

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	<ul style="list-style-type: none"> • 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 <ul style="list-style-type: none"> • 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 <ul style="list-style-type: none"> • 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 : <ul style="list-style-type: none"> • 1 séance « populations » • 1 séance « écosystèmes » 	
SV-K Évolution et phylogénie	1 séance « reconstruction phylogénétique »	3 séances : <ul style="list-style-type: none"> • 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.

THÉMATIQUE « BIOGÉOSCIENCES »

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, CO₂, 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 CO₂ 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 (CO₂ et du CH₄) 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 NH₄⁺, le nitrate NO₃⁻) et dans l'atmosphère (dont l'oxyde nitreux N₂O, le diazote N₂).

- Identifier les flux entre les différentes formes azotées (parmi lesquels l'ammonification, la nitrification, la dénitrification, la fixation du N₂ atmosphérique et l'assimilation de l'azote).
- Représenter schématiquement le cycle biogéochimique de l'azote.

<p>Les flux biotiques ont une place prépondérante dans le cycle de l'azote. De nombreuses étapes du cycle de l'azote sont purement microbiennes.</p> <p>L'oxyde nitreux (N₂O) est un gaz à effet de serre qui est produit par les processus microbiens de nitrification et de dénitrification.</p> <p>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.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 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.
<p>Précisions et limites :</p> <p><i>Seuls les flux précisés dans la colonne capacités exigibles doivent être connus.</i></p>	
<p>Liens :</p> <p>Chimolithotrophie des bactéries nitrifiantes (SV-E-1)</p> <p>Fixation d'azote par les Fabacées (SV-B-2)</p> <p>Minéralisation et humification dans les sols (BG-B-1)</p> <p>Réchauffement climatique (BG-C-3)</p>	
<p>BG-A-3 Impacts des activités humaines sur les cycles biogéochimiques</p>	
<p>Les activités humaines modifient le fonctionnement des cycles biogéochimiques du carbone et de l'azote.</p> <p>Les émissions anthropiques de CO₂ conduisent à une perturbation du cycle du carbone.</p> <p>Les activités humaines conduisent à une accumulation de composés azotés réactifs dans l'environnement.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identifier l'origine et le devenir du CO₂ émis par les activités humaines. - Identifier le devenir des engrais azotés, agents de fertilisation et d'eutrophisation des écosystèmes.
<p>Précisions et limites :</p> <p><i>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.</i></p>	
<p>Liens :</p> <p>Azote, facteur limitant de la nutrition minérale des Angiospermes (SV-B-2)</p> <p>Impact des activités anthropiques sur les sols (BG-B-2)</p> <p>Réchauffement climatique et gaz à effet de serre (BG-C-3)</p>	

<p>BG-B Les sols (BCPST 2)</p>	
<p>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.</p>	
<p>Savoirs visés</p>	<p>Capacités exigibles</p>
<p>BG-B-1 Le sol : une interface vivante entre lithosphère et atmosphère</p>	
<p>BG-B-1-1 La phase solide des sols</p>	
<p>Le sol constitue l'interface entre l'hydrosphère et l'atmosphère, d'une part, et la lithosphère d'autre part.</p> <p>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.</p> <p>Le sol comporte des organismes variés. Leur grande biodiversité, macro- et microscopique, est aussi fonctionnelle : elle participe à la décomposition et la</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 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,

<p>minéralisation de la matière organique ainsi qu'à l'altération de la roche mère.</p> <p>D'un point de vue granulométrique, le sol comporte des argiles (aux propriétés colloïdales), des limons et des sables.</p> <p>Le sol se subdivise en horizons différant par leurs caractéristiques physiques, chimiques et biologiques.</p>	<p>pH, et discuter du lien avec la production végétale et avec le turn-over de la matière organique du sol.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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.
<p>Précisions et limites :</p> <p><i>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.</i></p>	
<p>Liens :</p> <p>Biotope et biocénose d'un écosystème (SV-J-2)</p> <p>Cycles biogéochimiques du carbone (BG-A-1) et de l'azote (BG-A-2)</p> <p>Altération des silicates et latéritisation (ST-E-1).</p> <p>Physique-chimie : solutés (4.2)</p>	
<p>BG-B-1-2 Les phases fluides des sols</p>	
<p>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.</p> <p>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.</p> <p>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).</p> <p>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).</p> <p>Le sol est un système ouvert réalisant des échanges avec l'atmosphère (exemple des gaz) et l'hydrosphère (exemple des nutriments).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 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 (CO₂, CH₄, N₂O). - Mesurer la porosité et le pH d'un sol. <ul style="list-style-type: none"> - Mettre en évidence la capacité d'échange cationique (CEC) avec un chromophore chargé (par exemple le bleu de méthylène et l'éosine).
<p>Précisions et limites :</p> <p><i>Le bilan hydrique du sol est hors-programme.</i></p> <p><i>La fixation de N₂ est illustrée par des bactéries libres ou liées (Rhizobium).</i></p>	
<p>Liens :</p> <p>Symbiose fixatrice d'azote des Fabacées (SV-A-2)</p> <p>Absorption racinaire des Angiospermes (SV-B-2)</p> <p>Cycle du carbone et forçage de la précipitation des carbonates (BG-A-1)</p>	

BG-B-1-3 Le sol, un ensemble dynamique	
<p>Un sol se forme par effet conjoint de la végétation et de l'évolution de la roche mère.</p> <p>Les composants du sol se déplacent notamment par diffusion, gravité et par bioturbation.</p> <p>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).</p> <p>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.</p> <p>La dynamique globale d'un sol dépend aussi du climat.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 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.
<p>Précisions et limites :</p> <p><i>On se borne à un sol brun et un sol brun lessivé.</i></p> <p><i>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.</i></p> <p><i>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.</i></p> <p><i>Le pédoclimax est introduit comme un état d'équilibre dynamique dépendant du climat et donc variable au cours du temps long.</i></p>	
<p>Liens :</p> <p>Succession écologique et relations interspécifiques (SV-J-2)</p> <p>Changement climatique anthropique et impacts sur la biodiversité (BG-C-3-3)</p> <p>Climat et altération des roches (ST-E-1)</p> <p>Érosion et entraînement de matières (ST-E-2)</p>	
BG-B-2 Les enjeux de la gestion des sols	
<p>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).</p> <p>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.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 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.
<p>Précisions et limites :</p> <p><i>Les services écosystémiques choisis comme exemples sont réutilisés pour illustrer leurs perturbations par les activités humaines.</i></p>	
<p>Liens :</p> <p>Fonctionnement des écosystèmes (SV-J-2)</p> <p>Eutrophisation des écosystèmes (BG-A-3)</p> <p>Géographie : Environnement et milieu.</p>	

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 (O₃).
- 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 : <i>La circulation atmosphérique porte sur l'étude :</i> - 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. <i>La formalisation mathématique des mécanismes de la circulation océanique ou atmosphérique n'est pas attendue.</i>	
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 : <i>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.</i>	
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 : <i>Il s'agit ici de présenter un exemple de couplage climatique océan – atmosphère de courte échelle de temps (interannuel à multidécennal). Seul l'exemple de la mousson est exigible. Les mécanismes physiques sous-jacents sont présentés mais ne sont pas démontrés.</i>	
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 paléozonographie 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

<p>terrestres qui déterminent l'échelle de temps de réaction du système climatique à une perturbation et son possible retour à un état stationnaire.</p>	<p>des temps géologiques (altération des silicates, mousson, variations de l'albedo). - Montrer que l'augmentation des températures diminue la solubilité du CO₂ 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.</p>
<p>Précisions et limites : <i>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 $\delta^{13}C$).</i></p>	
<p>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 CO₂ (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</p>	
<p>BG-C-3-3 Changement climatique anthropique et impacts sur la biodiversité</p>	
<p>Projections climatiques et réchauffement actuel</p>	
<p>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.</p>	<p>- Analyser différents scénarios de réchauffement climatique à partir de projections présentées dans les rapports du GIEC.</p>
<p>Quelques impacts du changement climatique sur la biodiversité</p>	
<p>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.</p>	<p>- 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) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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).
<p>Précisions et limites : <i>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 événements 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.</i></p>	

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 : <ul style="list-style-type: none">• 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 : <ul style="list-style-type: none">• 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)	
<p>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.</p>	
Savoirs visés	Capacités
<p>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 (levés de terrain, photographies aériennes, forages, etc.). Elle représente un modèle de l'état des connaissances au moment de sa réalisation.</p> <p>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.</p> <p>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.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 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.
<p>Précisions et limites :</p> <p><i>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.</i></p> <p><i>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.</i></p> <p><i>L'exploitation de cartes géophysiques ne donne pas lieu à des développements sur les aspects fondamentaux de la gravimétrie et du magnétisme.</i></p> <p><i>Concernant les bassins sédimentaires, on s'appuie sur le Bassin parisien comme exemple. Cependant, la connaissance de la chronologie des événements qui ont jalonné le remplissage sédimentaire du Bassin parisien n'est pas au programme.</i></p> <p><i>Une première approche des roches permet :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - 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. <p><i>Sur les clichés de lames minces exploitables lors d'exercices, les minéraux sont légendés.</i></p>	

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
<p>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.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 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)	
<p>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.</p>	
Savoirs visés	Capacités exigibles
ST-C-1 Bilan thermique et conséquences	
<p>La dynamique des enveloppes terrestres correspond à la dynamique thermique du globe (transferts de chaleur interne et externe par conduction et convection).</p> <p>La convection mantellique, moteur des mouvements de plaques lithosphériques, est associée à la production de chaleur interne du globe.</p> <p>La lithosphère est définie notamment comme une couche limite à la convection.</p> <p>Les mouvements horizontaux de la lithosphère ont des conséquences tectoniques (rifts, dorsales, marges passives...).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 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).
<p>Précisions et limites : <i>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.</i></p>	
<p>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)</p>	
ST-C-2 La lithosphère en équilibre sur l'asthénosphère	
<p>L'isostasie correspond à l'équilibre vertical de la lithosphère sur l'asthénosphère selon le principe d'Archimède.</p> <p>Cet équilibre dynamique peut être source de mouvements verticaux.</p> <p>La modélisation des états d'équilibre permet de proposer des interprétations des reliefs, que les données gravimétriques valident ou questionnent.</p> <p>La notion d'anomalie gravimétrique est construite à partir des anomalies à l'air libre et de Bouguer.</p> <p>L'anomalie de Bouguer témoigne de la présence d'excès ou de déficit de masse en profondeur.</p> <p>Les anomalies gravimétriques permettent de discuter des variations altitudinales inaccessibles à l'observation directe ou à travers d'autres instrumentations.</p> <p>Les variations spatiales de petite longueur d'onde du géoïde marin permettent de repérer les reliefs sous-marins.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 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 étapes (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'incrément 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)	
<p>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.</p>	
Savoirs visés	Capacités exigibles
ST-E-1 Modelés des paysages et transferts de matériaux en surface	
ST-E-1-1 Les facteurs d'altération	
<p>Les matériaux en surface sont soumis à de multiples processus d'altération, qui engendrent des formations résiduelles, et d'érosion, avec en particulier l'entraînement 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).</p> <p>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.</p> <p>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 (bisiallisation, monosiallisation, allitisation). Les produits de l'altération sont différemment mobilisables, en particulier en fonction de leur solubilité.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 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).
<p><i>Précisions et limites :</i></p> <p><i>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).</i></p> <p><i>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 bisiallisation et la monosiallisation, à partir de l'hydrolyse de l'orthose. La classification des argiles n'est pas au programme.</i></p>	
<p>Liens :</p> <p>Le cycle du carbone (BG-A-1)</p> <p>Les sols (BG-B)</p> <p>Le climat de la Terre (BG-C)</p> <p>Les ressources géologiques (ST-I-2)</p> <p>Activités de terrain</p> <p>Géographie : analyse d'un paysage</p>	
ST-E-1-2 Érosion et entraînement de matière	
<p>En surface des continents, l'érosion se traduit par des flux de matières en solution (solutés) ou en suspension (particules).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 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 : <i>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.</i>	
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.	<ul style="list-style-type: none"> - 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 : <i>Le Bassin parisien est traité en TP de cartographie (partie ST-A). La stratigraphie séquentielle n'est pas au programme.</i>	
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.	<ul style="list-style-type: none"> - 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 : <i>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.</i>	
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	<ul style="list-style-type: none"> - 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 plateforme 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).

<p>zone océanique à une autre et fluctuante à l'échelle des temps géologiques.</p> <p>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.</p> <p>La précipitation de solutés en domaine lagunaire ou littoral, peut engendrer des évaporites (gypse-anhydrite, halite, sylvite) par concentration des solutions.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 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.
<p>Précisions et limites :</p> <p><i>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.</i></p>	
<p>Liens :</p> <p>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</p>	
<p>ST-E-3 La diagenèse</p>	
<p>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.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Exploiter des observations pétrologiques (roches et photographies de lames minces) et des données relatives aux transformations diagénétiques (cimentation).
<p>Précisions et limites :</p> <p><i>On se limite aux phénomènes de cimentation dans les carbonates, en montrant la différence entre sparite et micrite. La dolomitisation est hors programme.</i></p>	

<p>ST-F Le magmatisme (BCPST 2)</p>	
<p>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).</p>	
<p>Savoirs visés</p>	<p>Capacités exigibles</p>
<p>ST-F-1 La mise en place des magmas</p>	
<p>La trace de l'activité magmatique peut être directe (roches magmatiques, volcans, fumerolles, activité sismique) ou indirectes (auréoles de contact, hydrothermalisme associé).</p> <p>Les modes de gisement des roches magmatiques sont variés : intrusions plutoniques résultant de la</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 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,

<p>cristallisation de magmas en profondeur et mises à l’affleurement, formations filoniennes ou formations volcaniques.</p> <p>La chronologie de mise en place des roches magmatiques peut être établie par datation relative et par datation absolue.</p> <p>Le type de volcanisme et les modes de mise en place des magmas dépendent du contexte tectonique.</p> <p>Les produits émis au niveau des volcans attestent de l’existence de différents types de dynamismes éruptifs.</p> <p>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...).</p> <p>La prévention des risques volcaniques se fonde sur la connaissance des éruptions passées et sur la mise en place de réseaux de surveillance.</p> <p>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.</p>	<p>trachytes, par l’étude de leur texture, de la minéralogie observable et de la mésostase.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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.).
<p>Précisions et limites :</p> <p><i>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.</i></p>	
<p>Liens :</p> <p>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</p>	
<p>ST-F-2 Les processus fondamentaux du magmatisme</p>	
<p>ST-F-2-1 Production des magmas primaires</p>	
<p>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.</p> <p>La fusion partielle des péridotites mantelliques produit des liquides primaires de composition basaltique.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 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).

<p>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.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 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 ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ et $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$) pour caractériser l'origine des magmas.
<p>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 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ et $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 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.</p>	
<p>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)</p>	
<p>ST-F-2-2 Évolution des liquides</p>	
<p>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-alkaline 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-alkaline 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.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 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 connaître.

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, écolgites, migmatites, marbres.
- Situer approximativement les limites des principaux faciès métamorphiques : schistes verts, amphibolite, granulite, schiste bleu, écolgite.
- 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, élogites, 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 progrades 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)	
<p>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.</p>	
Savoirs visés	Capacités exigibles
ST-H-1 L'échelle stratigraphique	
<p>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.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 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.
<p>Précisions et limites : <i>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.</i> <i>La connaissance des différents types de stratotype est hors programme.</i> <i>Les différentes coupures de l'échelle stratigraphique sont définies et exploitées, mais la connaissance de leur nom se limite à celle des périodes.</i></p>	
ST-H-2 Datation absolue	
<p>La datation absolue, fondée essentiellement sur la radiochronologie, donne accès à l'âge absolu et étalonne l'échelle stratigraphique.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Expliquer le principe de la datation radiochronologique à partir des méthodes : U/Pb, K/Ar et ¹⁴C. - Justifier l'utilisation de différentes méthodes de radiochronologie en s'appuyant sur la comparaison des méthodes et de leurs domaines d'application.
<p>Précisions et limites : <i>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.</i></p>	
ST-H-3 Synthèse stratigraphique	
<p>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.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Appliquer les différentes techniques de datation relative et absolue sur des exemples divers.
<p>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</p>	

ST-I Les risques et les ressources géologiques (BCPST 2)	
<p>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.).</p>	
Savoirs visés	Capacités exigibles
ST-I-1 Les risques géologiques	
<p>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 événements 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).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 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).
<p>Précisions et limites : <i>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.</i></p>	
<p>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</p>	
ST-I-2 Les ressources géologiques	
<p>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.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 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.
<p>Précisions et limites : <i>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</i></p>	

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 CO₂. On précise le rôle des placers fluviaux 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-suisse.

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 : chaînes 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.