

Le programme de l'agrégation spéciale sciences de la vie - sciences de la Terre et de l'univers (SV - STU) précise le socle des connaissances sur lesquelles les épreuves du concours sont élaborées. Cependant, il convient de bien rappeler que les connaissances ne sont pas une fin en soi et que les éléments du programme sont avant tout à considérer comme des outils à la disposition des candidats pour faire la démonstration de leurs compétences de scientifiques et de futurs enseignants.

Le haut niveau scientifique de l'agrégation nécessite du candidat qu'il fasse la démonstration de sa maîtrise des différents éléments de la démarche scientifique tout au long des épreuves du concours. Si les épreuves d'admissibilité se concentrent avant tout sur la capacité du candidat à organiser ses idées autour d'une problématique justifiée et construite selon une stratégie rigoureuse et raisonnée, les épreuves d'admission vérifient ses compétences scientifiques et pédagogiques exprimées en temps réel dans des exposés oraux pendant lesquelles des compétences pratiques sont souhaitées.

Tout au long des épreuves du concours, le jury aura le souci de faire travailler les candidats sur des documents scientifiques originaux **qui peuvent donc être rédigés en langue anglaise**.

Le programme de l'agrégation spéciale est fondé sur celui de l'agrégation, dans la mesure où les connaissances requises sont identiques. Toutefois, les modalités des épreuves ont été adaptées afin de mettre en valeur les compétences acquises par les candidats lors de la réalisation du doctorat lors de l'évaluation de leurs compétences scientifiques et de futurs enseignants. Les candidats sont invités à consulter l'arrêté du **22 Mai 2018 modifiant l'arrêté du 28 décembre 2009 fixant les sections et les modalités d'organisation des concours de l'agrégation** (<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000037172003>) ainsi que les rapports du jury pour compléter leur information.

Le programme de l'agrégation des sciences de la vie - sciences de la Terre et de l'univers est rédigé en considérant les deux secteurs du champ disciplinaire qui constituent les 2 options du concours :

- Secteur des sciences de la vie (SV) : biologie et physiologie cellulaires, biologie moléculaire ; leur intégration au niveau des organismes ; biologie et physiologie des organismes et biologie des populations, en rapport avec le milieu de vie ;
- Secteur des sciences de la Terre et de l'univers, interactions entre la biosphère et la planète Terre.

Les multiples facettes des SV-STU ne peuvent pas toutes être connues d'un candidat docteur. Le programme limite donc le champ d'interrogation possible en occultant certaines questions et/ou en réduisant leur volume. Dans de nombreux cas, des exemples apparaissent qui semblent les plus appropriés, ce qui n'exclut pas d'en choisir d'autres en connaissant ceux qui sont explicitement indiqués.

### **Programme de connaissances générales de Sciences de la vie**

Outre la présentation des connaissances à posséder pour le concours, le programme de SV doit être consulté en ayant présent à l'esprit trois impératifs :

- l'observation des objets et des phénomènes, héritée de l'histoire naturelle et/ou des sciences naturelles, est une obligation ;
- la démarche expérimentale, composante essentielle de la démarche scientifique, est indispensable à la compréhension puis à l'explication des phénomènes et doit être présente à tous les niveaux d'étude ;
- les modes de raisonnement déductif, inductif ou abductif sont à mobiliser ;
- la conceptualisation à partir des données précédentes qui s'applique à l'ensemble de la discipline, se doit d'être d'actualité tout en connaissant les limites éventuelles dans certains domaines et, dans quelques cas, des éléments d'histoire des sciences et d'épistémologie.

Il s'agit d'une discipline expérimentale. À cet égard, l'utilisation de modèles, parfois simplifiés, est requise. Cette démarche implique la connaissance des particularités du modèle en relation avec la question posée mais, dans la majorité des cas, il est exclu de connaître l'ensemble de la biologie de l'organisme et/ou de l'organe retenu même si les limites éventuelles à la généralisation des connaissances sont à retenir. Dans cette démarche expérimentale, des méthodes et/ou des techniques de base et utilisables dans les établissements d'enseignement sont à posséder parfaitement. Pour d'autres approches plus modernes et/ou difficiles à mettre en œuvre dans les établissements, les principes généraux techniques et/ou méthodologiques doivent être connus pour pouvoir utiliser au mieux des documents disponibles

Les connaissances élémentaires de physique, chimie et mathématiques représentent également un pré-requis pour les candidats.

Le programme de connaissances générales comporte sept rubriques :

- 1 - La cellule, unité structurale et fonctionnelle du vivant
- 2 - L'organisme, une société de cellules
- 3 - Plans d'organisation du vivant et phylogénie
- 4 - L'organisme dans son environnement
- 5 - Biodiversité, écologie, éthologie, évolution
- 6 - L'utilisation du vivant et les biotechnologies
- 7 - Éléments de biologie et de physiologie dans l'espèce humaine

On ne s'étonnera donc pas de trouver des répétitions de thèmes et/ou d'exemples. Dans ce dernier cas, le choix du même exemple placé à plusieurs endroits du programme permet de l'alléger. Des renvois entre les différentes parties montrent la perméabilité des différentes rubriques.

**1 - La cellule, unité structurale et fonctionnelle du vivant**

Les méthodes et/ou techniques en biologie cellulaire et moléculaire sont à connaître au moins sur le principe.

Notions-Contenus	Précisions-Limites
<b>1.1 Éléments de biochimie</b>	
1.1.1 Constitution de la matière - Atomes, molécules. - Liaisons et interactions.  - Propriétés de l'eau et de groupes fonctionnels. - Polarité des molécules. - Monomères, Polymères ; Macromolécules.	Isotopes. Radioactivité. Molécules marquées. Covalente, ionique, hydrogène, van der Waals. Énergie. Acide, base, alcool, amine ; pH, pK, tampon ; Équation de Henderson-Hasselbach.
1.1.2 Principales molécules biologiques - Glucides. - Lipides. - Acides aminés et protéines, nucléotides et acides nucléiques. - Composés hémiques ; pigments. - Interactions intra et inter-moléculaires.	Les méthodes d'études habituelles sont à connaître dont : chromatographies, cristallographie, méthodes de séquençage. A mettre en lien avec 6.2.  Chlorophylles, hémoglobines, cytochromes.
<b>1.2 Organisation fonctionnelle de la cellule</b>	
1.2.1 La théorie cellulaire	Les méthodes d'étude habituelles de la biologie cellulaire sont à connaître.
1.2.2 Les membranes cellulaires - Organisation et dynamique des membranes. - Lois physico-chimiques.  - Échanges transmembranaires  - Jonctions cellulaires. - Exosomes	Composition, structure, fluidité, trafic vésiculaire Dont loi de Fick, loi de Nernst, potentiel hydrique, osmose. Dont les échanges régis par des protéines membranaires (principe de fonctionnement). Exemples qui peuvent être pris parmi les transporteurs du glucose (SGLT, Glut) et de l'eau (aquaporines), les pompes (Na <sup>+</sup> -K <sup>+</sup> /ATP dépendantes), les canaux ioniques. <i>Le détail des structures et de la diversité des protéines membranaires n'est pas au programme</i>
1.2.3 Organisation cellulaire eucaryote et procaryote - Compartimentation cellulaire. - Noyau, réticulum endoplasmique, Golgi, vacuole, lysosome, mitochondrie, chloroplaste. - La théorie endosymbiotique.	La dynamique structurale et fonctionnelle des organites sera soulignée.
1.2.4 Le cytosquelette - Éléments constitutifs. - Trafic intracellulaire. - Motilité.	Transport axonal. Cyclose. Contraction de la fibre musculaire squelettique. Cils et Flagelles.
1.2.5 La cellule et son environnement - Récepteurs membranaires.	

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Signalisation cellulaire.</li> <li>- Communication directe entre cellules</li> <li>- Microenvironnement cellulaire : les matrices extracellulaires.</li> </ul>	<p>Les voies de transduction des signaux sont à aborder (en lien avec 1.4.3). Plasmodesmes, jonctions communicantes, pili bactériens. Dont parois. Les interactions membrane-matrice sont à aborder.</p>
<p><b>1.3 Métabolismes cellulaires</b></p>	
<p>1.3.1 Thermodynamique élémentaire</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- L'énergie et ses formes. Énergie interne. Variation d'énergie libre.</li> <li>- Cinétique des réactions. Loi d'action de masse.</li> <li>- Oxydoréductions.</li> </ul>	<p>Prise en considération de la différence entre les conditions standards et les conditions <i>in vivo</i>.</p>
<p>1.3.2 Bioénergétique</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Valeurs énergétiques des substrats.</li> <li>- Coenzymes d'oxydo-réduction.</li> <li>- Couplages énergétiques.</li> </ul>	<p>Glucides, lipides et protéines.</p> <p>Dont ceux exploitant les propriétés de l'ATP. Chaîne respiratoire et oxydation phosphorylante. Chaîne photosynthétique et photophosphorylation acyclique (limitée aux Angiospermes)</p>
<p>1.3.3 Enzymes et catalyse enzymatique</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Enzymes, coenzymes, cofacteurs.</li> <li>- Vitesse de réaction, relations vitesse-substrat, affinité, vitesse maximale, spécificité.</li> <li>- Contrôle de l'activité enzymatique.</li> </ul>	<p><i>La classification des enzymes n'est pas au programme.</i></p> <p>Cinétique de Michaelis-Menten, cinétique allostérique, représentations graphiques.</p>
<p>1.3.4 Voies métaboliques</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les grands types de réactions.</li> <li>- Diversité des voies métaboliques eucaryotes et procaryotes : sources de carbone, d'hydrogène et d'énergie.</li> <li>- Voies métaboliques principales : composés initiaux et terminaux, bilans, principales étapes.</li> <li>- Contrôles des voies métaboliques.</li> <li>- Intégration des voies métaboliques aux échelles cellulaires et de l'organisme.</li> </ul>	<p>Transfert de groupement, oxydo-réduction, condensation, hydrolyse. A mettre en lien avec 4.1.1</p> <p>Cycle de réduction photosynthétique du carbone (cycle de Calvin) et synthèse de l'amidon, glycogénogenèse, glycolyse, gluconéogenèse, glycolyse, cycle des acides tricarboxyliques (cycle de Krebs), <math>\beta</math>-oxydation, fermentation alcoolique et fermentation lactique. A l'aide des exemples de la glycolyse et de la glycolyse. A mettre en lien avec 4.1</p>

<b>1.4 Information génétique de la cellule</b>	
<p><b>1.4.1 Le support de l'information génétique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les acides nucléiques, supports de l'information génétique.</li> <li>- L'ADN dans la cellule.</li>   <li>- Le gène, unité d'information génétique. Évolution de la notion de gène.</li> <li>- Organisation générale du génome chez les Procaryotes et les Eucaryotes.</li> </ul>	<p>Diversité des structures et de leur localisation. (chromosomes, plasmides, ADN des organites). Structure des chromosomes, centromères, télomères, chromatine, caryotypes.</p> <p>ADN codant et non codant. Cluster de gènes, synténie.</p>
<p><b>1.4.2 Stabilité et variabilité de l'information génétique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Réplication de l'ADN.</li> <li>- Mitose et Méiose.</li>   <li>- Recombinaisons de l'ADN.</li> <li>- Réparations.</li> <li>- Mutations.</li>   <li>- Les éléments génétiques mobiles et leurs conséquences.</li> <li>- Transformation, conjugaison et transductions chez les bactéries.</li> </ul>	<p>A mettre en lien avec 2.2, 2.3 et 5.2</p> <p>Recombinaisons germinales et somatiques.</p> <p>Mutations géniques et chromosomiques.</p> <p>Transferts horizontaux.</p> <p>Résistance aux antibiotiques, Bactéries multirésistantes.</p>
<p><b>1.4.3 Contrôle transcriptionnel et traductionnel de l'expression du génome</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrôle épigénétique.</li> <li>- Transcription et facteurs de transcription.</li>   <li>- Maturation des ARN.</li> <li>- Contrôle post-transcriptionnel.</li>   <li>- Traduction et maturation des protéines.</li> <li>- Modifications post-traductionnelles, conséquences fonctionnelles.</li> </ul>	<p>Méthylation de l'ADN, modification des histones. Dont exemple du contrôle hormonal de l'expression du génome par la triiodothyronine.</p> <p>Exemple d'ARN non codants, mi- ou siRNA.</p> <p>Dont : phosphorylation, ubiquitination... Dont conformation pathogène des protéines</p>
<p><b>1.4.4 Cartes génétiques, -omics</b></p>	<p>Le principe des méthodes d'études des génomes, transcriptomes, protéomes et métabolomes est à connaître</p> <p>A mettre en lien avec 6.1</p>
<b>1.5 Vie et mort de la cellule</b>	
<p><b>1.5.1 Le cycle cellulaire</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Différentes étapes du cycle.</li> <li>- Le contrôle du cycle cellulaire.</li> <li>- Les dérèglements du cycle cellulaire.</li> <li>- La croissance et les divisions cellulaires chez les procaryotes.</li> </ul>	<p>A mettre en lien avec 2.3</p> <p>Exemple de la transformation tumorale.</p>

1.5.2 La mort cellulaire Modalités et déterminisme.	A mettre en lien avec 2.3.5 Apoptose, nécrose. Autophagie.
1.5.3 La différenciation cellulaire - Diversité des types cellulaires.  - Potence (toti-, pluri-, multi- et uni-), détermination et différenciation cellulaires, dédiérenciation et redifférenciation. - Les cellules souches.	On s'appuiera sur les exemples cellulaires cités dans les différentes parties du programme.  Notion de cellule souche embryonnaire et cellule pluripotente induite (iPS).
<b>1.6 Systèmes biologiques subcellulaires</b>	
- Les virus : structure, génome, cycle répliatif et transmission. - Classification des virus par type de génome et par type de capsid.	Exemples dont un bactériophage, virus de la mosaïque du tabac, virus de l'immunodéficience acquise humaine, virus de la grippe, virus de la Dengue. A mettre en lien avec 2.5 et 7.7

**2 - L'organisme, une société de cellules**

Les points 2 et 4 ont des liens étroits. Les candidats doivent être en mesure de mettre en lien les différentes échelles du vivant pour donner davantage de sens aux mécanismes traités.

<b>Notions-Contenus</b>	<b>Précisions-Limites</b>
<b>2.1 La notion d'organisme</b>	
- Principes d'organisation : les colonies de cellules procaryotes (biofilms) et eucaryotes, l'état cœnocytique, l'état pluricellulaire (tissus, organes, appareils ; notion d'individu). - Liquides extracellulaires des Métazoaires : nature, localisation, mise en mouvement, fonctions. - Liquides circulants des Spermatophytes - - Lignées germinale et somatique.	A mettre en lien avec 3.3  Liquides interstitiel et cœlomique, hémolymphe, sang et lymphes. A mettre en lien avec 4.2 et 7.2.3  A mettre en lien avec 1.5.3
<b>2.2 L'origine de l'œuf</b>	
2.2.1 Gamétogenèse - Aspects chromosomiques.  - Aspects cytologiques (enveloppes et réserves).	A mettre en lien avec 7.4 A mettre en lien avec 1.4.2  Exemples : Vertébrés (Amphibiens, Mammifères), Insectes, oursin, Angiospermes.
2.2.2 Rapprochement des gamètes, mécanismes cellulaires et moléculaires de la fécondation	

2.2.3 Transmission et expression des gènes - Cas des haploïdes. - Cas des diploïdes : allélisme, dominance et récessivité, épistasie. - Réalisation du phénotype sexuel à partir du génotype.	A mettre en lien avec 5.2  Levures, Drosophile, Vertébrés dont espèce humaine (à mettre en lien avec 7.4).
<b>2.3 La construction des organismes : biologie du développement</b>	
2.3.1 Les grandes étapes du développement embryonnaire : de la cellule-œuf à la différenciation cellulaire	Drosophile, Xénope, Souris, Arabette.
2.3.2 Les plans d'organisation : Acquisition des symétries et des polarités au cours du développement Les gènes du développement, aspects fonctionnels	A mettre en lien avec 3.3 Inductions embryonnaires, gradients morphogénétiques, déterminants, gènes sélecteurs (ou gènes maîtres), gènes homéotiques. Dont développement du membre chridien.
2.3.3 La croissance	Croissance discontinue : exemples pris chez les Insectes. Croissance de l'os long des Vertébrés (à mettre en lien avec 7.2.1 et 7.3.2). Croissance des angiospermes : méristèmes, mères ; auxèse.
2.3.4 Renouvellement cellulaire et tissulaire	Dont remodelage osseux, hématopoïèse, zone génératrice libéro-ligneuse. Cellules souches, notion de niche (à mettre en lien avec 1.5.3).
2.3.5 Mort cellulaire au cours du développement embryonnaire, des métamorphoses, de la différenciation tissulaire et de la sénescence	Insectes, Amphibiens, membre chridien des Mammifères. Tissus des Angiospermes. A mettre en lien avec 1.5.2
2.3.6 Les métamorphoses animales et leur contrôle endocrinien	Insectes holométaboles ; Amphibiens.
<b>2.4 Les communications entre cellules au sein de l'organisme</b>	
2.4.1 Communications au sein du système nerveux Neurone et message nerveux ; synapses chimique / électrique.  Diversité structurale et fonctionnelle des neuromédiateurs	Potentiels d'action, potentiels électrotoniques. Jonction neuro-musculaire ; couplage excitation – contraction. A mettre en lien avec 4.3, 4.5 et la partie 7.
2.4.2 Communications hormonales	Les exemples seront choisis parmi ceux traités dans les autres parties du programme.
2.4.3 Communications au sein du système immunitaire	Cytokines, présentation de l'antigène, molécules de co-stimulation (à mettre en lien avec 2.5.3).
<b>2.5 Les principes de la défense de l'organisme</b>	
2.5.1 Les barrières et défenses naturelles	Barrières mécaniques, chimiques, microbiologique.

	Rôle des microbiotes.
2.5.2 L'immunité innée des végétaux et des animaux	Réponse hypersensible. Réaction inflammatoire. PAMP, DAMP et PRR.
2.5.3 L'immunité adaptative des Vertébrés	Cellules présentatrices de l'antigène. Réponse à médiation cellulaire. Réponse à médiation humorale. Mémoire immunitaire. A mettre en lien avec 7.7
2.5.4 Les dysfonctionnement du système immunitaire	Dont immunodéficiences, auto-immunité. A mettre en lien avec 7.7
2.5.5 « Immunité » chez les procaryotes Mécanismes de défense des procaryotes contre les éléments génétiques étrangers	Systèmes de restriction et modification, système CRISPR/Cas.

### **3 - Plans d'organisation du vivant et phylogénie.**

Au-delà de la connaissance d'une classification phylogénétique actuelle, il est attendu que les candidats sachent raisonner et faire preuve d'esprit critique à partir de la diversité des données.

Les exemples proposés servent d'appui aux études menées, on attend des candidats qu'ils soient en capacités de réaliser des transpositions sur d'autres organismes.

<b>Notions-Contenus</b>	<b>Précisions-Limites</b>
<b>3.1 Les méthodes actuelles de la systématique</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Principes des méthodes cladistique et phénétique : apport des données morphologiques, embryologiques et moléculaires.</li> <li>- Construction des arbres phylogénétiques, difficultés rencontrées et sources d'erreurs.</li> <li>- Le principe de parcimonie, principe général du maximum de vraisemblance</li> </ul>	<p><i>Seul le sens du maximum de vraisemblance est à connaître. L'expression littérale comme les calculs ne sont pas attendus.</i></p>
<b>3.2 La phylogénie du vivant</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'arbre du vivant.</li> <li>- La structuration de l'arbre des Eucaryotes</li> <li>- L'origine endosymbiotique de la cellule Eucaryote.</li> </ul>	Place des virus Apomorphies des principaux taxons. Position phylogénétique de quelques unicellulaires hétérotrophes (paramécie, plasmodium, foraminifères). Discussion de la notion de groupe écologique polyphylétique (exemples : algues, champignons). Exemples de l'origine des plastides de la lignée verte, des mitochondries
<b>3.3 Plans d'organisation des métazoaires</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Principaux plans d'organisation des métazoaires (symétries et polarités).</li> </ul>	Les organismes suivants pourront être étudiés : éponge calcaire ou démosponge (un exemple), cnidaire (hydre), plathelminthe (planaire),



<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apport des gènes du développement à la compréhension de l'évolution.</li> <li>- Organisation du milieu intérieur.</li> <li>- Arbre phylogénétique incluant les principaux phylums de métazoaires.</li> <li>- Chronologie des grandes étapes de l'évolution des Métazoaires.</li> <li>- Validité du critère morphologique : notions d'homoplasie et d'homologie.</li> <li>- Convergence évolutive et adaptation aux conditions environnementales.</li> </ul>	<p>bryzoaire, nématode (<i>Ascaris</i>), annélide (<i>Nereis</i>), crustacé (écrevisse), insecte (criquet), mollusques (moule, escargot), échinoderme, téléostéen, tétrapodes (grenouille, poulet, souris). Etablissement des symétries et des polarités, homologie moléculaire, origine du membre chiridien, hétérochronies.</p> <p>Liquides extracellulaires des métazoaires, évolution du coelome.</p> <p>Phylums des éponges calcaires, cnidaires, brachiopodes, bryozoaires, plathelminthes, mollusques, annélides, nématodes, arthropodes, échinodermes, chordés et leurs principales subdivisions.</p> <p>Liaison avec les données de la paléontologie (faunes d'Ediacara et de Burgess, crises biologiques et extinctions évoquées dans le programme STU).</p> <p>Exemples possibles : les membres des vertébrés, les ailes, les organes de collecte de nourriture des métazoaires.</p>
<p><b>3.4 Les principaux groupes de la lignée verte (glaucophytes, rhodobiontes, chlorobiontes : algues vertes et embryophytes) et leurs adaptations aux conditions environnementales.</b></p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Principaux plans d'organisation et leur acquisition.</li> <li>- Classification des embryophytes.</li> <li>- Réponses adaptatives : poïkilohydrie, structures de soutien et de conduction.</li> <li>- Rôles des symbioses.</li> <li>- Cycles de développement comparés des embryophytes.</li> </ul>	<p>Cette partie s'appuie sur des exemples représentatifs dont : <i>Chlamydomonas</i>, <i>Ulva</i>, <i>Chara</i>, <i>Trentepohlia</i>, polytric, polypode, pin, cycas ou ginkgo, une Angiosperme.</p> <p>Gènes du développement chez <i>Arabidopsis thaliana</i> ; on se limitera à la structuration des apex et à l'ontogenèse florale (gènes homéotiques). A mettre en lien avec 2.3</p> <p>Dont mycorhizes, nodosités. Homologies des générations.</p>

**4 - L'organisme dans son environnement**

Les points 2 et 4 ont des liens étroits. Les candidats doivent être en mesure de mettre en lien les différentes échelles du vivant pour donner davantage de sens aux mécanismes traités.

Les caractéristiques physico-chimiques des milieux aquatiques et aériens doivent être connues sur les plans qualitatif et quantitatif.

Le programme privilégie les approches intégratives et comparées de la physiologie.

L'approche intégrative (centrée sur l'organisme) permet d'étudier les adaptations aux conditions du milieu et leur dimension évolutive. L'approche comparée révèle chez des organismes apparentés des fonctionnements différents en liaison avec des modes ou des milieux de vie dissemblables. Les contraintes écologiques déterminant les convergences évolutives sont dégagées.

<b>Notions-Contenus</b>	<b>Précisions-Limites</b>
<b>4.1 La nutrition des organismes</b>	
4.1.1 Les formes de l'énergie. Besoins énergétiques et matériels des organismes.	Autotrophie. Photo-autotrophie dans la lignée verte. Chimio-autotrophie (nitrification, méthanogenèse) Hétérotrophie. A mettre en lien avec 1.3
4.1.2 La nutrition des autotrophes - Assimilation du CO <sub>2</sub> par les végétaux photosynthétiques.  - Les formes de l'azote et leur assimilation par les organismes.  - Mycorhizes et nutrition hydrominérale des végétaux.	Sont au programme : la capture de l'énergie lumineuse, l'assimilation du carbone, les échanges gazeux et leurs variations, le bilan carboné au niveau de la plante entière, les photosynthèses de type C3, C4 et CAM et leurs conséquences écologiques.  On se limitera à l'assimilation des nitrates par les végétaux verts et à la fixation de l'azote par les procaryotes libres et les nodosités des légumineuses.  Voir aussi 3.4.
4.1.3 La prise de nourriture et la digestion des hétérotrophes - Prise de nourriture. - Appareil digestif et digestion chez les mammifères. - L'alimentation hématophage et osmotrophe.	A mettre en lien avec 1.2.2, 3.3 et 7.2.2  Exemples menant à une étude comparative des différents régimes alimentaires.  Exemples dont <i>Plasmodium falciparum</i> , moustique, sangsue, cestodes.
4.1.4 Les réserves - Nature, synthèse, mise en réserve et mobilisation. - Contrôle hormonal - Réserves ovocytaires et extra-ovocytaires des vertébrés.  - Réserves chez les angiospermes.	Glycogène musculaire et hépatique, réserves lipidiques  A mettre en lien avec 7.2
<b>4.2 La réalisation des échanges avec le milieu</b>	

<p>4.2.1 Les échanges gazeux</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diffusion des gaz et loi de Fick.</li> <li>- Les surfaces d'échanges gazeux (gaz-liquide, liquide-liquide) et leurs caractéristiques générales.</li> <li>- Maintien des gradients de pression partielle au niveau de l'échangeur.</li> <li>- Transport des gaz et pigments respiratoires.</li> </ul>	<p>Notion de conductance et de capacitance.</p> <p>Seuls seront traités le tégument, les branchies (téléostéens, crustacés, lamellibranches), les poumons (mammifères), le système trachéen des insectes et les stomates des plantes.</p> <p>On se limitera à la ventilation pulmonaire (vertébrés) et trachéenne (insectes), à la circulation d'eau au niveau branchial (lamellibranches, crustacés, téléostéens) et aux appareils circulatoires associés à ces échangeurs.</p> <p>On se limitera aux hémoglobines humaines.</p>
<p>4.2.2 Les appareils circulatoires des Métazoaires</p>	<p>Un exemple d'appareil circulatoire ouvert ; un exemple d'appareil circulatoire clos d'organisme aquatique ; un exemple d'appareil circulatoire clos d'un organisme aérien.</p>
<p>4.2.3 Les échanges d'eau et de solutés</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- L'élimination des déchets azotés chez les métazoaires.</li> <li>- Propriétés des principaux déchets azotés, intérêt adaptatif.</li> <li>- Principe de fonctionnement des organes excréteurs.</li> <li>- Equilibre hydro-électrolytique et milieux de vie des animaux (milieu marin, eau douce, milieu aérien).</li> </ul>	<p>Étude des protonéphridies, des tubes de Malpighi des insectes et des reins des vertébrés.</p> <p>Exemples des vertébrés marins, des téléostéens d'eau douce, des mammifères et insectes terrestres.</p> <p>Variations au cours du développement post-embryonnaire des amphibiens.</p> <p>A mettre en lien avec 4.4.2 et 7.2.5</p>
<p>4.2.3 Les végétaux en milieu terrestre et la gestion de l'eau.</p>	<p>Réhydratation hygroscopique, reviviscence.</p> <p>Absorption hydrominérale, contrôle du flux hydrique (stomates et régulation stomatique, adaptations morphologiques, anatomiques et physiologiques des xérophytes).</p> <p>Les sèves et leur circulation.</p> <p>A mettre en lien avec 3.4</p>
<p><b>4.3 Perception du milieu, intégration et réponses. Squelette et port</b></p>	
<p>4.3.1 La perception de l'environnement</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diversité des modalités sensorielles des animaux et relation avec les modes et milieux de vie.</li> <li>- Tropismes, tactismes et nasties.</li> </ul>	<p>On étudiera plus particulièrement la vision.</p>
<p>4.3.2 Intégration, réponse motrice et squelette des organismes mobiles</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les squelettes et la biomécanique associée.</li> <li>- Les différents types de systèmes nerveux.</li> <li>- La motricité somatique et son contrôle.</li> </ul>	<p>A mettre en lien avec 2.4.1 et 7.3.1</p> <p>Test, squelette hydrostatique, exosquelette et endosquelette.</p> <p>Systèmes nerveux diffus, médullaires, ganglionnaires, céphalisation.</p>
<p>4.3.3 Architecture et port des Embryophytes</p>	<p>Ramification, croissance en longueur et en épaisseur.</p>

	<p>Dominance apicale, ramification des ligneux, influence des facteurs du milieu. A mettre en lien avec 2.3.3</p>
<b>4.4 Reproduction et cycles de développement</b>	
<p><b>4.4.1 Modalités de la reproduction</b> - La reproduction sexuée (y compris pour l'espèce humaine) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• la sexualisation des individus.</li> <li>• le rapprochement des partenaires.</li> <li>• la diversité des modes d'appariement et de fécondation.</li> <li>• viviparité, oviparité, ovoviviparité.</li> <li>• la formation et le devenir du zygote des angiospermes (fruits et graines).</li> </ul> <p>• les semences sèches et leur physiologie.</p> <p>- La reproduction asexuée : principales modalités et conséquences sur les peuplements des milieux. - Les significations écologiques et évolutives des reproductions sexuée et asexuée.</p>	<p>A mettre en lien avec 3.4 et 7.4</p> <p>Diœcie, gynodiœcie, gonochorisme, hermaphrodisme. Fécondation externe / fécondation interne.</p> <p>Pollinisation. Autocompatibilité et autoincompatibilité (les mécanismes moléculaires, autre que l'origine génétique, ne sont pas à connaître).</p> <p>Déshydratation, vie ralentie, dormances.</p> <p>Bourgeonnement, parthénogenèse, vie coloniale (Cnidaires). Multiplication végétative naturelle (Embryophytes et Eumycètes).</p>
<p><b>4.4.2 Cycles de développement</b> - L'alternance des phases sexuées et asexuées chez les formes libres. - Les cycles des parasites.</p> <p>- Phénologie et synchronisation du cycle de reproduction des végétaux.</p> <p>- Larves et métamorphoses : dispersion, changement de plan d'organisation, diversité des niches écologiques.</p>	<p>Exemples possibles : <i>Plasmodium</i>, <i>Trypanosoma brucei</i>, <i>Schistosoma</i>, <i>Tænia</i>, <i>Ascaris</i>, rouille (<i>Puccinia</i>), mildiou.</p> <p>Germination des graines, dormance, maturité de floraison ; plantes annuelles, bisannuelles, pérennes.</p> <p>Etude d'exemples choisis chez les insectes (comparaison holométaboles / paurométaboles), et d'un Amphibien (le contrôle neuro-endocrine n'est pas au programme). A mettre en lien avec 2.3</p>
<b>4.5 Homéostasie</b>	
4.5.1 Régulation de la glycémie à court terme.	On se limitera à l'Homme (voir aussi 7.5.1).
4.5.2 Thermorégulation : régulation des échanges de chaleur ; thermogenèse, thermolyse.	

**5 - Biodiversité, écologie, éthologie, évolution**

L'approche mathématique élémentaire des modèles théoriques est au programme de connaissances générales, des connaissances de base en statistiques et la maîtrise de formalisations telles que la loi de Hardy-Weinberg ou les modèles de Lotka et Volterra sont nécessaires.

<b>Notions-Contenus</b>	<b>Précisions-Limites</b>
<b>5.1 Histoire et concepts en évolution</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conceptions pré-darwiniennes, révolution darwinienne, synthèse néo-darwinienne.</li> <li>- La théorie scientifique de l'évolution.</li> <li>- Les forces évolutives</li>   <li>- Notion de valeur sélective (fitness), de traits d'histoire de vie, d'adaptation.</li>   <li>- Les unités de sélection.</li> <li>- Évolution expérimentale.</li> </ul>	<p>Mutations, migrations, sélections, recombinaison, dérive.</p> <p>Sélection naturelle, artificielle et sexuelle, coévolution, fécondité, âge à maturité, longévité, dispersion.</p>
<b>5.2 Génétique</b>	
<p>5.2.1 Génétique formelle</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aspects génétiques de la méiose et de la fécondation.</li> <li>- Transmission d'un couple d'allèles.</li> <li>- Ségrégation de plusieurs couples d'allèles.</li> <li>- Lois de Mendel.</li> </ul>	<p>A mettre en lien avec 1.4.2 et 2.2.3</p>
<p>5.2.2 Génétique des populations</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fréquences alléliques, fréquences génotypiques.</li> <li>- Régime de reproduction (panmixie, autogamie, consanguinité).</li> <li>- Pressions évolutives (sélection, mutation, recombinaison, migration, dérive).</li> <li>- Polymorphisme neutre et sélectionné, cryptopolymorphisme.</li> </ul>	<p>Méthodes d'étude du polymorphisme (y compris marqueurs moléculaires).</p> <p>Exemples de la diversité des variétés des plantes cultivées, et des maladies génétiques humaines.</p> <p>A mettre en lien avec 5.1</p>
<p>5.2.3 Génétique quantitative</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Héritabilité, hétérosis.</li> <li>- Origine des plantes cultivées.</li> </ul>	<p>Blé et maïs.</p>
<b>5.3 Biologie et écologie des populations – Écologie des communautés</b>	
<p>5.3.1 Biologie et écologie des populations</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Effectif des populations. Croissance et dynamique des populations.</li> <li>- Répartition spatiale des populations : densité, dispersion. Concept de métapopulation.</li> <li>- Polymorphisme et traits d'histoire de vie.</li> </ul>	<p>Modèles exponentiel et logistique.</p>

<p>5.3.2 Écologie des communautés</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Description des communautés (échantillonnage) et caractérisation des communautés (abondance, richesse, diversité).</li> <li>- Interactions entre espèces au sein des communautés : compétition interspécifique, prédation, parasitisme et mutualisme, symbioses.</li> <li>- Dynamique des communautés : les successions écologiques.</li> </ul>	<p>Notion de peuplement. Quelques indices descriptifs (Shannon, Simpson). Notion d'étagement. Sont attendus les exemples classiques au sein des écosystèmes communs (forêts, prairies, ruisseaux, océans, etc.). A mettre en lien avec 5.6.2 Formalisme de Lotka et Volterra (modèles compétition et proie-prédateur).  Évolution des étagements, peuplements pionniers.</p>
<b>5.4 Biologie du comportement animal</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recherche et utilisation des ressources (biotiques et abiotiques).</li> <li>- Interactions entre les individus (compétition, coopération).</li> <li>- Communication (nature, production et réception des signaux, fonctions, adaptations aux contraintes environnementales et sociales).</li> <li>- Comportement reproducteur (y compris soins aux jeunes).</li> <li>- Systèmes sociaux des insectes et des vertébrés.</li> </ul>	<p>Les comportements sont étudiés sous les angles de l'ontogenèse, de leurs fonctions biologiques et de leur valeur adaptative. L'approche comparative sera privilégiée. La notion de coûts / bénéfices est au programme.</p>
<b>5.5 Biodiversité et biogéographie</b>	
<p>5.5.1 Définition, composantes et mesures de la biodiversité</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Polymorphisme.</li> <li>- Définitions de l'espèce.</li> <li>- Écosystèmes.</li> </ul>	<p>A mettre en lien avec 5.2.2 et 5.3.1 Concepts d'espèces biologiques, typologiques, phylogénétiques et écologiques. A mettre en lien avec 5.6.2</p>
<p>5.5.2 La spéciation et ses mécanismes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Spéciation allopatrique.</li> <li>- Spéciation sympatrique.</li> <li>- Cospéciation.</li> </ul>	<p>Exemple d'espèce en anneau. Mécanisme de la spéciation sympatrique hors programme.</p>
<p>5.5.3 Distribution spatiale des espèces.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Notion de vicariance / d'endémisme.</li> <li>- Modèle de la biogéographie insulaire.</li> <li>- Grandes aires biogéographiques.</li> </ul>	<p>Notion de barrière biogéographique.</p>
<p>5.5.4 Action de l'homme sur la biodiversité.</p>	

<b>5.6 Écologie fonctionnelle – écosystèmes</b>	
5.6.1 Notion d'écosystème et description fonctionnelle - Biomasse, production et productivité. - Stocks et flux de matière et d'énergie.	Approche quantitative, méthodes et unités de mesure.
5.6.2 Exemples d'écosystèmes - Ecosystèmes océaniques et terrestres. - Comparaison d'un écosystème naturel et d'un agrosystème. - Transferts de matière et d'énergie entre écosystèmes. - Grands biomes.	Cette partie s'appuie sur des exemples tels que : forêts, prairies, rivières, étangs, zones océaniques, zone de balancement des marées, montagnes et tourbières.
5.6.3 Cycles biogéochimiques de l'eau, du carbone et de l'azote	

## **6 - L'utilisation du vivant et les biotechnologies**

Il convient de prendre en compte les problèmes posés par ces méthodes et leurs conséquences (économiques, écologiques, éthiques...).

<b>Notions-Contenus</b>	<b>Précisions-Limites</b>
<b>6.1 Bases scientifiques des biotechnologies</b>	
6.1.1 Le génie génétique et ses applications	Clonage des gènes, hybridations moléculaires, amplification de l'ADN (PCR), gènes rapporteurs.
6.1.2 La génomique	Marqueurs génétiques moléculaires, empreintes génétiques. Principe du séquençage des génomes. A mettre en lien avec 1.1.2 et 1.4.4
6.1.3 Les cultures <i>in vitro</i> et leurs applications - Cultures de cellules animales et végétales. - Cultures bactériennes.	A mettre en lien avec 1.5
6.1.4 Utilisation d'animaux vivants à des fins scientifiques	Nécessité de l'expérimentation animale (aperçu de la réglementation française, champs d'application), aspects éthiques et règle des 3R, réglementation pour l'enseignement secondaire.
<b>6.2 Utilisation des micro-organismes</b>	
6.2.1 Application des métabolismes microbiens. Rôle des micro-organismes dans les transformations alimentaires et industrielles.	Fermentations industrielles, alimentaires. Transformation et conservation du blé, du raisin, du lait.

6.2.2 Les substances d'intérêt issues des micro-organismes - Utilisation des enzymes microbiennes. - Production de métabolites naturels. - Production de protéines recombinantes.	A mettre en lien avec 7.7  Exemple de la Taq polymérase. Antibiotiques, vitamines. Exemple des biomédicaments.
<b>6.3 Biotechnologie des plantes et des animaux</b>	
6.3.1 Méthodes de clonage ; conservation de la structure génétique	Micropropagation : méristèmes, bourgeons. Exemples : pomme de terre, orchidées. A mettre en lien avec 1.4 et 2.3.3
6.3.2 Modifications artificielles des génomes - mutagenèse artificielle - transgénèse (principe, techniques, applications) - applications agronomiques, industrielles et médicales - risques de propagation des transgènes dans l'environnement et pour la santé humaine. - édition des génomes	A mettre en lien avec 1.4.1  <i>Agrobacterium tumefaciens</i> et de son utilisation chez les plantes.  CRISPR/Cas.

**7 - Éléments de biologie et de physiologie dans l'espèce humaine.**

Cette rubrique devra être abordée à tous les niveaux d'intégration, de la molécule (sauf indication de limite) aux populations. On s'appuiera également sur l'utilisation raisonnée des approches pathologiques.

<b>Notions-Contenus</b>	<b>Précisions-Limites</b>
<b>7.1 Le corps humain</b>	
- Anatomie élémentaire. Organes, systèmes et appareils - Compartiments liquidiens.	Principes des méthodes d'étude non invasive du corps humain. Volumes et compositions.
<b>7.2 Échanges de matière et d'énergie dans l'organisme et entre l'organisme et son environnement</b>	
7.2.1 Les besoins de l'organisme et leur couverture. - La dépense énergétique et ses variations. Calorimétrie. Métabolisme basal et variations. - La couverture des besoins par l'alimentation : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chez l'adulte.</li> <li>• Lors de la croissance.</li> </ul>	Principes thermodynamiques. Mesures et valeurs. Thermorégulation : voir aussi 7.5 Aspects quantitatifs et qualitatifs. Nutriments indispensables. Vitamines. Oligo-éléments
7.2.2 Digestion, absorption, transport et devenir des nutriments - Les phases : localisation, chronologie des phénomènes, sécrétions exocrines et endocrines. - Absorption et transport des nutriments, rôle du sang et de la lymphe. - Implication du microbiote. - Devenir des nutriments. Réserves. - Ajustements des voies métaboliques entre les repas.	Phase post-prandiale. Phases du jeûne.  A mettre en lien avec 1.2.2 et 4.1.3
7.2.3 La circulation - Le cœur : activités mécanique et électrique,	



<p>contrôle.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les vaisseaux. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Organisation fonctionnelle des différents segments.</li> <li>• Circulations locales.</li> </ul> </li> <li>- La pression artérielle : définition, variations et régulation.</li> <li>- Ajustements aux besoins de l'organisme et aux variations du milieu.</li> </ul>	<p>Vasomotricité, répartition du débit cardiaque.</p> <p>A mettre en lien avec 7.5.2</p>
<p>7.2.4 La respiration</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La ventilation.</li> <li>- Transport des gaz respiratoires par le sang.</li> <li>- Échanges gazeux alvéolo-capillaires et tissulaires.</li> <li>- Ajustements de la ventilation au cours de l'exercice physique.</li> </ul>	<p>A mettre en lien avec 4.2.1</p>
<p>7.2.5 L'excrétion</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fonctionnement du néphron.</li> <li>- Participation du rein au maintien de l'équilibre hydro-sodé.</li> </ul>	<p>Quelques méthodes d'exploration fonctionnelle, dont la clairance.</p>
<p><b>7.3 Neurobiologie et endocrinologie</b></p>	
<p>7.3.1 Neurobiologie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le tissu nerveux. Le message nerveux.</li> <li>- Organisation anatomique et fonctionnelle du système nerveux central et périphérique.</li> <li>- Fonctions sensorielles. Principes généraux : stimulation, réception, transduction, codage, conduction.</li> <li>- Contrôle de la posture.</li> </ul>	<p>Les grandes fonctions associées aux principales structures cérébrales Exemples de la vision et de l'audition.</p> <p>Dont le réflexe myotatique.</p>
<p>7.3.2 Endocrinologie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Organes et tissus endocrines</li> <li>- Rétrocontrôles, Boucle de régulation</li> <li>- Place des complexes hypothalamo-hypophysaires</li> </ul>	<p>Les exemples à choisir sont ceux traités dans les autres parties du programme.</p>

<b>7.4 Appareils reproducteurs et procréation</b>	
7.4.1 Différenciation sexuelle, puberté, maturité, ménopause	Spermatogenèse, transport des spermatozoïdes. Ovogenèse, cycle ovarien, cycle menstruel.
7.4.2 Physiologie de la reproduction	A mettre en lien avec 4.4. Rôle du système nerveux autonome et du monoxyde d'azote.
7.4.3 Grossesse, accouchement, lactation - Interventions hormonales. - Échanges fœto-maternels.	Suivi de la grossesse. Diagnostic prénatal.
7.4.4 Maîtrise de la reproduction humaine	Contraception, contragestion. Procréation médicalement assistée
<b>7.5 Homéostasie, régulations et réponses intégrées de l'organisme</b>	
7.5.1 Concept général de régulation	On peut s'appuyer sur les exemples rencontrés dans le reste du programme dont la régulation à court terme de la glycémie et la thermorégulation.
7.5.2 Exemples de réponses adaptatives de l'organisme - Ajustements et adaptations respiratoires et cardio-vasculaires à l'exercice physique ; effets de l'entraînement. - Adaptation du répertoire immunitaire au cours de la vie.	
<b>7.6 Santé et société</b>	
- Nutrition et balance énergétique : obésité, diabète. - Détournements addictifs : Alcoolisme, drogues.	A mettre en lien avec 4.1.4 et 7.2.2  Foie et détoxification. Lésions. Mécanismes neurologiques de l'addiction.
<b>7.7 L'être humain face aux maladies</b>	
- Maladies infectieuses : origines bactérienne, virale et parasitaires. - Maladies génétiques - Maladies métaboliques. - Maladies dégénératives.  - Éléments relatifs à la prophylaxie et à la thérapeutique (prévention, vaccination, dépistage, antibiothérapie, chimiothérapie, immunothérapie). - Un exemple de politique de santé publique.	Exemples dont grippe, tuberculose, SIDA paludisme. Exemples dont thalassémies, cancers. Exemples : diabète et obésité. Exemple : maladie de Parkinson, d'Alzheimer, sclérose en plaque. A mettre en lien avec 2.5

## **Programme de sciences de la Terre et de l'univers**

Le programme de connaissances des sciences de la Terre et de l'univers est fondé sur une bonne connaissance des principaux objets et des processus géologiques à l'échelle mondiale et du territoire national (métropole et outremer). Ainsi, les candidats doivent connaître les grands traits de l'évolution de la planète Terre (continents et océans) en s'appuyant sur des documents incontournables tels que la carte géologique du monde, les cartes des fonds océaniques, la carte géologique de l'Europe et la carte géologique de la France à 1/1.000.000 (**6<sup>ème</sup> édition 1996 et 6<sup>ème</sup> édition révisée en 2003**).

Les connaissances méthodologiques s'appuient sur une maîtrise des grands principes de la physique et de la chimie indispensables en sciences de la Terre, notamment dans les domaines de la mécanique des solides et des fluides, des champs de potentiel (magnétisme et gravité), de l'optique, de la thermodynamique et de la chimie minérale et en solutions. Enfin, il est souhaitable, dans quelques cas, de faire appel à l'évolution des idées dans le domaine des sciences de la Terre.

Les candidats doivent, par ailleurs, maîtriser les bases méthodologiques et techniques des principales disciplines des sciences de la Terre : géophysique, minéralogie et pétrologie, géochimie, tectonique, sédimentologie, et paléontologie. Les méthodes ou techniques qui **servent ces disciplines** et qui s'appliquent aux enveloppes internes et externes, doivent être connues dans leurs principes élémentaires. On retiendra en particulier :

- l'identification macroscopique et microscopique des principaux minéraux, roches magmatiques, métamorphiques et sédimentaires, minerais indispensables à la compréhension des grands phénomènes géologiques inscrits au programme ;
- l'identification macroscopique et/ou microscopique des principaux fossiles et ichnofossiles, leur intérêt stratigraphique, paléo-climatique, paléo-environnemental, ou pour la reconstitution de l'histoire de la biosphère ;
- la lecture des cartes géologiques et la réalisation de coupes, de schémas structuraux et de bloc-diagrammes simples (passage 2D-3D) pour la reconstitution d'histoires géologiques régionales ;
- l'analyse de documents issus des méthodes de télédétection usuelles : images dans le visible et l'infrarouge, radar, Modèles Numériques de Terrain ;
- la lecture et l'interprétation de documents géographiques et géophysiques usuels (cartes topographiques et bathymétriques, cartes de réflectivité des fonds marins, profils sismiques et sismogrammes, cartes d'anomalies magnétiques et gravimétriques, cartes d'altimétrie satellitaire, documents de tomographie sismique, cartographie des mécanismes au foyer,...) ;
- l'interprétation des analyses géochimiques (majeurs, traces, isotopes stables et radiogéniques), en liaison avec les types d'objets étudiés (roche/minéral magmatique ou métamorphique, biominéralisations, fluides interstitiels, météorites, ..) ;
- la lecture de diagrammes de phase associée à une compréhension des trajets suivis par une roche lors de la cristallisation, fusion ou de transformations à l'état solide ;
- les bases théoriques essentielles de la géochronologie relative et absolue (dans les limites énoncées plus loin) et le découpage des temps géologiques qui en est déduit ;
- Les bases de l'utilisation de la modélisation (modèles numériques et analogiques) dans la compréhension des processus géologiques.

Le programme comporte quatre grandes rubriques :

- 1- La Terre actuelle ;
- 2- Le temps en sciences de la Terre ;
- 3- L'évolution de la planète Terre ;
- 4- Gestion des ressources et de l'environnement.

**1- La Terre actuelle**

Notions-Contenus	Précisions-Limites
<b>1.1 La planète Terre dans le système solaire</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Structure et fonctionnement du Soleil et des planètes.</li> <li>- Spécificité de la planète Terre et zone d'habitabilité du système solaire.</li> <li>- Météorites et comètes : la différenciation chimique des planètes telluriques.</li> </ul>	<p>L'étude se limitera à la composition des planètes et des atmosphères planétaires, ainsi qu'à leur activité interne. Les méthodes permettant de reconstituer la structure interne de la Terre et sa dynamique seront présentées. La connaissance du mouvement des planètes se limitera aux lois de Kepler.</p>
<b>1.2 Forme et structure actuelles de la Terre</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- La mesure du relief de la Terre, les relations entre topographie et gravimétrie. Les grands ensembles morphologiques.</li> <li>- Les apports de la gravimétrie : la masse de la Terre et des planètes telluriques, l'ellipsoïde et le géoïde, les anomalies gravimétriques</li> <li>- Les apports de la sismologie : les principales enveloppes internes (croûte, manteau, noyau...), les anomalies de temps d'arrivée et la tomographie sismique.</li> <li>- La notion de lithosphère, lithosphère thermique et lithosphère mécanique.</li> <li>- Les enveloppes externes : hydrosphère, atmosphère.</li> </ul>	<p>On mettra en évidence les différentes longueurs d'onde des ondulations du relief et du géoïde et on fera la relation avec la géodynamique interne</p> <p>On veillera à ce que la notion d'anomalie (gravimétrique, magnétique, de vitesse sismique) soit bien comprise comme la différence entre la mesure réelle et un modèle <i>a priori</i> qui correspond à la structure au premier ordre (PREM pour les anomalies de vitesse sismique, l'ellipsoïde pour le champ de pesanteur, ...).</p> <p>La lithosphère sera présentée comme une couche limite thermique dans le processus de convection mantellique.</p>
<b>1.3 Géodynamique externe</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bilan radiatif et énergétique du système Terre. Effet de serre.</li> <li>- Distribution de l'énergie solaire dans l'atmosphère et à la surface de la Terre.</li> <li>- Circulations atmosphérique et océanique ; Couplage océan-atmosphère (ENSO, moussons) ; Couplage avec la cryosphère.</li> <li>- Géomorphologie continentale et océanique ; Mécanismes d'érosion, d'altération et de transport ; Sédimentation actuelle. Influence de la tectonique, du climat (et de ses variations passées) et de la lithologie sur l'évolution des reliefs. Liens avec les grands cycles géochimiques.</li> <li>- Rôles de la vie dans la genèse des sédiments actuels et anciens et impact sur le fonctionnement biogéochimique global de la Terre.</li> <li>- Formation et remplissage des bassins sédimentaires en liaison avec le contexte géodynamique et caractérisation des environnements de dépôt.</li> <li>- Transfert de matière des continents aux océans.</li> <li>- Diagenèse et compaction des sédiments.</li> </ul>	<p>Seuls les mécanismes des saisons et la théorie astronomique des climats seront abordés (le paradoxe du Soleil jeune n'est pas au programme).</p> <p>Les développements théoriques sur l'effet de Coriolis ne sont pas au programme.</p>
<b>1.4 Géodynamique interne du globe</b>	

<p>- Le champ magnétique terrestre et la dynamique du noyau.</p> <p>- Le manteau de la Terre : Composition, stratification, hétérogénéité, chaleur, dynamique (convection et tectonique des plaques, convection et panaches), les causes de la fusion du manteau (rifts, dorsales, points chauds, zones de subduction), l'apport de la pétrologie expérimentale à haute pression.</p> <p>- Mobilité horizontale de la lithosphère, la tectonique des plaques, cinématique relative : La dérive des continents (observations et hypothèses), le flux de chaleur aux dorsales et l'hypothèse de l'expansion des fonds océaniques, la répartition des séismes, le paléomagnétisme et les anomalies magnétiques symétriques et la mesure de la vitesse d'expansion, la géométrie des failles transformantes et la rigidité des plaques, la cinématique des points triples, les modèles cinématiques globaux. La géodésie terrestre et satellitaire. La cinématique instantanée et finie, les reconstructions ; la cinématique absolue et les différents référentiels.</p> <p>- Les séismes et les failles actives : Répartition, magnitude, mécanismes au foyer, vecteurs glissement, cycle sismique, temps de récurrence, modèle du rebond élastique, failles actives et géomorphologie, méthodes de datation.</p> <p>- Divergence de plaques : du rift continental à la dorsale. Structure et évolution des rifts continentaux et des marges passives. Les différents types de marges passives. La transition continent-océan. Genèse de la croûte océanique aux dorsales : aspects magmatiques, tectoniques, hydrothermaux. Le modèle ophiolitique. Les différents types de segmentation des dorsales. L'évolution thermo-mécanique de la lithosphère océanique.</p> <p>- Limites de plaques en décrochement et grands décrochements intracontinentaux : Exemples continentaux et océaniques. Géométrie, sismicité, thermicité, relief, rôle dans la cinématique.</p> <p>- Convergence de plaques, subduction,</p>	<p>On précisera les principaux paramètres qui définissent le champ magnétique (dipôle, inclinaison, déclinaison) et les différentes longueurs d'onde de variations du champ au cours du temps, les inversions.</p> <p>Les principaux paramètres que contient le nombre de Rayleigh seront explicités.</p> <p>Les principes de base de la géodésie spatiale sont au programme mais pas les méthodes de calcul.</p> <p>Quelques exemples de séismes majeurs doivent être connus</p> <p><b>Pour l'ensemble des contextes géodynamiques (divergence, limites en décrochement et convergence) :</b> On veillera à bien connaître un nombre limité d'exemples régionaux pour pouvoir argumenter les principaux points du programme sur des cas réels. Les exemples les plus emblématiques (les principales dorsales, Alpes, Himalaya-Tibet, Faille de San Andreas, Méditerranée, Andes...) doivent être connus. Les méthodes d'étude de la déformation des roches à toutes les échelles, des contraintes pression-température et les méthodes radiochronologiques sont supposées connues. Les principaux paramètres qui contrôlent la rhéologie des matériaux lithosphériques et les méthodes de mesure et de modélisation sont également supposés connus.</p>
---	--

<p>obduction, collision et phénomènes associés. Morphologie des panneaux plongeants et leur dynamique. Évolution pétrologique de la lithosphère subduite. Métamorphisme et transfert de fluides. Genèse des magmas en zone de convergence, arcs, arrière arc et collision. Le recyclage mantellique. Subduction et tectonique, bassins arrière arc, cordillères... Mise en évidence et dynamique de l'obduction, les ophiolites et la marge passive chevauchée. Sutures ophiolitiques. Géométrie et cinématique des chaînes de collision. Processus d'épaississement crustal. Rôle du manteau.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Métamorphisme et exhumation. Les grands décrochements associés à la collision.</li> <li>- Processus tardi- ou post-orogéniques : Équilibre entre forces de volume et forces aux limites, les principales structures mises en jeu.</li> <li>- Désépaississement lithosphérique dans les chaînes de collision, part de la tectonique, de l'érosion et de la géodynamique. Érosion et genèse des sédiments terrigènes et chimiques.</li> <li>- Les cycles orogéniques visibles sur la carte géologique de la France</li> </ul>	<p>La notion de contrainte est supposée connue et l'analyse quantitative se limitera à l'utilisation du cercle de Mohr.</p> <p>Les principes de base de la thermobarométrie doivent être connus. La notion de faciès métamorphique et l'évolution des paragenèses pour les chimies de roches principales font également partie du programme. Les chemins pression-température-temps-déformation seront utilisés pour contraindre l'évolution des édifices géologiques.</p> <p>Les grands mécanismes d'exhumation des roches métamorphiques seront présentés dans leurs contextes géodynamiques. L'importance de la rhéologie et de la densité des roches sera soulignée.</p> <p>Quelques exemples caractéristiques doivent être connus</p> <p>S'appuyer sur des données variées (cartographiques, structurales, pétrographiques, géophysiques) pour reconstituer les principales étapes des orogénèses cadomienne, varisque et alpine.</p> <p>Replacer ces évènements dans un contexte plus global (cycle de Wilson).</p>
---	---

## **2 - Le temps en sciences de la Terre : âges, durées et vitesses des processus géologiques**

<p><b>2.1 Chronologie relative, continuité / discontinuité</b></p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Principe de la chronologie relative et des règles de la lithostratigraphie.</li> <li>- Principes de la biostratigraphie. Notion de taxon index et de biozone.</li> <li>- Approches physiques et chimiques de la stratigraphie : sismostratigraphie et bases de la stratigraphie séquentielle, cyclostratigraphie, chimiostratigraphie, magnétostratigraphie.</li> </ul>	<p>On se limitera à quelques méthodes de biozonation ; macro-, micro-, nannofossiles.</p> <p>Le traitement des données sismiques n'est pas au programme. On ne traitera pas les aspects mathématiques de l'analyse spectrale des cyclicités sédimentaires.</p> <p>On présentera le principe de l'enregistrement des inversions magnétiques au sein des roches.</p>
<p><b>2.2 Géochronologie absolue</b></p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Radiochronologie. Signification des âges obtenus, notion de température de fermeture.</li> </ul>	<p>On présentera le principe de la datation à l'aide du couple Rb/Sr et de l'isotope cosmogénique <sup>14</sup>C. On</p>

	<p>étudiera notamment la construction et l'exploitation d'une isochrone Rb/Sr en justifiant l'usage des rapports isotopiques. On se limitera à la simple utilisation des couples U/Pb sur zircon.                  L'utilisation des datations Rb/Sr pour les roches métamorphiques ne sera pas abordée.                  La distinction entre âge de cristallisation et de formation de la roche et âge de refroidissement sera expliquée.                  Les limites de l'utilisation des méthodes seront présentées.</p>
<p><b>2.3 Synthèse</b></p>	
<p>- Mise en corrélation des différents marqueurs chronologiques.                  - L'échelle des temps géologiques et la signification des différents types de coupures.                   - Durée et vitesse des phénomènes géologiques : rythmes, cycles et événements.</p>	<p>La succession et la durée des Eres et des Périodes (Epoques pour le Cénozoïque) doivent être acquises, mais la connaissance exhaustive des étages n'est pas requise.</p>

**3 – L'évolution de la planète Terre**

<p><b>3.1 L'évolution précoce de la planète Terre</b></p>	
<p>- L'univers et les grandes étapes de la formation du système solaire                  - Différenciation chimique : formation du noyau et du manteau primitif. Dégazage du manteau, formation de l'atmosphère et de l'hydrosphère primitives et secondaires. Chronologie et ordre de grandeur des durées pour ces différentes étapes.                   - Genèse de la croûte continentale.                   Particularités de la géodynamique archéenne : flux de chaleur, fusion et composition des magmas (TTG, komatiites).</p>	<p>On se limitera à mentionner l'existence de la nucléosynthèse et les étapes conduisant à la formation de la planète Terre et de la Lune. On présentera les données géochimiques fournissant des contraintes temporelles sur la durée de ces étapes.                   On s'attachera à montrer l'importance des arguments géochimiques et à replacer la genèse de la croûte continentale dans le cadre de l'histoire générale du globe terrestre.</p>

<b>3.2 Enregistrements des paléoclimats</b>	
Enregistrements des paléoclimats récents et anciens	On se limitera à montrer comment il est possible d'obtenir des informations sur les paléoclimats à partir d'études géomorphologiques, sédimentologiques, minéralogiques, paléontologiques et géochimiques (on se limitera aux compositions isotopiques $\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^{13}\text{C}$ ). On insistera sur la différence entre un marqueur et une donnée.
<b>3.3 Les fossiles : témoins de l'évolution biologique et physico-chimique de la Terre</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Premiers vestiges de l'activité biologique et hypothèses sur l'origine de la vie.</li> <li>- Processus de fossilisation.</li> <li>- Roches sédimentaires précambriennes (exemples : stromatolithes, cherts, gisements de fer rubané), enregistreurs et acteurs de l'évolution initiale de l'atmosphère et de l'hydrosphère.</li> <li>- Apparition et diversification des eucaryotes. Explosion cambrienne. Grandes étapes de la conquête du milieu terrestre et du milieu aérien. Radiations adaptatives et extinctions : corrélations avec les changements de l'environnement. Notion de crise biologique.</li> <li>- Reconstitutions de quelques paléo-environnements à partir d'assemblages fossiles et d'ichnofossiles.</li> <li>- Origine et évolution des Hominidés.</li> </ul>	On s'attachera à partir d'un nombre limité d'exemples concernant les grandes étapes d'évolution de la biosphère. On attend des connaissances sur les 5 crises majeures de la biodiversité au cours du Phanérozoïque.
<b>3.4 Interactions géodynamique interne et climat</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interactions entre processus géodynamiques internes et externes : érosion, altération, climat et orogénèse, genèse des sédiments terrigènes (issu de la partie 1.4) et chimiques.</li> <li>- Implications du cycle de Wilson par l'accrétion et la dispersion des masses continentales.</li> <li>- Conséquences : modification de la circulation des enveloppes fluides. Conséquences climatiques et biologiques.</li> <li>- En zone intraplaque : points chauds et impact sur le climat.</li> </ul>	On s'attachera, à partir d'un nombre limité d'exemples, à montrer les interactions entre les processus géodynamiques.
<b>3.5 Les cycles actuels de l'eau et du carbone</b>	
Notion de réservoir, de flux, de temps de résidence et principes d'établissement d'un cycle (identification et quantification des processus impliqués).	Les perturbations anthropiques sont attendues.





**4 - Gestion des ressources et de l'environnement**

<ul style="list-style-type: none"><li>- Ressources minérales : les processus de concentration à l'origine de gisements d'intérêt économique (terres rares, Li).</li><li>- Ressources énergétiques : matières organiques fossiles, géothermie, minerais radioactifs.</li><li>- Les énergies renouvelables</li><li>- Eaux continentales de surface et souterraines.</li><li>- Exploitation et protection des ressources en eau ; exemples de pollution.</li><li>- Grands ouvrages et matériaux d'usage courant.</li><li>- Prévision et prévention des risques naturels : Les exemples des risques sismiques et volcaniques.</li></ul>	<p>Les méthodes de prospection et d'exploitation ne sont pas au programme.</p> <p>L'importance de la géodynamique interne et externe dans la genèse des ressources minières et énergétiques sera développée.</p> <p>On se limitera au cas des barrages.</p> <p>On distinguera les notions d'aléa et de risque (sismique ou volcanique) ; la prévention et la gestion des risques seront présentées.</p>
---	---