation ou par conversion énergétique d'une différence de potentiel électrochimique de protons au niveau des membranes.
L'étude des chaînes de transport d'électrons associées à ces voies montre qu'elles reposent sur des réactions d'oxydo-réduction en chaîne, utilisent ou créent du pouvoir réducteur et génèrent un gradient électrochimique de protons (à l'origine de la synthèse d'ATP).
Enfin, la mise en évidence de la diversité des sources de matière et d'énergie des cellules permet de distinguer différents types trophiques remobilisés par ailleurs dans le programme (en écologie et dans l'étude des cycles biogéochimiques et du fonctionnement des sols)

Savoirs visés	**Capacités exigibles**
SV-E-1 L'approvisionnement en matière organique	
L'approvisionnement des cellules en matière organique se fait, soit par prélèvement direct dans l'environnement (hétérotrophes), soit par prélèvement puis réduction de matière minérale (autotrophes). Les cellules autotrophes synthétisent de la matière organique par réduction de matière minérale. Au cours du cycle de Calvin, le carbone du CO_2 est réduit en matière organique grâce aux produits de la phase photochimique. L'hydrolyse de l'ATP fournit l'énergie nécessaire au fonctionnement du cycle et la régénération du ribulose 1,5 bisphosphate (RuBP). La RubisCO est une enzyme clef permettant l'incorporation du CO_2. Dans le cas de la cellule végétale chlorophyllienne, l'énergie utilisée dans le cycle de Calvin provient de la conversion de l'énergie lumineuse (phototrophie). Les électrons nécessaires à la réduction proviennent d'une molécule minérale, l'eau (lithotrophie). La membrane des thylakoïdes contient des photosystèmes qui font partie d'une chaîne de transport d'électrons convertissant l'énergie lumineuse en énergie potentielle chimique. L'ATP est synthétisée par couplage osmochimique grâce à l'ATP synthase. La RubisCO est une enzyme oligomérique michaelienne à activité carboxylase (cycle de Calvin) et oxygénase (photorespiration).	- Construire un bilan de matière et d'énergie du cycle de Calvin - Schématiser l'organisation fonctionnelle de la chaîne photosynthétique. - Expliquer le modèle de la chaîne photosynthétique en utilisant les variations de potentiel d'oxydoréduction (ΔE') et d'enthalpie libre de réaction (ΔrG'). - Relier le principe de la conversion d'énergie aux caractéristiques de l'ATP-synthase.
Précisions et limites : *Seule l'autotrophie au carbone est à traiter. On se limite aux plastes des Chlorophytes.* *Le fonctionnement des translocateurs de protons de la chaîne photosynthétique n'est pas attendu.* *La liste des transporteurs d'électrons et la structure fine des photosystèmes ne sont pas exigibles.* *Les étapes détaillées de la photorespiration ne sont pas exigibles.* *La photosynthèse C4 est hors-programme.*	
Dans le cas des bactéries nitratantes comme *Nitrobacter*, l'énergie est apportée par conversion d'énergie potentielle chimique (chimiotrophie). Les électrons nécessaires à la réduction proviennent d'une molécule minérale, l'ion nitrite (lithotrophie).	- Schématiser l'organisation fonctionnelle de la chaine de transfert d'électrons d'une bactérie nitratante (*Nitrobacter*). - Expliquer le modèle de la chaîne de transfert des électrons chez les organismes chimiolithotrophes en

	utilisant les variations de potentiel d'oxydoréduction (ΔE') et d'enthalpie libre de réaction (ΔrG'). - Comparer l'organisation fonctionnelle d'un thylakoïde et d'une membrane plasmique de bactérie nitratante.
Les cellules hétérotrophes prélèvent directement la matière organique dans leur environnement. Ce prélèvement implique des échanges transmembranaires que ce soit au niveau des cellules constituant les surfaces d'échange avec le milieu ou au niveau des cellules consommatrices. Au sein d'un organisme pluricellulaire, un fluide circulant assure généralement le transport des molécules entre les différentes cellules.	- Argumenter l'approvisionnement des cellules en matière en organique en prenant l'exemple du glucose chez les Mammifères.
Précisions et limites : *On se limite à l'exemple d'un Mammifère. Aucune connaissance supplémentaire en dehors de celles abordées dans les cours sur les échanges membranaires et sur l'organisme animal n'est exigible.*	
Liens : Métabolisme des organismes unicellulaires (SV-A-3) Fonction de nutrition vache/Fabacée (SV-A et SV-B-2) Echanges transmembranaires de l'entérocyte (SV-C-3) Protéines et interactions avec un ligand (SV-D-2-4) Flux de matière et d'énergie au sein des écosystèmes (SV-J-2) Types trophiques et cycle du carbone et de l'azote (BG-A)	
SV-E-2 Le devenir de la matière organique	
Dans les cellules, aussi bien autotrophes qu'hétérotrophes, la matière organique a trois devenirs : elle peut (1) être stockée ou exportée, (2) servir à la biosynthèse de nouvelles molécules organiques, ou (3) entrer dans les voies cataboliques fournissant son énergie à la cellule. (1) Le stockage de la matière organique permet de constituer des réserves. Chez les Chlorophytes, les trioses phosphates produits par le cycle de Calvin sont stockés transitoirement sous forme d'amidon dans le stroma chloroplastique ou sont convertis en glucides exportables vers d'autres cellules. Le glucose absorbé par une cellule hétérotrophe animale peut être stocké sous forme de glycogène dans le cytosol. Le stockage ou le déstockage des réserves glucidiques dépend de l'activité d'enzymes.	- Réaliser des colorations de tissus afin d'identifier différentes réserves cellulaires au microscope optique.
Précisions et limites : *Pour le stockage et le déstockage, on se limite à l'exemple de la glycogène synthase et de la glycogène phosphorylase. Aucun détail sur les enzymes et leur contrôle, autres que ceux présentés sur la glycogène phosphorylase dans le cours d'enzymologie, n'est attendu. Le détail des mécanismes catalytiques des réactions en jeu est hors programme.*	
(2) La matière organique permet de synthétiser de nouvelles molécules : c'est l'anabolisme. Les principales molécules du vivant ont un squelette carboné qui dérive d'intermédiaires de voies du métabolisme. Des interconversions entre familles de molécules sont possibles, elles aboutissent à la biosynthèse des principales molécules à rôle structural, métabolique ou informationnel à partir de carrefours métaboliques.	- Illustrer la notion de carrefour métabolique à partir de l'exemple de l'acétyl Coenzyme A

Précisions et limites : *Le panorama se limite aux points suivants :* *- localisation cellulaire de la biosynthèse des principales molécules ;* *- voie d'acheminement des molécules vers leur localisation fonctionnelle, en se limitant au cas de l'adressage des protéines.* *La présentation des interconversions se limite aux exemples suivants, sans détail des réactions chimiques et des différentes étapes :* • *synthèse d'acides gras et lipides à partir d'acétyl coenzyme A ;* • *synthèse de polyosides à partir de glucose-1-phosphate ou de glucose-6-phosphate (végétaux) ;* • *synthèse d'acides aminés (alanine) à partir de pyruvate.*	
(3) La matière organique absorbée ou stockée peut entrer dans les voies cataboliques desquelles la cellule tire son énergie. Le catabolisme peut être oxydatif aérobie (respiration) ou non (fermentation).	
La glycolyse est une voie métabolique permettant la biosynthèse d'ATP (par transphosphorylation ou phosphorylation liée au substrat), de coenzymes réduits et de pyruvate par une chaîne de réactions partant du glucose. L'oxydation du glycéraldéhyde-3-P dans le cytosol en est une réaction clef. La glycolyse est l'objet d'un contrôle cellulaire. Il participe à l'ajustement de la production d'ATP aux besoins de la cellule. Dans le cas de la fermentation, la glycolyse est la seule voie de production d'ATP. Des réactions biochimiques spécifiques de chaque voie fermentaire oxydent les coenzymes réduits, les rendant à nouveau disponibles pour la glycolyse.	- Construire un bilan de matière et d'énergie de la glycolyse.
Précisions et limites : *Le bilan énergétique de la glycolyse est à connaître.* *Seules les fermentations lactique et alcoolique sont à connaître.* *Le contrôle de la glycolyse se limite au cas de la phosphofructokinase 1 (PFK1).*	
Dans le cas de la respiration cellulaire, le pyruvate est importé dans la mitochondrie et subit une décarboxylation à l'origine d'acétyl-CoA. Les acides gras peuvent également être importés dans la matrice mitochondriale et produire de l'acétyl-CoA par β-oxydation. Le catabolisme des acides aminés passe par le pyruvate ou un intermédiaire du cycle de Krebs.	
Précisions et limites : *On présente le principe de la β-oxydation des acides gras et son bilan de matière et d'énergie. Les réactions chimiques ne sont pas exigibles. On ne détaille pas les réactions chimiques des voies cataboliques des acides aminés.*	
Le cycle de Krebs est une voie de convergence du catabolisme utilisant l'acétyl-CoA chez toutes les cellules à catabolisme aérobie. Il réalise la décarboxylation oxydative totale des composés, couplée à la production de nucléotides énergétiques et la réduction de coenzymes.	- Construire un bilan de matière et d'énergie du cycle de Krebs.
Précisions et limites : *En dehors de l'équation bilan du cycle de Krebs, seules les réactions suivantes sont attendues :* *- entrée de l'acétyl-coA dans le cycle de Krebs* *-réactions conduisant de l'alpha-cétoglutarate au succinate en montrant les couplages entre réaction d'oxydo-réduction et transphosphorylation.*	
La chaîne respiratoire est une chaîne de transfert d'électrons issus de coenzymes réduits vers un accepteur final minéral à plus fort potentiel	- Schématiser l'organisation fonctionnelle de la chaîne respiratoire.

d'oxydoréduction. Ce transfert est associé à des conversions chimio-osmotiques (via la chaîne respiratoire) et osmo-chimiques (via l'ATP synthase) qui permettent la production d'ATP. L'ATP est donc synthétisée en quantité variable selon le métabolite initial et la voie métabolique.	- Expliquer le modèle de la chaîne respiratoire en utilisant les variations de potentiel d'oxydoréduction (ΔE') et d'enthalpie libre de réaction (ΔrG'). - Comparer les chaînes de transfert d'électrons des chloroplastes et des mitochondries. - Comparer le bilan énergétique de la respiration cellulaire avec pour substrat initial le glucose et un acide gras. - Comparer le bilan de production d'ATP de la fermentation et de la respiration.
Précisions et limites : *Les acquis de spécialité de terminale sont remobilisés. Le fonctionnement des translocateurs de protons de la chaîne respiratoire n'est pas attendu.* *La liste des transporteurs d'électrons n'est pas exigible.*	
Liens : Nutrition d'un organisme végétal (SV-B-2) Rôle énergétique des biomolécules (SV-D-2) Enzymes et couplages (SV-E-3) Expression génétique, traduction, adressage (SV-F-2)	
SV-E-3 Les enzymes et la catalyse des réactions	
On distingue les enzymes à comportement coopératif (enzymes allostériques) et à comportement michaelien. Pour une enzyme oligomérique, l'allostérie correspond à l'influence d'un site de fixation d'un ligand sur un autre qu'il soit identique (effet homotrope) ou différent (effet hétérotrope). Les principaux paramètres cinétiques permettant de décrire une activité enzymatique sont v_{max}, K_M ou $K_{0,5}$.	- Réaliser le suivi expérimental d'une réaction enzymatique : • Obtention d'une cinétique et détermination de la vitesse initiale ; • Construction d'une courbe $v_i = f([S]_0)$ et linéarisation en double inverse ; • Détermination de K_M, v_{max} et de l'efficacité catalytique. - Argumenter le comportement coopératif ou michaelien d'une enzyme sur la base de la courbe $v_i = f([S])$ - Comparer et discuter les principales caractéristiques structurales et fonctionnelles des enzymes michaeliennes et des enzymes allostériques (enzymes à comportement coopératif).
Précisions et limites : *On se limite à un exemple d'enzyme michaelienne et un exemple d'enzyme allostérique, à prendre parmi ceux évoqués dans d'autres items du programme. Ces exemples sont ensuite réinvestis pour le contrôle de l'activité enzymatique.* *Seul le suivi expérimental d'une cinétique michaelienne est réalisé en TP.*	
Les enzymes sont des biocatalyseurs et jouent souvent le rôle d'agents de couplage entre réactions. La catalyse enzymatique implique la formation d'un complexe enzyme-substrat au niveau du site actif de l'enzyme. Le site actif est à l'origine de la spécificité de substrat et de réaction. Il est constitué d'acides aminés ayant un rôle dans la fixation du substrat, dans la catalyse enzymatique ou dans les deux phénomènes à la fois.	- Argumenter le rôle d'agent de couplage à l'aide d'exemples de couplages chimio-chimiques. - Relier la spécificité de substrat et de réaction à la structure tridimensionnelle et aux interactions du complexe enzyme-substrat. - Exploiter des données de modélisation moléculaire. - Exploiter des résultats de mutagenèse ou autres pour expliquer un mécanisme catalytique.
Précisions et limites : *Aucun mécanisme catalytique n'est à connaître.*	
Plusieurs facteurs modifient l'activité enzymatique et donc les réactions du métabolisme : - la quantité d'enzyme, liée à l'expression génétique et à sa localisation (adressage) - les conditions physico-chimiques (pH, T) - les modifications conformationnelles de l'enzyme par modification covalente ou par fixation d'un ligand.	- Comparer les effets des inhibiteurs compétitif et non compétitif sur les paramètres cinétiques d'une enzyme michaelienne. - Argumenter, sur un exemple, la diversité des effecteurs allostériques et de leurs effets. - Expliquer l'importance physiologique et pharmacologique des effecteurs sur la base de quelques exemples.

Les enzymes sont des éléments de spécialisation des cellules ou des compartiments cellulaires.	- Analyser et interpréter des données cinétiques en présence de différents types d'effecteurs.
Précisions et limites : *On étudie les mécanismes de contrôle de l'activité enzymatique sur les exemples d'enzyme michaelienne et d'enzyme allostérique étudiés précédemment.* *Pour les modifications conformationnelles par modification covalente, on se limite à la phosphorylation.*	
Liens : Structure des protéines (SV-D-2-4) Interactions protéines-ligand (SV-D-2-4) Réactions clefs du métabolisme (SV-E) Contrôle de l'expression de l'information génétique (SV-F-3) Physique-chimie : catalyse, catalyseurs (4.4.3)	

SV-F Génomique structurale et fonctionnelle (BCPST 1 et BCPST 2)

La présentation des génomes et de leur organisation est l'occasion de préciser les points communs et les différences entre Eucaryotes, bactéries et virus. L'expression des génomes et son contrôle s'appuient uniquement sur des exemples eucaryotes et permettent de discuter du concept de gène. La présentation de la transmission des génomes au cours des divisions cellulaires permet de rappeler et comparer les principales caractéristiques des divisions mitotique et méiotique. Elles sont mises en lien avec leurs implications dans les processus de développement et de reproduction qui sont abordés par ailleurs dans le programme. Les processus de diversification des génomes sont l'occasion de comprendre la diversité génétique observée à l'échelle des populations et à l'échelle des espèces. Les mécanismes de maintien ou de réduction de la diversité génétique produite, soit par des tris sélectifs, soit par des processus aléatoires, sont abordés dans la partie sur l'évolution. Enfin, cette partie est l'occasion de présenter quelques techniques couramment utilisées au laboratoire pour étudier les génomes et leur expression.

Savoirs visés	**Capacités exigibles**
SV-F-1 Génome des cellules et des virus, transmission de l'information génétique (BCPST 1)	
SV-F-1-1 Organisation des génomes	
L'ensemble des molécules d'ADN contenues dans une cellule et l'information qu'elles portent constitue son génome. L'étude des génomes passe par une panoplie de techniques dites de biologie moléculaire. Des techniques de séquençage permettent de déterminer la séquence d'un fragment d'ADN puis de proche en proche la séquence des génomes. L'utilisation d'outils bioinformatiques permet d'identifier les différents types de séquences codantes et non codantes.	- Réaliser et analyser les résultats d'une électrophorèse d'ADN. - Interpréter l'organisation des génomes à partir des résultats de séquençage. - Exploiter les données de séquençage pour réaliser des alignements de séquences et comparer les séquences.
Précisions et limites : *Les principes généraux et les objectifs des différentes techniques évoquées sont à connaître mais les protocoles ne sont pas à mémoriser.* *Pour le séquençage, seul le principe de la méthode de Sanger doit être connu.* *La mise en œuvre pratique n'est exigible que pour l'électrophorèse. La maîtrise d'un logiciel d'alignement de séquences n'est pas exigible (la fiche technique du logiciel est fournie).*	
Chez les bactéries, le génome à localisation cytoplasmique est constitué d'un chromosome circulaire et éventuellement de plasmides. Le génome des bactéries est constitué presque exclusivement de	- Comparer l'organisation du génome des bactéries, des Eucaryotes et des virus. - Comparer le génome cytoplasmique eucaryote et celui des bactéries.

régions codantes. Certaines sont associées à des régions régulatrices communes ce qui forme des opérons. Chez les Eucaryotes, on distingue le génome nucléaire et le génome des organites. Le génome nucléaire est constitué de chromosomes linéaires. L'ADN nucléaire des Eucaryotes est associé à des protéines dont des histones, constituant la chromatine. Il existe différents niveaux de condensation de la chromatine. Le génome nucléaire des Eucaryotes comporte une part importante de séquences non codantes aux rôles divers. La majorité de ces séquences est répétée. Les gènes eucaryotes sont généralement morcelés.	- Estimer la proportion de séquences codantes et non codantes dans les génomes des Eucaryotes, des bactéries et des virus.
Les virus ou particules virales sont des entités nucléoprotéiques comprenant un acide nucléique (sous forme d'ADN ou d'ARN) constituant le génome viral, et des protéines. On distingue des protéines à rôle structural, formant la capside, et parfois des protéines à rôle enzymatique. Les virus sont très divers et possèdent parfois une enveloppe lipoprotéique.	- Illustrer la diversité structurale et la diversité d'hôte des virus.
Précisions et limites : *On se limite à mentionner la présence de protéines structurales associées à l'ADN chez les bactéries, sans détailler l'organisation moléculaire du chromosome bactérien. On se limite à la présentation de la structure de l'opéron lactose chez* E. coli *.* *Aucune monographie de chaque virus n'est attendue. Il s'agit de montrer la diversité structurale (organisation structurale, taille, présence ou non d'une enveloppe, nature de l'information génétique) et la diversité d'hôte à l'aide de trois exemples, sans rentrer dans les détails des cycles de multiplication : bactériophage lambda, VMT, un coronavirus zoonotique.* *La connaissance des génomes est remobilisée dans l'étude de l'évolution.*	
SV-F-1-2 La transmission de l'information génétique au cours des divisions cellulaires chez les Eucaryotes	
Chez les Eucaryotes, le matériel génétique est dupliqué au cours de la phase S interphasique qui précède toute division cellulaire. La réplication semi-conservative de l'ADN est assurée par des ADN polymérases. C'est un processus avec un faible taux d'erreur qui assure la conservation globale de l'information génétique.	- Expliquer le principe de polymérisation par l'ADN polymérase.
Les connaissances sur les ADN polymérases ont permis d'élaborer des méthodes d'amplification *in vitro* de l'ADN.	- En se basant sur le fonctionnement des ADN polymérases, expliquer le principe de la PCR.
Précisions et limites : *La diversité des ADN polymérases n'est pas attendue. On insiste juste sur la nécessité d'amorce pour les ADN polymérases, de la complémentarité des bases et de la polarité 5'-3' pour la synthèse des acides nucléiques.* *Aucune protéine du système de réplication autre que l'ADN polymérase n'est à présenter.* *Le détail des mécanismes de correction des erreurs et de réparation de l'ADN n'est pas au programme. En revanche, l'ordre de grandeur du taux d'erreur de la réplication est indiqué.*	
Le cycle cellulaire des cellules eucaryotes comprend une interphase et une mitose. Le matériel génétique est dupliqué pendant la phase S (réplication). Le matériel génétique est réparti équitablement entre les 2 cellules filles au cours de la phase M.	- Estimer l'ordre de grandeur de la durée des différentes phases d'un cycle cellulaire à partir de résultats expérimentaux. - Interpréter des résultats mettant en évidence un contrôle du cycle cellulaire.

Le cycle cellulaire est contrôlé. Le passage d'une étape à une autre est sous le contrôle de signaux extracellulaires et de facteurs internes notamment liés à l'intégrité de l'information génétique.	
Précisions et limites : *Aucun mécanisme moléculaire n'est attendu : on signale seulement l'existence de points de contrôle dont le franchissement autorise la poursuite du cycle, sans aucun détail.* *La multiplication des virus est traitée dans la partie sur l'expression des génomes.*	
Les chromosomes répliqués, à 2 chromatides, se condensent progressivement au cours des prophases de mitose et de méiose I.	- Représenter la structure d'un chromosome métaphasique (centromère, télomère, kinétochore).
Précisions et limites : *Aucun détail moléculaire n'est attendu.*	
Le processus mitotique assure une égale répartition des chromosomes entre les deux cellules-filles grâce à l'intervention de protéines (notamment du cytosquelette). La cytocinèse permet la séparation des deux cellules-filles.	- Expliquer comment le processus mitotique, et en particulier le fonctionnement du fuseau de division, permet l'égale répartition des chromosomes, donc de l'information génétique. - Illustrer le processus de cytocinèse chez les Métazoaires et les Embryophytes. - À l'aide de différentes techniques microscopiques, repérer les différentes phases de la mitose, l'organisation des chromosomes et du fuseau de division.
Précisions et limites : *On considère uniquement la mitose de cellules pour lesquelles la division cellulaire suit la division nucléaire. On se limite aux mécanismes de base et à l'existence du fuseau de division. Des molécules comme les cohésines et les séparases par exemple ne sont pas exigibles.*	
La méiose est une série de deux divisions successives précédée par une interphase. Elle permet de passer d'une phase diploïde à une phase haploïde. C'est une des étapes de la formation des gamètes et des méiospores chez les organismes à reproduction sexuée.	- Expliquer comment le processus méiotique permet d'aboutir à 4 cellules-filles haploïdes à partir d'une cellule-mère diploïde. - Représenter schématiquement les caractéristiques cytologiques et chromosomiques de la méiose. - À l'aide de différentes techniques microscopiques, repérer les différentes phases de la méiose, l'organisation des chromosomes et du fuseau de division.
Précisions et limites : *Les acquis du lycée sur les brassages génétiques sont remobilisés.*	
Liens : Organisation de la cellule bactérienne et eucaryote (SV-C-2) Acides nucléiques (SV-D-2-3) Brassages génétiques en méiose (SV-F-4) Formation des gamètes, des méiospores et des gamétophytes (SV-G) Diversité génétique comme base de diversité du vivant (SV-K)	
SV-F-2 L'expression du génome (BCPST 1)	
La transcription de l'ADN en ARN est assurée par des ARN polymérases. Elle se déroule en trois étapes	- Expliquer le principe de polymérisation d'un ARN par l'ARN polymérase.

(initiation, élongation, terminaison) et génère plusieurs types d'ARN : ARNm, ARNt, ARNr et petits ARN. La transcription est initiée au niveau d'un promoteur reconnu par un complexe d'initiation et modulée positivement ou négativement par des facteurs de transcription. Un gène est une unité de transcription avec ses séquences régulatrices, c'est-à-dire une séquence d'ADN nécessaire à la synthèse d'un ARN. Ce dernier peut conduire à la synthèse d'un ou plusieurs polypeptides.	- Représenter schématiquement la structure d'un gène eucaryote avec l'ensemble de ses caractéristiques. - Discuter le concept de gène.
Précisions et limites : *Le processus de transcription est étudié à partir de l'exemple de la polymérisation des ARN messagers chez les Eucaryotes.* *La nomenclature de tous les facteurs protéiques impliqués dans le complexe d'initiation ainsi que l'organisation détaillée du promoteur ne sont pas à mémoriser.* *On mentionne l'existence de signaux indiquant la fin de la transcription chez les Eucaryotes.* *On limite la présentation des petits ARN aux ARNi.*	
Chez les Eucaryotes, les ARN pré-messagers subissent une maturation (excision-épissage s'ils sont morcelés, ajout d'une coiffe en 5', polyadénylation en 3') dans le noyau. Les ARN messagers obtenus sont exportés vers le cytosol. Des mécanismes comme l'épissage alternatif, produisent des ARNm différents pour une même unité de transcription. L'ensemble des ARN transcrits et maturés constitue le transcriptome cellulaire.	- Expliquer l'importance des processus co- et post-transcriptionnels dans la diversification et le contrôle de la demi-vie des transcrits.
Précisions et limites : *Le détail des mécanismes moléculaires des phénomènes de maturation et d'exportation hors du noyau n'est pas exigible. On ne traite pas de l'édition ou de la polyadénylation alternative.*	
Dans le cytosol, les ARNm matures sont traduits en polypeptides. La traduction repose sur la coopération fonctionnelle entre différentes classes d'ARN au sein des ribosomes. Elle comprend une phase d'initiation, d'élongation et de terminaison. La correspondance entre un codon et un acide aminé est assurée par les ARNt suivant le code génétique. Les amino-acyl ARNt synthétases assurent la fidélité de la correspondance acide aminé/codon sur l'ARNt. La transpeptidation est catalysée par un ARNr (ribozyme) de la grande sous-unité du ribosome. La machinerie de traduction assure la conversion de l'information codée dans la séquence nucléotidique en séquence d'acides aminés.	- Expliquer l'importance des interactions entre ARN au cours des différentes étapes de la traduction
Précisions et limites : *Les expériences ayant conduit à l'élucidation du code génétique et la terminologie des facteurs protéiques intervenant dans la traduction peuvent être étudiées mais ne sont pas à mémoriser.*	

Chez les Eucaryotes, la traduction est réalisée dans le cytosol et dans les organites semi-autonomes. Chez les bactéries, transcription et traduction sont simultanées. La protéine synthétisée ou en cours de synthèse peut être adressée à un compartiment particulier grâce à une séquence signal et une machinerie d'adressage en interaction avec le système de traduction.	- Relier le phénomène d'adressage à la spécialisation des compartiments.
Précisions et limites : *Pour les mécanismes d'adressage, seul le mécanisme simplifié de l'adressage au réticulum est étudié. Les autres adressages sont mentionnés.*	
L'acquisition de la structure tridimensionnelle d'une protéine (repliement) peut être assistée par des protéines chaperonnes. Une protéine peut subir des modifications post-traductionnelles.	
Précisions et limites : *Pour les modifications post-traductionnelles, on se limite aux exemples de clivage, glycosylation et phosphorylation.*	
Les virus se multiplient en détournant la machinerie d'expression de l'information génétique de la cellule hôte.	
Précisions et limites : *On présente une vue générale de la multiplication sur un exemple au choix en se limitant aux modalités de réplication de l'information génétique, de synthèse des protéines et de formation de nouveaux virus.* *On se limite à distinguer la synthèse des polymérases et des protéines de la capside, sans détailler les différentes protéines virales et les mécanismes moléculaires impliqués.*	
Liens : Compartimentation des cellules spécialisées (SV-C-2) Flux de matière et d'information dans une cellule eucaryote (SV-C-2) Structure des acides nucléiques (SV-D-2-3) Structure des protéines (SV-D-2-4) Glycosylation et phosphorylation des protéines (SV-D-2-4). Expression des gènes homéotiques au cours du développement embryonnaire (SV-H-2)	
SV-F-3 Le contrôle de l'expression du génome (BCPST 1)	
Des modifications de l'environnement cellulaire ou des signaux internes à la cellule influencent l'expression du génome. Ces diverses influences conduisent à des phénotypes variés. Chez les Eucaryotes, l'ensemble des contrôles transcriptionnels, post-transcriptionnels et post-traductionnels expliquent la diversité des transcriptomes et des protéomes. La diversité des ARN et protéines produits à un instant donné est à l'origine du phénotype des cellules et des organismes. Des modifications expérimentales par mutagenèse aléatoire ou ciblée ou transgenèse permettent d'étudier les liens entre génotype et phénotype. Les transcriptomes et protéomes peuvent être étudiés à l'aide de sondes nucléotidiques et d'anticorps spécifiques respectivement.	- Analyser et Interpréter des résultats expérimentaux issus des principales méthodes d'étude du transcriptome et du protéome, le principe de la méthode étant fourni. - Analyser des résultats issus d'expériences de transgenèse ou de mutagenèse. - Analyser et interpréter des résultats expérimentaux utilisant les techniques de Southern blot, northern blot, western blot, hybridation *in-situ* ou de puce à ADN. - Identifier et justifier les témoins de charge des blots.

Précisions et limites : *Le principe des différentes techniques expérimentales évoquées est à connaître. La mise en œuvre pratique n'est pas exigible et les protocoles ne sont pas à mémoriser.* *La transgenèse est limitée à la transformation chez les bactéries. Son existence chez les Eucaryotes est mentionnée sans détailler.* *Concernant les puces à ADN, seule une analyse qualitative est requise, aucune méthode d'analyse informatique n'est exigible.*	
Le contrôle de l'initiation de la transcription est la principale voie de contrôle de l'expression génétique. Le contrôle de la transcription repose sur des interactions entre des séquences régulatrices et des facteurs de transcription ou de remodelage de la chromatine. Les facteurs de transcription interagissent spécifiquement avec des séquences d'ADN et des protéines. Le niveau de transcription est influencé par l'état de méthylation des bases de l'ADN et les modifications de la chromatine. La probabilité d'initiation de la transcription dépend de la combinaison de tous les acteurs précités. Les modifications de la chromatine constituent une information transmissible et sont à la base du contrôle épigénétique. Ces modifications transmissibles constituent l'épigénome.	- Relier le contrôle de l'expression génétique à la différenciation et la spécialisation cellulaire. - Illustrer, à partir de l'exemple du gène *FLC*, le lien entre conditions climatiques, état de condensation de la chromatine et expression génétique.
Précisions et limites : *Le contrôle de la transcription est étudié à partir de l'exemple de la polymérisation des ARN pré-messagers chez les Eucaryotes.* *Concernant les facteurs de transcription, on se limite au motif bHLH en lien avec les facteurs myogéniques, réinvesti en BCPST 2.* *Le contrôle épigénétique est abordé uniquement à partir de l'exemple du contrôle de l'expression du gène* FLC *chez* A. thaliana *qui sera repris en BCPST 2. Les modifications chimiques des histones sont envisagées, mais le détail du « code épigénétique » des histones n'est pas à connaître.*	
L'interférence ARN est un mécanisme de contrôle post-transcriptionnel majeur.	
Précisions et limites : *On présente les grandes étapes de l'interférence ARN sans aucun détail moléculaire : appariement de l'ARN interférent à l'ARNm cible, inhibition de la traduction de l'ARNm ou activation d'une endonucléase qui hydrolyse l'ARNm.*	
Liens : Contrôle de l'expression des gènes dans la floraison (SV-B-3-2) Organisation fonctionnelle d'une protéine (SV-D-2-4) Interactions entre molécules, notion d'affinité et de spécificité (SV-D-2-4) Contrôle de l'expression des gènes au cours du développement embryonnaire (SV-H-2) Changements climatiques et leurs conséquences sur la biodiversité (BG-C-3)	
SV-F-4 La diversification des génomes (BCPST 2)	
SV-F-4-1 Diversité des mutations et diversification des génomes	
La séquence des génomes est modifiée de manière aléatoire : - par des erreurs de réplication non réparées	- Relier les mutations de la séquence nucléotidique à leurs conséquences phénotypiques.

- par des lésions de l'ADN non réparées dont la fréquence est augmentée par des agents mutagènes. Certaines mutations modifient la structure des chromosomes (délétions, inversions, duplication, translocation) ou affectent leur nombre (polyploïdie, aneuploïdie). Les mutations géniques et chromosomiques peuvent être la source de nouveaux gènes et allèles.	- Analyser un caryotype et repérer les anomalies chromosomiques.
Précisions et limites : *Un seul exemple de lésion de l'ADN est traité (désamination, dépurination ou dimères de thymine).* *Les mécanismes de réparation sont hors-programme.*	
SV-F-4-2 Brassage génétique et diversification des génomes	
La sexualité modifie les génomes en brassant les allèles. Chez les Eucaryotes, la méiose contribue à la diversification des génomes. En unissant des génomes haploïdes, la fécondation crée de nouvelles combinaisons alléliques diploïdes. Les mécanismes favorisant l'allogamie augmentent la diversité des combinaisons alléliques.	- Relier les principaux évènements cytogénétiques de la méiose avec leurs conséquences sur le brassage allélique. - Argumenter les processus de brassage génétique en s'appuyant sur le principe de quelques croisements simples mais différant par deux couples d'allèles pris chez les organismes diploïdes. - Comparer les conséquences génétiques de l'autogamie et de l'allogamie. - À partir de l'étude de différents croisements (lien partie « Reproduction ») : • identifier les caractères indépendants ou liés des gènes ; • déterminer les caractères récessif, dominant ou codominant des allèles ; • montrer la diversité génétique créée ; • illustrer des pratiques de sélection agronomique sur un exemple.
Précisions et limites : *Ni la nomenclature des différentes étapes de la prophase I de méiose ni les mécanismes moléculaires de la recombinaison homologue de la méiose ne sont au programme.* *Pour illustrer l'allogamie, un exemple de séparation des sexes dans l'espace et un exemple d'auto-incompatibilité gamétophytique sont traités.* *Les calculs de distance génétique sont hors programme.*	
Les hybridations interspécifiques sont une autre source de diversification des génomes Chez les Bactéries (et dans une moindre mesure chez les Eucaryotes), des modifications du génome sont possibles par transferts horizontaux de matériel génétique. Les transferts horizontaux de gènes sont utilisés en génie génétique.	- Relier les modalités de transfert horizontal à leurs applications biotechnologiques. - Identifier un transfert horizontal (par comparaison d'arbres phylogénétiques)
Précisions et limites : *On se limite à une seule modalité de transfert horizontal de gènes chez les bactéries, sans aucun mécanisme moléculaire.*	
Liens : Diversification des génomes et sélection de Bovidé ou Fabacée (SV-A-1 et 2) Structure de l'ADN (SV-D-2-3)	

Transmission de l'information génétique (SV-F-1-2)
Modalités de la reproduction sexuée (SV-G-1 et SV-G-3)
Transmission des allèles dans les populations (SV-K-1)
Vision évolutive de la biodiversité, apports des transferts horizontaux (SV-K-1)

SV-G Reproduction (BCPST 2)

La reproduction permet la multiplication des individus. L'étude de la reproduction sexuée chez les Embryophytes et les Mammifères est l'occasion de présenter des cycles de développement comprenant méiose et fécondation, avec une ou deux générations. La comparaison avec la reproduction asexuée permet de montrer que, selon les mécanismes, la reproduction participe plus ou moins à la diversification des individus et à l'évolution biologique. En climat tempéré, les cycles de reproduction présentent un lien avec les saisons.
Le cours est réalisé en deuxième année mais deux séances de TP de biologie florale sont effectuées en première année.

Savoirs visés	**Capacités exigibles**
SV-G-1 La reproduction sexuée chez les Embryophytes	
La reproduction sexuée fait intervenir l'alternance de deux générations, sporophytique et gamétophytique. Une génération est une partie du cycle de développement comprise entre deux stades de reproduction (zygote ou spore). La génération sporophytique, issue des mitoses du zygote produit des méiospores. La génération gamétophytique issue des mitoses d'une méiospore, produit des gamètes.	- Argumenter la notion de génération gamétophytique à partir du prothalle de polypode, du grain de pollen et du sac embryonnaire des Angiospermes. - Construire les cycles de développement en identifiant les phases chromosomiques et les générations.
Chez le polypode, les méiospores sont disséminées dans le milieu et forment, par mitoses et différenciation, les prothalles sexués. Chez les Angiospermes, les méiospores ne sont pas disséminées. Elles réalisent mitoses et différenciation au sein des pièces fertiles de la fleur qui constitue l'appareil reproducteur.	- Mettre en relation les différentes structures reproductrices (prothalle, fleur) et leur rôle dans la reproduction. - Réaliser une dissection florale et établir le diagramme floral et la formule florale correspondants. - En classe et sur le terrain, utiliser une flore et/ou un outil numérique de détermination pour identifier le genre d'une fleur. - Réaliser et/ou interpréter des coupes d'anthères à différents stades, ainsi que des coupes d'ovaires et d'ovules. - À l'aide de techniques de microscopie optique et électronique : • analyser l'organisation des grains de pollen et des sacs embryonnaires ; • identifier le degré de maturité des structures reproductrices (anthères). - Positionner quelques organismes dans une classification phylogénétique, sur la base de critères morphologiques et /ou anatomiques simples.

Précisions et limites :
Les différentes étapes qui conduisent d'une cellule mère des spores au gamétophyte ne sont pas au programme.
La connaissance des différents types de placentation des ovaires et des différents types d'ovules n'est pas au programme. Les classifications phylogénétiques et les apomorphies associées ne sont pas à connaître.
Les acquis de terminale sont remobilisés.

La fécondation implique une phase de rapprochement des gamètes en lien avec le milieu de vie. La fécondation externe du polypode est dépendante de la présence d'eau. La fécondation interne siphonogame des Angiospermes est précédée d'une pollinisation le plus souvent entomogame ou anémogame. La siphonogamie est assurée par une croissance apicale orientée du tube pollinique.	- Comparer le mécanisme de déhiscence des anthères à la déhiscence du sporange de polypode. - Mettre en lien les deux principaux types de pollinisation (anémogame et entomogame) et les caractères des fleurs et des grains de pollen associés. - Émettre des hypothèses sur le mode de pollinisation à l'aide des structures observées suite à une dissection florale et/ou un montage de grains de pollen. - À partir d'observations conjointes de fleurs et d'insectes, identifier des exemples de coadaptation. - Analyser des résultats expérimentaux mettant en évidence des coévolutions entre fleurs et insectes.
Précisions et limites : *Un seul exemple de fleur est à mémoriser pour chaque type de pollinisation (anémogame et entomogame).* *Les détails concernant les mécanismes de la croissance apicale du tube pollinique sont hors-programme.*	
La double fécondation, spécificité des Angiospermes, conduit à la transformation du sac embryonnaire en embryon principal et albumen, de l'ovule en graine et de la fleur en fruit. Le fruit constitue la principale synapomorphie des Angiospermes. La double fécondation est précédée d'une phase de tri des grains de pollen.	- Expliquer comment le système gamétophytique d'auto-incompatibilité réalise un tri des grains de pollen.
Précisions et limites : *Les étapes de la transformation de l'ovule en graine et de la fleur en fruit ne sont pas au programme. Les mécanismes moléculaires de l'auto-incompatibilité gamétophytique ne sont pas au programme.*	
Chez les Angiospermes, le nouvel individu est disséminé à l'aide de la graine et/ou du fruit. Chez le polypode, le nouvel individu est formé au sein du prothalle et la dissémination s'est produite, avant, grâce aux méiospores. La dormance des graines est un mécanisme permettant de corréler le cycle de développement aux saisons.	- Comparer les propriétés d'un organe de dissémination (graine/fruit ou spore) à celles d'un organe de dispersion (grain de pollen). - Illustrer la diversité des modalités de dissémination à l'aide de quelques exemples de fruits. - À partir d'observation de fruits et de graines, en classe et sur le terrain : • dégager les grands traits de l'organisation de fruits et mettre en lien avec les fonctions de protection, et de dissémination des graines ; • distinguer un fruit d'une graine ; • distinguer : fruit charnu (baie et drupe), fruit sec déhiscent (gousse, follicule, silique) et fruit sec indéhiscent (caryopse et akène), au sein de fruits simples ou de fruits multiples ; • repérer des homologies et des convergences dans l'organisation des fruits et des graines.
Précisions et limites : *On se limite à la distinction graine albuminée-graine exalbuminée.* *La diversité des modalités de dissémination est abordée à travers l'anémochorie, l'endozoochorie et l'épizoochorie, avec un seul exemple à mémoriser pour chaque modalité.* *Les mécanismes d'entrée et de levée de dormance ne sont pas au programme.*	
Liens : Distinction appareil végétatif-appareil floral reproducteur. Rythme saisonnier et étapes du cycle de reproduction (SV-A-2) Développement de l'appareil reproducteur des angiospermes (SV-B-3-2) Interaction cellule-matrice (SV-C-1) Cytosquelette (SV-C-2) et flux vésiculaire (SV-C-3) Brassages génétiques et diversification des génomes (SV-F-4) Relations interspécifiques dans un écosystème (SV-J-2-2) Activités de terrain	

SV-G-2 La reproduction asexuée chez les Angiospermes	
La reproduction asexuée d'individus se réalise à partir d'un plant mère, sans intervention de méiose ni de fécondation. Dans des conditions favorables, la reproduction asexuée repose sur des divisions mitotiques et conduit à une multiplication importante d'individus. Ces individus conservent le même génome parental aux mutations près mais peuvent présenter une variabilité phénotypique. La capacité de néoformer ou de régénérer des organes repose sur les propriétés de l'appareil végétatif (ramification et dans certains cas, mise en réserve) et la plasticité des cellules végétales (capacité de dédifférenciation et totipotence). La reproduction asexuée contribue à la dissémination des Angiospermes. Ce mode de reproduction a des conséquences biologiques et écologiques au sein des populations.	- Illustrer différentes modalités naturelles de multiplication végétative à partir d'organes non spécialisés (marcottage) ou par néoformation d'organes spécialisés (stolons, tubercules, bulbilles). - À partir d'observations d'échantillons complets, de dissections et de prélèvements judicieux : • déterminer la nature de l'organe de multiplication végétative ; • discuter de ses capacités de dissémination et de ses modalités de multiplication.
Précisions et limites : *La détermination raisonnée des organes de multiplication végétative et de leurs modalités de multiplication se limite aux cas suivants sans multiplier les exemples : marcottage naturel ; formation de stolons, tubercules, et bulbilles.*	
Liens : Organes de réserve (SV-B-2-3) Développement de l'appareil végétatif des angiospermes (SV-B-3-1) Mitose (SV-F-1-2) Accroissement d'effectif d'une population (SV-J-1)	
SV-G-3 La reproduction sexuée des Mammifères	
La reproduction sexuée des Mammifères fait intervenir une seule génération comme chez tous les Métazoaires. Les gamètes sont produits au sein de gonades par méiose et différenciation (gamétogenèse). La production des spermatozoïdes est généralement continue, alors que celle des ovocytes est cyclique. La reproduction sexuée implique une phase de rapprochement des gamètes (chimiotactisme). La fécondation s'accompagne d'un tri allélique qui influe sur les processus de diversification.	- Relier l'organisation des gamètes à leurs rôles complémentaires dans la fécondation. - À partir de l'observation de coupes histologiques et d'électronographies : • interpréter l'organisation des gonades en lien avec leurs fonctions ; • repérer les cellules reproductrices. - Mettre en relation les modalités de reproduction sexuée avec les contraintes du milieu de vie.
Précisions et limites : *La connaissance des étapes de la gamétogenèse se limite à ce qui est nécessaire pour interpréter des coupes histologiques.* *La comparaison de la reproduction d'un Mammifère réalisant une parade nuptiale, à celle de la moule, est l'occasion de discuter des modalités de reproduction sexuée en milieu aérien et aquatique et de caractériser les stratégies r et K.*	
La fécondation repose sur la reconnaissance intraspécifique entre la membrane du spermatozoïde et la zone pellucide ovocytaire. Cette étape, accompagnée de la réaction acrosomique, permet la fusion des gamètes puis l'amphimixie. Elle s'accompagne de processus limitant la polyspermie. La formation du zygote restaure le caryotype de l'espèce. Le zygote possède une combinaison allélique unique. Les pratiques de sélection agronomique exploitent les données génomiques connues des espèces domestiquées.	- Comparer les apports des deux gamètes à la formation du zygote. - Analyser quelques croisements chez les Mammifères pour identifier les caractères indépendants ou liés des gènes et déterminer les caractères récessif, dominant ou codominant des allèles. - Évaluer la diversité génétique créée après un croisement.

Précisions et limites :
Seul le processus de reconnaissance entre la zone pellucide et le spermatozoïde est détaillé au niveau moléculaire en lien avec le caractère intraspécifique de la fécondation.
La sélection agronomique est illustrée à partir d'un seul exemple.

Liens :
Fonction de reproduction d'un Bovidé (SV-A-1)
Dynamique du cytosquelette (SV-C-2)
Couplage énergétique permettant le fonctionnement des protéines motrices (SV-E-2)
Brassages génétiques et diversification des génomes (SV-F-4)

SV-H Mécanismes du développement : exemple du développement du membre des Tétrapodes (BCPST 2)

L'étude des mécanismes de développement chez les Métazoaires est conduite à partir de l'organogenèse du bourgeon de membre chez les Vertébrés Tétrapodes. Après une étude générale des étapes du développement, l'analyse de résultats expérimentaux conduit à identifier les mécanismes cellulaires responsables de la mise en place du membre chiridien. Les processus de différenciation cellulaire sont étudiés dans le cas des cellules musculaires striées squelettiques des membres. Plusieurs espèces modèles de Tétrapodes sont exploitables pour l'analyse des faits et des résultats expérimentaux.

Savoirs visés	**Capacités exigibles**
SV-H-1 Les étapes du développement embryonnaire chez les Vertébrés	
Le développement embryonnaire débute à la fécondation et s'achève lors de l'éclosion ou de la naissance. Plusieurs étapes conduisent à la formation d'un organisme présentant les caractéristiques morphologiques et anatomiques de son espèce : • segmentation • gastrulation • neurulation • organogenèse. Ces différentes étapes mettent en jeu des processus cellulaires tels que la prolifération (mitose), les changements de forme et la mobilité de cellules ou d'ensemble de cellules, la différenciation et la mort cellulaire programmée. Au cours de la gastrulation, trois feuillets cellulaires primordiaux (ectoderme, mésoderme, endoderme) sont mis en place. Ces feuillets génèrent tous les tissus somatiques de l'organisme.	- Identifier sur des embryons *in toto* et des coupes, les différents stades de développement embryonnaire. - Exploiter des données de marquage pour • définir le concept de lignage cellulaire ; • caractériser les mouvements cellulaires au cours de la gastrulation.

Précisions et limites :
L'analyse des différentes étapes du développement embryonnaire est conduite sur des échantillons d'Amphibien. Seules les quatre étapes du développement embryonnaire avec leurs principales caractéristiques macroscopiques et cellulaires sont à retenir. Les mécanismes cellulaires et moléculaires ne sont pas exigibles dans cette partie.

SV-H-2 Développement du bourgeon de membre	
Le membre chiridien des Vertébrés Tétrapodes est formé à partir d'un bourgeon de membre au cours de l'organogenèse. Il développe trois segments successifs orientés selon trois axes de polarité. Le dernier, l'autopode, forme, par un processus de mort cellulaire programmée, un nombre de doigts variable selon les espèces. Les axes de polarité du membre sont mis en place par des centres inducteurs qui interagissent par la diffusion de facteurs paracrines. Des cascades d'induction spécifient ainsi progressivement des territoires et des cellules. Elles modifient les caractéristiques de leurs réponses aux signaux (compétence) et spécifient de proche en proche leur devenir. La position des membres le long de l'axe antéro-postérieur ainsi que l'identité des différents segments du membre sont le produit d'une combinaison d'expression de gènes homéotiques (gènes *Hox*). Ces gènes codent des facteurs de transcription. Les gènes *Hox* sont organisés en complexes chromosomiques. Leur patron d'expression spatial et temporel est corrélé à leur position dans les complexes chromosomiques.	- Comparer l'organisation du membre chiridien des Tétrapodes au sein d'un même organisme (variations selon les ceintures) et entre organismes (variations selon les taxons). - Caractériser différentes étapes du développement du membre à partir de clichés (microscopie optique ou électronique, hybridation *in situ*, immunocytochimie, radiographie aux rayons X). - Exploiter des données expérimentales pour montrer l'existence de plusieurs centres inducteurs du développement du bourgeon de membre et leur rôle dans la mise en place des polarités du membre. - Discuter du concept d'induction à l'aide de données montrant l'importance de l'âge et de la localisation des territoires inducteurs ou induits dans la réalisation du développement du membre. - Exploiter des données expérimentales afin de montrer le rôle inducteur et morphogène de facteurs paracrines. - Analyser des données d'expression génétique pour corréler l'organisation génomique des gènes *Hox* et leur patron d'expression. - Exploiter des données pour mettre en évidence le rôle des gènes *Hox* dans l'acquisition de l'identité des membres et de leurs différents segments.
Précisions et limites : *Les mécanismes moléculaires de la mort cellulaire programmée ne sont pas au programme.* *Les données expérimentales sont fondées sur les techniques suivantes dont les principes doivent être connus : hybridation in situ, ablation et greffe de groupes de cellules, application de facteurs diffusibles, étude d'organismes génétiquement modifiés, expression de gènes rapporteurs.* *On propose un modèle simple d'interactions entre centres inducteurs limité à quelques facteurs paracrines (famille des FGF, Shh, Wnt).* *Le détail des voies de signalisation n'est pas exigible.* *On se limite à étudier les mécanismes de spécification de l'identité des membres selon leur position dans l'axe antéro-postérieur et de l'identité des segments selon l'axe proximo-distal.*	
SV-H-3 Différenciation d'un type cellulaire : la cellule musculaire striée squelettique	
Le membre chiridien est constitué de nombreux tissus qui assurent en particulier le soutien et la mobilité de l'organisme. Les cellules musculaires (ou myocytes) striées squelettiques forment des muscles insérés sur les os par des tendons, innervés par des motoneurones et irrigués par le système sanguin. La cellule musculaire est plurinucléée et organisée par des myofibrilles formées par la répétition de sarcomères qui sont les unités contractiles. Un couplage chimio-mécanique entre les filaments d'actine et de myosine assure la contraction. Cette dernière est dépendante d'un flux calcique déclenché par un potentiel d'action. Les cellules musculaires striées squelettiques des membres sont issues de la différenciation de cellules souches provenant des somites et donnant naissance à des précurseurs (les myoblastes). La différenciation cellulaire est un processus séquentiel ; elle implique l'arrêt de la prolifération cellulaire. La maturation	- Réaliser une préparation microscopique de muscle strié squelettique coloré ou non. - Identifier des cellules musculaires striées squelettiques en microscopies optique et électronique. - Illustrer la notion de cellule différenciée à l'aide de l'étude de la cellule musculaire striée squelettique.

terminale est dépendante de leur innervation par des motoneurones. La détermination puis la différenciation des cellules musculaires reposent sur l'expression séquentielle de facteurs de transcription spécifiques contrôlée par des rétroactions entre les facteurs de transcription et des signaux paracrines.	- Analyser des données pour argumenter le rôle de gènes dans la différenciation des cellules musculaires striées squelettiques.

Précisions et limites :
Les modalités du couplage excitation-contraction ne sont pas exigibles.
On analyse des données relatives aux gènes myogéniques et à leur rôle dans la différenciation des cellules musculaires striées squelettiques.

Liens :
Organisation fonctionnelle des vertébrés tétrapodes (SV-A-1)
Organisation des cellules eucaryotes et relation entre organisation cellulaire et fonction (SV-C-1, SV-C-2).
Contrôle de l'expression génétique par des facteurs de transcription (SV-F-3).
Complémentarité des gamètes, modalités de la fécondation chez les Mammifères (SV-G-3)
Modalités de communications intercellulaires - notion de paracrinie (SV-I-2)

SV-I Communications intercellulaires et intégration d'une fonction à l'organisme (BCPST 2)

Le fonctionnement d'un organisme pluricellulaire repose sur la coopération entre différents tissus, organes et appareils. La coordination des différentes structures est fondée sur des communications entre cellules par le biais de messagers chimiques ou de signaux électriques. Les modalités et les exemples de communication intercellulaire abordés sont choisis parmi les contrôles développés dans les différentes parties du programme.
Dans cette partie, l'intégration d'une fonction à l'échelle d'un organisme est conduite à partir de l'exemple de la fonction circulatoire chez les Mammifères. L'étude de la circulation sanguine systémique est l'occasion de développer les principes d'une régulation et d'une adaptation physiologique à partir de l'étude de la pression artérielle.

Savoirs visés	**Capacités exigibles**
SV-I-1 Intégration d'une fonction à l'échelle de l'organisme : la circulation sanguine chez les Mammifères	
La circulation sanguine est un système de distribution à haut débit du sang (plasma et éléments figurés). Le système circulatoire sanguin des Mammifères est organisé par deux circulations en série : circulation systémique et circulation pulmonaire. Les artères, réservoir de pression, distribuent le sang aux réseaux de capillaires. Les capillaires constituent la surface d'échanges entre le sang et le milieu interstitiel selon trois grandes modalités : transports transmembranaires, transcytose et filtration-réabsorption. Les veines collectent le sang et constituent un réservoir de volume. La pression artérielle moyenne est la résultante de paramètres circulatoires (débit et résistance vasculaire) dépendants des activités cardiaque et vasculaire.	- Caractériser l'organisation histologique et anatomique des différents vaisseaux de l'organisme à l'aide de préparations microscopiques et d'électronographies. - Relier les caractéristiques des vaisseaux sanguins à leurs propriétés fonctionnelles (débit, vitesse et pression sanguins, résistance vasculaire, compliance). - Expliquer l'importance fonctionnelle de l'organisation en dérivation de la circulation systémique. - Représenter les échanges capillaires par filtration-réabsorption selon le schéma de Starling et discuter de leur importance pour l'homéostasie du milieu intérieur. - Utiliser la loi de Hagen-Poiseuille pour modéliser les relations entre pression et débit sanguins à l'échelle d'un vaisseau et à l'échelle de la circulation systémique (en incluant un paramètre de résistance périphérique totale) - Définir la relation entre pression artérielle moyenne et pression artérielle différentielle.

Précisions et limites :
L'étude histologique et anatomique porte sur les artères musculaires, artérioles, veines musculaires et capillaires continus.
La présence de cellules dans le sang est citée sans développement.

Le cœur est un muscle à rôle de pompe qui met le sang sous pression ; il est à l'origine du débit sanguin global. Le cœur présente un fonctionnement cyclique caractérisé par une succession de systoles et de diastoles. Le cœur présente un automatisme de fonctionnement, conséquence des propriétés du tissu nodal. Ce dernier a la capacité de générer, de façon cyclique, des potentiels d'action. Ces derniers sont propagés au sein du tissu de conduction et génèrent des potentiels d'action dans le tissu musculaire cardiaque. Ceux-ci provoquent la contraction du cœur selon la séquence caractéristique du cycle cardiaque.	- Sur un cœur de Mammifère : • identifier les différentes cavités et valvules ; • reconnaître les vaisseaux en connexion avec les cavités cardiaques ; • expliquer la circulation unidirectionnelle du sang à partir de l'analyse des dispositifs anatomiques. - À partir d'une préparation microscopique, présenter l'organisation fonctionnelle du tissu myocardique contractile. - Relier les étapes du cycle cardiaque au rôle de pompe du cœur. - Mettre en relation débit cardiaque, fréquence cardiaque et volume d'éjection systolique. - Relier la localisation des structures impliquées dans l'automatisme et les vitesses de propagation de l'excitation cardiaque avec la séquence de contraction. - Relier les caractéristiques du potentiel d'action des cellules du nœud sinusal aux variations de conductances ioniques constatées.
Précisions et limites : *L'étude des potentiels d'action est limitée à celui généré par le nœud sinusal.* *La technique d'électrocardiographie n'est pas exigible.* *Le couplage excitation/contraction des cardiomyocytes n'est pas au programme.*	
La pression artérielle moyenne est maintenue dans une gamme de valeurs restreinte, variable selon les individus et les conditions, par des mécanismes de régulation. Le baroréflexe rectifie les écarts à la valeur de consigne de la pression artérielle mesurée à partir de récepteurs. Les centres intégrateurs, situés dans le système nerveux central, modifient l'activité des effecteurs cardiaque et vasculaires. Les informations vers les effecteurs transitent par les nerfs sympathiques et parasympathiques du système nerveux autonome.	- Analyser des résultats expérimentaux afin d'identifier la nature et le rôle des différentes composantes de la boucle de régulation du baroréflexe. - Expliquer les mécanismes du contrôle de la fréquence cardiaque jusqu'à l'échelle cellulaire et moléculaire.
Précisions et limites : *Dans le cadre du baroréflexe, on ne discute que des barorécepteurs de haute pression.* *On se limite à présenter les voies centripètes et centrifuges du système nerveux autonome sans détailler les centres intégrateurs du système nerveux central et les relais ganglionnaires.*	
Dans le cas de l'adaptation à l'effort physique, les débits globaux et locaux sont modifiés par des changements d'activité des effecteurs cardiaque et vasculaires. Les changements d'activité des effecteurs cardiaque et vasculaires sont le produit de contrôles nerveux, hormonaux et paracrines. Des récepteurs vasculaires et musculaires informent les centres intégrateurs de l'état physiologique de l'organisme au cours de l'effort. Les boucles de contrôle forment ainsi des réseaux interconnectés modifiant l'activité des effecteurs en fonction de la situation.	- Mettre en relation les variations des différents paramètres circulatoires au cours d'un effort physique (pression artérielle moyenne, résistance périphérique, débit cardiaque, débits sanguins dans les différents organes). - Justifier la notion d'adaptation physiologique à partir de l'analyse des conséquences des modifications du débit global et local sur la pression artérielle. - Identifier les composantes des systèmes de contrôle globaux et locaux impliqués dans l'adaptation à l'effort physique. - Caractériser différentes périodes de contrôles : au début de la période d'effort, pendant l'effort puis à la fin de la période d'effort.
Précisions et limites : *Le contrôle local est limité aux facteurs de l'hyperhémie active et au monoxyde d'azote.*	
Liens : Fonctions de nutrition d'un organisme animal, boucle de régulation (SV-A-1) Organisation fonctionnelle de l'appareil respiratoire pulmonaire, relations entre convections externe et interne, rôle de l'hémoglobine dans le sang (SV-B-1)	

Comparaison avec la circulation des sèves chez les Angiospermes (SV-B-2)
Jonctions intercellulaires (SV-C-1)
Echanges transmembranaires et origine du potentiel de membrane (SV-C-3)
Organisation fonctionnelle de la cellule musculaire striée squelettique (SV-H-3)
Modalités des communications intercellulaires chez les Métazoaires(SV-I-2)

SV-I-2 Communications intercellulaires chez les Métazoaires

Il existe différentes modalités de communications (nerveuse, endocrine, paracrine) complémentaires et en interaction assurant la coordination des fonctions de l'organisme. Le mode d'action des messagers chimiques (neurotransmetteurs, hormones, facteurs paracrines) sur les cellules cibles requiert l'interaction avec un récepteur spécifique. Les réponses cellulaires sont distinctes selon la compétence de la cellule cible (récepteurs, voies de signalisations activées, contrôle de l'expression génétique). L'extinction du signal est souvent liée à la dégradation des messagers. Les étapes de transduction intracellulaires permettent l'amplification de la réponse cellulaire aux messagers extracellulaires.	- Comparer les modalités de communication : nature des messagers, codage du message, voies de transfert de l'information, vitesse de transfert et de décodage. - Illustrer la diversité des voies de transduction et/ou de réponses possibles pour un même messager chimique. - Présenter une voie de transduction comprenant un relais intracellulaire avec un second messager (voie des protéines G et de l'AMPc) et comparer à une voie impliquant un récepteur intracellulaire. - Illustrer à l'aide d'un exemple un mécanisme de dégradation de messager chimique et son importance physiologique.

Précisions et limites :
On s'appuie sur des exemples développés dans d'autres parties du programme : différenciation de la cellule musculaire striée, contrôle de l'activité cardiaque, contrôle de la vasomotricité, interactions paracrines au cours du développement embryonnaire. On se limite à mentionner l'existence d'un récepteur intracellulaire pour les hormones stéroïdes de la reproduction, induisant une modification d'expression génétique.

Les cellules excitables sont caractérisées par leur capacité à générer un potentiel d'action. Le potentiel d'action neuronal s'explique par les variations de conductance de canaux sensibles à la tension (voltage-dépendant). Le message nerveux est codé en fréquence de potentiels d'action. Dans les neurones, le potentiel d'action se propage de façon unidirectionnelle et régénérative le long de l'axone. Le diamètre des fibres affecte leur conductivité et donc la vitesse de propagation des potentiels d'action, de même que la présence d'une gaine de myéline. La synapse transmet l'information d'une cellule excitable à une autre. La synapse chimique implique l'exocytose de neurotransmetteurs dans une concentration déterminée par la fréquence de potentiels d'action du message nerveux. Les neurotransmetteurs se lient à des récepteurs ligands-dépendants provoquant une variation de potentiel transmembranaire de la cellule cible. Dans certaines cellules, ces variations de potentiel transmembranaire conduisent à la genèse de potentiels d'action post-synaptiques. La diversité des potentiels d'action est liée aux propriétés des canaux impliqués (spécificité ionique, contrôle de l'ouverture et de la fermeture).	- Caractériser les différentes phases du potentiel d'action neuronal. - Relier la variation du potentiel membranaire aux modifications de conductances provoquées par les canaux ioniques. - Exploiter des enregistrements de patch-clamp pour argumenter un modèle moléculaire de fonctionnement d'un canal voltage-dépendant. - Expliquer, dans un fonctionnement synaptique, les caractéristiques du transfert d'information : nature du signal, nature du codage, sommation, extinction du signal. - Relier sur un exemple le fonctionnement des récepteurs ligands-dépendants aux caractéristiques fonctionnelles des protéines membranaires (site, allostérie, hydropathie et localisation...). - Expliquer les modalités de genèse d'un potentiel d'action post-synaptique à partir de l'exemple du potentiel d'action musculaire. - Comparer le potentiel d'action neuronal (motoneurone) et le potentiel d'action des cellules pacemaker du nœud sinusal : phases, durées, séquences de variations de conductance.

Précisions et limites :
Le potentiel d'action du motoneurone et la synapse neuromusculaire servent de support à la présentation des concepts à étudier. On peut s'appuyer sur les acquis de terminale.
Le principe de la technique du patch-clamp est présenté mais l'explication des différents montages permettant de mesurer les courants ioniques transmembranaires n'est pas exigible.

On présente la production du potentiel d'action musculaire à la suite de la stimulation de la cellule par un motoneurone.	
Le message hormonal est délivré par une cellule endocrine à la suite d'une stimulation. Les hormones transitent par le sang en de très faibles concentrations. Les cellules cibles expriment les récepteurs spécifiques et les éléments de la voie de signalisation conduisant à une réponse biologique.	
Précisions et Limites : *On s'appuie sur des exemples développés dans d'autres parties du programme : contrôles de l'activité cardiaque et de la vasomotricité.*	
Liens : Relations entre fonctions au sein d'un organisme animal (SV-A-1) Rôles des messagers chimiques dans le développement végétatif ou reproducteur des Angiospermes (SV-B-3) Echanges transmembranaires et origine du potentiel de membrane, cytoses (SV-C-3) Modalités de contrôle de l'expression des génomes (SV-F-3) Rôles des facteurs paracrines dans le développement du membre (SV-H-2) et la différenciation de la cellule musculaire striée (SV-H-3) Contrôles de l'activité cardiaque et contrôles de la vasomotricité (SV-I-1)	

SV-J Populations et écosystèmes (BCPST 1)

Dans cette partie, les populations sont appréhendées sous l'angle de la dynamique des populations. L'aspect évolutif est développé dans la partie évolution et phylogénie. Le concept d'écosystème est abordé à partir de l'exemple de la prairie pâturée en zone tempérée, exemple qui sera complété, pour certains aspects, par celui de l'écosystème forestier tempéré. L'exemple de la pâture permet de définir l'organisation d'un écosystème et de montrer son fonctionnement, tout en prenant en compte l'importance des interventions humaines (« agroécosystème »). Cette partie met en place un canevas général d'analyse de la structure et du fonctionnement des écosystèmes et s'appuie sur des exemples d'organismes présents dans ces écosystèmes et vus ailleurs dans le programme. Les concepts d'écologie sont remobilisés dans les parties de biogéosciences (les grands cycles biogéochimiques, le sol et le climat de la Terre).

Savoirs visés	**Capacités exigibles**
SV-J-1 Les populations et leur démographie	
Les organismes sont regroupés en populations dont les effectifs varient au cours du temps, selon les paramètres démographiques. L'effectif d'une population fluctue sous l'effet de facteurs variés dont les facteurs du biotope et les facteurs intrinsèques à la population. La capacité biotique correspond à l'effectif maximal que peut soutenir un milieu. La variation d'effectif d'une population peut être approchée par des modèles mathématiques simples : croissance exponentielle et croissance logistique. Une métapopulation correspond à un ensemble de populations connectées. Les migrations font varier les effectifs des populations. Les relations interspécifiques sont également responsables de variations des effectifs des populations.	- Analyser des données de variations d'effectifs de populations sous l'effet de facteurs indépendants de la densité (facteurs du biotope), et dépendants de la densité (cas de la densité-dépendance avec compétition intraspécifique). - Modéliser les variations d'effectifs dans le cas d'une croissance exponentielle et d'une croissance logistique (modélisation numérique) et discuter des limites de ces modèles. - Discuter dans le cadre du modèle logistique des stratégies démographiques r et K. - Analyser les effets des relations interspécifiques sur les effectifs des populations dans le cas de la prédation et les modéliser (modèle de Lotka-Volterra).
Précisions et limites : *Les modèles à mémoriser sont ceux de la croissance exponentielle et de la croissance logistique. Le formalisme mathématique du modèle de prédation de Lotka-Volterra n'est pas à mémoriser.*	

Liens :
Reproduction des organismes et effectifs des populations (SV-G)
Stratégie r et K (SV-G-3)
Relations interspécifiques (SV-J-2-2)
Dynamique des écosystèmes (SV-J-2-4)
Valeur sélective ; forces évolutives (SV-K-1)
Activités de terrain
Mathématiques – informatique

SV-J-2 Les écosystèmes : structure, fonctionnement et dynamique

SV-J-2-1 Organisation des écosystèmes

L'écosystème est un ensemble circonscrit par un observateur/expérimentateur. La biocénose et le biotope sont les composants de l'écosystème. La biocénose comprend l'ensemble des populations des différentes espèces, y compris microbiennes. Elle comporte une diversité intraspécifique, une diversité interspécifique et une diversité de groupes fonctionnels. La richesse spécifique est une mesure du nombre d'espèces. Il existe des indices de biodiversité tenant compte de l'abondance et de l'équitabilité des différentes espèces. Les organismes ingénieurs sont des espèces qui construisent le milieu et / ou modifient l'habitat pour d'autres espèces. La distribution spatiale des composants de l'écosystème détermine sa structure.	- Présenter la notion de richesse spécifique à partir de l'exemple de la prairie pâturée. - Présenter la notion de groupe fonctionnel dans le cas des végétaux de la prairie. - Mettre en œuvre un protocole d'étude de la diversité spécifique sur le terrain adapté aux groupes biologiques étudiés incluant une réflexion sur l'exhaustivité et la représentativité de l'échantillonnage (aire minimale, courbe de saturation). - Caractériser une structuration spatiale de l'écosystème sur le terrain (cas de la structuration verticale dans l'écosystème forestier).

Précisions et limites :
Aucune formule d'indices de biodiversité n'est exigible : elles sont fournies aux étudiants pour calculer ces indices et interpréter les valeurs des indices dans un contexte donné.

Liens :
Stratégies r et K (SV-J-1)
Diversité génétique (SV-K-1)
Biodiversité des sols (BG-B-1-1)
Changement climatique et biodiversité (BG-C-3-3)
Activités de terrain

SV-J-2-2 – Diversité des relations interspécifiques et conséquences sur la structure de l'écosystème

Au sein de l'écosystème, les espèces entretiennent entre elles des relations variées qui affectent la valeur sélective (*fitness*) des organismes et la structure de leur population : mutualisme / symbiose, parasitisme / prédation / phytophagie, compétition, commensalisme, amensalisme. La typologie des relations interspécifiques présente des cas limites qui, pour un couple d'espèce donné, peuvent dépendre du stade et du contexte écologique. Ces relations interspécifiques modifient la niche écologique potentielle en une niche écologique réalisée. Les espèces clefs de voûtes sont celles dont la disparition conduit à des modifications importantes de la structure des écosystèmes.	- Discuter de la catégorisation des relations interspécifiques et de leurs limites. - Caractériser des interactions parasitaires, compétitives ou mutualistes. - Analyser sur le terrain et/ou en TP le réseau des diverses relations interspécifiques centré sur un organisme (l'arbre) : épiphytes (dont lichens), parasites / phytophages, organismes mutualistes / symbiotiques, compétiteurs. - Décrire et relier les interactions interspécifiques à la dynamique d'une population et à la délimitation de sa niche écologique réalisée à partir de sa niche écologique potentielle (en particulier dans le cas de l'effet Janzen-Connell sur la végétation). - Expliquer le rôle des bovins, espèce clef de voûte, dans l'entretien d'un milieu ouvert prairial.

Précisions et limites :
Les relations interspécifiques sont soutenues par un seul exemple à chaque fois vu ailleurs dans le programme.

Dans une définition basée sur la valeur sélective, la prédation (s.l.) et le parasitisme sont (selon les auteurs) des cas particuliers l'un de l'autre. Bien que polysémique, le mot symbiose est définie ici comme un cas de mutualisme où les partenaires vivent ensemble.

Liens :
Regards sur un organisme Métazoaire : un Bovidé (SV-A-1)
Regards sur un organisme Angiosperme : une Fabacée (SV-A-2)
Implications des nodosités fixatrices d'azote et mycorhizes dans la nutrition des Angiospermes (SV-B-2)
Importance des relations mutualistes dans la pollinisation et la dissémination chez les Angiospermes (SV-G-1)
Effectif des populations (SV-J-1)
Interactions trophiques (SV-J-2-3)
Biodiversité fonctionnelle des sols (BG-B-1-1)
Activités de terrain

SV-J-2-3 Fonctionnement des écosystèmes

Les interactions trophiques constituent des chaînes trophiques où les producteurs primaires et les consommateurs constituent des niveaux trophiques. Tous les consommateurs (y compris microbiens) effectuent une décomposition et une minéralisation. La production primaire est réalisée par les organismes photolithotrophes et chimiolithotrophes. Le fonctionnement des chaînes trophiques peut être représenté quantitativement par des pyramides (biomasse et énergie). Les chaînes trophiques se structurent en réseaux trophiques. Dans le système herbe-vache, la symbiose avec les micro-organismes et l'utilisation croisée des déchets des partenaires augmentent le rendement entre échelons trophiques. Au sein des réseaux trophiques, il existe des régulations des effectifs de leurs maillons de façon descendante (*top-down*) ou ascendante (*bottom-up*). La productivité définie comme la production divisée par la biomasse du producteur, varie selon l'écosystème. Le fonctionnement de ces réseaux contribue au recyclage de la biomasse. L'écosystème est un système ouvert. Le fonctionnement de l'écosystème repose sur un flux de matière et d'énergie (issue du Soleil ou de réactions chimiques).	- Caractériser, pour chaque niveau trophique, la production de biomasse et comparer, pour chaque niveau, les productions (primaire, secondaire, etc.) et les rendements (pertes associées aux transferts entre niveaux trophiques). - Discuter de la place de la vache (un ruminant) dans les pyramides de production (en biomasse et énergie). - Comparer les productivités dans les cas de la pâture et de la forêt. - Montrer l'influence de paramètres abiotiques sur la production primaire (cas des paramètres climatiques et influence des fertilisants dans les sols exclusivement). - Discuter le rôle des décomposeurs et des chimiolithotrophes (cas de la nitrification) dans le recyclage des ressources minérales. - Estimer le flux d'énergie dans un écosystème. - Relier la production primaire et l'utilisation de l'énergie issue du Soleil (phototrophie) ou de réactions chimiques (chimiolithotrophie). - Établir un bilan quantitatif (matière et énergie) des exportations / importations d'une pâture les informations étant fournies.

Précisions et limites :
Les ordres de grandeur des importations et des exportations, des productions sont discutés sans être exigibles.
Le rôle des décomposeurs est indiqué et est développé dans la partie sur les sols (BG-B).

Liens :
Regards sur un organisme Métazoaire : un Bovidé (SV-A-1)
Regards sur un organisme Angiosperme : une Fabacée (SV-A-2)
Types trophiques des organismes unicellulaires (SV-A-3)
Métabolisme cellulaire (SV-E-1 ; SV-E-2)
Cycle du C (BG-A-1) ; cycle de l'azote (BG-A-2)
Biodiversité fonctionnelle des sols (BG-B-1-1)
Changement climatique et biodiversité (BG-C-3-3)

SV-J-2-4 Dynamique des écosystèmes

Les écosystèmes sont des systèmes dynamiques dans leur structure et leur fonctionnement. Des perturbations abiotiques ou biotiques (dont les perturbations anthropiques) peuvent faire évoluer leur structure et leur fonctionnement. La stabilité d'un écosystème est définie par sa résistance et sa résilience.	- Illustrer la notion de perturbation (fréquence, intensité). - Montrer, à partir de bilans qualitatifs et quantitatifs fournis, que des perturbations d'origine biotique ou abiotique peuvent modifier la structure et le fonctionnement de l'écosystème. - Expliquer à l'aide d'exemples la différence entre résistance et résilience d'un écosystème.

La résistance d'un écosystème est sa capacité à maintenir son état initial suite à une perturbation. La résilience d'un écosystème est sa capacité à revenir à son état initial après avoir subi une perturbation. Des successions écologiques sont observables après des perturbations. Les écosystèmes délivrent des services écosystémiques. La gestion des écosystèmes nécessite d'intégrer leurs dynamiques suite à des perturbations.	- Expliquer le rôle de la facilitation écologique et de la compétition interspécifique dans une dynamique de végétation sur l'exemple de l'éclairement dans la transition vers la forêt (climax).
Précisions et limites : *La notion de service écosystémique, introduite au lycée, est reprise ici (en BCPST 1) et est également réinvestie dans la partie « Les Sols » (en BCPST 2) où deux exemples de services écosystémiques sont détaillés.* *Aucun exemple de gestion d'un écosystème n'est à mémoriser.* *Le climax est un état d'équilibre dynamique vers lequel tend spontanément un écosystème, qui peut varier sur le long terme.*	
Liens : Effectif des populations (SV-J-1) Sols (BG-B) Changement climatique et biodiversité (BG-C-3-3)	

SV-K Évolution et phylogénie (BCPST 1 et BCPST 2)

La diversité du vivant est le résultat d'une histoire évolutive et est en devenir permanent. Il s'agit ici de comprendre les mécanismes de l'évolution, à la lumière de la théorie synthétique de l'évolution, qui explique l'origine de la diversité génétique au sein des populations et des espèces, mais aussi de la diversité de celles-ci.
La phylogénie permet de reconstruire l'histoire évolutive des taxons. En BCPST 1, l'objectif est de comprendre les principes d'établissement des phylogénies. En outre, il existe d'autres regroupements d'organismes qui ne sont pas en rapport avec la phylogénie. C'est l'occasion de montrer que les classifications n'ont pas toutes la même signification, et que chacune dépend des objectifs du classificateur. En BCPST 2, il s'agit de se centrer sur l'exploitation d'arbres phylogénétiques afin de discuter des scénarios évolutifs.
Cette partie permet aussi aux étudiants de prendre du recul sur l'évolution biologique, qui constitue un fil rouge des programmes scolaires, et qui vise à dépasser des obstacles épistémologiques. Il s'agit notamment de dépasser une pensée finaliste en mobilisant un raisonnement sélectif darwinien et en laissant sa place au hasard. On évite aussi toute forme de fixisme (il n'y a ni fossile vivant, ni organisme primitif, ni pérennité de l'espèce).

Savoirs visés	**Capacités exigibles**
SV-K-1 Les mécanismes de l'évolution (BCPST 2)	
Les mécanismes de l'évolution peuvent être étudiés par différentes approches, dont l'évolution expérimentale. Les mutations sont aléatoires et engendrent du polymorphisme dans une population. Les flux migratoires peuvent augmenter ou réduire le polymorphisme d'une population. La sélection est un processus majeur de reproduction différentielle, où la valeur sélective (*fitness*) se mesure au nombre de descendants viables et fertiles produits. La valeur sélective d'un trait génétique dépend de l'environnement ; elle diminue parfois la valeur sélective d'autres traits (compromis évolutif). La sélection exerce un tri orienté de la diversité génétique, mais peut aussi entretenir un polymorphisme dans certains cas. La dérive génétique exerce un tri aléatoire dont l'intensité dépend de la taille des populations.	- Argumenter la notion de compromis évolutif à partir de l'exemple des caractères potentiellement handicapants des mâles. - Comparer sélection directionnelle et sélection balancée. - Exploiter des données pour déterminer une modalité de sélection sur des traits quantitatifs. - Discuter de facteurs de sélection et de la valeur sélective d'un trait de caractère à partir de documents fournis. - Modéliser, à l'aide d'un logiciel, des cas de sélection ou de dérive afin d'expliquer l'évolution d'une population. - Distinguer les effectifs efficace et total d'une population dans l'intensité de la dérive. - Mettre en relation le hasard et l'évolution de la biodiversité à partir de l'exemple de la crise Crétacé-Paléocène (dérive à partir des taxons survivants).

Elle agit sur tous les traits mais agit seule sur les traits neutres. La biodiversité actuelle est donc à la fois le résultat de sélections et de dérives.	
Précisions et limites : *On pourra s'appuyer notamment sur les expériences historiques de Luria et Delbrück (1948) et de Buri (1956) pour argumenter respectivement le caractère aléatoire des mutations et la dérive. La sélection balancée est construite sur l'exemple du locus S des Angiospermes ou de la proportion des mâles et des femelles afin de s'appuyer sur un exemple où seule la sélection intervient dans le maintien du polymorphisme.* *Pour la dérive génétique, on s'appuie sur un exemple d'effet fondateur.*	
L'espèce, qui joue un grand rôle dans la description de la biodiversité observée, est un concept élaboré par l'être humain. Chez les Eucaryotes, les isolements reproducteurs conduisant à des isolements génétiques permettent de définir des espèces biologiques. Cet isolement conduit à des spéciations allopatriques ou sympatriques. Néanmoins, les transferts horizontaux et les hybridations (qui induisent des introgressions) sont des limites à ces isolements. Ces phénomènes entraînent une évolution réticulée du vivant. Les espèces et les populations ne sont pas pérennes car elles sont constituées d'individus qui varient et sont soumis à la sélection et la dérive ; de plus elles peuvent s'éteindre. Sous l'effet de relations interspécifiques, les espèces sont en évolution permanente ou s'éteignent (théorie de la Reine Rouge) : c'est la coévolution, qui peut s'accompagner de cospéciation.	- Discuter différentes définitions de l'espèce, leurs contextes d'usage et leurs limites (définition biologique, phénotypique, écologique, phylogénétique, …). - Exploiter des données scientifiques démontrant des cas de spéciation. - Argumenter la coévolution entre deux espèces pour un cas déterminé (plante-pollinisateur, hôte-parasite)
Précisions et limites : *On étudiera un cas de spéciation allopatrique et un cas de spéciation sympatrique.* *La coévolution plante-pollinisateur peut s'appuyer utilement sur les analyses florales conduites en travaux pratiques*	
Les espèces, formées de populations plus ou moins connectées entre elles, peuvent être étudiées comme des ensembles ou des réservoirs d'allèles. Chez les diploïdes, l'hétérozygotie est plus ou moins maintenue selon le régime de reproduction (asexué ou sexué plus ou moins panmictique). Le polymorphisme existant dans les populations est affecté par les mutations, la migration, la sélection et la dérive. Le modèle de Hardy-Weinberg permet de caractériser les écarts à l'équilibre attendu en panmixie.	- Comparer les conséquences génétiques de la reproduction sexuée *versus* asexuée. - Comparer les conséquences génétiques de l'homogamie et de l'hétérogamie. - Comparer des données acquises par l'observation ou issues de publications aux proportions attendues d'après le modèle de Hardy-Weinberg et les interpréter.
Précisions et limites : *Le modèle de Hardy-Weinberg (présenté comme modèle par défaut ou « modèle nul ») est étudié en terminale : il s'agit ici de le remobiliser et d'enrichir l'étude de la génétique des populations, notamment avec l'impact du régime de reproduction. Les conséquences génétiques de l'hétérogamie sont étudiées pour le locus S des Angiospermes.* *Les tests statistiques vus en mathématiques peuvent être remobilisés en génétique des populations.*	
Liens : Notions d'adaptation, de convergences et de régressions évolutives (SV-B-3-3) Diversité génétique, mutations, brassages génétiques et transferts horizontaux de gènes (SV-F-4) Modalités favorisant la fécondation croisée ou le tri allélique ; sélection agronomique (SV-G) Variation d'effectif des populations (SV-J-1) Biocénose et diversité ; richesse spécifique (SV-J-2-1) Relations interspécifiques (SV-J-2-2) Phylogénie et biodiversité (SV-K-2-1) Changement climatique et biodiversité (BG-C-3-3)	

SV-K-2 Une approche phylogénétique de la biodiversité (BCPST 1 et BCPST 2)	
SV-K-2-1 Classer la biodiversité (BCPST 1)	
Plusieurs types de classification existent en biologie selon les objectifs poursuivis : utilitaire, fonctionnel (écologique, physiologique), phylogénétique. Elles s'appuient sur différents caractères : fonctionnels, morphologiques, anatomiques, embryologiques (pour les pluricellulaires), biochimiques ou moléculaires (en plein essor grâce aux outils de la biologie moléculaire et de la bioinformatique). Les classifications utilisent la ressemblance, qui peut être due à des homoplasies ou à des homologies. Les classifications phénétiques classent les taxons selon leur ressemblance globale (exemple des méthodes de distances génétiques). Elles sont de moins en moins utilisées en taxonomie. Les classifications post-darwiniennes cherchent à refléter les parentés évolutives. Les classifications dites évolutionnistes ne retenaient que les homologies mais acceptaient les groupes paraphylétiques ; elles ne sont plus utilisées en taxonomie. Les classifications phylogénétiques (ou cladistiques) ne retiennent que les ressemblances particulières à une partie des organismes à classer (ce sont les synapomorphies, ou caractères partagés à l'état dérivé) : elles définissent des groupes monophylétiques. Plusieurs méthodes sont utilisées pour élaborer des phylogénies. Certaines utilisent des groupes externes (actuels ou fossiles), ce qui permet d'identifier les états ancestraux (plésiomorphes) et dérivés (apomorphes) des caractères. La plupart des autres analyses reposent sur des méthodes déterminant l'arbre le plus probable au regard d'un modèle évolutif postulé. Dans ce cas, les plésio et apomorphies sont reconnues *a posteriori*, comme un produit de l'analyse. Le principe de parcimonie retient l'arbre qui maximise la cohérence des caractères, c'est-à-dire qui nécessite le moins de changements évolutifs. D'autres méthodes se fondent sur des modèles probabilistes (fixant les probabilités des changements évolutifs) pour déterminer le ou les arbres le(s) plus probable(s) selon le modèle retenu (comme l'approche du maximum de vraisemblance).	- Distinguer classification (utilisée pour la création des taxons) et tri (par exemple pour la détermination des individus). - Distinguer sur un arbre phylogénétique des groupes mono-, para- et polyphylétiques. - Argumenter la validité ou non de certains groupes en phylogénie et discuter le maintien d'usage de certains groupes para- ou polyphylétique selon le domaine de validité (ex. phylogénie, écologie, vie quotidienne). - Identifier les synapomorphies, les symplésiomorphies et les convergences sur un arbre phylogénétique. - Construire une phylogénie par parcimonie (cladogramme) à partir d'un jeu limité de taxons et de caractères fournis (chez les Métazoaires ou les Embryophytes) - Réaliser et exploiter des alignements de séquences afin de construire un arbre phylogénétique à partir d'une méthode fournie avec l'aide ou non d'un logiciel dédié.
Précisions et limites : *On distingue des groupes phylogénétiques des groupes fonctionnels (écologiques, physiologiques) mais polyphylétiques vus dans les autres parties du programme et lors des sorties. On se contente de mentionner l'existence du principe du maximum de vraisemblance. Aucune méthode de calcul ou test statistique n'est au programme.* *L'étude de la phylogénie est l'occasion de conduire une réflexion d'ordre épistémologique sur la nature des savoirs scientifiques et leur élaboration. Il s'agit notamment d'accéder au caractère provisoire et réfutable des savoirs scientifiques (évolution des phylogénies au cours de l'histoire des sciences), à l'ancrage théorique des savoirs scientifiques (notamment dans la relation entre classification et théorie de l'évolution), à leur dépendance aux techniques d'étude du réel (développement d'outils bioinformatiques, moléculaires, etc.). Le principe de parcimonie est introduit en lien avec sa portée plus générale de maximisation de la cohérence d'une théorie et d'un modèle scientifiques (principe d'économie des hypothèses ou rasoir d'Occam). Il peut aussi être présenté comme une variante du maximum de vraisemblance avec un poids équivalent pour tous les évènements évolutifs.*	

Liens :
Regards sur les organismes (SV-A)
Organisation des génomes et techniques de biologie moléculaires (SV-F)

SV-K-2-2 Analyser des arbres phylogénétiques pour construire des scénarios évolutifs (BCPST 2)

Plusieurs arbres du vivant se sont succédés depuis les premières classifications phylogénétiques avec l'enrichissement des données sur la biodiversité et l'évolution des technologies moléculaires. Les virus ne sont pas placés dans l'arbre du vivant. La racine de l'arbre des Eucaryotes est encore sujette à discussion. Cet arbre illustre la divergence évolutive, la possibilité d'évolution régressive et l'homoplasie (convergence et réversion). C'est le cas par exemple pour la possession de plastes et l'état pluricellulaire. Certains groupes définis par leurs ressemblances écologiques témoignent d'une convergence évolutive, comme les végétaux (au sens des organismes réalisant la photosynthèse oxygénique), les algues ou les champignons. La confrontation d'arbres phylogénétiques peut révéler des coévolutions et/ou cospéciations.	- Identifier un transfert horizontal de gène comme une différence de topologie (incongruence) entre les arbres phylogénétiques basés sur ce gène et sur d'autres gènes. - Argumenter l'absence des virus dans l'arbre du vivant. - Argumenter que l'évolution ne peut pas être présentée en termes de « progrès », qu'elle peut être simplificatrice, et qu'elle n'a ni direction, ni but. - Exploiter des données afin de discuter l'histoire évolutive d'un groupe, les données et les arbres phylogénétiques étant fournies. - Argumenter la théorie endosymbiotique des plastes ainsi que les endosymbioses primaires et secondaires des plastes. - Identifier et expliquer des convergences évolutives. - Réaliser des observations macroscopiques et microscopiques, avec ou sans coloration, afin de mettre en évidence des caractères des algues exploitables dans le cadre d'une analyse phylogénétique. - Exploiter des données biochimiques et des clichés de microscopie électronique d'algues et d'organismes unicellulaires pour discuter leur place dans l'arbre phylogénétique ou la signification évolutive d'un de leurs caractères.

Précisions et limites :
Cette partie s'appuie sur les organismes vus par ailleurs dans le programme, au cours des travaux pratiques et des sorties. L'arbre des Eucaryotes est fourni aux étudiants pour conduire une analyse phylogénétique.
Les endosymbioses primaires et secondaires sont étudiées à partir de l'exemple des algues hétérocontes (algues brunes et diatomées) et des Archéoplastidés (ou Lignée verte).
Les pertes de la pluricellularité sont traitées avec l'exemple des levures.
*La diversité des algues est abordée notamment en travaux pratiques avec les exemples des algues unicellulaires, filamenteuses (*Antithamnion *ou* Polysiphonia*), en lame (*Ulva*) et à thalle ramifié/complexe (*Fucus*).*
La diversité des unicellulaires est abordée notamment en travaux pratiques avec les exemples de E. coli, Nitrobacter sp., Rhizobium sp., Saccharomyces cerevisiae, paramécies, Trypanosoma sp., diatomées, Chlamydomonas sp.*.*

Liens :
Regards sur les organismes (SV-A)
Diversité génétique (SV-F-4)
Homologie ; Convergence et régression évolutives (SV-A ; SV-B ; SV-G-1 ; SV-G-2)

Synthèse des séances de travaux pratiques de la thématique « Sciences de la vie »

	BCPST 1	BCPST 2
SV-A L'organisme vivant en interaction avec son environnement	4 ou 5 séances « organisation fonctionnelle des Métazoaires » (morphologie, anatomie, histologie) : souris, Téléostéen, criquet et moule.	Activités pratiques sur les organismes unicellulaires étudiés dans une séance de la partie évolution et phylogénie (SV-K-2)
SV-B Interactions entre les organismes et leur milieu de vie	• 2 séances « morphologie et anatomie primaire des Angiospermes » • Activités pratiques sur la respiration en lien avec les 4 séances « organisation fonctionnelle des Métazoaires » (SV-A)	2 séances « développement et anatomie des structures secondaires ; adaptations des Angiospermes »
SV-C La cellule dans son environnement	• 2 séances « observations microscopiques de tissus et de cellules »	
SV-D Organisation fonctionnelle des molécules du vivant	• 2 séances « méthodes d'étude des protéines » : analyse de résultats d'extraction et de purification ; électrophorèse ; exploitation de données de modélisation moléculaire ; détermination de la localisation et de la fonction	
SV-E Le métabolisme cellulaire	1 séance « caractérisation d'une enzyme »	
SV-F Génomique structurale et fonctionnelle	3 séances • 2 séances « méthodes d'étude des génomes et de leur expression » • 1 séance « divisions cellulaires »	Activités pratiques en lien avec une séance reproduction (SV-G)
SV-G Reproduction	2 séances « structure, détermination et biologie florale »	2 séances « reproduction » dont l'une en lien avec la partie génomique (SV-F)
SV-H Mécanismes du développement : exemple du développement du membre des Tétrapodes		2 séances • Vue d'ensemble du développement embryonnaire • Développement du membre des Tétrapodes
SV-I Communications intercellulaires et intégration d'une fonction à l'organisme		1 séance « étude anatomique et histologique du cœur et des vaisseaux (Mammifères) »
SV-J Populations et écosystèmes	2 séances : • 1 séance « populations » • 1 séance « écosystèmes »	
SV-K Évolution et phylogénie	1 séance « reconstruction phylogénétique »	3 séances : • 1 séance « mécanismes de l'évolution » • 2 séances « analyse phylogénétique » (dont l'une en lien avec la partie SV-A sur les organismes unicellulaires)
TOTAL	**19 ou 20 séances**	**10 séances**

Les compétences de la démarche scientifique sont également développées au cours d'activités de terrain en BCPST 1 et 2.

BG-A Les grands cycles biogéochimiques (BCPST 2)

Cette partie traite des cycles biogéochimiques du carbone et de l'azote ainsi que de l'impact des activités humaines sur ces cycles biogéochimiques. La section sur le cycle du carbone est l'occasion de présenter les grandes caractéristiques du cycle biogéochimique d'un élément (réservoir, flux, temps de résidence). La section sur le cycle de l'azote, facteur limitant la croissance des plantes dans la majorité des écosystèmes terrestres, montre l'importance des transformations microbiennes au cours de ce cycle et permet d'aborder la notion de couplage entre cycles biogéochimiques du carbone et l'azote.
Transversale et intégrative, cette partie mobilise des acquis en sciences de la vie (métabolisme et écologie), en sciences de la Terre et est étroitement articulée avec les autres parties de biogéosciences (étude des sols et du climat).

Savoirs visés	**Capacités exigibles**
BG-A-1 Le cycle du carbone	
Le carbone se trouve sous différentes formes dans différents réservoirs vivants ou inertes : carbone réduit (biomasse actuelle et fossile), carbone oxydé (CO, CO_2, carbonates). Des flux physico-chimiques et/ou biotiques relient ces réservoirs. Ces flux correspondent à des conversions (exemple de la photosynthèse et de la respiration) et/ou à des transferts physiques (exemple de la pompe physique du carbone dans l'océan). Le temps de résidence du carbone diffère selon les réservoirs.	- Caractériser les principaux réservoirs du carbone : ordre de grandeur de leurs tailles respectives et temps de résidence du carbone dans ces réservoirs. - Quantifier l'ordre de grandeur de deux échanges annuels dans le cas du CO_2 atmosphérique : échanges avec la biomasse et avec l'océan. - Représenter schématiquement le cycle biogéochimique du carbone. - Expliquer le rôle des organismes vivants sur l'altération des roches et comment cette altération induit la précipitation des carbonates. - Expliquer le rôle de l'altération des silicates dans le piégeage du carbone. - Argumenter sur l'existence de sous-cycles lents et rapides dans le cycle du carbone. - Identifier les temps de résidence respectifs de deux gaz à effet de serre (CO_2 et du CH_4) dans l'atmosphère.
Précisions et limites : *Déjà abordé au lycée, il s'agit de remobiliser ici le cycle du carbone et le préciser dans les aspects quantitatifs et dans la diversité des mécanismes impliqués aux différentes échelles de temps.* *Les voies biochimiques de production et de dégradation du méthane ne sont pas au programme.* *Cette partie est aussi l'occasion de comprendre qu'un cycle est lié à des mécanismes évolutifs sous-jacents : l'existence de recyclages liés à des métabolismes biologiques qui bouclent le cycle (pas de point d'accumulation) est liée à la sélection naturelle qui favorise l'émergence de métabolismes utilisant des produits accumulés par d'autres espèces ou de processus physico-chimiques.*	
Liens : Métabolisme et types trophiques (SV-E) Minéralisation et cycle de l'azote (BG-A-2) Minéralisation et humification dans les sols (BG-B-1-1) Réchauffement climatique (BG-C-3) Formation des roches carbonatées (ST-E-2)	
BG-A-2 Le cycle de l'azote	
L'azote existe sous des formes organiques et minérales. Il se trouve sous différentes formes minérales en solution (dont l'ammonium NH_4^+, le nitrate NO_3^-) et dans l'atmosphère (dont l'oxyde nitreux N_2O, le diazote N_2).	- Identifier les flux entre les différentes formes azotées (parmi lesquels l'ammonification, la nitrification, la dénitrification, la fixation du N_2 atmosphérique et l'assimilation de l'azote). - Représenter schématiquement le cycle biogéochimique de l'azote.

Les flux biotiques ont une place prépondérante dans le cycle de l'azote. De nombreuses étapes du cycle de l'azote sont purement microbiennes. L'oxyde nitreux (N_2O) est un gaz à effet de serre qui est produit par les processus microbiens de nitrification et de dénitrification. La matière organique comporte du carbone et de l'azote, sa minéralisation implique un couplage entre le cycle du carbone et le cycle de l'azote.	- Réaliser une préparation microscopique de nodosités et expliquer leur rôle dans le cycle de l'azote. - Expliquer le couplage entre le cycle du carbone et celui de l'azote dans le cas de la minéralisation de la matière organique dans les sols, par l'étude du rapport C/N de la matière organique, du type d'humus (mull et moder) et des caractéristiques abiotiques et biotiques du sol.
Précisions et limites : *Seuls les flux précisés dans la colonne capacités exigibles doivent être connus.*	
Liens : Chimiolithotrophie des bactéries nitratantes (SV-E-1) Fixation d'azote par les Fabacées (SV-B-2) Minéralisation et humification dans les sols (BG-B-1) Réchauffement climatique (BG-C-3)	
BG-A-3 Impacts des activités humaines sur les cycles biogéochimiques	
Les activités humaines modifient le fonctionnement des cycles biogéochimiques du carbone et de l'azote. Les émissions anthropiques de CO_2 conduisent à une perturbation du cycle du carbone. Les activités humaines conduisent à une accumulation de composés azotés réactifs dans l'environnement.	- Identifier l'origine et le devenir du CO_2 émis par les activités humaines. - Identifier le devenir des engrais azotés, agents de fertilisation et d'eutrophisation des écosystèmes.
Précisions et limites : *L'eutrophisation des écosystèmes aquatiques permet de présenter les couplages entre écosystèmes terrestres et aquatiques, elle est illustrée à partir de l'exemple des marées vertes sans entrer dans le détail des processus impliqués.*	
Liens : Azote, facteur limitant de la nutrition minérale des Angiospermes (SV-B-2) Impact des activités anthropiques sur les sols (BG-B-2) Réchauffement climatique et gaz à effet de serre (BG-C-3)	

BG-B Les sols (BCPST 2)

Le sol est un système étudié en interface entre sciences de la vie et sciences de la Terre, de façon à comprendre un objet structurant la biosphère. Sa présentation, en lien avec les services écosystémiques qu'il délivre, met en exergue les raisons scientifiques qui en font un patrimoine à préserver. Dans cette partie, les différentes composantes du sol sont présentées avec une approche fonctionnelle et intégrative, en explicitant le rôle des organismes dans les processus. Les exemples et les mécanismes, exclusivement en régions tempérées, sont pris sur les sols bruns et leur devenir, les sols bruns lessivés. L'étude des sols mobilise les acquis d'écologie et de sciences de la Terre et appuie les parties sur la nutrition végétale, les cycles biogéochimiques et le climat.

Savoirs visés	**Capacités exigibles**
BG-B-1 Le sol : une interface vivante entre lithosphère et atmosphère	
BG-B-1-1 La phase solide des sols	
Le sol constitue l'interface entre l'hydrosphère et l'atmosphère, d'une part, et la lithosphère d'autre part. Le sol est constitué des produits de l'altération de la roche mère ainsi que de l'évolution de la litière, incluant décomposition, minéralisation de la matière organique et humification. Le sol comporte des organismes variés. Leur grande biodiversité, macro- et microscopique, est aussi fonctionnelle : elle participe à la décomposition et la	- Décrire le profil d'un sol brun et ses horizons, en les reliant aux processus qui les mettent en place, par exemple à l'aide de documents photographiques ou de profils réalisés sur le terrain. - Expliquer les différences de dégradabilité de la matière organique (lignine, rapport C/N). - Quantifier la part relative des composantes minérale et organique du sol. - Comparer deux types d'humus (mull et moder) : structure de l'horizon organique, biodiversité, brassage,

minéralisation de la matière organique ainsi qu'à l'altération de la roche mère. D'un point de vue granulométrique, le sol comporte des argiles (aux propriétés colloïdales), des limons et des sables. Le sol se subdivise en horizons différant par leurs caractéristiques physiques, chimiques et biologiques.	pH, et discuter du lien avec la production végétale et avec le turn-over de la matière organique du sol. - Identifier à partir d'une clef de détermination les constituant de la biocénose du sol (micro, méso et macrofaune). - Construire un réseau trophique à partir d'observations et d'autres données. - Expliquer le rôle des biofilms dans l'altération de la roche mère. - Déterminer la granulométrie d'un sol et le replacer dans un triangle de textures. - Discuter des rôles des argiles, limons et sable : rétention de cations, rétention de l'eau, aération du sol. - Identifier le complexe argilo-humique et son rôle d'adsorbant ionique.
Précisions et limites : *Ici, une première étude porte sur l'exemple du sol brun (ou brunisol). La terminologie des sols utilisée est simplifiée par rapport aux usages actuels des pédologues. On se limite à nommer les horizons par leur nature : organique, organo-minérale, roche mère altérée et roche mère (ou substrat) dans la description du sol.*	
Liens : Biotope et biocénose d'un écosystème (SV-J-2) Cycles biogéochimiques du carbone (BG-A-1) et de l'azote (BG-A-2) Altération des silicates et latéritisation (ST-E-1). Physique-chimie : solutés (4.2)	
BG-B-1-2 Les phases fluides des sols	
Outre la phase solide, un sol possède une phase liquide, qui alimente les êtres vivants du sol, et une phase gazeuse, issue de l'atmosphère et de l'activité des êtres vivants. La structure, la granulométrie et la vie du sol déterminent sa porosité, qui se subdivise en macro- et micro-porosité, selon la possibilité d'une rétention capillaire. La teneur en eau à saturation est la teneur en eau maximale du sol. La capacité au champ est la capacité de rétention au point de ressuyage. La réserve utile en eau d'un sol est la quantité d'eau que la plante peut utiliser (différence entre la teneur en eau à la capacité au champ et la teneur en eau au point de flétrissement permanent). Le complexe d'échange, dont le complexe argilo-humique, est capable d'échanges de cations avec la solution du sol (capacité d'échange cationique, CEC). Le sol est un système ouvert réalisant des échanges avec l'atmosphère (exemple des gaz) et l'hydrosphère (exemple des nutriments).	- Exploiter des données permettant d'expliquer la composition et l'origine de la solution du sol et de l'atmosphère du sol. - Expliquer que les sols sont des sources de gaz à effet de serre (CO_2, CH_4, N_2O). - Mesurer la porosité et le pH d'un sol. - Mettre en évidence la capacité d'échange cationique (CEC) avec un chromophore chargé (par exemple le bleu de méthylène et l'éosine).
Précisions et limites : *Le bilan hydrique du sol est hors-programme.* *La fixation de N_2 est illustrée par des bactéries libres ou liées (Rhizobium).*	
Liens : Symbiose fixatrice d'azote des Fabacées (SV-A-2) Absorption racinaire des Angiospermes (SV-B-2) Cycle du carbone et forçage de la précipitation des carbonates (BG-A-1)	

BG-B-1-3 Le sol, un ensemble dynamique	
Un sol se forme par effet conjoint de la végétation et de l'évolution de la roche mère. Les composants du sol se déplacent notamment par diffusion, gravité et par bioturbation. La pédogenèse résulte d'interactions croisées entre évolution du sol et succession végétale. Elle conduit à un état d'équilibre dynamique appelé pédoclimax (sol brun lessivé sous forêt caducifoliée dans les régions de France métropolitaine). Un sol se développe lorsque l'érosion est inférieure à la genèse par altération. Tous les sols sont naturellement soumis à l'érosion, d'intensité variable selon la topographie et le climat, mais la végétation peut limiter le phénomène. La dynamique globale d'un sol dépend aussi du climat.	- Expliquer la bioturbation par la plante et les vers de terre (espèces ingénieurs). - Évaluer l'ordre de grandeur de durée de la pédogenèse d'un sol brun lessivé. - Illustrer des liens réciproques entre pédogenèse et dynamique de succession de la végétation : exemple des mécanismes de facilitation et de rétroaction microbienne. - Exploiter des données montrant qu'un sol, même climacique, peut être soumis à l'érosion naturelle.
Précisions et limites : *On se borne à un sol brun et un sol brun lessivé.* *La présentation du principe général de la pédogenèse se limite à l'évolution de l'apparence et de l'épaisseur du sol, à l'apparition d'horizons, à la brunification et au lessivage.* *Les mécanismes de facilitation et de rétroaction microbienne (négative pour les plantes pionnières et de succession, positive pour les plantes climaciques) sont présentés à partir d'exemples en nombre limité.* *Le pédoclimax est introduit comme un état d'équilibre dynamique dépendant du climat et donc variable au cours du temps long.*	
Liens : Succession écologique et relations interspécifiques (SV-J-2) Changement climatique anthropique et impacts sur la biodiversité (BG-C-3-3) Climat et altération des roches (ST-E-1) Érosion et entraînement de matières (ST-E-2)	
BG-B-2 Les enjeux de la gestion des sols	
Les sols sont pourvoyeurs de services écosystémiques, parmi lesquels des services d'approvisionnement (fertilité et support de la production alimentaire) et de régulation liée au climat (stockage de carbone). Les pratiques agricoles ont un impact sur les sols et sur les services écosystémiques qu'ils délivrent. Par ailleurs, d'autres activités humaines conduisent à l'artificialisation des sols et à la perte des services écosystémiques rendus par les sols.	- Interpréter des données permettant de quantifier les services écosystémiques rendus par les sols. - Discuter à partir de documents fournis des impacts d'une pratique agricole, le labour, sur le sol et les services écosystémiques rendus par les sols (fertilité du sol et support de la production alimentaire, impact sur la biodiversité du sol, érosion et stockage de carbone). - Quantifier l'évolution de la surface des sols artificialisés autour d'une région urbaine.
Précisions et limites : *Les services écosystémiques choisis comme exemples sont réutilisés pour illustrer leurs perturbations par les activités humaines.*	
Liens : Fonctionnement des écosystèmes (SV-J-2) Eutrophisation des écosystèmes (BG-A-3) Géographie : Environnement et milieu.	

BG-C Le climat de la Terre (BCPST 1 et 2)

La compréhension du fonctionnement du système climatique nécessite l'analyse des échanges d'énergie au sein des enveloppes externes de la Terre. Cette partie permet d'appréhender l'importance des circulations atmosphérique et océanique dans la redistribution de l'énergie à la surface du globe. Elle aborde ensuite le climat et ses variations naturelles aux différentes échelles de temps. Elle traite des changements climatiques actuels, notamment l'augmentation des températures de surface, liés à l'activité humaine, en lien avec les émissions de gaz à effet de serre. Elle s'appuie sur la variété des observations concordantes qui, couplées à la compréhension de la physique et de la chimie du système, permettent d'établir des scénarios probables pour l'évolution future du climat de notre planète. Les effets de ces changements climatiques sur la biodiversité sont également appréhendés.

Savoirs visés	**Capacités exigibles**
BG-C-1 L'atmosphère et l'océan : composition et structure verticale (BCPST 1)	
L'atmosphère et l'hydrosphère forment les enveloppes fluides de la Terre. L'hydrosphère et l'atmosphère, enveloppes externes fluides, sont stratifiées. Leur structuration verticale dépend de la densité, comme pour les enveloppes solides.	- Exploiter des données révélant la stratification des enveloppes fluides. - Expliquer l'origine biologique du dioxygène et du méthane. - Relier le maximum thermique de la stratosphère aux propriétés d'absorption de l'ozone (O_3). - Discuter de la stabilité des couches océaniques et atmosphériques à partir d'un exemple parmi : la structuration verticale océanique, l'inversion thermique, la formation d'un nuage.
Précisions et limites : *Pour l'atmosphère, on se limite à l'étude de la troposphère et de la stratosphère. Pour l'océan on se limite aux 3 couches : couche de mélange, thermocline, océan profond.* *Le détail de l'origine biologique du méthane n'est pas attendu.* *Le lien entre stratification et densité est simplement présenté. L'approche formelle et calculatoire est vue en programme de physique-chimie comme les aspects physiques de l'effet de serre et du fonctionnement dynamique de l'atmosphère et de l'océan.*	
Liens : Stratification des enveloppes solides (ST-B-1) Physique-chimie : stratification verticale (2.4.2)	
BG-C-2 Les circulations atmosphériques et océaniques (BCPST 1)	
BG-C-2-1 Bilan énergétique des enveloppes fluides de la Terre et circulations	
Les disparités temporelles et locales du bilan radiatif conduisent à une inégale répartition de l'énergie à la surface de la Terre. Les circulations troposphériques et océaniques assurent principalement une redistribution latitudinale de l'énergie. Les échanges d'énergie ont lieu par transferts radiatifs, conductifs et convectifs incluant les variations d'enthalpie liés aux changements d'état de l'eau.	- Exploiter les données montrant le bilan entre énergie reçue et énergie émise aux différentes latitudes. - Identifier les parts respectives de l'océan et de l'atmosphère dans la redistribution de l'énergie à la surface de la Terre.
Précisions et limites : *Il s'agit de remobiliser les acquis du lycée concernant le bilan radiatif de la Terre pour envisager la dynamique des enveloppes fluides.*	
Liens : Carbone et azote atmosphérique dans l'effet de serre (BG-A-1 et BG-A-2) Physique-chimie : conversions et transferts (3.3)	
BG-C-2-2 La circulation atmosphérique	
La circulation de l'atmosphère repose sur l'existence des cellules de convection. On distingue la circulation aux latitudes tropicales et la circulation aux latitudes tempérées.	- Relier, à grande échelle, la distribution des températures de surface et des précipitations aux grands biomes. - Présenter et exploiter un schéma général de la circulation atmosphérique.

Précisions et limites : *La circulation atmosphérique porte sur l'étude :* *- aux latitudes tropicales : des cellules de Hadley (et leur extension) et des cellules de Walker ;* *- aux latitudes tempérées : des cellules de Ferrel, des anticyclones et dépressions (application de la géostrophie), des jets d'altitude.* *La formalisation mathématique des mécanismes de la circulation océanique ou atmosphérique n'est pas attendue.*	
Liens : Convection mantellique (ST-C) Physique-chimie : bilan d'énergie pour un système thermodynamique (3.2).	
BG-C-2-3 La circulation océanique	
Le couplage entre l'atmosphère et l'océan se fait par des échanges de quantité de mouvement, de transferts thermiques et de quantité d'eau. La circulation de surface est étroitement couplée au régime des vents et aux gradients thermiques. La circulation générale de l'océan se caractérise par une circulation méridienne de retournement. Elle résulte principalement des variations de densité de l'eau de mer liées à sa température et à sa salinité.	- Relier les courants de surface aux vents troposphériques (grandes gyres, circulation équatoriale). - Exploiter des données montrant la dynamique de l'océan (bathymétrie, température et salinité, delta ^{14}C des masses d'eau, teneur en chlorophylle, distribution du dioxygène...). - Exploiter des données reliant la circulation océanique et la biogéochimie de l'océan.
Précisions et limites : *Le terme circulation méridienne de retournement est utilisé à la place de circulation thermohaline. La force de Coriolis n'est appréhendée que par ses effets sur la circulation. La formalisation mathématique des mécanismes de la circulation océanique ou atmosphérique n'est pas attendue.*	
Liens : Physique-chimie : conversions et transferts (3.3)	
BG-C-3 Climat et variabilité climatique (BCPST 2)	
BG-C-3-1 Variabilité climatique à courte échelle de temps	
La mousson est la conséquence des forts contrastes thermiques qui se créent entre l'océan et le continent et qui modifient le régime des vents, en lien avec la position de l'équateur météorologique. Ces grandes amplitudes de températures observées résultent essentiellement d'influences géographiques.	- Exploiter des données montrant le lien entre la circulation atmosphérique, la circulation océanique et la mousson.
Précisions et limites : *Il s'agit ici de présenter un exemple de couplage climatique océan – atmosphère de courte échelle de temps (interannuel à multidécénnal).* *Seul l'exemple de la mousson est exigible.* *Les mécanismes physiques sous-jacents sont présentés mais ne sont pas démontrés.*	
Liens : Géographie : Environnements et milieux	
BG-C-3-2 Marqueurs climatiques et variabilité à longue échelle de temps	
L'étude des paléo environnements, sur la base des archives sédimentaires et fossiles, permet de reconstituer la variabilité climatique temporelle à l'échelle locale et la paléozonéographie climatique à l'échelle globale. Les variations climatiques à l'échelle des temps géologiques sont pilotées par des facteurs géologiques, biologiques, et physico-chimiques. Certains de ces facteurs se reconnaissent aux temps caractéristiques des signaux induits (de 10 ka à 400 ka pour les paramètres orbitaux jusqu'à plusieurs dizaines de Ma pour les processus géologiques). Les variations de concentration du CO_2 atmosphérique et les variations climatiques sont corrélées. Il existe des rétroactions entre les différentes enveloppes	- Reconstituer à une échelle locale un paléoenvironnement à partir de l'étude d'une carte géologique au 1/50 000. - Comparer à une échelle globale des glaciations paléozoïques (Ordovicien et Permo-Carbonifère) en identifiant les contributions d'ordre biologiques et géologiques. - Identifier l'effet des paramètres orbitaux dans les archives sédimentaires et discuter des limites des interprétations possibles. - Discuter la synergie des apports éoliens de fer dans l'océan et des paramètres orbitaux dans les entrées en glaciation. - Quantifier l'effet de la formation de chaînes de montagnes et de leur altération sur le climat à l'échelle

terrestres qui déterminent l'échelle de temps de réaction du système climatique à une perturbation et son possible retour à un état stationnaire.	des temps géologiques (altération des silicates, mousson, variations de l'albedo). - Montrer que l'augmentation des températures diminue la solubilité du CO_2 dans l'océan et donc diminue le pompage physique du carbone dans l'océan. -Évaluer les effets d'une perturbation du système climatique en termes d'amplitude et de temps de retour à l'équilibre du système : cas d'un forçage naturel (volcanisme et GES) et d'un forçage anthropique.
Précisions et limites : *Les processus mis en jeu doivent être connus. Les forçages mis en jeu dépendent de l'échelle de temps considérée. Les variations climatiques naturelles sur toutes les échelles de temps ainsi que le changement anthropique s'appuient sur ce qui a été vu en lycée en les complétant, notamment concernant les outils isotopiques ($\delta^{18}O$ et $\delta^{13}C$).*	
Liens : Métabolisme cellulaire et flux de dioxyde de carbone (SV-E) Cycle biogéochimique du carbone, GES (BG-A-1) Stockage du carbone dans les sols (BG-B-2) Altération des silicates et piégeage du CO_2 (ST-E-1) La sédimentation des particules et des solutés (ST-E-2) Activité magmatique et émissions de gaz (ST-F-1) Activités de terrain	
BG-C-3-3 Changement climatique anthropique et impacts sur la biodiversité	
Projections climatiques et réchauffement actuel	
Le réchauffement climatique observé est attribué à l'augmentation des GES liée à l'activité humaine et la modification de l'usage des terres. Les projections climatiques montrent que l'amplitude du réchauffement varie en fonction des scénarios relatifs aux émissions de GES.	- Analyser différents scénarios de réchauffement climatique à partir de projections présentées dans les rapports du GIEC.
Quelques impacts du changement climatique sur la biodiversité	
Le changement climatique est un facteur de vulnérabilité pour la biodiversité, contribuant à l'érosion de la biodiversité. Les effets du changement climatique sur la biodiversité s'observent à l'échelle des individus, des populations, des espèces et des communautés. Le changement climatique peut être à l'origine d'adaptation physiologique des individus et d'adaptation évolutive des populations. Chez beaucoup d'espèces, on observe en réponse au changement climatique une évolution de leur aire de répartition (déplacement en latitude, altitude), de leur phénologie, de leur abondance et des relations interspécifiques qu'elles entretiennent. Les capacités d'adaptation des espèces au changement climatique dépendent de la vitesse du changement climatique.	- Exploiter des données montrant l'influence de la température et de la disponibilité en eau sur la répartition d'espèces. - Exploiter des données montrant des adaptations (au changement climatique : • à l'échelle des organismes (adaptations physiologiques) ; • des populations/espèces (déplacement de l'aire de répartition) ; • des communautés (modification du nombre d'individus par espèce, de la richesse spécifique ainsi que des relations interspécifiques).
Précisions et limites : *On s'intéresse dans cette partie au paramètre « augmentation de température » du changement climatique, parmi de nombreux autres changements, dont une modification des régimes de précipitations et de la fréquence et de l'intensité des évènements météorologiques extrêmes.* *Cette partie est l'occasion de montrer comment se construisent des savoirs scientifiques, en intégrant les incertitudes sur les données et sur les modèles. L'incertitude est un degré de connaissance incomplète, elle peut être représentée par des mesures quantitatives (probabilités) ou qualitatives (dire d'experts) ce qui est fait dans les travaux du GIEC.* *Concernant les scénarios d'évolution climatique, il s'agit ici essentiellement de rappel de lycées. Les nouveaux concepts concernent la description des différents types d'incertitude.* *Concernant l'évolution de la biosphère, on prendra un nombre limité d'exemples d'impacts du changement climatique.*	

Liens : Effet des paramètres abiotiques sur la dynamique des populations (SV-J-1) Modifications du biotope et incidence sur la dynamique des écosystèmes (SV-J-2-4) Notion d'adaptation évolutive (SV-K-1) Cycles biogéochimiques du carbone (BG-A-1) et de l'azote (BG-A-2) Activités anthropiques et gestion des sols (BG-B-2)

Synthèse des séances de travaux pratiques de la thématique « Biogéosciences »

	BCPST 1	**BCPST 2**
BG-A Les grands cycles biogéochimiques		1 séance « cycles biogéochimiques »
BG-B Les sols		2 séances : • 1 séance « organisation fonctionnelle des sols » • 1 séance « biodiversité du sol et services écosystémiques rendus par les sols »
BG-C Le climat de la Terre	1 séance « circulation océanique »	2 séances : • 1 séance « reconstitution paléoclimatique » • 1 séance « climat et biodiversité »
Total	**1 séance**	**5 séances**

Les compétences de la démarche scientifique sont également développées au cours d'activités de terrain en BCPST 1 et BCPST 2.

ST-A La carte géologique et ses utilisations (BCPST 1)

La carte géologique permet une reconstitution tri-dimensionnelle des terrains, essentielle pour la construction d'une histoire géologique. Elle fournit de façon synthétique de nombreuses informations (ressources, risques, etc.). La carte géologique est à comprendre comme un modèle reflétant notre connaissance de la géologie, de son histoire et donc des processus géodynamiques sous-jacents. Elle constitue un outil fondamental de la géologie, une base pour la prise de décision au niveau des politiques publiques mais aussi un résultat scientifique à part entière résultant d'une démarche scientifique. Cette partie est l'occasion d'aborder différentes utilisations des cartes géologiques ainsi que la méthode de réalisation de coupes géologiques et de schémas structuraux. Il s'agit également de présenter les principaux types de roches dans leur cadre géologique.

Savoirs visés	**Capacités**
Une carte géologique est une représentation de la nature, de la géométrie et de l'âge des roches à l'affleurement. Elle représente l'intersection d'un agencement à trois dimensions avec la surface topographique. Elle résulte de l'exploitation et de l'interprétation de diverses données (levers de terrain, photographies aériennes, forages, etc.). Elle représente un modèle de l'état des connaissances au moment de sa réalisation. Les modèles numériques de terrain (MNT) utilisés dans des systèmes d'informations géographiques (SIG) permettent de corréler des informations géologiques géoréférencées et permettent de produire et de visualiser des cartes topographiques et des cartes thématiques. Les cartes géologiques de la France apportent des informations complémentaires à différentes échelles. La carte de France au 1/1 000 000 permet de visualiser des grands ensembles géologiques : chaînes de montagnes, bassins sédimentaires.	- Réaliser une coupe géologique à main levée en partant de profils topographiques fournis. - Exploiter les informations visibles sur une carte pour établir une histoire régionale simplifiée. - Réaliser un schéma structural simple sur les cartes au 1/50 000). - Repérer les indices d'exploitation par l'être humain (forage, mines, carrières). - Identifier les caractéristiques d'un bassin sédimentaire sur la carte de France au 1/1 000 000. - Identifier quelques roches de la lithosphère : roches magmatiques, roches sédimentaires, roches métamorphiques et péridotites, par une analyse macroscopique raisonnée et par l'étude de lames minces. - Exploiter des données issues de documents (cartes, données géophysiques et sédimentologiques) permettant de comprendre l'origine et l'histoire géodynamique (dont la subsidence) d'un bassin sédimentaire (Bassin parisien). - Réaliser une coupe globale à main levée à partir de la carte au 1/1 000 000. - Repérer cartographiquement des discordances.

Précisions et limites :

L'étude de la carte géologique est l'occasion de développer la capacité des élèves à reconstituer une structure en trois dimensions à partir de sa représentation en deux dimensions. Tous les objets géologiques peuvent être utilisés pour cela : couches, failles, filons, plis, plutons. L'approche de la carte de France au 1/1 000 000 en première année est limitée à une familiarisation avec ses spécificités et avec sa légende. Les ensembles structuraux visibles sur la carte de France au 1/1 000 000 sont développés en seconde année.

Les notions de cette partie sont entièrement traitées dans le cadre des TP. La réalisation de schémas structuraux est réalisée dès la première année. L'utilisation des cartes thématiques est également réinvestie dans l'étude des grands ensembles géologiques en deuxième année.

L'exploitation de cartes géophysiques ne donne pas lieu à des développements sur les aspects fondamentaux de la gravimétrie et du magnétisme.

Concernant les bassins sédimentaires, on s'appuie sur le Bassin parisien comme exemple. Cependant, la connaissance de la chronologie des évènements qui ont jalonné le remplissage sédimentaire du Bassin parisien n'est pas au programme.

Une première approche des roches permet :

- d'identifier basaltes, gabbros, granites, calcaires, grès, micaschistes, gneiss et péridotites ;

- d'identifier quelques minéraux : olivine, feldspaths (plagioclases et orthose), quartz, micas (biotite et muscovite), amphiboles, pyroxènes, grenat, calcite.

Sur les clichés de lames minces exploitables lors d'exercices, les minéraux sont légendés.

Liens :
Le phénomène sédimentaire (ST-E)
Les grands ensembles géologiques (ST-J)
Le magmatisme (ST-F)
Le métamorphisme (ST-G)
Activités de terrain

ST-B La structure de la planète Terre (BCPST 1)

La Terre est une planète tellurique dont l'organisation des enveloppes concentriques dépend des propriétés physico-chimiques des éléments les composant. Cette structure est mise en évidence grâce à des données de géologie historique, de géophysique et de géochimie. Il est important de relier la structure des enveloppes solides avec leur dynamique. La lithosphère joue un rôle central dans l'établissement du bilan énergétique de la Terre (« couche limite de la convection ») et il est donc nécessaire de faire le lien avec la partie ST-C portant sur la dynamique des enveloppes internes. Cette partie met l'accent sur l'analyse de multiples sources de données (géophysiques, géologiques et géochimiques) dans l'établissement d'un modèle radial de la planète Terre de premier ordre. Ce modèle sera mis en défaut par certaines observations qui requièrent l'introduction d'une dynamique dans le modèle Terre.

Savoirs visés	**Capacités exigibles**
La Terre est constituée d'enveloppes concentriques solides, liquides et gazeuses qui se distinguent par leur nature et leurs propriétés physico-chimiques. Croûtes, manteau et noyau sont définis sur la base de leur nature chimique et minéralogique ; lithosphère et asthénosphère sur la base de leurs propriétés rhéologiques et thermiques. La nature minéralogique du manteau varie avec la profondeur.	- Expliquer la construction d'un modèle radial de la Terre solide (modèle PREM). - Exploiter et relier des données géophysiques permettant d'établir des discontinuités physiques ou chimiques dans le globe. - Exploiter des données permettant la construction du géotherme. - Exploiter des données géophysiques et expérimentales montrant les transitions de phase dans le manteau.

Précisions et limites :
Le modèle statique PREM et ses limites sont discutés dans la partie dynamique de la lithosphère. L'histoire des travaux ayant permis d'établir cette structure n'est pas exigible, même si des documents historiques peuvent être utilisés en enseignement.
Pour la minéralogie du manteau, on attend seulement péridotite à plagioclase, à spinelle, à grenat, à bridgmanite.
La diversité des structures silicatées sera présentée dans la suite du programme lorsqu'elle se révèle nécessaire.
Pour l'atmosphère, on se limite à la troposphère et la stratosphère. Pour l'hydrosphère, on se limite aux 3 couches : couche de mélange, thermocline, océan profond.

Liens :
Les circulations atmosphériques et océaniques (BG-C2)
La carte géologique (ST-A)
La rhéologie de la lithosphère (ST-D-1)
Les séismes (ST-D-2)
Le magmatisme (ST-F)

ST-C La dynamique des enveloppes internes (BCPST 1)

La dynamique des enveloppes internes permet de présenter le globe terrestre comme une machine thermique libérant de l'énergie vers l'extérieur. Le bilan thermique de la Terre fait apparaître le rôle de la convection dans le transfert de l'énergie interne vers la surface. Les observations géologiques, géophysiques et géochimiques permettent de mettre en évidence les causes et les conséquences de cette dynamique. L'analyse des mouvements verticaux à différentes échelles de temps et d'espace montre l'importance des variations de densité, de température et de chimie interne. Les mécanismes conduisant à l'expansion océanique et à la dynamique de la lithosphère océanique sont à relier à l'efficacité du transfert énergétique dans le globe.

Savoirs visés	Capacités exigibles
ST-C-1 Bilan thermique et conséquences	
La dynamique des enveloppes terrestres correspond à la dynamique thermique du globe (transferts de chaleur interne et externe par conduction et convection). La convection mantellique, moteur des mouvements de plaques lithosphériques, est associée à la production de chaleur interne du globe. La lithosphère est définie notamment comme une couche limite à la convection. Les mouvements horizontaux de la lithosphère ont des conséquences tectoniques (rifts, dorsales, marges passives...).	- Exploiter des données de tomographie sismique et les relier au contexte géodynamique. - Identifier les principales sources de chaleur interne du globe. - Discuter les possibilités de convection du manteau à partir de différentes données (tomographie sismique, géotherme du manteau, modèles analogiques et numériques).
Précisions et limites : *Lors de la mise en évidence de la convection mantellique, le nombre de Rayleigh est présenté ; la formule n'est pas à mémoriser. L'étude de la dynamique du noyau n'est pas au programme. On signale simplement que cette dynamique est à l'origine du champ magnétique terrestre.*	
Liens : La carte géologique (ST-A) La structure de la planète Terre : le géotherme (ST-B) Les déformations de la lithosphère (ST-D) Les grands ensembles géologiques (ST-J) Physique : transferts thermiques (3.2)	
ST-C-2 La lithosphère en équilibre sur l'asthénosphère	
L'isostasie correspond à l'équilibre vertical de la lithosphère sur l'asthénosphère selon le principe d'Archimède. Cet équilibre dynamique peut être source de mouvements verticaux. La modélisation des états d'équilibre permet de proposer des interprétations des reliefs, que les données gravimétriques valident ou questionnent. La notion d'anomalie gravimétrique est construite à partir des anomalies à l'air libre et de Bouguer. L'anomalie de Bouguer témoigne de la présence d'excès ou de déficit de masse en profondeur. Les anomalies gravimétriques permettent de discuter des variations altitudinales inaccessibles à l'observation directe ou à travers d'autres instrumentations. Les variations spatiales de petite longueur d'onde du géoïde marin permettent de repérer les reliefs sous-marins.	- Réaliser des calculs simples d'équilibre vertical archimédien dans des contextes géologiques (ex : chaîne de montagne, rift continental, plaine abyssale océanique…). - Exploiter des données géologiques diverses permettant d'estimer une vitesse de remontée isostatique et l'ordre de grandeur de la durée d'un rééquilibrage isostatique. - Exploiter des données gravimétriques (air libre, Bouguer) obtenues par altimétrie satellitaire. - Relier des anomalies du géoïde à petite longueur d'onde avec la topographie sous-marine.

Précisions et limites :
L'anomalie de Bouguer est définie comme l'écart entre le champ de pesanteur terrestre mesuré, corrigé de paramètres locaux, et le champ de pesanteur théorique.
Le géoïde est volontairement défini comme la surface équipotentielle de pesanteur passant par le niveau moyen des océans. Sa forme reflète l'hétérogénéité latérale au sein des différentes enveloppes de la Terre, mais seules les anomalies de variations à petites longueurs d'onde du géoïde sont exploitées.

Liens :
Physique-Chimie (2.4)

ST-C-3 La géodynamique de la lithosphère

Les mouvements lithosphériques sont modélisés par le déplacement de plaques (coquilles rigides) à la surface de la Terre. Une marge active montre des signatures géomorphologiques, géophysiques et pétrologiques. Les dorsales sont l'expression en surface des remontées du système convectif et permettent la création de croûte océanique. La subduction de la lithosphère océanique est liée à son évolution thermomécanique et participe à la dynamique interne au sein du système convectif. Le volcanisme actuel ou récent s'observe dans des environnements géodynamiques variés, principalement aux frontières de plaques convergentes (zones de subduction) et divergentes (zones d'accrétion) mais aussi en domaine intraplaque. Les anomalies magnétiques résultent de la fossilisation du champ magnétique par les basaltes lors de la mise en place de la croûte océanique.	- Exploiter des données GPS pour caractériser le mouvement des plaques à la surface de la Terre. - Identifier les indices de structure et de fonctionnement d'une marge active. - Relier le magmatisme de dorsale et les anomalies magnétiques. - Démontrer les causes thermogravitaires de la subduction. - Relier diverses données permettant de discuter de la diversité des subductions : pendage du panneau plongeant, états des contraintes (compression ou extension), vitesse, âge de la lithosphère, volcanisme, ... - Relier les conditions d'apparition des magmas aux confrontations géotherme/solidus. - Exploiter les cartes de fonds océaniques pour estimer les taux d'accrétion.

Précisions et limites :
La construction de modèles cinématiques n'est pas au programme.
Cette partie ne détaille pas le magmatisme qui sera vu en partie ST-F Magmatisme ; elle met en relation le déplacement lithosphérique et décrit les conditions potentielles de fusion partielle des roches du manteau (comparaison géotherme vs. solidus, hydratation et décompression). La connaissance de la diversité des subductions n'est pas au programme. Le fonctionnement d'une chambre magmatique n'est pas détaillé en première année. Les anomalies magnétiques sont exploitées en TP.

Liens :
Les séismes (ST-D-2)
Le magmatisme (ST-F)
Le métamorphisme (ST-G)
Activités de terrain

ST-D Les déformations de la lithosphère (BCPST 1)

La lithosphère, enveloppe externe de la partie solide de la Terre, est une enveloppe qui se déforme sous l'effet de forces imposées par la dynamique interne. Cette déformation dépend de la rhéologie des matériaux qui la composent selon les conditions de pression et de température. Ces déformations sont à mettre en évidence à partir d'observations de l'échelle de l'échantillon à celle de la lithosphère (observations géophysiques). Ces observations permettent de construire un modèle physique du comportement mécanique de la lithosphère, qui permet d'expliquer la construction de la topographie et les phénomènes sismiques.
L'étude de la sismogenèse est l'occasion de détailler un mode de déformation de la lithosphère, à partir de mesures de déformations actives aujourd'hui pour, *in fine*, faire le lien avec l'appréhension d'un aléa et la compréhension d'un risque (développé dans la partie ST-I sur les risques). Les séismes, comme marqueurs actifs de la déformation cassante, constituent une donnée clef ayant nourri les réflexions aboutissant à la théorie de la tectonique des plaques. Les définitions de la lithosphère introduites en ST1-A sont complétées par les aspects rhéologiques. Cette partie est l'occasion d'expliquer l'expression de surface de la dynamique interne de la Terre.

Savoirs visés	**Capacités exigibles**
ST-D-1 La rhéologie de la lithosphère	
Les matériaux lithosphériques se déforment sous l'effet de contraintes : la déformation est réversible ou irréversible. La déformation finie peut se décomposer en étape**s** **(**ou incréments) de deux types comportant ou non une part de rotation. Le cisaillement est alors pur ou simple. Les propriétés mécaniques des roches dépendent de leur minéralogie, des conditions pression-température et de la présence de fluides ainsi que de la vitesse de déformation. Ces propriétés mécaniques mènent à la définition thermomécanique de la lithosphère abordée précédemment. Le comportement global de la lithosphère est déterminé par son enveloppe rhéologique, mais ce modèle statique est questionné par des observations de terrain ainsi que par des données géophysiques. L'hétérogénéité verticale de comportement mécanique de la lithosphère peut déterminer des niveaux de découplage.	- Distinguer déformation et contrainte. - Construire une ellipse (2D) ou un ellipsoïde (3D) de déformations, dans le but d'établir, lorsque cela est possible, l'orientation des contraintes. - Exploiter des courbes rhéologiques pour distinguer déformation élastique, déformation plastique, phénomène de fluage et la notion de rupture. - Distinguer un comportement ductile et un comportement cassant (ou fragile). - Relier les différents types de comportement à la compétence des roches et aux conditions thermodynamiques. - Illustrer l'importance de la vitesse de déformation dans la rhéologie. - Analyser des objets tectoniques à partir de différents supports à différentes échelles (cartes géologiques, photographies, échantillons). - Analyser des objets tectoniques, en termes d'ellipsoïde des déformations finies et, lorsque c'est possible, faire le lien avec le régime de contraintes. - Analyser des microstructures associées aux structures d'échelle supérieure. - Analyser un style structural régional. - Savoir relier observations de terrain et déformation. - Établir un profil rhéologique de la lithosphère continentale à l'aide de la loi de Byerlee et des lois de fluage. - Relier le profil rhéologique avec la distribution des séismes en profondeur. - Comparer les profils rhéologiques des lithosphères continentale et océanique. - Discuter l'allure de ces profils en fonction du gradient géothermique local. - Discuter des limites d'application des enveloppes rhéologiques à partir d'observations.

Précisions et limites :
On se limite ici à définir la fabrique (schistosité, foliation et linéation). Les mécanismes de la déformation à l'échelle cristalline tout comme les cercles et enveloppes de Mohr ne sont pas au programme. On présentera en 2D le cisaillement simple et le cisaillement pur comme les deux incréments possibles de déformation comportant chacun une direction d'étirement et de raccourcissement. On présentera la déformation finie coaxiale (respectivement non coaxiale) comme la succession (l'intégrale) d'incréments de cisaillement pur (respectivement simple). Les microstructures sont étudiées en 1ère année sans lien avec les transformations minéralogiques (vues en deuxième année). Les études pratiques liées à la déformation de la lithosphère sont intégrées aux sorties de terrain.
Les limites d'application du modèle des enveloppes rhéologiques, et notamment l'importance du taux de déformation, sont discutées à la lumière de données de terrain et de données géophysiques.

Liens :
La carte géologique (ST-A-1)
La géodynamique de la lithosphère (ST-C-3)
Le métamorphisme (ST-G)
Activités de terrain

ST-D-2 Les séismes : origine et conséquences

L'étude des séismes et l'évaluation des aléas sismiques passent par la description des événements et par des mesures et des calculs (magnitude, mécanismes au foyer, déplacement par GPS...). La relaxation rapide d'énergie accumulée par les déformations élastiques, mesurables par géodésie spatiale, est responsable de la formation des séismes. La notion (historique) de cycle sismique rassemble l'accumulation de déformation élastique et le rebond sismique. Pour un séisme donné, le mécanisme au foyer permet l'analyse de la géométrie de la faille et de son mouvement. L'étude d'un ensemble de mécanismes au foyer dans une région donnée permet de caractériser et modéliser le contexte tectonique. La distribution mondiale des séismes et la variabilité des mécanismes au foyer renseigne sur la géodynamique globale et sur les frontières de plaques. Les mesures de géodésie spatiale par GPS permettent d'évaluer les déplacements instantanés, de les comparer à ceux déterminés à l'échelle des frontières de plaque (en termes de bilan de déformation) et de préciser la connaissance de l'aléa localement.	- Expliquer la notion de magnitude et les ordres de grandeurs et comparer la magnitude de moment à une intensité type MSK. - Relier les notions de magnitude et de temps de récurrence à l'évaluation de l'aléa sismique. - Expliquer la notion de risque : distinguer les concepts d'aléa et de risque. - Discuter la notion de cycle sismique en la confrontant avec des données géodésiques actuelles. - Exploiter des données de mécanismes au foyer. - Relier ces données aux contextes géodynamiques. - Exploiter et relier des données de géodésie spatiale (GPS) permettant la surveillance des failles actives et la quantification de l'aléa par mesure de l'accumulation de déformation élastique autour de ces failles. - Comparer en ordre de grandeur les déplacements (temps, distance, mouvement des plaques, mesures locales).

Précisions et limites :
L'étude d'un ou de quelques exemples de séisme, laissés au choix, permet de montrer la diversité des observations effectuées avant, pendant et après le séisme. Il est essentiel de décrire le séisme comme une fracture avec glissement qui se propage dans un milieu élastique.
La construction stéréographique d'un mécanisme au foyer n'est pas au programme ; on se limite, sur les sismogrammes, à la compréhension de l'arrivée des ondes (compression ou distension).
Concernant le modèle de rebond élastique et de cycle sismique, il s'agit de comprendre qu'il est trop « simple » : les progrès des dix dernières années montrent que la périodicité suggérée par le modèle n'est quasiment jamais observée.
On exploite une carte avec des vecteurs GPS et une carte de déplacements obtenus par interférométrie radar ou par corrélation d'images, mais la connaissance des méthodes permettant leur obtention n'est pas exigible.

Liens :
La structure de la planète Terre (ST-B)
La géodynamique de la lithosphère (ST-C-3)
Les risques géologiques (ST-I-1)

ST-E Le phénomène sédimentaire (BCPST 1)

Dans cette partie, l'étude des roches sédimentaires, formées à la surface de la Terre, souligne le rôle fondamental de l'eau dans le phénomène sédimentaire. Depuis la phase primordiale d'altération et d'érosion de roches préexistantes, les produits formés, solubles et/ou solides, sont transportés jusqu'à leur milieu de sédimentation au sein d'un bassin sédimentaire. La diversité des processus d'altération, de transport et de sédimentation explique la diversité des sédiments qui évolueront via la diagénèse en roches sédimentaires, essentiellement sous l'effet de la compaction et de la cimentation. Le phénomène sédimentaire est intimement lié au vivant. Les archives sédimentaires donnent accès à des informations utiles à la reconstitution historique et paléoenvironnementale.

Savoirs visés	**Capacités exigibles**
ST-E-1 Modelés des paysages et transferts de matériaux en surface	
ST-E-1-1 Les facteurs d'altération	
Les matériaux en surface sont soumis à de multiples processus d'altération, qui engendrent des formations résiduelles, et d'érosion, avec en particulier l'entrainement de produits par les eaux. La diversité des modelés des paysages est liée à l'action relative de différents facteurs : des facteurs intrinsèques (lithologie, relief) et des facteurs externes (climat, végétation). Les principaux processus d'altération chimique par l'eau sont l'hydrolyse et la dissolution. L'altérabilité des silicates est due à la structure des cristaux et à la nature des ions présents dans le réseau cristallin qui interagissent avec les molécules d'eau. L'hydratation des ions est proportionnelle à leur charge ionique et inversement proportionnelle à leur rayon atomique. Cette propriété est illustrée par le diagramme de Goldschmidt. L'hydrolyse des silicates conduit à la formation d'argiles dont la nature est en relation avec l'intensité de l'altération, qui elle-même dépend du climat (bisiallitisation, monosiallitisation, allitisation). Les produits de l'altération sont différemment mobilisables, en particulier en fonction de leur solubilité.	- Analyser le modelé d'un paysage à partir de documents photographiques et cartographiques. - Identifier les principaux processus d'altération et d'érosion déterminant l'évolution d'un paysage. - Proposer des hypothèses sur l'influence possible des différents facteurs structuraux, lithologiques et climatiques dans l'évolution du paysage. - Caractériser le phénomène d'altération à partir de données de l'échelle du paysage à celle du minéral (sur l'exemple du granite). - Relier la diversité des produits d'altération aux conditions d'altération (climat et végétation). - Utiliser le diagramme de Goldschmidt afin de distinguer les éléments lessivés et les produits insolubles. - Analyser l'altération des roches carbonatées en s'appuyant sur l'équilibre des carbonates et ses éléments de contrôle. - Interpréter la présence éventuelle d'oxydes et d'hydroxydes de fer et d'aluminium (latéritisation) dans les formations résiduelles (exemple des bauxites).
Précisions et limites : *Le raisonnement est privilégié, construit sur un ou des exemples au choix qui peuvent être pris localement.* *Sont à connaître, quelques facteurs de surface (altitudes, relief et pentes, végétation) et quelques facteurs climatiques (température, précipitations).* *Les stades d'hydrolyse sont étudiés sur les feldspaths alcalins. On se limite à l'illite (TOT) et à la kaolinite (TO) pour mettre en évidence la bisiallitisation et la monosiallitisation, à partir de l'hydrolyse de l'orthose. La classification des argiles n'est pas au programme.*	
Liens : Le cycle du carbone (BG-A-1) Les sols (BG-B) Le climat de la Terre (BG-C) Les ressources géologiques (ST-I-2) Activités de terrain Géographie : analyse d'un paysage	
ST-E-1-2 Érosion et entraînement de matière	
En surface des continents, l'érosion se traduit par des flux de matières en solution (solutés) ou en suspension (particules).	- Expliquer le comportement des particules détritiques en fonction de la vitesse du courant et de la granulométrie par le diagramme de Hjulström.

Ce flux conduit à un tri minéralogique et chimique qui préfigure la formation de nouveaux matériaux.	
Précisions et limites : *Ce point correspond à la phase de transport des produits d'altération. On ne traite pas de l'impact des activités humaines sur les transferts de surface.* *L'étude des sols est développée en BCPST 2. À cette occasion, sont remobilisés les acquis sur les processus d'altération participant à la formation des sols.*	
Liens : Les sols (BG-B) Le climat de la Terre (BG-C) Activités de terrain	
ST-E-2 La sédimentation des particules et des solutés	
La sédimentation s'opère dans des bassins sédimentaires dont la géométrie est conditionnée par le contexte géodynamique. Dans un bassin sédimentaire, la répartition des sédiments dépend de l'espace potentiellement disponible (accommodation) entre le niveau de la mer et le fond du bassin. La variation du niveau marin absolu (eustatisme) ou du niveau de base (substitut du niveau marin en domaine continental) gère les variations d'espace disponible pour la sédimentation, en lien avec les effets de la subsidence et du flux sédimentaire.	- Exploiter des données montrant le lien entre le contexte géodynamique et le type de bassin. - Exploiter des données issues de documents complémentaires (cartes, données géophysiques et sédimentologiques) permettant de comprendre l'origine et l'histoire géodynamique (subsidence) d'un bassin sédimentaire intracratonique (le Bassin parisien).
Précisions et limites : *Le Bassin parisien est traité en TP de cartographie (partie ST-A). La stratigraphie séquentielle n'est pas au programme.*	
Les dépôts de particules en suspension (sédiments détritiques) sont liés aux conditions hydrodynamiques des milieux et se produisent dans des environnements variés. Les sédiments présentent des structures et des figures sédimentaires diverses, à différentes échelles, traduisant les régimes hydrodynamiques.	- Exploiter une carte montrant des formations superficielles (moraines, formations fluviatiles, …). - Analyser des structures (ou figures) sédimentaires à partir de données expérimentales (diagramme d'Allen) et d'observations actuelles pour en identifier l'origine et la dynamique de mise en place. - À partir de données cartographiques, relier la distribution de dépôts détritiques, au niveau d'un delta et d'un estuaire, et la dynamique de l'hydrosphère. - Identifier macroscopiquement et de manière raisonnée diverses roches : conglomérats, grès, argilites, marnes.
Précisions et limites : *Dans le cas des structures sédimentaires, on se limite à l'identification des rides et au litage horizontal. Le diagramme d'Allen n'est pas à mémoriser. La structure tripartite (plaine deltaïque, front de delta, prodelta) des deltas n'est pas exigible : seuls les mécanismes à l'origine de leur dynamique (origine et dépôt des particules en fonction de l'hydrodynamisme) sont à connaître.*	
La sédimentation des solutés est précédée d'une bioprécipitation ou d'une précipitation chimique. La sédimentation carbonatée résulte pour l'essentiel de l'activité d'êtres vivants : organismes produisant des tests et des coquilles ou bactéries provoquant des précipitations. Elle se produit surtout en domaine marin de plateforme et caractérise aussi les environnements récifaux. La sédimentation carbonatée pélagique est le fait de micro-organismes planctoniques (Foraminifères planctoniques, Coccolithophoridés). Les dépôts ne s'observent pas au-delà d'une certaine profondeur, qui définit la profondeur de compensation des carbonates (PCC) variable d'une	- Identifier macroscopiquement et de manière raisonnée diverses roches : calcaires, marnes, bauxites. - Analyser les caractères d'une roche carbonatée pour en déduire l'origine et les conditions de formation, en utilisant la classification de Dunham. - Relier le profil (transect proximal-distal) d'une plate-forme carbonatée et la succession des faciès (lagon, récif, avant-récif, large) en liaison avec l'hydrodynamisme (*cf*. classification de Dunham). - Identifier l'origine et les facteurs de contrôle de la sédimentation carbonatée et siliceuse à partir de l'étude de la sédimentation pélagique (en se limitant à la lysocline et à la PCC de la calcite).

zone océanique à une autre et fluctuante à l'échelle des temps géologiques. La silice dissoute dans l'eau de mer peut être utilisée par des micro-organismes planctoniques (Radiolaires, Diatomées), ce qui alimente la sédimentation de boues siliceuses, non limitée par la profondeur et inégalement distribuée. La précipitation de solutés en domaine lagunaire ou littoral, peut engendrer des évaporites (gypse-anhydrite, halite, sylvite) par concentration des solutions.	- Identifier les principaux micro-organismes impliqués dans la production carbonatée pélagique (Foraminifères planctoniques, Coccolithophoridés) et dans la production siliceuse pélagique (diatomées, radiolaires). - Relier la localisation et les caractères d'une séquence évaporitique avec les conditions chimiques de précipitation de sels. - Identifier macroscopiquement et de manière raisonnée diverses roches : halite, gypse-anhydrite.
Précisions et limites : *En ce qui concerne les environnements carbonatés, on se limite à l'étude d'une plate-forme associée à un milieu récifal. Le rôle des stromatolithes en tant que bio-constructeur dans ces environnements est souligné. La nomenclature relative aux différents types de récifs est hors programme. Seule la classification de Dunham est exigible ; la classification de Folk est hors programme.*	
Liens : Climat et variabilité climatique (BG-C-3) La carte géologique (ST-A) La dynamique des enveloppes internes (ST-C) Le phénomène sédimentaire (ST-H) Les ressources géologiques (ST-I-2) Les grands ensembles géologiques (ST-J) Activités de terrain	
ST-E-3 La diagenèse	
Au cours de l'enfouissement, les sédiments sont transformés en roches sédimentaires (diagenèse). Ces transformations sont marquées par des mécanismes physiques de compaction et par des mécanismes chimiques de précipitation.	- Exploiter des observations pétrologiques (roches et photographies de lames minces) et des données relatives aux transformations diagénétiques (cimentation).
Précisions et limites : *On se limite aux phénomènes de cimentation dans les carbonates, en montrant la différence entre sparite et micrite. La dolomitisation est hors programme.*	

ST-F Le magmatisme (BCPST 2)

Cette partie permet de comprendre le rôle joué par le magmatisme comme mécanisme d'évacuation de la chaleur interne de la Terre. Les magmas sont produits par fusion partielle du manteau, produisant essentiellement des liquides de composition basaltique, et, par fusion partielle de la croûte continentale, produisant essentiellement des liquides de composition granitique. Postérieurement à la formation des magmas, leur composition chimique évolue par soustraction des cristaux formés dans le magma, et par mélange avec d'autres magmas ou assimilation d'éléments solides. Les magmas se déplacent vers la surface en fonction de leurs propriétés physiques (densité, température, viscosité). Les magmas cristallisant dans la croûte forment des roches plutoniques grenues alors que ceux qui parviennent à la surface forment des édifices volcaniques, dont les caractéristiques sont liées à leur viscosité et à leur teneur en gaz dissous. La nature et la quantité de magmas formés dépendent étroitement du contexte géodynamique. Les connaissances relatives au processus magmatique sont remobilisées dans l'étude des risques et des ressources géologiques (partie ST-I).

Savoirs visés	**Capacités exigibles**
ST-F-1 La mise en place des magmas	
La trace de l'activité magmatique peut être directe (roches magmatiques, volcans, fumerolles, activité sismique) ou indirectes (auréoles de contact, hydrothermalisme associé). Les modes de gisement des roches magmatiques sont variés : intrusions plutoniques résultant de la	- Analyser des paysages, des affleurements et des cartes permettant de visualiser la diversité des modes d'expression du magmatisme. - Identifier à l'échelle macroscopique et microscopique de manière raisonnée des roches magmatiques : basaltes, gabbros, andésites, diorites, rhyolites, granites,

cristallisation de magmas en profondeur et mises à l'affleurement, formations filoniennes ou formations volcaniques. La chronologie de mise en place des roches magmatiques peut être établie par datation relative et par datation absolue. Le type de volcanisme et les modes de mise en place des magmas dépendent du contexte tectonique. Les produits émis au niveau des volcans attestent de l'existence de différents types de dynamismes éruptifs. Les différents dynamismes éruptifs sont déterminés par les caractéristiques physico-chimiques des magmas émis (viscosité, teneur en gaz), ainsi que par les caractéristiques de la zone d'émission (topographie, présence d'eau phréatique, de glace…). La prévention des risques volcaniques se fonde sur la connaissance des éruptions passées et sur la mise en place de réseaux de surveillance. Les roches magmatiques s'organisent en associations temporelles et spatiales (séries magmatiques) que l'on peut identifier à partir des caractéristiques des gisements et de critères pétrographiques ; leur étude permet de reconstituer le fonctionnement des systèmes magmatiques.	trachytes, par l'étude de leur texture, de la minéralogie observable et de la mésostase. - Identifier le mode de gisement d'une roche par analyse de sa texture. - Identifier une roche magmatique plutonique par analyse de sa composition modale et la placer dans la classification de Streckeisen. - Identifier une roche volcanique par sa composition minéralogique et sa constitution chimique et la placer dans un diagramme TAS. - Expliquer le lien entre composition chimique et composition minéralogique d'une roche magmatique. - Exploiter des données géophysiques, cartographiques, pétrologiques afin d'établir un modèle de fonctionnement de chambre magmatique (exemple d'une dorsale rapide). - Établir une chronologie relative entre des formations magmatiques et leur environnement et/ou entre des formations magmatiques entre elles. - Exploiter des données radiochronologiques et géochimiques pour déterminer un âge absolu. - Différencier un dynamisme effusif d'un dynamisme explosif par l'étude des édifices volcaniques et des produits émis. - Relier dynamismes éruptifs et caractéristiques physico-chimiques des magmas. - Identifier des risques volcaniques à partir d'études cartographiques, pétrologiques ou géophysiques. Identifier un ensemble correspondant à une série magmatique à partir de différents critères (cartes, gisements, analyses chimiques, datation etc.).
Précisions et limites : *Le calcul de la composition normative d'une roche magmatique est hors programme. Les observations sont conduites à l'échelle macroscopique et à l'échelle microscopique des lames minces sous forme de photographies (LPNA, LPA). À l'échelle microscopique, les noms des minéraux sont fournis. L'objectif de l'étude pétrologique est la compréhension du système que constitue la roche, quant à sa formation, son origine et son histoire.*	
Liens : Climat et variabilité climatique (BG-C-3) La carte géologique (ST-A) La structure de la planète Terre (ST-B) La dynamique des enveloppes internes (ST-C) Les risques volcaniques (ST-I-1) La mesure du temps (ST-H) Les grands ensembles géologiques : Les îles océaniques françaises (ST-J-2-2) Activités de terrain	
ST-F-2 Les processus fondamentaux du magmatisme	
ST-F-2-1 Production des magmas primaires	
Les magmas sont des mélanges de fluides (silicates fondus, éventuellement sulfures, carbonates, gaz) et de solides (cristaux, enclaves). Ils sont formés par fusion partielle des roches crustales ou mantelliques. La composition du liquide primaire obtenu par fusion partielle dépend de la nature de la source et du taux de fusion. La fusion partielle des péridotites mantelliques produit des liquides primaires de composition basaltique.	- Relier la convergence de composition des premiers liquides produits lors de la fusion d'une source (manteau ou croûte) avec les propriétés thermodynamiques (eutectiques). - Identifier les conditions de fusion partielle de phases solides et d'apparition d'un liquide dans deux diagrammes binaires pour la chimie basaltique (albite-anorthite et diopside- anorthite) et dans deux diagrammes ternaires : un granitique (quartz-albite-orthose) et un basaltique (olivine-grenat-pyroxène).

La fusion partielle de la croûte continentale (anatexie crustale) entraîne la production de liquides de composition granitique. Des données isotopiques permettent la détermination des sources de magma.	- Montrer que la fusion partielle produit, à partir de roches de sources différentes, des liquides identiques, de composition granitique dans la croûte continentale, et basaltique dans le manteau. - Estimer un taux de fusion partielle dans les systèmes manteau-basaltes à partir de données géochimiques (les calculs sont réalisés à partir des concentrations en potassium). - Exploiter des données isotopiques ($^{87}Sr/^{86}Sr$ et $^{143}Nd/^{144}Nd$) pour caractériser l'origine des magmas.
Précisions et limites : *Le comportement des éléments chimiques dans les magmas n'est abordé que pour les éléments majeurs.* *Les rapports isotopiques sont présentés comme « signatures géochimiques » des mécanismes de fusion. Les rapports isotopiques initiaux $^{87}Sr/^{86}Sr$ et $^{143}Nd/^{144}Nd$ sont présentés comme des données intrinsèques des différents réservoirs (croûte continentale, manteau supérieur, manteau inférieur), sans expliciter l'origine des rapports isotopiques. La connaissance de la diversité des sources mantelliques n'est pas exigible.*	
Liens : La carte géologique (ST-A) La structure de la planète Terre (ST-B) La dynamique des enveloppes internes (ST-C) Le magmatisme (ST-G) Les risques géologiques (ST-I-1) Les grands ensembles géologiques : les îles océaniques (ST-J-2-2) Physique-chimie : descriptions microscopique et macroscopique d'un système (3.1)	
ST-F-2-2 Évolution des liquides	
Une série magmatique est définie comme un ensemble de roches mises en place dans une même région, au cours d'un intervalle de temps relativement limité et présentant entre elles des liens génétiques. Une série magmatique présente généralement un ensemble de roches, allant de termes basiques à des termes différenciés, de volumes respectifs souvent très différents et attestant d'une évolution de la composition des magmas (différenciation magmatique). La différenciation des magmas résulte de l'extraction d'un mélange de cristaux de composition différente de celle du liquide. Les autres mécanismes d'évolution des magmas sont les mélanges de magmas et l'assimilation d'éléments solides (contamination). La composition des liquides basaltiques initiaux et des roches différenciées obtenues conduit à définir trois séries magmatiques principales : les séries tholéiitique, calco-alcaline et alcaline. La série tholéiitique caractérise le magmatisme des dorsales ainsi que celui de grands épanchements en domaines intraplaques océaniques ou continentaux. La série calco-alcaline caractérise les zones de subduction et sont souvent le siège d'éruptions explosives. La série alcaline s'observe principalement en domaine intraplaque. Les séries magmatiques engendrées dans les différents contextes géodynamiques sont différentes, en termes de nature des magmas, de composition chimique, et de composition isotopique.	- Identifier une série magmatique à partir de différentes sources de documents (cartes, étude de gisements, analyse chimiques, datation) et proposer des hypothèses sur l'histoire régionale de cette série. - Distinguer l'évolution des phases solides et liquides dans une cristallisation fractionnée en mettant en relation les observations pétrologiques (ordre de cristallisation, cristaux zonés), les données géochimiques et les diagrammes : diagrammes binaires à solution solide (albite-anorthite) ou diagramme ternaire. - Exploiter des observations pétrologiques et des données géochimiques pour formuler et argumenter des hypothèses sur les processus pouvant guider une différenciation magmatique. - Identifier la nature d'une série magmatique en utilisant un diagramme TAS et AFM. - Formuler des hypothèses sur le contexte géodynamique de mise en place d'ensembles magmatiques à partir de données pétrologiques et géochimiques. - Associer certains dynamismes éruptifs et la (les) série(s) observée(s). - Exploiter des données afin de déterminer la diversité des sources et la variation du taux de fusion partielle. - Exploiter des données afin de déterminer les deux moteurs de la différenciation magmatique (la cristallisation fractionnée et l'existence de mélanges). - Exploiter des documents afin de proposer une (des) hypothèse(s) sur l'histoire régionale d'une série magmatique. - Expliquer les processus magmatiques dans le cadre de la formation de la lithosphère océanique.

Précisions et limites :
Un seul exemple de série magmatique est utilisé pour définir les arguments en faveur d'une évolution par cristallisation fractionnée, associant données pétrologiques et données géochimiques (nature du magma initial, ordre de cristallisation…). Leur chimie n'est présentée que dans les diagrammes d'éléments majeurs. Seules les grandes séries sont abordées.
La nomenclature des différents termes volcaniques et plutoniques des différentes séries n'est pas à mémoriser.
On utilise le terme « cristallisation fractionnée » quel que soit le mécanisme exact (cristallisation à l'équilibre ou distillation de Rayleigh).
Les mécanismes physiques pouvant expliquer l'extraction et la séparation des phases cristallisées, même s'ils sont mentionnés, ne sont ni à argumenter, ni à connaitre.

Liens :
La carte géologique (ST-A)
La géodynamique de la lithosphère (ST-C-3)
Le métamorphisme (ST-G)
Les grands ensembles géologiques : les îles océaniques (ST-J-2-2)
Activités de terrain
Physique-chimie : descriptions microscopique et macroscopique d'un système (3.1)

ST-G Le métamorphisme, marqueur de la géodynamique interne (BCPST 2)

L'étude des roches métamorphiques complète la compréhension de la dynamique des enveloppes solides. Cette analyse combine une reconnaissance de l'organisation spatio-temporelle des roches (sur carte géologique et par datation), une reconnaissance minéralogique et une connaissance physico-chimique des réactions métamorphiques. Cette partie est essentielle pour mettre en évidence l'importance de l'analyse de données de terrain et de laboratoire pour la compréhension de phénomènes fondamentaux (échanges de matière et d'énergie à la surface du globe). Cette analyse est permise par l'utilisation de nombreux concepts mis en place au cours des autres parties et est réinvestie dans l'étude des grands ensembles géologiques français.

Savoirs visés	Capacités exigibles
ST-G-1 Les associations minéralogiques indicatrices de pression et de température	
Une roche exposée à un changement de température et/ou de pression est le siège de transformations minéralogiques. Ces transformations sont régies par les lois de la thermodynamique et de la cinétique chimique. Les associations minéralogiques des roches métamorphiques sont métastables. Les faciès métamorphiques sont des domaines de l'espace pression-température. L'association de minéraux stables dans un faciès constitue une paragenèse à l'équilibre. Ces associations minérales dépendent de la nature de la roche originelle (protolithe). Des géobaromètres et des géothermomètres sont constitués par des réactions univariantes du métamorphisme, des minéraux index et par la distribution de certains éléments chimiques dans les phases minérales. Dans certaines conditions, le métamorphisme peut conduire à l'anatexie crustale. Une migmatite est une roche métamorphique qui résulte d'une anatexie crustale partielle. La lithosphère océanique, formée à l'axe des dorsales, interagit avec l'eau de mer et acquiert un faciès schistes verts.	- Analyser et exploiter les représentations cartographiques du métamorphisme. - Exploiter les données des lames minces, les minéraux étant légendés. - Exploiter des données permettant de faire le lien entre déformation des roches et recristallisations. - Identifier à l'œil nu des roches métamorphiques : micaschistes, gneiss, métagabbros, amphibolites, éclogites, migmatites, marbres. - Situer approximativement les limites des principaux faciès métamorphiques : schistes verts, amphibolite, granulite, schiste bleu, éclogite. - Discuter de la pertinence du choix d'un géobaromètre ou d'un géothermomètre. - Exploiter des données de thermométrie et barométrie chimiques. - Utiliser une grille pétrogénétique fournie. - Interpréter et exploiter des données montrant l'association métamorphisme – anatexie crustale. - Exploiter des documents montrant les échanges chimiques avec l'eau de mer.

Précisions et limites :
Les roches métamorphiques étudiées en TP sont : micaschistes, gneiss, migmatites, métagabbros, éclogites, marbres, amphibolites. D'autres roches peuvent être présentées (schistes, cornéennes…), mais leur reconnaissance macroscopique n'est pas exigible.
L'hydrothermalisme océanique se limite à deux exemples permettant d'illustrer le tri géochimique : l'hydratation des minéraux de la lithosphère et les échanges de Na et Mg. Les processus d'origine des fumeurs noirs et des sulfures métalliques associés sont hors programme.

Liens :
La carte géologique (ST-A)
La rhéologie de la lithosphère (ST-D-1)
Le magmatisme (ST-F)
Activités de terrain

ST-G-2 La distribution spatiale des roches métamorphiques et les variations temporelles des associations minéralogiques

La distribution spatiale des roches métamorphiques à l'échelle régionale permet d'identifier des séries métamorphiques, indicatrices d'un gradient métamorphique. Les mêmes méthodes peuvent être transposées à plus petite échelle dans le cadre du métamorphisme de contact. L'étude des différentes paragenèses présentes dans une roche métamorphique et leur datation permettent de reconstituer un chemin P, T = f(t). Ce chemin fait apparaître des étapes prograde et des étapes rétrogrades, caractéristiques des conditions d'enfouissement et des conditions d'exhumation. Un chemin P, T = f(t) constitue une jauge de profondeur dans l'histoire tectonique d'une unité crustale. La nature des séries métamorphiques et les reconstitutions de chemins P, T = f(t) sont étroitement liées à l'histoire géodynamique.	- Analyser et exploiter une carte géologique laissée au choix permettant l'étude d'une série métamorphique. - Exploiter la juxtaposition d'assemblages typomorphes (i.e. ressemblant à un type de roche précis) dans une série métamorphique. Déterminer un gradient métamorphique. - Relier les principaux gradients à des contextes géodynamiques (dans le cadre des Alpes). - Exploiter des données illustrant le cas particulier du métamorphisme de contact. - Exploiter des données pétrogénétiques et structurales pour proposer une hypothèse en termes de chemin P, T = f(t) ; - Exploiter des assemblages typomorphes et des chemins P, T = f(t) dans le cadre d'une histoire régionale. - Utiliser l'évolution dans le temps des associations minéralogiques pour éclairer l'exemple d'une chaîne de montagne en termes géodynamiques.

Précisions et limites :
Cette partie est une synthèse et une généralisation qui s'appuie notamment sur l'étude des roches métamorphiques et des Alpes en travaux pratiques. L'étude pratique des transformations minérales peut être envisagée en association avec les travaux portant sur l'étude de l'édifice alpin et des massifs anciens.
La possibilité de mesures in situ *(type microsonde) doit être connue mais les détails de la technique ne sont pas exigibles.*

Liens :
La carte géologique (ST-A)
La rhéologie de la lithosphère (ST-D-1)
Le magmatisme (ST-F)
Les grands ensembles géologiques (ST-J)
Activités de terrain

ST-H La mesure du temps : outils et méthodes (BCPST 1)

On ne peut comprendre l'histoire de la Terre, des paysages et des ressources qui nous entourent qu'à condition de situer les différents éléments qui composent cette histoire dans le temps. En particulier, une des spécificités des sciences de la Terre est l'appréhension du temps long. La prise en compte de cette dimension temporelle se fait par différentes méthodes complémentaires dont la synthèse intégrative correspond à l'échelle chronostratigraphique. Cette partie remobilise fortement les savoirs et les capacités développés en terminale.

Savoirs visés	Capacités exigibles
ST-H-1 L'échelle stratigraphique	
La définition d'une unité stratigraphique se traduit par le choix d'une référence appelée stratotype. Les crises biologiques correspondent à des repères dans l'histoire de la Terre, permettant de définir des coupures à l'échelle mondiale. Elles affectent la diversité du monde vivant à l'échelle globale et sont toujours suivies de radiations évolutives. Les causes de ces extinctions sont souvent multiples et peuvent résulter d'un couplage entre l'activité interne de la Terre et de la surface.	- Exploiter les principes de la stratigraphie pour réaliser une datation relative de deux événements géologiques. - Exploiter les informations qu'apportent les fossiles pour dater (fossiles stratigraphiques) ou reconstituer un paléoenvironnement (fossiles de faciès). - Exploiter les données d'une crise biologique pour justifier le découpage stratigraphique.
Précisions et limites : *La connaissance des fossiles se limite à la détermination des caractéristiques principales des Trilobites, Ammonoïdés, Bivalves, Gastéropodes, Foraminifères benthiques (Nummulitidés) et planctoniques (Globotruncanidés, Globigérinidés). Aucune étude systématique détaillée n'est exigible.* *La connaissance des différents types de stratotype est hors programme.* *Les différentes coupures de l'échelle stratigraphique sont définies et exploitées, mais la connaissance de leur nom se limite à celle des périodes.*	
ST-H-2 Datation absolue	
La datation absolue, fondée essentiellement sur la radiochronologie, donne accès à l'âge absolu et étalonne l'échelle stratigraphique.	- Expliquer le principe de la datation radiochronologique à partir des méthodes : U/Pb, K/Ar et ^{14}C. - Justifier l'utilisation de différentes méthodes de radiochronologie en s'appuyant sur la comparaison des méthodes et de leurs domaines d'application.
Précisions et limites : *On insiste sur les mécanismes de remise à zéro par diffusion ou dissolution-précipitation, traités uniquement de façon qualitative. On se limite à la datation à partir de minéraux isolés. Les datations s'appuient sur ce qui a été vu en lycée (enseignement scientifique en première et spécialité SVT en terminale). Seuls les âges des limites d'ères du Phanérozoïque doivent être connus. Pour U/Pb, on se limite à la Concordia dans le diagramme de Wetherhill et les significations possibles de la discordance.*	
ST-H-3 Synthèse stratigraphique	
L'échelle chronostratigraphique résulte de la mise en cohérence entre les données issues de la chronologie relative et de la chronologie absolue. On associe des âges absolus à des successions d'intervalles de temps.	- Appliquer les différentes techniques de datation relative et absolue sur des exemples divers.
Liens : Climat et variabilité climatique (BG-C-3) La carte géologique (ST-A) Le phénomène sédimentaire (ST-E) Le magmatisme (ST-F) Le métamorphisme (ST-G) Activités de terrain	

ST-I Les risques et les ressources géologiques (BCPST 2)

Les risques naturels affectent le fonctionnement de nos sociétés (destructions, décès, …) alors que l'exploitation des ressources naturelles participe au fonctionnement de nos sociétés. La compréhension des risques et l'utilisation des ressources reposent en premier lieu sur une évaluation et une compréhension des mécanismes physico-chimiques sous-jacents. Tous ces mécanismes sont étudiés dans d'autres parties du programme et permettent d'expliquer l'évaluation d'un aléa puis d'un risque ou l'exploration et la quantification de ressources. Il est important d'insister sur le fait que ces évaluations reposent sur notre compréhension de systèmes complexes observés par le biais de mesures souvent indirectes et associées à des incertitudes. Cette analyse globale nourrit la discussion scientifique au sujet d'un risque ou d'une ressource donnée avant de devenir un élément parmi d'autres de prise de décisions (gestion des risques, exploitation d'une ressource, etc.).

Savoirs visés	**Capacités exigibles**
ST-I-1 Les risques géologiques	
Les manifestations de la dynamique de la Terre présentent un caractère aléatoire, variable selon le phénomène et dépendant de l'échelle temporelle (humaine, météorologique, climatique ou géologique) à laquelle on l'envisage. Ces évènements sont à l'origine d'un risque lorsqu'ils se produisent sur un site impliquant l'être humain et ses activités. Les aléas sont divers : ils sont associés à des phénomènes liés à la géodynamique externe (éboulements, glissements, tempêtes, cyclones, tornades, inondations) ou à des phénomènes liés à la géodynamique interne (séismes, éruptions volcaniques, tsunamis).	- Distinguer les concepts d'aléa, d'enjeu et de risque et les appliquer à l'analyse d'une situation. - Argumenter sur la différence entre la fréquence des aléas liés à la géodynamique interne à celle liés à la géodynamique externe (la fréquence de ces derniers augmente du fait de la plus grande quantité d'énergie accumulée dans les enveloppes externes en lien avec le réchauffement climatique).
Précisions et limites : *La notion de risque est abordée dans un premier temps par le biais de la sismicité en BCPST 1.* *L'analyse des concepts se base sur l'exemple d'un risque tellurique et d'un risque atmosphérique.* *La diversité des aléas est mentionnée, mais leur connaissance exhaustive n'est pas attendue, ni dans leurs natures, ni dans leurs répartitions géographiques, ni dans les mécanismes mis en jeu.* *On se limite à des exemples de risques d'origine naturelle.*	
Liens : Climat et variabilité climatique (BG-C) La carte géologique (ST-A) La dynamique des enveloppes internes (ST-C) Les séismes (ST-D-2) Le magmatisme (ST-F) Activités de terrain	
ST-I-2 Les ressources géologiques	
De très nombreuses ressources inégalement réparties à la surface de la Terre sont exploitées (eau, matériaux, minerais, ressources énergétiques). Cette inégale répartition résulte d'une histoire géologique locale. Cette répartition induit une adaptation de l'activité humaine aux conditions locales et à l'organisation de nombreux échanges planétaires. Les connaissances géologiques éclairent les prises de décision concernant la recherche et l'exploitation de ces ressources.	- Remobiliser les connaissances acquises en sciences de la Terre pour expliquer les mécanismes de formation d'une ressource. - Identifier des ressources géologiques lors d'une analyse cartographique ou documentaire.
Précisions et limites : *Cette partie permet de réaliser une approche synthétique sur l'exploitation des ressources géologiques et est l'occasion de montrer l'importance de mobiliser des connaissances et méthodes fondamentales des sciences de la*	

Terre pour l'exploitation raisonnée des ressources géologiques. Le nombre d'exemples est restreint et aucun détail de leur utilisation n'est à mémoriser.
En ce qui concerne les roches sédimentaires, on montre la variété de leur utilisation industrielle, leur intérêt en tant que roches mères d'hydrocarbures et leur rôle potentiel pour stocker le CO_2. On précise le rôle des placers fluviatiles et marins pour la concentration de minéraux à forte valeur ajoutée de type diamant, or, minéraux lourds variés, que l'on associe plus généralement aux roches filoniennes.

Liens :
Le climat de la Terre (BG-C)
La carte géologique (ST-A)
La structure de la planète Terre (ST-B)
Le phénomène sédimentaire (ST-E)
Le magmatisme (ST-F)
Le métamorphisme (ST-G)
Activités de terrain

ST-J Les grands ensembles géologiques (BCPST 2)

Cette partie dresse une synthèse, à l'échelle régionale, de l'étude de structures géologiques rencontrées au cours des deux années. Elle permet l'intégration de différentes données et la mise en œuvre des méthodes acquises afin de comprendre l'organisation et l'histoire des grands ensembles géologiques de France métropolitaine et des îles océaniques ultramarines. Il s'agit également de situer dans leur contexte régional l'existence de ressources géologiques.
Enfin cette synthèse permet d'appréhender la diversité des chaînes de montagne (récentes ou anciennes) et la diversité des bassins sédimentaires (bassins épicontinentaux avec l'exemple du Bassin parisien vu en BCPST 1, bassins flexuraux et rifts périalpins vus en BCPST 2).

Savoirs visés	**Capacités exigibles**
ST-J-1 Une chaîne de montagnes	
L'étude sera effectuée sur les Alpes franco-italo-suisses. Une chaîne de montagnes est un édifice structuré dont l'étude et la compréhension nécessitent des observations de terrain et les apports de la géophysique. Elle montre des vestiges de son histoire paléogéographique ainsi que des indices d'épaississement et de raccourcissement. Des complexes ophiolitiques présentent une structuration verticale qui correspond à celle d'une lithosphère océanique. L'intégration des différentes informations permet de reconstituer les grandes étapes de l'histoire géodynamique de la chaîne.	- Exploiter la carte au 1/1 000 000 de la France, les cartes au 1/250 000 d'Annecy et de Gap. - Identifier et exploiter des indices de la déformation actuelle. - Réaliser des schémas structuraux et des coupes sur des cartes au 1/50 000 laissées au choix. - Exploiter le profil ECORS Bresse - Jura - Alpes. - Exploiter la carte des anomalies de Bouguer (ou carte des anomalies gravimétriques). - Identifier et exploiter des vestiges de domaines océaniques ; des témoins de marge passive ; des témoins de subduction ; des témoins de collision : des indices de raccourcissement, de décrochement et d'épaississement. - Exploiter la carte du métamorphisme alpin et la carte tectonique des Alpes. - Utiliser des témoins métamorphiques pour argumenter une diversité de gradients métamorphiques dans les Alpes et le diachronisme des subductions. - Construire, à l'aide de données, l'interprétation de cette chaîne en géométrie prismatique. - Intégrer des informations pour reconstituer des éléments d'histoire d'une chaîne de montagne.

Précisions et limites :
La connaissance chronostratigraphique des différents événements n'est pas au programme.
L'étude s'appuie essentiellement sur un ensemble de cartes vues en TP : la carte de France au 1/1 000 000, les cartes au 1/250 000 d'Annecy et de Gap, diverses cartes au 1/50 000 laissées au choix, la carte métamorphique des Alpes CCGM, la carte tectonique des Alpes CCGM, la carte des anomalies de Bouguer et le profil ECORS.

Les ophiolites alpines et leurs intérêts sont étudiés. D'autres documents peuvent être utilisés, mais leur connaissance n'est pas exigible.

Liens :
La carte géologique (ST-A)
La structure de la planète Terre (ST-B)
La dynamique des enveloppes internes (ST-C)
La rhéologie de la lithosphère (ST-D-1)
Les séismes (ST-D-2)
Le phénomène sédimentaire (ST-E)
Le métamorphisme (ST-G)
La mesure du temps (ST-H)
Les risques et ressources géologiques (ST-I)
Activités de terrain
Géographie : aménagement du territoire

ST-J-2 Étude de quelques grands ensembles structuraux français

ST-J-2-1 Quelques grands ensembles structuraux de France métropolitaine

Outre les Alpes, la France métropolitaine montre des grands ensembles structuraux : autres chaînes de montagnes récentes, bassins sédimentaires, massifs anciens. Par-delà leur unité, les bassins sédimentaires présentent des variations dans leur morphologie, leur structure profonde, leur origine et leur subsidence. Le Bassin parisien et le fossé rhénan sont deux bassins sédimentaires d'origine et d'histoire géodynamique différentes. Un massif ancien est un vestige à l'affleurement d'une histoire tectono-métamorphique passée. Les objets géologiques visibles à l'affleurement, souvent différents de ceux observés dans les chaînes récentes, permettent aussi d'accéder à l'histoire de cette chaîne.	- Identifier sur la carte au 1/1000 000 les principaux ensembles structuraux de la France métropolitaine : chaines de montagnes, différents types de bassins (flexuraux, rifts, bassins épicontinentaux). - Exploiter des données issues de documents complémentaires (cartes au 1/250 000 et au 1/50 000, données géophysiques et sédimentologiques…) permettant de comprendre l'origine et les grands traits de l'histoire géodynamique (subsidence) des bassins sédimentaires. - Retrouver sur la carte au millionième les principaux massifs anciens et les relier aux grands cycles orogéniques concernés. - Réaliser des schémas structuraux à partir de cartes à différentes échelles. - Réaliser des coupes géologiques à main levée, le profil topographique étant fourni. - Exploiter des données à différentes échelles pour construire une synthèse géologique locale.

Précisions et limites :
Pour la France métropolitaine, l'étude des exemples sera majoritairement effectuée sur la carte de France au 1/1 000 000. Les cycles orogéniques évoqués sont ceux observables sur cette carte.

Liens :
La carte géologique (ST-A)
La géodynamique de la lithosphère (ST-C-3)
La rhéologie de la lithosphère (ST-D-1)
Le phénomène sédimentaire (ST-E)
Le magmatisme (ST-F)
Le métamorphisme (ST-G)
La mesure du temps (ST-H)
Les risques et ressources géologiques (ST-I)
Activités de terrain

ST-J-2-2 Les îles océaniques

Les îles océaniques sont des édifices géologiques issus d'un processus magmatique, encore souvent actif, dans un contexte géodynamique donné. Elles sont également le siège de processus géologiques d'altération, d'érosion et de sédimentation.	- Analyser un contexte géologique en croisant différentes données géophysiques, cartographiques, pétrologiques, connues ou fournies.

Précisions et limites : *On se limite aux îles suivantes : Guadeloupe ou Martinique et La Réunion.* *Les seules connaissances exigibles sont celles établies dans les parties précédentes, y compris celles traitées en première année.*
Liens : La carte géologique (ST-A) La dynamique des enveloppes internes (ST-C) Le magmatisme (ST-F) Le phénomène sédimentaire (ST-E) Activités de terrain

Synthèse des séances de travaux pratiques de la thématique « Sciences de la Terre »

	BCPST 1	**BCPST 2**
ST-A La carte géologique et ses utilisations	5 séances : • 1 séance « carte de France au 1/1 000 000 » • 1 séance « roches » (en lien avec la carte de France) • 3 séances « coupes géologiques et schémas structuraux »	
ST-B La structure de la planète Terre	1 séance commune aux parties ST-B et ST-C « structure et dynamique de la Terre »	
ST-C La dynamique des enveloppes internes		
ST-D Les déformations de la lithosphère	1 séance	
ST-E Le phénomène sédimentaire	2 séances : • 1 séance « transferts de surface et paysages » • 1 séance « roches sédimentaire »	
ST-F Le magmatisme		1 à 2 séances (dont une séance possible en lien avec les îles océaniques françaises)
ST-G Le métamorphisme, marqueur de la géodynamique interne		1 séance
ST-H La mesure du temps : outils et méthodes	1 séance	
ST-I Les risques et les ressources géologiques		Pas de séance spécifique, mais traité en lien avec d'autres parties
ST-J Les grands ensembles géologiques		4 séances : • 3 séances Alpes • 1 séance massifs anciens
Total	**10 séances**	**6 à 7 séances**

Les compétences de la démarche scientifique sont également développées au cours d'activités de terrain en BCPST 1 et BCPST 2.